

ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXІ СТОЛІТТІ

**Матеріали XX міжнародної
науково-практичної конференції**

Київ 2019

Національна академія наук України
Інститут відновлюваної енергетики НАН України
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
Мала академія наук України
Представництво Польської академії наук в м. Києві
Варшавський університет технологій
Громадська спілка «Енергетична асоціація «Українська воднева рада»»
Міжгалузевий науково-технічний центр вітроенергетики Інститут
відновлюваної енергетики НАН України
Кафедра ЮНЕСКО «Вища технічна освіта, прикладний системний
аналіз та інформатика» при КПІ ім. Ігоря Сікорського та ННК «Інститут
прикладного системного аналізу»

XX МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"

Матеріали науково-практичної конференції

15 – 16 травня 2019 року

**КИЇВ
2019**

УДК 620.91

В 42

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України (Протокол №9 від 05.04.2019 р.)

ISBN 978-617-696-959-4

УДК 620.91

Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті:
В 42 матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 15-16 травня 2019 р.). – К.: Інтерсервіс, 2019. – 952 с.

У збірнику викладено матеріали доповідей учасників конференції, присвяченої розвитку відновлюваної енергетики з метою подальшого використання відновлюваних джерел енергії для отримання додаткових обсягів теплової та електричної енергії з метою реалізації заходів з енергозбереження та енергоефективності в суспільстві.

Матеріали рекомендовано для науковців, викладачів, фахівців підприємств, аспірантів та студентів які займаються вирішенням проблем енергозбереження та енергоефективності в суспільстві.

Відповідальні за випуск:

Директор Інституту відновлюваної енергетики
НАНУ, член-кореспондент НАНУ, професор
Заступник директора з наукових питань
Інституту відновлюваної енергетики НАНУ,
член-кореспондент НАНУ, д. т. н.
Вчений секретар Інституту відновлюваної
енергетики НАНУ, к. т. н.

Кудря С. О.

Резцов В. Ф.

Суржик Т. В.

Матеріали друкуються в авторській редакції. При цитуванні посилання на джерело обов'язкове. Редакція не несе відповідальність за достовірність інформації, надану авторами.

©Колектив авторів, 2019

©Інститут відновлюваної енергетики НАНУ,
укладання, оформлення, 2019

ISBN 978-617-696-959-4

ОРГАНІЗАТОРИ:

- Інститут відновлюваної енергетики НАН України
- Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
- Мала академія наук України
- Представництво Польської академії наук в м. Києві
- Варшавський університет технологій
- Громадська спілка «Енергетична асоціація «Українська воднева рада»»
- Міжгалузевий науково-технічний центр вітроенергетики ІВЕ НАНУ
- Кафедра ЮНЕСКО «Вища технічна освіта, прикладний системний аналіз та інформатика» при КПІ ім. Ігоря Сікорського та ННК «Інститут прикладного системного аналізу»

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦІЇ:

- ТОВ «Емеральд Палас Груп»
- Громадська спілка «Енергетична асоціація «Українська воднева рада»»

ПРИ ПІДТРИМЦІ:

- Національної академії наук України
- Громадської спілки «Енергетична асоціація «Українська воднева рада»»
- Hydrogen Europe
- ТОВ «Емеральд Палас Груп»
- Представництва Польської академії наук в м. Києві
- Наукової ради з проблеми « Наукові основи електроенергетики»
- Факультету електроенерготехніки та автоматики, кафедри відновлюваних джерел енергії КПІ ім. Ігоря Сікорського
- ВМГО “Зелена енергетика майбутнього”
- EUROSOLAR-Україна
- Українсько-Польського Центру КПІ ім. Ігоря Сікорського
- Асоціації машинобудування і вітроенергетики
- Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України
- Науково-технічної спілки енергетиків та електротехніків України
- Асоціації промислових ВЕС України

РЕДАКЦІЙНА РАДА:

Кудря С.О., д.т.н., чл.-кор. НАНУ
Резцов В.Ф., д.т.н., чл.-кор. НАНУ
Суржик Т.В., к.т.н.
Рєпкін О.О.
Кузнецов М.П., д.т.н.
Васько П.Ф., д.т.н.
Морозов Ю.П., к.т.н.
Головко В.М., д.т.н.
Будько В.І., к.т.н.
Клюс В.П., к.т.н.
Клюс С.В., к.т.н.
Пепелов О.В.

Думка редакційної ради може не співпадати з поглядами авторів матеріалів. Редакція не несе відповідальності за інформацію, надану авторами.

ЗМІСТ

ПРИВІТАННЯ ПРЕЗИДЕНТА НАН УКРАЇНИ Б.Є. ПАТОНА	20
---	----

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ. КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ І СИСТЕМИ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ВДЕ

ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЛАНУ З ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЛІМАТУ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ	21
<i>М.І. Кобець</i>	
СЬОГОДЕННІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ (ОГЛЯД)	25
<i>Б.І.Басок Є.Т.Базєєв</i>	
СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У КОМЕРЦІЙНОМУ ТА ПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ	37
<i>Ю.В. Тащєєв</i>	
ВДЕ-ГЕНЕРАЦІЯ ТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ	42
<i>М.П. Тимченко, Н.М. Фіалко</i>	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОБАЛАНСУ В КОМБІНОВАНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМАХ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	48
<i>М.П. Кузнєцов</i>	
МІЖДИСЦИПЛІНАРНІСТЬ ПРОЕКТІВ З ЕНЕРГЕТИКИ У ПРОГРАМІ «ГОРИЗОНТ 2020»	53
<i>С.М. Шукаєєв, О.К. Сулема, О.С. Мусієнко</i>	
НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ	58
<i>С.О. Кудря, О.О. Рєпкін, М.А. Ткаленко, Л.В. Яценко, Л.Я. Шинкаренко, О.В. Пєпєлов</i>	
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ КОМБІНОВАНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	66
<i>О.В. Лисєнко</i>	
АЛГОРИТМ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ОСНОВІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ВІТРОВОЇ УСТАНОВКИ З НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	69
<i>О.С. Яндєльський, Г.О. Труніна, А.Б. Нєстєрєко, К.М. Лисак</i>	
СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ	73
<i>О.В. Остєпчук, М.С. Кириченко</i>	

РОЗВИТОК ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ВОДНЕВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ В СВІТІ І В УКРАЇНІ	77
<i>Ю.М. Солонін</i>	
ОРГАНІЗАЦІЯ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ОТРИМАНОЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	81
<i>В.А. Хілько</i>	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИНВАРИАНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	86
<i>В.С. Смирнов, Д.В. Вайц, Н.В. Беленок</i>	
ПОБУДОВА ФУНКЦІЙ ОПТИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	93
<i>В.А. Баженов</i>	
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	98
<i>П.Д. Лежнюк, С.В. Кравчук, І.О. Котилко</i>	
ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	103
<i>С.І. Корнелюк, С.О. Глушенков, В.М. Корнелюк</i>	
ВИМОГИ ДО ГНУЧКОСТІ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЧАСТКИ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОМУ БАЛАНСІ	107
<i>О.О. Кармазін</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	113
<i>Ю.В. Мірошник, С.В. Казанський</i>	
ЕНЕРГЕТИЧНІ КОМІРКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	117
<i>І.В. Волков, В.О. Войтех</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ І ВІТРО-ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ СИСТЕМ	123
<i>Л.І. Мазуренко, О.М. Попович, О.В. Джура</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТЕС ПРИ РЕГУЛЮВАННІ ЧАСТОТИ ТА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ	127
<i>О.С. Яндульський, В.С. Гулий, А.О. Тимохіна</i>	
EVALUATION OF THE INFLUENCE OF NONSINUSOIDAL DISTORTION SOURCE ON THE ELECTRICITY QUALITY OF ELECTRICAL POWER NETWORK WITH DISTRIBUTED SOURCES OF ENERGY	132
<i>V.V. Kuchanskyy</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ	136
<i>Є.М. Островець, А.С. Островець, О.Д. Васильєв</i>	

INTERCONNECTIVITY OF DEVELOPMENT OF ELECTRIC VEHICLE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES	139
<i>Nizar M. Al-Rifai</i>	
ENERGY MANAGEMENT IN UKRAINE'S SMALL BUSINESS	145
<i>M. Shevchenko, L. Nakashidze</i>	
PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER ENGINEERING IN UKRAINE IN MODERN SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS	150
<i>M.V. Dudnik, L.V. Nakashidze</i>	
РАНЖУВАННЯ ПАРКУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В ЕЕС	154
<i>М.П. Болотний</i>	
НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТА ІМОВІРНОСТІ ВІДМОВИ	158
<i>Є.І. Бардик</i>	
НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗНАЧНОЮ ЧАСТКОЮ ВІТРОГЕНЕРАЦІЇ	162
<i>Є.І. Бардик</i>	
СУТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ЕТАПИ ЛІБЕРАЛІЗАЦІЇ РОЗДРІБНОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ	166
<i>С.А. Бондаренко</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖУВАЧІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ	171
<i>О.О. Закладний, В.В. Прокопенко</i>	
ВЕРИФІКАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	175
<i>М.Я. Островецьков, М.П. Бурик</i>	
ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ПАЛИВНА КОМІРКА З ФОТОЕЛЕКТРОДОМ ТА СИСТЕМОЮ МН / ПОВІТРЯНИЙ ЕЛЕКТРОД	181
<i>Л.Г. Щербакова, І.А. Русецький, Д.В. Патлун, М.О. Данилов, С.С. Фоманюк, В.О. Смілик, М.О. Лапа, В.С. Воробець, Г.Я. Колбасов, Ю.М. Солонін</i>	
ВОДЕНЬСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ТЕРМІЧНА СТІЙКІСТЬ ТА КІНЕТИКА ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРИДНОЇ ФАЗИ MgH_2 МЕХАНІЧНОГО СПЛАВУ МАГНІЮ З ТІ ТА Y	186
<i>О.Г. Єршова, В.Д. Добровольський, Ю.М. Солонін</i>	
УНІФІКОВАНА ПОЛІМЕРНА РЕВЕРСНА ПАЛИВНА КОМІРКА	190
<i>А.С. Островецьков, П. Куш, Є. М. Островецьков, О.Д. Васильєв, Ю.М. Солонін</i>	

НАНОКОМПОЗИЦІЙНІ ПЛАТИНОВІСНІ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ ДЛЯ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПРЯМИМ ОКИСЛЕННЯМ ВОДНЮ <i>Ю.К. Пірський, Т.М. Панчишин, Я.В. Колосовський, О.Г. Алабут</i>	194
ГІДРИДИ НА ОСНОВІ МГЯК ДЖЕРЕЛО ВОДНЮ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРИСТРОІВ <i>В. Березовець, Ю. Вербовицький, Д. Корабльов, Ю. Солонін, І. Завалій, В.Яртись</i>	198
АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВОДНЮ З ВОДИ <i>Ф.Д. Манілевич, Ю.К. Пірський, Б.І. Данильцев, А.В. Куций</i>	202
ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ КАТОДУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ НЕОДІМА, ОБУМОВЛЕНІ НАДЛИШКОВИМ МАРГАНЦЕМ <i>А.О. Новохацька, Г.Я. Акимов, Л.Л. Коваленко</i>	206
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ <i>Г.Л. Карпчук</i>	210
ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АНОДНОГО МАТЕРІАЛУ ТВЕРДООКСИДНОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ <i>В.Я. Подеурська, Б.Д. Василів, Є.М. Бродніковський, І.О. Полішко</i>	214
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ У МАЙБУТНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ <i>К.К. Ващенко</i>	218
ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТЕРМОАКУМУЛЯТОР З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ <i>Т.В. Корінчевська, Ю.Ф. Снежкін, В.А. Михайлик</i>	222
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ <i>Б.І. Басок, О.М. Лисенко, С.В. Андрейчук, А.В. Тимощенко</i>	226
РЕЖИМНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРУНТОВОГО АККУМУЛЯТОРА ГЕЛИОСИСТЕМЫ <i>В.В.Высочин, В.Р. Никульшин, А.Е. Денисова</i>	230
ЕЛЕКТРОТЕПЛОВІ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО “РОЗУМНОГО” БУДИНКУ <i>Ю.С. Громадський, М.П. Тимченко, П.О. Мізін</i>	234
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБІГРІВУ З ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЄЮ <i>Л.А. Хачатрян, С.В. Казанський</i>	240

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА ТЕЦ	244
<i>М.М. Уланов, М.М. Уланов</i>	
ШЛЯХИ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ СУШІННІ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	249
<i>Р.О. Шапар, Н.М. Сорокова</i>	
ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ КОМФОРТУ ПРИМІЩЕННЯ	254
<i>В.А. Наливайко, І.П. Радько, А.В. Міщенко, О.В. Окушко, Є.О. Антипов</i>	
РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТЕПЛОНОСІЇВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	259
<i>І.П. Радько, В.А. Наливайко, А.В. Міщенко, О.В. Окушко, Є.О. Антипов</i>	
ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА У ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ ЗА РАХУНОК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	263
<i>С.Ю. Скоробогатов, О.В. Козленко, О.А. Коваленко</i>	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА РАМКА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯМ БУДИНКУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА НЕПРАЦЮЮЧОМУ ЕЛЕВАТОРНОМУ ВУЗЛУ	268
<i>І.К. Божко, М.В. Мороз</i>	
РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ В ІЗОЛЯЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ ПРИ НАЯВНОСТІ СТОРОННЬОГО ПОТОКУ ТЕПЛА	275
<i>Р.В. Вожаков</i>	
ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ – ПІДҐРУНТЯ, МОЖЛИВОСТІ, ПЕРСПЕКТИВИ	281
<i>М.І. Проскура, О.В. Білолипецька., О.В. Бурмістров</i>	

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

ЕКОНОМІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ДУБАЇ НА ПРИКЛАДІ РОЗРАХУНКУ ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	285
<i>Н.М. Мхітарян, А.М. Донець</i>	
ДИНАМІКА НАГРІВАННЯ І ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ВИКОРИСТАННІ СОНЯЧНИХ І ТРАДИЦІЙНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ	289
<i>Л.А. Кирнос, В.П. Кучинський, В.Ф. Рєзцов, Т.В. Суржик</i>	
НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОГО И РОССИЙСКОГО СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	293
<i>В.А. Бутузов</i>	
ІНТЕРАКТИВНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДАНИХ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ	299
<i>В.Ф. Рєзцов, С.В. Матях, В.С. Бетін, Б.Ю. Шикер</i>	

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ <i>І.А. Бартецька</i>	303
РАБОТА АВТОНОМНОЙ ФЭУ В РЕЖИМЕ МИНИМУМА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРОФИЛЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ <i>С.В. Плаксин, Ю.В. Шкиль</i>	307
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА СИСТЕМА СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ В СТРУКТУРІ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ <i>С.В. Котелевець, Д.В. Тузай, С.І. Корнелюк, О.О.Шкурпела</i>	310
КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ТА ВПЛИВ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ <i>М.М. Бордаков</i>	314
ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАФІКА ГЕНЕРУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА НАСТУПНУ ДОБУ <i>О.А. Ковальчук, П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук</i>	320
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОМОДУЛЕЙВ УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОГО ЗАТЕНЕНИЯ <i>А.Н. Гаевская</i>	324
СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ <i>В.Ю. Іванчук, І.О. Корнієнко, О.Ю. Гаєвський</i>	328
ОСОБЛИВОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЧИСЛОВОГО АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИЙОМУ СОНЯЧНИХ ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИХ МОДУЛІВ <i>Л.І. Книш</i>	333
ВИБІР ФОТОМОДУЛІВ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО <i>А.О. Латишева</i>	337
СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ <i>В.І. Мариненко, Б.М. Рассамакін, Ю.В. Островський, В.С. Кулинич</i>	341
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВОРОТНИХ МЕХАНІЗМІВ НА ФЕС <i>В.Ю. Іванчук</i>	350
TEMPERATURE CONTROL MEASURES IN SOLAR RADIATION CONVERTERS <i>L.V. Nakashidze, M.V. Dudnik</i>	355

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ В СОНЯЧНІЙ ВОДОНАГРІВАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ	357
<i>В.М. Головка, В.Г. Володарський</i>	
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРАЦІЇ ФОТОВОЛЬТАЇКИ В БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС	361
<i>Т.С. Кудря</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШКОЛИ	367
<i>Д.В. Гловацький, В.В. Дубровська, В.І. Шкляр</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА СТРУКТУРИ ПОВІТРЯНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА	371
<i>С.В. Коробка, Р.Є. Кригуль, С.В. Сиротюк</i>	
ПЛАВУЧА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ	377
<i>А.М. Гребенюк, Я.В. Ярошенко</i>	
СОНЯЧНІ МОДУЛІ «HALF CELL»: НОВИЙ СТАНДАРТ	380
<i>В.В. Бодняк</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕЗОННОГО АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ В РІДКІЙ ФАЗІ	386
<i>О.В. Хіменко, О.О. Хіменко</i>	
ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ГЕЛІОПАСИВНОЮ СИСТЕМОЮ МАЛОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	391
<i>Л.А. Кирнос, Т.В. Суржик</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНИХ СХЕМ АКУМУЛЯТОРА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ВІД ФОТОЕЛЕМЕНТІВ	398
<i>Д.В. Бондаренко</i>	
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ШКОЛИ	403
<i>Д.Г. Ганжа, В.В. Дубровська, В.І. Шкляр</i>	

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ – ЦІЛІ, ЗОБОВ'ЯЗАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИ І ПЕРСПЕКТИВИ	408
<i>С.О. Кудря, Б.Г. Тучинський, І.В. Іванченко</i>	
ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗМУЛЬТИПЛІКАЦІЙНИХ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК	415
<i>В.М. Головка, І.Я. Коваленко</i>	
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОТОРІВ ВІТРОУСТАНОВОК З ВІДЦЕНТРОВИМ РЕГУЛЯТОРОМ	420
<i>В.П. Коханєвич, М.О. Шихайлов, Ю.М. Пермінов, Н.В. Марченко</i>	

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОБОТИ ВІТРОВИДОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ПУЛЬСАЦІЙ ВІТРОВОГО ПОТОКУ	427
<i>С.Т. Пазич</i>	
Експериментальне ПІДТВЕРДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛОПАТІ АЕРОДИНАМА	431
<i>С.І. Корнелюк, Д.В. Тугай</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВСТАНОВЛЕНОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЯХ	436
<i>В.І. Моссаковський, С.В. Казанський</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОФШОРНОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	440
<i>М.М. Хворов</i>	
ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ ШВИДКОСТІ ВІТРУ МЕТОДОМ РЕАНАЛІЗУ	444
<i>Б.Г. Тучинський, К.В. Петренко, І.В. Іванченко</i>	
ТИПОВІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ І ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДО ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	450
<i>П.О. Левін</i>	
БАГАТОРОТОРНІ ТУРБОГЕНЕРАТОРНІ УСТАНОВКИ ВЗУ ЗТГ-45 МВТ ТА 4ТГ-60МВТ	453
<i>М.С. Голубенко, В.І. Кувшинов</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК ПОТУЖНІСТЮ ДО 50 МВТ НА ОСНОВІ ТУРБОГЕНЕРАТОРНИХ ВЕУ	456
<i>М.С. Голубенко, В.І. Кувшинов</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ З ВІТРОВИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИ НА ОСНОВІ АСИНХРОННИХ МАШИН	459
<i>П.Л. Денисюк, В.І. Будько, І.С. Шевченко</i>	
ТИПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВІТРОВИХ ТУРБІН	465
<i>К. Левочка</i>	
РОЗРАХУНОК ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ ДЛЯ БАГАТОЛОПАТЕВОГО РОТОРУ САВОНІУСА	469
<i>Д.В. Ципленков, Ф.П. Шкрабець, І.О. Борщ, Н.В. Юревич</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОПАТЕЙ ВІТРОТУРБІН МЕГАВАТНОГО КЛАСУ	473
<i>В.Є. Терехов</i>	

ГІДРОЕНЕРГЕТИКА

ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ	477
<i>Д.В. Стефанишин, Ю.С. Власюк, Д.Е. Бенатов</i>	

ПРО РИЗИКИ БУДІВНИЦТВА ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ДНІСТРОВСЬКОМУ КАНЬЙОНІ	481
<i>Д.В. Стефанишин, В.М. Корбутяк, Я.В. Ходневич</i>	
ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ МАЛИХ ГЕС НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ПРИРОДООХОРОННИХ ОБМЕЖЕНЬ	485
<i>П.Ф. Васько, А.В. Мороз, А.О. Бриль, Л.В. Сахно</i>	
ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МІНІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАЦІЯХ	490
<i>М.М. Фицдай, В.І. Шкляр, В.В. ДУБРОВСЬКА</i>	
МІКРОГІДРОТУРБІНА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ РІЧКОВИХ ТА МОРСЬКИХ ПОТОКІВ	495
<i>В. П. Каян, О. Г. Лебідь</i>	
КОНЦЕПЦІЯ ПІЛОТНОГО ПРОЕКТУ ПОБУДОВИ МОРСЬКОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОМУ УЗБЕРЕЖЖІ УКРАЇНИ	499
<i>П.Ф. Васько, А.В. Мороз</i>	
СТРУКТУРНА СХЕМА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АВТОНОМНОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	506
<i>А.П. Вербовий</i>	
ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛИВНОЇ ЕНЕРГІЇ	511
<i>Є.О. Цурик</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ ВДЕ В УКРАЇНІ	516
<i>О.А. Дячук, Г.С. Трипольська, Р.З. Подолець</i>	

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	520
<i>Ю.П. Морозов, Н.В. Ніколаєвська, І.О. Кушнір</i>	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ У ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТАХ	524
<i>А.А. Барило</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ЗЕМЛІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОСИФОННИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ	529
<i>В.В. Величко</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ СУМІСНО З ГЕЛІО- ТА ГЕОТЕРМАЛЬНОЮ ЕНЕРГІЄЮ	533
<i>В.Г. Олійніченко, І.О. Кушнір</i>	
АНАЛІЗ МЕТОДИК МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН	537
<i>О.В. Лисак</i>	

ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНО - ГРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ В СИСТЕМІ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ	541
<i>Б.І. Басок, О.М. Недбайло, М.В. Ткаченко, І.К. Божко</i>	
УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ ФАЗ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ВОД	547
<i>І.К. Лебедь</i>	
СУМІСНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ТА ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ	550
<i>М.Ф. Малхозов, М.І. Проскура, О.В. Білолипецька, Ю.В. Шишко, О.В. Бурмістров</i>	
СЕЗОННЕ ВИКОРИСТАННЯ ТИМЧАСОВО-НЕЗАДІЯНИХ НАФТОГАЗОПРОВІДНИХ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ В ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	554
<i>М.Х. Аббуд, М.І. Фик</i>	
ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОТЕХНОЛОГІЙ НА ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	558
<i>С.М. Стовпник, О.А. Темченко</i>	
НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОГО И РОССИЙСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	565
<i>В.А. Бутузов</i>	

БІОЕНЕРГЕТИКА

ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА БІОМАСИ	571
<i>В.П. Ключ</i>	
ВИКОРИСТАННЯ БІОВУГІЛЛЯ, ОТРИМАНОГО ШЛЯХОМ ЧАСТКОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ	575
<i>С.В. Ключ, Н.О. Маслова</i>	
БІОМАСА – НЕВИЧЕРПНЕ ЕНЕРГЕТИЧНЕ І СИРОВИННЕ ДЖЕРЕЛО	579
<i>В.О. Євдокименко, Т.В. Ткаченко, Д.С. Каменських, М.А. Білецька, М.Д. Аксиленко, В.І. Кашковський</i>	
ПОТЕНЦІАЛ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ ЗА 2018 РІК	583
<i>Я.Д. Ярош, В.Р. Білецький, С.М. Кухарець, М.М. Кухарець</i>	
ТЕРМОДИНАМІКА ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ СУМІШЕВОЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	589
<i>В.А. Жовтянський, Е.П. Колеснікова, М.В. Остапчук-Якимович</i>	

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПЛАЗМОПАРОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ СУМІШІ ДОННИХ МУЛІВ ТА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН	593
<i>В.А. Жовтянський, М.В. Остапчук-Якимович,</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК атмосферного ПАЛЬНИКА ПОБУТОВОЇ ГАЗОВОЇ ПЛИТИ «WHIRLPOOL»	597
<i>Б.С. Сорока, В.В. Горупа, В.С. Кудрявцев, В.П. Демчина</i> ЗМЕНШЕННЯ ЕМІСІЇ ЧАСТОК ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОМАСИ	604
<i>М.М. Жовмір, Н.О. Маслова, М.О. Будько</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ДЕРЕВИНИ ТА СОЛОМИ В ПОБУТОВОМУ ПАЛЬНИКУ	609
<i>Б.І. Басок, Б.В. Давиденко, Л.М. Кужель, С.М. Гончарук, В.Г. Новіков, В.П. Приємченко</i> СПАЛЮВАННЯ ДРІБНО ФРАКЦІЙНОЇ БІОМАСИ В РЕЖИМІ САМОЗАЙМАННЯ	613
<i>В.М. Чмель, І.П. Новікова</i> ЕФЕКТИВНА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТОРФУ НА ПАЛИВО ТА ДОБРИВО	616
<i>Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова, Д.М. Корінчук</i> ТЕПЛОНАСОСНА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА	621
<i>Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Чалаєв, Н.О. Дабіжа, Р.О. Шапар, Н.С. Малащук</i> ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ З БІОМАСИ	625
<i>Є.В. Скляренко, Л.Й. Воробйов</i> ТЕПЛООБМІННИЙ АПАРАТ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СТІЧНОЇ ВОДИ ДОМОГОСПОДАРСТВА	629
<i>Б.І. Басок, М.П. Новицькая, М.В. Мороз</i> ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ЗА ДОПОМОГОЮ БУРИХ ВОДОРОСТЕЙ	633
<i>Н.Б. Голуб, І.І. Левтун</i> ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА	637
<i>Я.Д. Ярош</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РІДКОГО МОТОРНОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ	641
<i>Г.Г. Дідківська, А.Г. Грицай</i> БІОТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ	645
<i>Н.Б. Голуб, М.В. Потапова</i> ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ БІОВУГІЛЛЯ ДО СУБСТРАТІВ ПРИ АНАЕРОБНОМУ БРОДІННІ	648
<i>З.В. Маслюкова</i>	

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНДЕНСАТУ ГАЗИФІКАЦІЇ БІОМАСИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ	651
<i>Г.О. Четверик, Є.Г.Новицька</i>	
ЕНЕРГЕТИЧНА ГАЗОГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТПВ ТИПУ РДФ	654
<i>С.В. Мельник</i>	
ДОПОМІЖНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ БІОПАЛИВ КРИТЕРІЯМ СТАЛОГО ВИРОБНИЦТВА	660
<i>М.І. Кобець</i>	

МОЛОДІЖНА СЕКЦІЯ

ЕНЕРГІЯ ВІТРУ - ЛЕГКОДОСТУПНИЙ, ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИЙ І НАДІЙНИЙ ВИД ПЕРЕТВОРЕНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ	664
<i>Д.С. Ткаченко, Н.Ю. Куліш</i>	
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ	667
<i>А.С. Яричук</i>	
ЕНЕРГЕТИЧНА САНАЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ ПОБУТОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	671
<i>Ю.І. Надід</i>	
ЕНЕРГОТАНДЕМ ДАХУ ТА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ	676
<i>Р.С. Порало</i>	
ЕНЕРГОАУДИТ ДИСЛОКАЦІЙ ПРИПЛИВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	681
<i>Ю. Федоренко, В.І. Смаглюк</i>	
АЕРОДИНАМІЧНА ТРУБА ДЛЯ ВИДУБУТКУ ЕНЕРГІЇ	688
<i>Д.І. Андреев, С.В. Піскова, В.В. Амосов</i>	
МОДЕРНІЗОВАНИЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ РЕКУПЕРАТОР	691
<i>Н.В. Гарасько</i>	
ПРОДУКУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ЗА РАХУНОК ПОВІТРЯНИХ МАС	695
<i>А.С. Петренко, М.О. Проценко</i>	
ДОБУВАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРИ	701
<i>Д.А. Любарська</i>	
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЯК ПЕРЕДУМОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИРОДИ ТА СУСПІЛЬСТВА	705
<i>Х.Р. Кицмен, Х.В. Стрілець</i>	
АВТОНОМНИЙ БУДИНОК МАЙБУТНЬОГО «Home-Jug»	710
<i>О.В. Гринюк</i>	
ЕНЕРГІЯ ВІТРУ ТА ЇЇ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ СУДИЛКІВСЬКОЇ ГРОМАДИ ШЕПЕТІВСЬКОГО РАЙОНУ	714
<i>В.В. Чижинська</i>	

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВПЛИВІВ НА ҐРУНТИ	719
<i>Є.Г. Лазарова</i>	
ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОДИН ІЗ ВИДІВ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	723
<i>В.М. Івахнюк</i>	
ПЛАЗМА – ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ МАЙБУТЬОГО	727
<i>Є. Шуть</i>	
РОЗУМНІ МЕРЕЖІ (SMARTGRID) В УКРАЇНІ	731
<i>С. Мельничук</i>	
СУЧАСНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	734
<i>С.Т. Маринчук</i>	
ВОДОРОСТІ ЯК ВИД АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА	739
<i>В.В. Клименко</i>	
СОНЯЧНО-ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА ЯК ДЖЕРЕЛО ДОДАТКОВОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОБУТІ НА ПІВДНІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ	743
<i>Є.О. Онуфрейчук, Н.В. Гонтаренко</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ В УКРАЇНІ	746
<i>А.Е. Щербань</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДХОДІВ ДЛЯ ПОВНОЇ ЇХ ПЕРЕРОБКИ	749
<i>Є.Р. Семенова</i>	
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ: БУДИНОК МАЙБУТЬОГО	753
<i>Н.Г. Захарчук</i>	
ТЕПЛОВІ НАСОСИ ЯК ЗАСІБ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕВАГИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	759
<i>І.В. Федюк</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНОЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЛАМП	764
<i>Д.В. Романов</i>	
ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ	770
<i>О.М. Рябошапка, І.А. Коваленко</i>	
СТВОРЕННЯ ДЕШЕВОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ- КОНЦЕНТРАТОРА	774
<i>А.І. Кучерявенко</i>	
ВІТРОЕНЕРГЕТИКА І ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ	777
<i>Б. Прокопенко</i>	
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА	781
<i>О.О. Громей, Н.А. Доренська, О.М. Кравченко</i>	

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ – ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ	787
<i>А.С. Моркотун, О.В. Сутунова</i>	
БУДИНОК МРІЇ З ЕКОЛОГІЧНИХ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ	792
<i>Д.В. Завгородній, Н.О. Ротт, Л.Г. Макаренко</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	799
<i>Є.С. Колесник, П.В. Савранський</i>	
КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ І ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ АКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	803
<i>І.О. Пуша, Н.О. Ротт, Л.Г. Макаренко</i>	
ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЛОГІЧНИХ ВИДІВ ПАЛИВА В УКРАЇНІ	808
<i>А.А. Черевата, В.В. Паришкура</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВОГО ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ХМЕЛЬНИЧЧИНІ	812
<i>А.В. Тишко</i>	
ГІБРИДНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ	817
<i>В.С. Бабич</i>	
УКРАЇНСЬКА ГІМНАЗІЯ МАЙБУТНЬОГО: ЧИСТА ЕНЕРГІЯ ТА СПРИЯТЛИВА ЕКОСИСТЕМА	820
<i>М.-Ю. М. Мазур</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ПЕРСПЕКТИВНИХ МІСЦЬ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МАЛИХ ГЕС НА РІЧЦІ СЛУЧ В КРАСИЛІВСЬКОМУ РАЙОНІ	824
<i>Б. Шиманський</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ П'ЄЗОЕЛЕМЕНТІВ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	828
<i>Я.А. Варваров</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИДОБУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ НА ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ ПОЛІГОНІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	832
<i>А.П. Гедзюк</i>	
ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПАДІННЯ СОНЯЧНИХ ПРОМЕНІВ ПІД КУТОМ НА СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ВСТАНОВЛЕНИХ НА МУЛЬТИКОПТЕРАХ	836
<i>К.Ю. Безпалій</i>	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ СПОРТМАЙДАНЧИК	839
<i>Є.К. Мазур</i>	

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМІ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОРУДИ ГУРТОЖИТКУ	844
<i>М.М. Пецоляк</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІЮЧОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	847
<i>В.А. Пархоменко</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ МІСТА РОМНИ ТА РОМЕНСЬКОГО РАЙОНУ	852
<i>І.О. Сенча</i>	
МАГЛЕВ В УКРАЇНІ: ФАНТАСТИКА ЧИ РЕАЛЬНІСТЬ	857
<i>М.В. Філь</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗБУДОВИ СОНЯЧНОЇ ТА ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	861
<i>Н.О. Голіней, Ю.С. Пиріг</i>	
РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ЗОШ І-ІІІ СТУПЕНІВ	866
<i>В. В. Манченко, С. О. Фатєєва</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	870
<i>О.А. Вергелюк</i>	
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ УКРАЇНИ	874
<i>Ю.Т. Шевченко, В.Г. Матвієнко</i>	
СОНЯЧНО-ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПІДІГРІВУ ВОДИ	879
<i>Є.О. Ворона, С.М. Коломієць</i>	
ФУНКЦІОНУВАННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ YINGLI SOLAR ТА ІНВЕРТОРА FRONIUS SYMO	884
<i>А.В. Хабовська</i>	
НОВІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА	889
<i>М.В. Власов, І.М. Гусь</i>	
ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СЕЛАХ ПРИЛІСНЕНСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ РАДИ МАНЕВИЦЬКОГО РАЙОНУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	892
<i>Б. Телебе, Т. Михайлюк</i>	
ВІТРОГЕНЕРАТОР МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ПОТРЕБ	897
<i>В.Тимчук, О.Татарин, А.Татарин</i>	
ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	901
<i>Н. Богдан, В. Федорчук-Мороз</i>	

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТИМЧАСОВОГО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО УКРИТТЯ ДЛЯ РОСЛИН	906
<i>М.І. Поздєєв, О.Г. Безрукава, Л.І. Книш</i>	
СОЛОМА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ	911
<i>М.М. Тюнін</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ВЛАСНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ	916
<i>І.М. Стародубець, Д.Б. Кіріченко</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНОГО МЕТАНУ	921
<i>Р.П. Чишко</i>	
АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ З <i>HELIANTHUSANNUUS</i> ТА <i>BRASSICANAPUS</i> НА ПОЛТАВЩИНІ	925
<i>В.Е. Володавчик</i>	
ВПРОВАДЖЕННЯ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ. ПЕРЕВАГИ ТА ЗАСАДИ. МЕТОДИ ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.	930
<i>О.В. Єрмоленко</i>	
ДИСТАНЦІЙНЕ КЕРУВАННЯ ВІДДАЛЕНИМИ ПРИСТРОЯМИ	932
<i>А.О. Ярмолюк</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УТЕПЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ДОПОМОГОЮ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ	936
<i>Д.О. Андрієвський, О.Г. Безрукава</i>	
ОБ'ЄДНАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ККД ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ	939
<i>В. Гуцуляк, Г. Гургула</i>	
ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ КЕРОВАНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД	944
<i>Ю.Лашко</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКУ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ДОРІГ	948
<i>А. О. Букшань</i>	

ШАНОВНІ УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ! ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Вітаю учасників та організаторів XX-ої ювілейної Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті".

Використання енергії відновлюваних джерел у даний час є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики, у тому числі енергетики України, що зумовлено необхідністю усунення енергетичної нестабільності та підвищення рівня енергетичної і екологічної безпеки.

Світ дедалі активніше бореться із забрудненням навколишнього середовища. 197 країн світу, до складу яких входить і Україна, у 2015 році підписали у Парижі нову угоду в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 року, у тому числі за рахунок використання технологій відновлюваної енергетики.

Національна академія наук України має значні здобутки в галузі відновлюваної енергетики. Використання отриманих результатів фундаментальних та прикладних наукових досліджень забезпечує ефективне вирішення завдань щодо збільшення частки відновлюваних джерел енергії в загальному енергоспоживанні нашої держави.

Обмін набутим досвідом, результатами досліджень, науковими ідеями та творчими планами учасників конференції сприятимуть підвищенню рівня наукових досліджень в галузі відновлюваної енергетики.

Запрошую Вас до активної співпраці, бажаю плідної роботи для впровадження творчих задумів та наукових проектів.

Президент

Національної академії наук України,
академік НАН України



Б. Є. Патон

УДК 620.92:339.923

**ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ПЛАНУ З ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЛІМАТУ
НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ**

М.І. Кобець,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел.: +38(098)904-09-94, e-mail: kobets125@gmail.com*

Як член Енергетичного Співтовариства (ЕНС) Україна до кінця 2019 року має розробити та подати до Секретаріату ЕНС Національний План з Енергетики та клімату (НПЕК). Цей документ повинен узгоджуватися із вже ухваленими довгостроковими стратегіями розвитку України, а його підготовка має координуватися на міжвідомчому рівні.

Ключові слова: стратегічне планування, декарбонізація економіки, Енергетичне Співтовариство.

**INTEGRAL NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN FOR
THE PERIOD TILL 2030: PROBLEMS OF DEVELOPMENT**

Kobets M.

Institute for Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine, 20a Hnata Khodkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094

As a member of the Energy Community (EnC) by the end of 2019 Ukraine has to develop and submit to the Energy Community Secretariat the National Energy and Climate Plan (NECP). This document should be consistent with long-term

development strategies already adopted by Ukraine, and its preparation should be coordinated at the inter-ministerial level.

Keywords: *strategic planning, decarbonization of economy, Energy Community.*

ORCID: 0000-0003-4635-3154.

В 2018 році Міністерська Рада Енергетичного співтовариства рекомендувала дев'яти країнам-сторонам за договором про утворення ЕнС (включаючи Україну) розробити НПЕК на період 2021–2030 рр., щоб сприяти інтеграції з внутрішнім енергетичним ринком ЄС, і поширити концепцію Енергетичного Союзу на мандат ЄС[1].

Проекти НПЕК мають бути розроблені членами Договору протягом 2018-2019 років. В них Уряди повинні встановлювати три основні цілі до 2030 року:

- збільшення частки відновлюваних джерел енергії,
- економія енергії завдяки підвищенню енергоефективності,
- скорочення викидів парникових газів.

Було також вказано, що Національні плани треба розробляти у відповідності до запропонованого ЄС стандартного шаблону(Додаток І до Регламенту (ЄС) 2018/1999)[2] та з урахуванням Рекомендацій Енергетичного Співтовариства [3].

Відповідно НПЕК України за структурою має складатися з двох основних частин: перша (розділ А) - опис поточної ситуації, цілей на період до 2030 року та відповідних виконаних або запланованих заходів та політик; а також друга (Розділ В) включно з прогнозами до 2030 року

і надалі (довгострокова перспектива 2050 року) - оцінка впливу запланованої політики та заходів.

НПЕК повинен узгоджуватися із вже ухваленими довгостроковими стратегічними документами, його розробка має координуватися на міжвідомчому рівні, до розробки слід залучити провідних зацікавлених сторін із державного та приватного сектору з усієї України. У тексті плану необхідно надати критичну оцінку попереднього розвитку ситуації та тенденцій, високоприбутковим можливостям, витратам, обмеженням, а також закласти підвалини для більшої прогнозованості у політиці та регулюванні.

НПЕК України має включати наступні елементи[4]:

- Середньо- та довгострокові цілі, пов'язані з забезпеченням безпеки постачань, в тому числі з урахуванням потреб удиверсифікації джерел, інфраструктури, потужностей для зберігання, попиту-пропозиції, готовності впоратися з обмеженими або перерваним постачанням. Цілі повинні включати регіональне співробітництво.

- Розвиток інтегрованості енергоринків між 2021 та 2030 роками (як співвідношення між транскордонною пропускною спроможністю та встановленою потужністю виробництва) до 15% в 2030 році, враховуючи конкретні фактори, такі як витрати та потенційні торгові потоки. План має також включати основні проекти, передбачені для досягнення необхідного взаємозв'язку до 2030 року.

- Національну політику та заходи, заплановані для досягнення цільових показників енергоефективності та енергозбереження. Ця частина включає очікувану

траєкторію енергозбереження, побудовану на основі як первинного, так і кінцевого споживання енергії до 2030 року.

- Заходи щодо скорочення викидів парникових газів, що охоплюють усі сектори для досягнення цілей, встановлених до 2030 року в рамках Енергетичного співтовариства та національні цілі за Паризькою угодою.

- Стратегії національної політики та програми фінансування досліджень у сферах відновлюваної енергетики, енергоефективності, низьковуглецевих технологій, включаючи транспортний сектор.

Кінцевий варіант НПЕК України має бути поданим до 31 грудня 2019 року.

Література:

1. Recommendation of the Ministerial Council of the Energy Community 2018/1/MC-EnGonpreparing for the development of integrated national energy and climate plans by the Contracting Parties of the Energy Community. Режим доступу: <https://www.energy-community.org/legal/other.html>

2. Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&from=EN>

3. Керівні принципи Секретаріату Енергетичного Співтовариства для розробки національних енергетичних та кліматичних планів відповідно до Рекомендації 2018/01/MC-EnC. Режим доступу: <https://www.energy-community.org/news/Energy-Community-News/2018/06/19.html>

4. Аналітична записка [PP/02/2019] проекту «LowCarbonUkraine» Розробка національного плану з енергетики та клімату України: основні цілі, стратегічні питання та варіанти. Режим доступу: https://lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/2019/03/PP2_03_2019_NECP_UKR.pdf

УДК 620.9

СЬОГОДЕННІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ (ОГЛЯД)

Б.І. Басок ¹, Є.Т. Базєєв ²,

*Інститут технічної теплофізики НАН України, 2А, вул..
Желябова, Київ, 03057, Україна, тел. +38-044-424-96-47,
e-mail: basok@ittf.kiev.ua*

Представлений огляд концептуальних підходів, пов'язаних з прогнозуванням майбутнього, в т. ч. з прогнозуванням розвитку енергетики. Надано пропозиції щодо необхідності супроводжувати прийняту в Україні в 2017 році енергетичну стратегію робочими документами - оперативними поточними планами-прогнозами (дорожніми картами) для управління і моніторингу ходу реалізації стратегії на проміжних тимчасових інтервалах, можливо, створивши для цих цілей спеціалізовану структуру.

Ключові слова: *паливно-енергетичний комплекс, енергетична стратегія, прогнозування, реалізація стратегії, управління і моніторинг, дорожня карта.*

TODAY'S ENERGY STRATEGY OF UKRAINE (REVIEW)

B.I. Basok, Ev.T. Baseyev

*Institute of Engineering Thermophysics of the National
Academy of Sciences of Ukraine, Zhelyabova st., 2A, Kyiv,
03680, Ukraine*

A review of conceptual approaches related to future forecasting, including energy development forecasting, is

presented. There are proposals on the need to accompany the energy strategy adopted in Ukraine in 2017 with working documents – operational sliding forecasting plans (road maps) for managing and monitoring the implementation of the strategy at intermediate time intervals, creating, perhaps, a specialized structure for these purposes.

Keywords: *fuel and energy complex, energy strategy, forecasting, strategy implementation, bifurcation points, management and monitoring, roadmap.*

ORCID: ¹0000-0002-8935-4248, ²0000-0003-4292-1505.

Головною цільовою установкою на сучасному етапі нової стратегії розвитку енергетики повинен бути перехід від імпортно-сировинного до енергоефективно-орієнтованого розвитку ПЕК з використанням результатів фундаментальних і прикладних досліджень в галузі природничих і соціально-економічних наук, вітчизняного інноваційного потенціалу з його науково-технічними та науково технологічними розробками. Все це в умовах нових концептуальних підходів, ключових внутрішніх і зовнішніх ризиків та викликів розвитку ПЕК, в тісній зв'язці тріади: енергетика-економіка-екологія і високих темпів зростання наукових знань з урахуванням сучасних трендів розвитку досягнень науково-технічного прогресу в галузі енергетики, зокрема, з урахуванням того, що підвищення енергоефективності - все ще не до кінця використаний енергоресурс в Україні [1].

Україна прийняла, починаючи з 1996 року, чотири енергетичних стратегії. Кожна з перших трьох (1996, 2006, 2013 років) не досягала прогнозованих цілей і індикативних показників. Вже на проміжних тимчасових інтервалах була

очевидною їх нездійсненність і наступні стратегії, після 1996 року, приймалися до закінчення терміну попередньої. Поки ще рано говорити про тренди реалізації останньої «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (ЕС-35) [2]. Хочеться сподіватися що ЕС-35 досягне своїх амбітних цілей.

Де шукати причини таких «результатів реалізації» стратегій? У методах і інструментаріях прогнозування, управління шляхами і механізмами реалізації, в соціально-економічній і геополітичній турбулентності, в глобальній фінансово-економічній кризі? Або в принциповій неможливості пізнання майбутнього на віддаленому часовому інтервалі [3]?

Ряд видатних філософів, теоретиків-економістів наполягають на принциповій тезі про непередбачуваність майбутнього знання. Й. Шумпетер, видатний економіст-теоретик: «Будь-який прогноз - це поза наукове пророцтво, яке прагне зробити щось більше, ніж поставити діагноз спостережуваним явищам і показати, яким може бути результат, якщо ці тенденції будуть діяти відповідно до власної логіки розвитку (цитується з [3]). Ф. А. Хайек, не менш відомий теоретик-економіст, нобелівський лауреат: «Події сучасності тим відрізняються від подій історичних, що ми не знаємо, до чого вони ведуть. Озираючись назад, ми можемо зрозуміти події минулого, простежуючи і оцінюючи їх наслідки. Але поточна історія для нас - не історія. Вона спрямована в невідомість і ми майже ніколи не можемо сказати, що нас чекає попереду» [4]. Лауреат нобелівської премії, фізик-хімік І. Р. Пригожин: «Ми можемо, звичайно, екстраполювати наявні знання за межі нашого бачення і будувати припущення з приводу того,

яким би міг бути механізм, керуючий динамікою універсуму. Однак нам не слід забувати, що, хоча ми в принципі й можемо знати початкові умови в нескінченному числі точок, майбутнє, проте, залишається принципово непередбачуваним «[5]. Філософ-класик XX століття, Карл Поппер наводить логічний ланцюг про принципову неможливість прогнозувати історію майбутнього. За Поппера, історія країни (регіону країн) визначається зростанням наукових знань. Але зростання наукових знань непередбачуваний, отже, і історію неможливо прогнозувати [6]. Дійсно, провідні галузі економіки, оборонно-промислова сфера країни, кардинально впливають на історію країни, визначаються освоєними критичними, проривними технологіями, створеними в результаті використання нових наукових знань, а зростання таких знань непередбачуваний. Ще два-три десятиліття тому ми не передбачали настання сучасного шостого технологічного укладу. Його основою є міждисциплінарні наукові підходи, зокрема, теорія самоорганізації або синергетика, а також соціальні, когнітивні, біологічні, інформаційні та нанотехнології (socio-, cognito-, bio-, info-, nanotechnology - SCBIN).

Як підсумок вищесказаного, наведемо сформульовані Т. І. Ойзерманом дві соціологічні закономірності, а саме: 1) непередбачуваність (непізнаваність) значної, все більше примноженої з часом частини наслідків людської діяльності, як в окремій країні, так і на всій планеті Земля; 2) непередбачуваність (непізнаваність) майбутнього наукового знання і неминучість, впливаючи з цього, різноманітних соціальних наслідків [3].

Вищенаведені погляди вказують на неможливість передбачити майбутнє. Є межі, за якими прогнози стають фантазіями. Це справедливо для досить віддалених часових горизонтів. На порівняно коротких тимчасових інтервалах, при відсутності форс-мажорних потрясінь, прогнози, безсумнівно, необхідні і вони можуть, нехай з помилками, описувати найближче майбутнє. «Без таких прогнозів неможливі успішний розвиток суспільного виробництва, здійснення соціальних програм і, отже, керовані соціальні процеси» [3].

Наражається на ризик непередбачуваності свого розвитку і така складна галузь економіки як енергетика. Зважаючи на вищезазначене, слід розглядати і проблему її прогнозування, що подається у вигляді формалізованої енергетичної стратегії, як регуляторного документа. При цьому енергетику країни слід розглядати не тільки як фізико-технічну виробничу систему, але і як складну складову економіки країни, тісно пов'язану в тріаді: енергетика-економіка-екологія.

Багаторівнева схема розвитку енергетики [7], представлена на рис.1. Науково-технічні аспекти однієї з галузей енергетики (теплоенергетики) наведені на рис. 2. [8]. Як видно, необхідно проводити міжгалузеве узгодження прогнозів розвитку економіки та енергетики, прогнозів розвитку світової економіки, можливих трендів вітчизняних і геополітичних подій, спираючись на результати фундаментальних досліджень в області численних наукових напрямків. Але неможливо врахувати багато ключових чинників високої невизначеності, а також ризики і виклики різної природи. «На відміну від фізико-технічних систем, такі складні системи як енергетика, не володіють найважливішим для моделювання властивістю -

незмінністю їх основних параметрів в спостережуваній ретроспективі і в прогнозований період» [7].

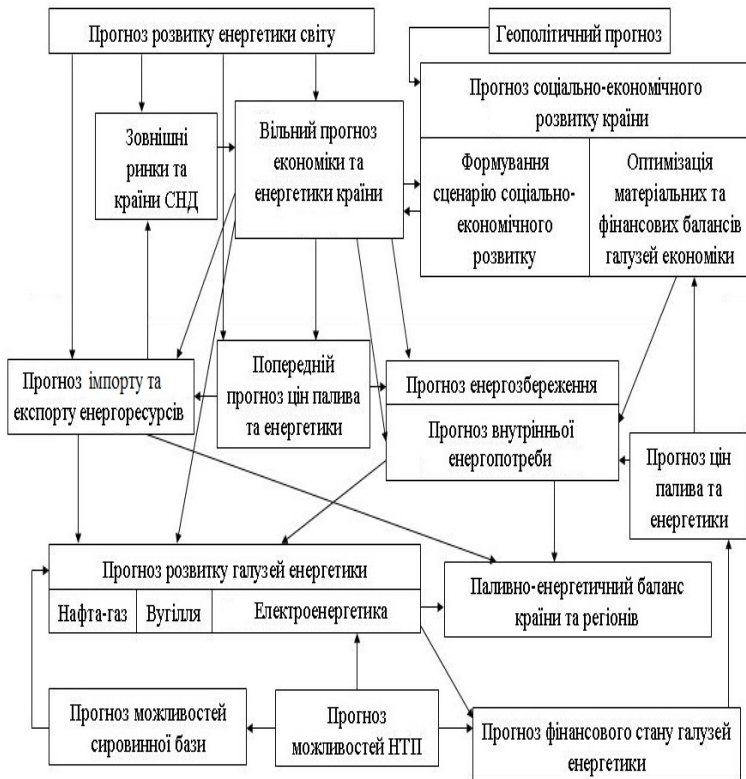


Рис. 1. Схема прогнозування енергетики [7].

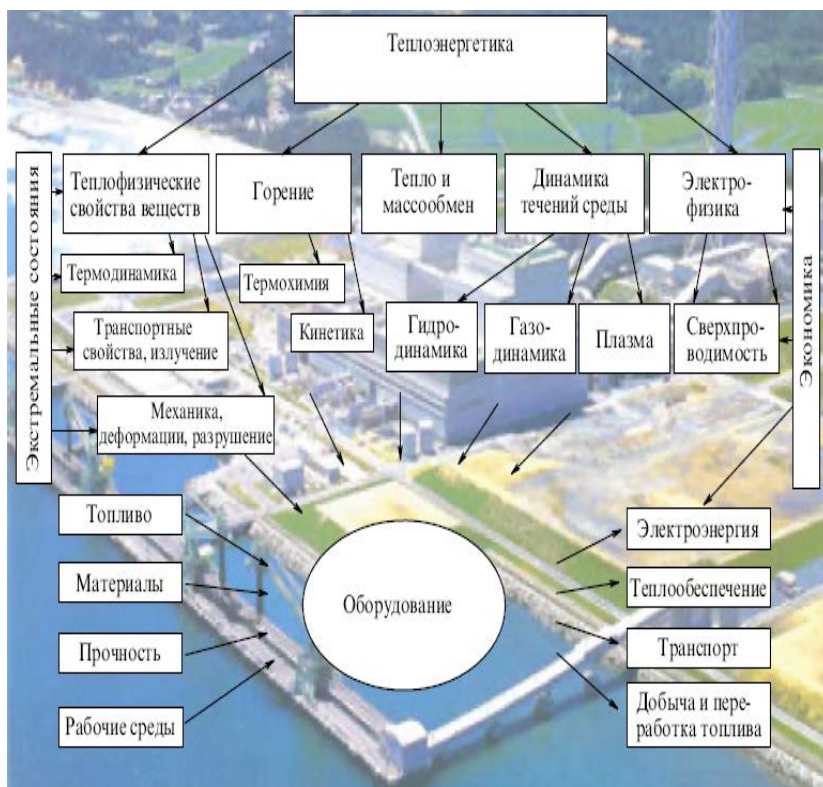


Рис. 2. Науково-технічні аспекти теплоенергетики [8].

При геополітичній турбулентності, при радикальній зміні соціально-економічного устрою в країні, що супроводжується спадом економіки, в тому числі і виробництва в секторах ПЕК, на будь-якому часовому етапі реалізації енергетичної стратегії можуть з'являтися точки біфуркації, в околицях яких малі флуктуації зовнішнього впливу різко посилюються і показники прогнозу до строго тимчасових інтервалів можуть стати мало реалізованими, можуть змінюватися і сценарії розвитку ПЕК. За якими показниками може бути гарний

збіг, за іншими - прийнятний, а по ряду показників - значне розходження с прогнозами. Головним стає визначення діапазону значень ключових показників і тренди розвитку енергетики і окремих її галузей.

Як уже зазначалося, починаючи з 1996 року, енергетичні стратегії України змінюють одну за одною до завершення попередньої. Відстежити реалізацію прогнозованих показників кожної стратегії було неможливо. На тимчасових же етапах одержувані реперні показники не збігалися з прогнозованими. Остання (четверта) енергетична стратегія (ЕС-35) розроблялася в надзвичайних умовах - при глобальних змінах трендів світової енергетики і цілого ряду викликів вітчизняної енергетики.

Пам'ятаючи результати прогнозування енергетичних стратегій, що передують ЕС-35, висококваліфіковані фахівці, експертне середовище виступають з пропозиціями щодо оперативного супроводження ЕС-35 маючи створити експертну робочу групу з контролю реалізації енергостратегії за певними періодами часу [9]. "У майбутньому, у разі зміни уряду, відкидати діючу стратегію і розробляти нову, на нашу думку, не потрібно. Варто проводити моніторинг виконання, розуміти і враховувати тренди (світові та європейські) та вносити зміни, якщо буде необхідно". (С. Голікова, директор ПП "Трансенергоконсалтинг"). "Енергетична стратегія має визначати цілі по окремих секторах енергетичної галузі. Але завдання і механізми (алгоритми) досягнення цих цілей не є предметом стратегії. Вони мають бути сформульовані і конкретизовані в короткострокових планах Уряду України, компетентних органів виконавчої влади і енергетичних компаній із досягнення цілей розвитку,

визначених Енергетичною стратегією". (В. Рябцев, консультант-спеціаліст Групи координації програми реформування та розвитку енергетичного сектору при Міністерстві енергетики та вугільної промисловості України). Пропонується також створити експертну робочу групу з контролю реалізації енергостратегії за певними періодами часу.

Безсумнівно, енергетична політика України, і зокрема ЕС-35, буде залежати від "енергетичних контурів нового світу" - енергетичних трендів і сценаріїв, глобальних і локальних ризиків. "На міжнародній арені настав час нових альянсів і груп інтересів, які вже почали малювати нові енергетичні контури і формувати свіжі тенденції. Дедалі більше значення має розуміння суті нових геополітичних енергетичних процесів, які стануть основою майбутнього на найближчі три-п'ять років. Далі прогнозувати вкрай складно" [10].

Вищенаведені та інші пропозиції, в кінцевому рахунку, зводяться до розробки і прийняття Дорожньої карти [11], "змістовній аспект якої має містити конкретні механізми реалізації завдань реалістичних орієнтирів та спиратися на відповідне фінансове підґрунтя, ресурсні можливості та потенційні потреби" [11].

Таким чином, в ситуації з яскраво вираженою невизначеністю багатьох факторів, поряд з розробленою стратегією (в даний час ЕС-35), щоб усунути (зменшити) розбіжність очікуваних прогнозних значень індикативних показників з реальними, доцільно довгостроковий прогноз розвитку енергетики, в залежності від мінливих умов, коригувати, супроводжувати (відстежувати) оперативними (поточними), «планами-прогнозами» на порівняно коротких тимчасових інтервалах (три-п'ять років), на яких, за

експертними оцінками, енергетика країни ("об'єкт управління") істотно не зміниться. Енергетична стратегія при цьому стане гнучким з управління документом, керівництвом до дії. Загальні тренди розвитку енергетики можуть змінюватися при зміні цілей, задач економіки держави.

Незважаючи на відсутність об'єктивних критеріїв оцінки якості прогностичних інструментів, в даний час системне прогнозування енергетики, як складової частини тріади: енергетика-економіка-екологія, є загальновизнаним і використовується в провідних енергетичних країнах. У Росії - це Модельно-Інформаційний Комплекс Енергетичних Перспектив (МІКЕП), в Україні - програма Форсайт, створена в інституті системного аналізу НТТУ "КПІ ім. І. Сікорського", макроекономічна модель стратегії розвитку енергетики TIMES-Україна, ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України", Psychea-Expertus. Є й інші моделі: LEAP-модель (Long-range Energy Alternatives), модель Хольта-Вінтерса, модель MARKAL/TIMES і ін.

Реалії сучасного світу такі, що прогнозування стратегічних перспектив розвитку енергетики неминуче повинно проходити через точки біфуркації, вихід з яких може міняти сценарії розвитку енергетики (варто тільки згадати стрибкоподібну зміну світових цін на нафту в 2000-2018 роках). Супровід енергетичної стратегії "планами-прогнозами" (дорожніми картами) додає оптимізму в реалізованість такого регуляторного документа. Для цього повинна бути вирішена проблема організації виконання ЕС-35 з чітким визначенням завдань для виконавчої та законодавчої влади з постійним моніторингом ходу реалізації ЕС-35 по тимчасових інтервалах. Пропонується для цього створити спеціалізовану структуру - можливо,

Інститут енергетичної стратегії із залученням для підготовки дорожніх карт енергетичних форсайтів незалежних експертів [12]. Створення такого інституту — це все ж мабуть занадто, але комісія (комітет) з фахівців у галузі енергетики, економіки, екології, експертів та осіб, які приймають рішення, було б доцільним. У роботі такого комітету повинні взяти участь ті, хто стояв біля витоків створення проекту ЕС-35 — НІСД, Центр Разумкова, НТЦ «ПСІХЕЯ», Міненерговугілля, відповідні відділення НАН України [1,13,14], зокрема, відділення фізико-технічних проблем енергетики, економіки, які брали участь в дослідженнях по формуванню енергетичної політики на перспективу.

Література:

1. Кулік М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали) / Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.
2. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність", *energetychna_strategiya_do_2035_r.zip*, <http://tre.ktu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
3. Ойзерман Т.И. Возможно ли предвидение отдалённого будущего // Вестник РАН. Т. 75. №8. 2005. С. 720-726.
4. Хайек Ф.А. Дорога к рабству // Вопросы философии, №1. 1990. С. 113-1519
5. Пригожин И.Р. Философия неустойчивости // Вопросы философии, №6. 1991. С. 46-52
6. Поппер К. Ницшта историцизма (или Вопросы философии). 1992. 124 с.
7. Макаров А.А. Методы и результаты прогнозирования развития энергетики России // Изв. РАН. Энергетика. 2010. №4; С. 26-40
8. Фортон В.Е., Макаров А.А. Направления инновационного развития энергетики мира и России // Успехи физических наук. 2009. т.179. №12. С. 13-37

9. Суходоля А., Рябцев Г. *Енергетический манифест* // *TERMINAL*. №2. (848) август. 2017. С. 3-8.
10. Рукомеда Р. *Енергетические контуры нового мира* // *TERMINAL*. №2. (848) август. 2017. С. 39-42.
11. Булавець О. Для якісної дорожньої карти необхідні якісні інструменти // *TERMINAL*. №2. (848) август. 2017. С. 22-26.
12. НТЦ «ПСИХЕЯ» *PsycheaExpertus: розглядаєть деталі* // *TERMINAL*. №2. (848) /август. 2017. С. 35-36.
13. Геєць В.М. *Розвиток та взаємодія економічної та енергетичної політики в Україні* // *Вісник НАН України*. - 2016. - №2. - С. 46-53.
14. Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. *Стратегія теплозабезпечення населених пунктів України. До обговорення проектів Енергетичної стратегії України на період до 2020, 2030. та 2035 року*// *Вісник НАН України*.- 2015.- №4. - С. 98-105.

УДК 620.21:330.4

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У КОМЕРЦІЙНОМУ ТА ПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ

Ю.В. Тащев,

Одеський національний економічний університет,
г. Одеса, e-mail: tascheevyuri@gmail.com,
<mailto:tascheev@ukr.net>, тел.: +38(050)9744476.

Світові неенергетичні компанії закуповують або інвестують в самостійне виробництво відновлюваної енергії. Це відбувається внаслідок різкого скорочення витрат на відновлювальну енергетику, а також зростаючими вимогами до боротьби з кліматичними змінами. Для інвесторів і споживачів відновлювальна енергетика стала привабливою для корпоративних користувачів у всьому світі. Існує чотири моделі корпоративного постачання відновлюваної електроенергії, які Україна може взяти на озброєння при розробці законодавчої бази щодо переходу підприємств на відновлювані джерела енергії.

Ключові слова: відновлювані джерела енергій; роз'єднані сертифікати енергетичних атрибутів; корпоративні угоди про придбання електроенергії; енергозабезпечення корпорацій та підприємств відновлюваними джерелами енергії.

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN THE COMMERCIAL AND INDUSTRIAL SECTOR

Y. Tasccheev,

Odessa National Economic University.

Non-energy companies purchase or invest in independent renewable energy production. This is due to a sharp reduction in the cost of renewable energy, as well as growing requirements for combating climate change. For investors and consumers, renewable energy has become attractive for corporate users around the world. There are four models of corporate renewable energy supply. Ukraine can take on the development of a legislative framework for the transition of enterprises to renewable energy sources.

Keywords: *renewable energy sources, Unbundled energy attribute certificates (EACs), Corporate power purchase agreements (PPAs), Corporate Sourcing of Renewable Energy.*

ORCID: 0000-0002-0408-4315.

За даними IRENA на частку компаній комерційного та промислового секторів припадає дві третини кінцевого споживання електроенергії в світі. Перехід цього попиту на відновлювані джерела енергії прискорить трансформацію світового енергетичного ринку і допоможе переходу до низьковуглецевої економіки [1].

На сьогоднішній день ряд світових компаній повністю або частково перейшли на використання відновлюваних джерел енергій, а 166 компаній взяли на себе публічне

зобов'язання перейти на 100% відновлюваної енергії в найближчі роки [2].

Світові неенергетичні компанії все частіше звертаються до відновлюваних джерел енергії як до основного виду енергії. Окрім екологічних та соціальних переваг, відновлювані джерела енергії включають економію коштів, довгострокову стабільність цін та безпеку постачання. Можливо виділити два підходи в політиці переходу підприємств на використання електроенергії з відновлюваних джерел: пасивний підхід, в якому споживання базується на середньому обсязі відновлюваної електроенергії, доступної в мережах, з яких компанії отримують електроенергію; активний підхід, в якому споживання базується на діях, які компанії приймають для закупівлі або виробництва електроенергії з відновлюваних джерел.

У світових джерелах існує поняття «Corporate Sourcing of Renewable Energy» – енергозабезпечення корпорацій та підприємств відновлюваними джерелами енергії. Корпоративне постачання відновлюваних джерел енергії відбувається тоді, коли компанія активно споживає, виробляє або інвестує у генераторів енергії з відновлюваних джерел для підтримки своєї діяльності – офісів, заводів, автопарків та ланцюгів поставок. На сьогоднішній день в світі існує чотири моделі корпоративного постачання відновлюваної електроенергії: – роз'єднані сертифікати енергетичних атрибутів (EACs), прикладами систем сертифікатів є гарантії походження (GOs) та сертифікати відновлюваної енергії (RECs) [3];

- корпоративні угоди про придбання електроенергії (PPAs) [4];
- пропозиції відновлюваних джерел енергії від комунальних підприємств та електропостачання;
- прямі інвестиції у виробництво для власного споживання [5], рис. 1.

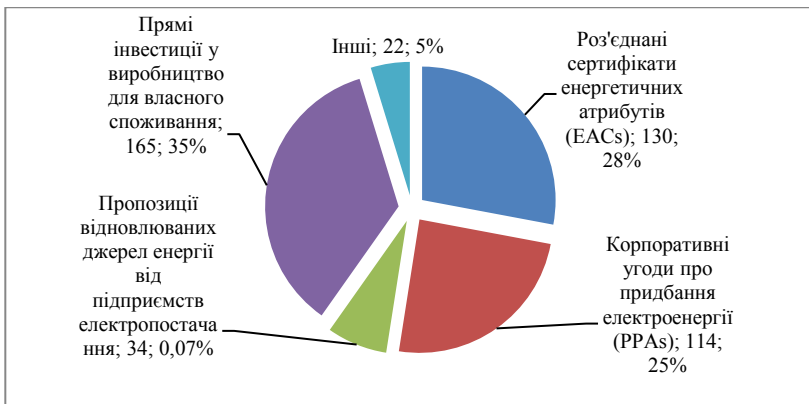


Рис. 1. Моделі корпоративного постачання відновлюваної електроенергії (Тв·г), 2017 р.

Джерело: побудовано автором на підставі даних [1]

Основними галузями, в яких відбуваються трансформаційні процеси в енергозабезпеченні, є:

- Сектор товарів широкого споживання;
- Сектор інформаційних технологій, який закуповує найбільші обсяги відновлюваної енергії. В 2017 р. трьома найбільшими корпоративними покупцями в усіх секторах були Google, Amazon Web Services і Microsoft;
- Фінансовий сектор;
- Сектор матеріалів;
- Сектор важкої промисловості.

Частка електроенергії, що купується та виробляється на відновлюваному рівні, значно варіюється між підприємствами енергоємних та менш енергоємних галузей. Розглядаючи всі сектори разом, у 2017 р. 107 ТВт*г (39%) спожитої відновлюваної електроенергії надходило через самостійне виробництво, загальний обсяг 275 ТВт*г.

Беручи до уваги поточні та заплановані корпоративні джерела постачання електроенергії з відновлюваної енергії на глобальному рівні, за оцінками IRENA, споживання електроенергії власного виробництва досягне 2050 ТВт*г у 2030 р., та 3800 ТВт*г у 2050 р. Відповідно це до 20% загального попиту на всю відновлювану електроенергію в комерційному та промисловому секторі у 2050 році, що становить за прогнозами 19000 ТВт*год.

Література:

1. IRENA Corporate Sourcing of Renewable Energy: Market and Industry Trends 2018 [Електронний ресурс] – Режим доступу.: <https://www.irena.org/>
2. The world's most influential companies, committed to 100% renewable power / [Електронний ресурс] – Режим доступу.: <http://there100.org/re100>
3. Ecohz / [Електронний ресурс] – Режим доступу.: <https://www.ecohz.com/>
4. Ren 21 / [Електронний ресурс] – Режим доступу.: <http://www.ren21.net/>
5. Тащев Ю. В., Ковальов А. І. Формування економічного механізму використання відновлюваних джерел енергії на підприємствах / А. І. Ковальов, Ю. В. Тащев // Науковий вісник Одеського національного економічного університету. – 2018. – № 9 (261). – С. 62 – 83.

УДК621.311:681.5+536.24

**ВДЕ-ГЕНЕРАЦІЯ ТА
СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-
КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ**

М.П. Тимченко, Н.М. Фіалко,

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул.

М. Капніст, 2а, Київ-57, 03057, Україна

e-mail: tnp_books@ukr.net, nmfialko@ukr.net

*Виконано аналіз ролі ВДЕ-генерації у розвитку без
карбонової економіки при модернізації систем
централізованого теплопостачання (СЦТ) України.*

Ключові слова: *ВДЕ-генерація, системи
централізованого теплопостачання, енергетична
стратегія.*

**RES-GENERATION and HEAT SUPPLY SYSTEMS
of UTILITIES in UKRAINE**

M.P. Tymchenko, N.M. Fialko

Institute of engineering thermophysics of NAS of Ukraine

*The analysis of the role of RES-generation for the
development of the low-carbon economy during the
modernization of the district heating in Ukraine is carried out.*

Keywords: *RES-generation, district heating systems,
energy strategy, low-carbon economy.*

ORCID: 0000-0003-4426-713X, 0000-0003-0116-7673.

"Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року" (затверджений КМУ 1.10. 2014 р.) передбачав збільшення частки ВДЕ в електроенерго балансів країни з $\approx 1\%$ до 11% у 2020 році. На кінець 2018 р. частка зеленої енергетики (ВДЕ-генерації) в загальному обсязі виробництва електроенергії (без врахування ГЕС) в Україні досягла $1,8\%$, а частка у вартості – $8,3\%$. «Зелені» тарифи в Україні ($<0,2$ €/кВтг) відповідають рівню таких тарифів у багатьох країнах ЄС, але, з урахуванням паритету купівельної спроможності, сприймаються населенням як надто високі. При цьому зелені тарифи в країнах ЄС відповідають роздрібним цінам на електроенергію для населення. У цілому світові ціни на альтернативну енергію впродовж десятиріч мають стійку тенденцію до падіння. Комітет ВРУ з питань ПЕК, ядерної політики та ядерної безпеки підготував до другого читання поправки до законопроекту 8449-Д щодо переходу України на «зелені» аукціони. Вони надають більшої гнучкості ринку енергії, що створюється в Україні з 1.01.2019 р. Такий підхід підтримується Держагентством з енергоефективності та енергозбереження України, Біоенергетичною асоціацією України, іншими установами та підприємствами [1].

Подальший розвиток ВДЕ-генерації залежить не тільки від того, чи знайде вона своє масштабне предметне втілення в ході вибору шляхів впровадження між "стимулами для інвестора та інтересами споживача", але і від того чи зацікавить вона ще і виробників енергії на АЕС, ТЕС та ГЕС. Найбільш перспективні об'єкти щодо впровадження ВДЕ-генерації зосереджені в інфраструктурі

СЦТ. Нижче розглядаються два важливих аспекти цього питання.

Структура енергоспоживання. В провідних економіках світу(ЄС,США, КНР)виділяються три головні сектори кінцевого споживання енергії (КСЕ): житлово-комунальний сектор (ЖКС); промисловий сектор (ПС) та транспортний сектор (ТС).На агровиробництво, лісове господарство, риболовлю та усі інші галузі енергоспоживання припадає менше 5% КСЕ ВЕС у 2017р.найбільш енерговитратним був ЖКС (38,6/41,7%; у чисельнику дані за старою методикою розрахунків енергобалансів КСЕ, у знаменнику–за новою). Дещо менш енерговитратними були ТС(33,7/30,8%злевоуючастиноюавтотранспорту–27,3/28,9%) та ПС (25,2/24,6%). Подібна структура КСЕ спостерігається і в Україні: ЖКС – 42,5/46,1%;ТС – 17,6/18,8%(частка автотранспорту–13,3/14,4%); ПС – 35,8/30,7%(табл.).

Таблиця. Структура балансів(%)енергоспоживання
 В Україні та ЄС (заданими Евростата)

Сектор енергоспоживання	Україна,2016	ЄС,2017
1.Житло-комунальний	42,5/46,1	38,6/41,7
2.Транспортний	17,6/18,8	33,7/30,8
у т. ч. автотранспорт	13,3/14,4	27,3/28,9
3.Промисловий	35,8/30,7	25,2/24,6
4.Іншісектори	4,1/4,43	2,56/2,84
Разом	100/100	100/100

Аналогія структури споживання енергіїв ЄС і Україн полягає, крім трьох частинного розподілу балансу, в домінуванні витрат енергії в ЖКС над двома іншими секторами.

Особливості ЖКС та плани його енергетичного переходу. Історично склалося так, що політика і практика енергозбереження і енергетичної екологічності в розвинутих країнах почалася в менш енерговитратних ПС та ТС. Питання підвищення енерго функціональності ЖКС (головним чином шляхом заміщення в СЦТ викопних вуглецевмісних джерел на ВДЕ), як найбільш витратного сектору економіки, набуло актуальності у світі, особливо в Європі, лише після фінансової кризи ("Великої рецесії") 2008-2009 років і наступного злету цін на нафту, газ та інші викопні вуглецевмісні джерела (ВВД) енергії. Для подолання рецесії з її енергетичним корінням і для запобігання подібних критичних явищ у майбутньому, Євросоюз розробив низку програм та планів. Крім того прийшло усвідомлення того, що стара модель економічного розвитку, яка вимагала пропорційного нарощування енергетичних потужностей, досягла своїх граничних можливостей, починає порушувати рівновагу в природній сфері і веде до екологічної кризи. В ЄС викиди, що пов'язані з потоками енергії від традиційних ВВД до кінцевих споживачів, становлять майже 80% загальних викидів парникових газів (ПаГ). Лівова частина викидів належить ЖКС. В країнах ЄС були розроблені інституційні засади так званого енергетичного переходу. В пізніших документах закріплюються положення Паризької кліматичної угоди 2015 р. Вважається, що ЄС очолює світовий напрям розвитку низьковуглецевої економіки. Прикладом встановлення та досягнення європейських цілей є план "20-20-20". В ньому передбачалося у порівнянні з 1990 р. у **2020** р. скоротити на **20** % кінцеве споживання енергії (до 1086

млн. т.н.е.); зменшити на **20%** викиди ПаГ; підвищити на **20%** енергоефективність економіки.

Єврокомісія (вищий орган влади ЄС з функціями законодавчої ініціативи) прийняла документ "Енергія 2020. Стратегія конкурентоспроможної, стабільної та безпечної енергії" (СЕС-28) з енергетичними та кліматичними цілями. Реформування енергетичного ринку Європи стало умовою не тільки забезпечення комфортного та екологічно безпечного життя населення, але і підвищення конкурентоспроможності Європи з США, КНР. Згідно з вказаним документом особливу увагу у подальшому розвитку чистої енергетики, виходячи з обсягів енергоспоживання ВВД, слід приділити ЖКС.

За рік до закінчення планів ЄС "20-20-20", СЕС-28, можна підвести попередні підсумки. Як видно з рис. **a)**, економіка ЄС зростала на тлі тренда зниження споживання ПЕР. В Україні тренди споживання ПЕР та падіння росту ВВП паралельні (рис. **b)**).

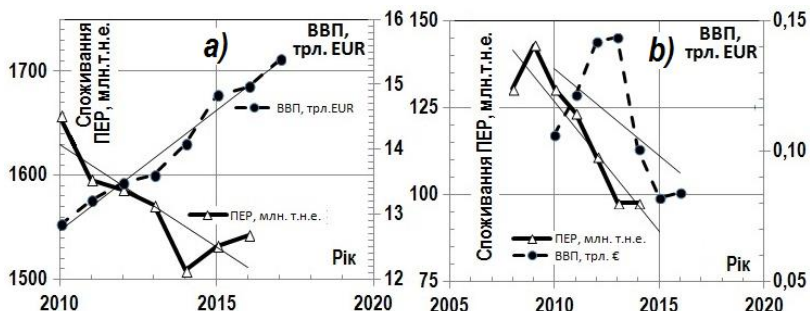


Рис. Динаміка ВВП та споживання ПЕР у період дії планів "20-20-20", енергостратегії ЄС "Енергія 2020" у 2010-17 рр. для ЄС-28 (а) та України (б). Джерело: Евростат.

На зміну планам "20-20-20", СЕС-28 прийшов Четвертий енергопакет ЄС "Чиста енергія для

європейців" з 8 Директивами і Регуляціями. Цей об'ємний і амбіційний пакет розраховано на 10 років (до 2030 р.). Він спрямований на створення екологічно чистої енергетики ЄС, одержання вигоди для споживачів, скорочення на 80-95 % викидів ПаГ. Одночасно намічається майже повне виключення ВВД з енергобалансу ЖКС – найбільш енергоспоживаючого та енерговитратного сектору економіки.

Висновки. 1. Досвід декарбонізації енергетики країн ЄС необхідно системно адаптувати стосовно умов України, яка перебуває на початку так званого енергетичного переходу.

2. Зусилля щодо впровадження ВДЕ-генерації доцільно в першу чергу фокусувати в ЖКГ як найбільш енергоспоживаючому та енерговитратному секторі економіки.

3. Важливе місце в ЖКС мають набути СЦТ четвертого покоління (4G-DH).

Література:

1. <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/shljahi-virshennja-problem-shho-snujut-v-centralzovanomu-teplopostachann-53585>

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОБАЛАНСУ В КОМБІНОВАНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМАХ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

М.П. Кузнєцов, докт.техн.наук
*Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,
Тел. (044) 206-28-09. E-mail: nik_ku@ukr.net.*

Наявність неконтрольованих джерел енергії, таких як вітер та сонце, спричиняє потребу в акумулюванні енергії для забезпечення постійного балансу потужностей в локальній енергосистемі. Вибір оптимальних параметрів акумулювання потребує врахування випадкової природи процесів генерації та споживання енергії.

Ключові слова: *комбінована енергосистема, відновлювана енергетика, небаланс потужності, акумулювання енергії.*

ENSURING OF ENERGY BALANCE IN THE COMBINED POWER SYSTEMS WITH RENEWABLE ENERGY

M. Kuznietsov, doc. of science
*Institute of Renewable Energy, National Academy of
Science of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv,
Ukraine, 02094*

The presence of uncontrolled sources of energy, such as wind and sun, requires the accumulation of energy to ensure a constant balance of power in the local grid. The choice of

optimal storage parameters requires consideration of the random nature of the generation and consumption processes.

Keywords: *combined power system, renewable energy, imbalance of power, energy accumulation.*

ORCID: 0000-0002-0497-7439

Використання таких мінливих відновлюваних джерел енергії, як вітрова та сонячна, в локальних енергетичних системах спричиняє до постійного небалансу генерованої потужності та поточного споживання [1]. Небаланс енергії є інтегральною характеристикою небалансу потужності, і залежить від тривалості та знаку відхилень генерованої потужності від споживаної. Графік накопичених (умовно) обсягів надлишкової та недостатньої енергії дозволяє зробити висновки щодо потреб у акумулюванні енергії [2]. Орієнтування на максимальні відхилення балансу енергії при виборі акумуляторних батарей може призвести до економічно невиправданої їх ємності. Оптимальність параметрів акумулювання може визначатися виходячи з обмежень на імовірність перевищення певних рівнів небалансу [3].

На відміну від резервних потужностей, для яких важливим є розмах відхилень потужності від потреб, для роботи акумуляторів енергії важлива також послідовність відхилень, адже повторно використати можна лише попередньо накопичену енергію (рис.1). Тому для визначення параметрів акумулювання поточна генерована потужність визначається не як випадкова величина, а як випадковий процес в режимі реального часу [4].

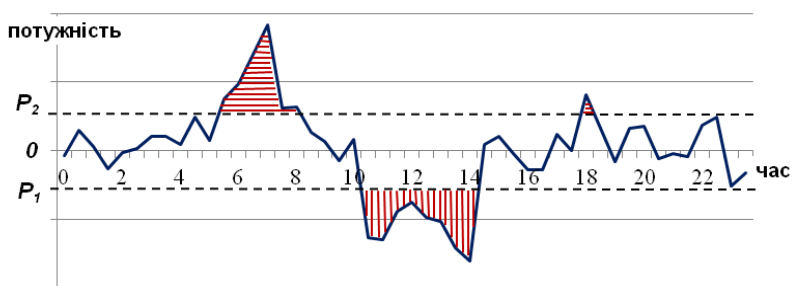


Рис. 1. Приклад змін небалансу потужності впродовж доби

Математична модель випадкового процесу дозволяє застосувати методи імітаційного моделювання та статистичних випробувань (методи Монте-Карло) [5]. Такі підходи застосовуються, коли є достатня база фактичних даних для розрахунку параметрів процесу [6].

За умови повного збереження тимчасових надлишків енергії потрібна досить велика номінальна потужність та ємність акумулювання, враховуючи наявність значних випадкових «викидів» (екстремальних значень). Оскільки імовірність таких значень мала (див. рис. 2), доцільним видається застосування довірчих інтервалів при заданій імовірності, чи використання допустимих (граничних) значень. Приклад обмежень на небаланс потужності зображено на рис.1, де акумулювання пропонується розпочинати при значеннях небалансу понад P_2 (горизонтальна штриховка), а розряджати акумулятори при небалансі нижче P_1 (вертикальна штриховка).

Очевидно, площі заштрихованих областей мають бути рівними, тобто результуючий баланс акумулювання при тривалій роботі прямує до нуля (без урахування ефективності власне акумуляторів), а імовірність

затребуваної потужності акумуляторів визначається розподілом небалансу (рис. 2).

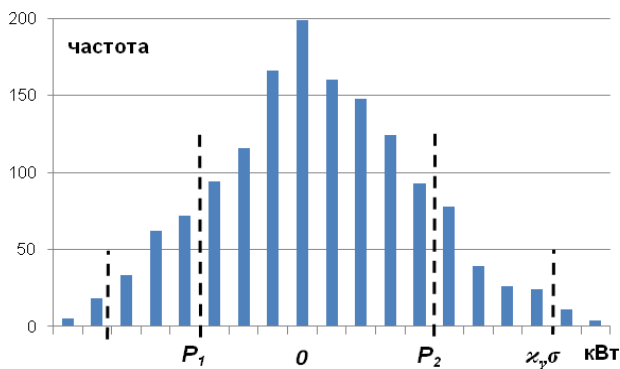


Рис. 2. Гістограма статистичних даних небалансу потужності

Знаючи функцію щільності розподілу для небалансу потужності $f_{\Delta}(p)$, зображену на рис.2 у вигляді гістограми, можна розрахувати обсяг акумульованої енергії при різних граничних значеннях. Тоді при виборі акумуляторів їх номінальна потужність може оцінюватися за величиною $\kappa_{\gamma}\sigma$, а ємність – $\kappa_{\gamma}\sigma_{\Sigma}$, де σ – стандартне відхилення небалансу потужності, а σ_{Σ} – кумулятивного небалансу; κ_{γ} – квантиль порядку γ , тобто $\text{Prob}\{p < \kappa_{\gamma}\sigma\} = \gamma$. Якщо встановлено граничне значення небалансу, то необхідна потужність акумуляції становить $(\kappa_{\gamma}\sigma - P_2)$, див. рис. 2.

Отже, за відомими показниками мінливості процесів споживання та генерації електроенергії, отриманими з оцінки статистичних даних, можна підібрати параметри акумулювання для надійного забезпечення з заданою імовірністю. Можлива також обернена задача – для заданої ємності акумулювання A_K знайти довірчу імовірність

запобігання небалансу енергії: $\gamma = \Phi(A_k/\sigma)$, де $\Phi(\cdot)$ – інтеграл імовірності. Пропонована схема дозволяє оцінити порядок величин, що задають параметри акумулятора, їх взаємозалежність, та порівнювати різні варіанти побудови локальної енергосистеми.

Література:

1. D.Lew, M.Milligan. *How do Wind and Solar Power Affect Grid Operations: The Western Wind and Solar Integration Study / Conference Paper. Bremen, October 14–15, 2009.* – 7 p.
2. *Overview of the Energy Storage Possibilities to Support the Electrical Power System. Research Paper . István Tóthi ERRA Budapest, Hungary 2016.* - 47 p.
3. Кузнєцов М.П., Мельник О.А. Оптимальна побудова електроенергетичного комплексу на основі відновлюваних джерел енергії // Збірник "Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України" – 2018 р., вип.51. – С.28-32.
4. Миллер Б.М., Панков А.Р. Теория случайных процессов в примерах и задачах. – М.: Физматлит, 2002.– 320с.
5. Кузнєцов М.П. Побудова математичної моделі режиму споживання електроенергії // Відновлювана енергетика. – 2017, № 4. – С.33-42.
6. Кузнєцов Н.П., Лысенко О.В. Статистический анализ энергетических показателей солнечной радиации (на примере данных Токмакской солнечной электростанции) // Проблемы региональной энергетики. Кишинев – 2017, №2(34). – С.139-147.

УДК 339.96 : 620.91

**МІЖДИСЦИПЛІНАРНІСТЬ ПРОЕКТІВ З ЕНЕРГЕТИКИ У
ПРОГРАМІ «ГОРИЗОНТ 2020»**

С.М. Шукасєв¹, О.К. Сулема², О.С. Мусієнко³,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056,
Україна, тел.: +38(044)204-80-19,
e-mail: s.shukayev@kpi.ua.

У роботі проаналізовано результати участі України та КПІ ім. Ігоря Сікорського у Програмі «Горизонт 2020» та розглянуто основні тенденції європейських досліджень у галузі енергетики.

Ключові слова: *Горизонт 2020, енергетика, міждисциплінарність.*

**INTERDISCIPLINARY ENERGY PROJECTS IN THE
HORIZON 2020 PROGRAMME**

S. Shukayev¹, O. Sulema², O. Musiienko³,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 37 Prospekt
Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056.

The article presents the analysis of participation of Igor Sikorsky KPI and Ukraine in Horizon 2020 and considers major tendencies of European researches in the energy field.

Keywords: *Horizon 2020, energy, interdisciplinary.*

ORCID: ¹0000-0002-8195-6041, ²0000-0001-6450-0993,
³0000-0001-8255-3909.

Восьма рамкова Програма «Горизонт 2020» стала найбільшою програмою Європейського Союзу з досліджень та інновацій, із загальним обсягом фінансування 74 мільярди євро.

За 2014-2018 рр. (станом на 18.03.2019) Україною було подано 1313 заявок, що складає 0,73% від загальної кількості поданих проектних пропозицій. З них Європейською Комісією було підтримано 130 проектів, що складає 0,61% від усіх проектів Програми «Горизонт 2020» та 9% від усіх поданих Україною пропозицій. На КПІ ім. Ігоря Сікорського припадає 3% від українських проектів.

За тематикою «Безпечна, чиста та ефективна енергетика» українськими організаціями було подано 82 проектні заявки (6% від поданих Україною), з яких фінансування отримали 15 проектів, а це складає 11,5% серед виграних Україною проектів.

Низькі позиції КПІ та України в цілому у Програмі «Горизонт 2020» спричинені різними факторами. По-перше, стагнація українською економіки і, як наслідок, відсутність замовлень на наукові розробки з боку підприємств спричиняє недостатню залученість вітчизняних науковців до вирішення суспільно важливих проблем. По-друге, спостерігається очевидне технологічне відставання національних виробничих потужностей, а це призводить до того, що навіть ті задачі, що постають перед дослідниками, нерідко є «задачами вчорашнього дня» для європейських фахівців. І по-третє, недостатній рівень міждисциплінарності досліджень не дозволяє на рівних конкурувати з європейськими науковцями. А це означає, що для подолання технологічного розриву між Україною та Європою найпершим завданням є дослідження пріоритетів сучасної науки та робота над перспективними напрямками.

На сьогодні наукові та інноваційні пріоритети значною мірою задають цілі сталого розвитку, визначені Генеральною асамблеєю ООН до 2030 р. Серед них, зокрема, чільне місце займає галузь енергетики – забезпечення доступу до надійної, стійкої та сучасної енергії для всіх [1].

У робочій програмі на 2018-2020 рр. Європейська Комісія визначила низку пріоритетних напрямів, серед яких: побудова низьковуглецевого майбутнього, кругова економіка, оцифровування промисловості та вирішення питань безпеки суспільства.

Тематика безпечної, чистої та ефективної енергетики є ключовою для напрямку «Побудова низьковуглецевого, кліматично стійкого майбутнього». Цей пріоритет належить до розділу «Соціальні виклики» та зосереджений на питаннях, пов'язаних зі зміною клімату і низьковуглецевими технологіями й інноваціями, які мають на меті виконання цілей Паризької угоди. Зокрема, на думку європейських експертів, велике значення має досягнення вуглецевої нейтральності в енергетичному секторі, що забезпечить більш ефективне використання енергії, безпечне постачання, доступні ціни та низький вплив на навколишнє середовище [2].

З метою реалізації цих задач, Європейська Комісія визначила низку очікуваних результатів, до яких мають привести проекти, що виконуються в рамках цього пріоритету:

1. Дешевші та ефективніші технології виробництва відновлюваної енергії.
2. Побудова більш гнучкої та стійкої енергетичної системи.

3. Більш глибоке розуміння конкретних соціально-економічних умов, за яких відбувається перехід до енергетики нового покоління.

4. Розвиток енергетичного сектору та збільшення кількості інвестицій у галузь енергетики.

Фахівці Європейської Комісії виділили декілька проектів, найбільш успішних з їхньої точки зору за увесь період виконання Програми «Горизонт 2020».

Проект Nobel Grid, координатором якого виступила Іспанія, виконувався з січня 2015 по червень 2018 р. та мав на меті розроблення для ринку електроенергії передових інструментів та послуг у галузі ІКТ з тим, щоб отримати перевагу від нижчих цін, безпечніших і стабільніших мереж та чистої електроенергії. Розроблені в результаті проекту інструменти управління електромережами мають потенціал для зменшення споживання енергії на 20%.

Цей проект наочно демонструє міждисциплінарний характер досліджень, на які очікує Європейська Комісія, та значну увагу до оцифровування промисловості. Такі тенденції призводять до включення елементів ІКТ у більшість конкурсів Програми «Горизонт 2020», що підтверджує той факт, що сучасні дослідження вже не можуть вестись лише у вузькоспеціалізованому напрямі.

Ще один гарний приклад міждисциплінарності сучасної науки – проект AMADEUS (координатор Іспанія), який розпочався у січні 2017 р. та триватиме до грудня 2019 р. Мета цього проекту – дослідження нових матеріалів і пристроїв, які дозволяють зберігати енергію в умовах надвисоких температур (більше 1000°C), що виходить за рамки існуючих технологічних обмежень. Таким чином, у проекті AMADEUS робота відбувається на межі енергетики та матеріалознавства.

На сьогодні Програма «Горизонт 2020» вже увійшла у фазу завершення. Але робота над вирішенням суспільно важливих задач, які були поставлені на 2014-2020 рр. продовжується – на початку 2018 р. було анонсовано, що розпочалась підготовка нової рамкової програми, яка матиме назву «Горизонт Європа», а 20 березня 2019 р. Європейська Комісія оголосила про досягнення попередніх домовленостей між європейськими інституціями стосовно нової програми [3].

«Горизонт Європа» будуватиметься на досягненнях і успіхах поточної Програми та ще більше посилюватиме міждисциплінарність у майбутніх проектах. Нова програма позиціонується Європейською Комісією як найбільш амбіційна європейська програма з досліджень та інновацій, орієнтовний бюджет якої складатиме близько 100 мільярдів євро. Це означає, що українські науковці у галузі енергетики матимуть можливість не тільки продовжувати роботу над поточними проблемами та задачами, але й долучатись до проривних досліджень провідних наукових установ Європи.

Література:

1. Goal 7: Sustainable Development Knowledge Platform [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7>.
2. Low-Carbon Research and Innovation | Horizon 2020 [Електронний ресурс]. Режим доступу : https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/lc_booklet.pdf.
3. EU budget for 2021-2027 [Електронний ресурс]. Режим доступу : http://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-1676_en.htm.

УДК 620.92, 662.769.2

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ

С.О. Кудря¹, чл.-кор. НАН України, д.-р. техн. наук,
проф., **О.О. Рєпкін²**, **М.А. Ткаленко³**,
Л.В. Яценко⁴, **Л.Я. Шинкаренко⁵**, **О.В. Пепелов⁶**,
^{1,3-6}*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20А, 02094, Україна,
тел. +38(044) 206-28-09, e-mail: renewable@ukr.net,*
²*Енергетична асоціація «Українська Воднева Рада»,
e-mail: a.riepkin@me.com.*

У роботі представлено основні напрями розвитку водневої енергетики та водневої економіки в Україні.

Ключові слова: відновлювана енергетика, промислова електроенергетика, акумулювання, воднева енергетика, воднева економіка.

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY AND THE HYDROGEN ECONOMY IN UKRAINE

S. Kudrya¹, *corresponding member of NAS of Ukraine, Sc.D., professor,* **O. Riepkın²**, **M. Tkalenko³**, **L. Yatsenko⁴**,
L. Shynkarenko⁵, **O. Pepelov⁶**,
^{1,3-6}*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of Ukraine, 20A, Hnata Khotkevicha str.,
Kyiv, Ukraine 02094,*
²*Energy Association «Ukrainian Hydrogen Council».*

The paper presents the main directions of hydrogen energy and hydrogen economy development in Ukraine.

Keywords: *renewable energy, industrial power engineering, storage, hydrogen energy, hydrogen economy.*

ORCID: ¹0000-0002-4798-6853, ²0000-0002-3448-6729,
³0000-0003-0698-5739, ⁴0000-0001-7022-1579,
⁵0000-0003-2018-3329, ⁶0000-0002-0663-7411.

В даний час у світі все ширше починається використання водню як енергоносія майбутнього для вирішення важливих енергетичних та екологічних проблем і зменшення ризику, пов'язаного із насиченням атмосфери вуглекислим газом. Використання водню дає можливість створення як короткострокових, так і довгострокових міжсезонних запасів енергії в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії.

Енергетичні та екологічні проблеми, що виникли останнім часом, роблять дослідження в галузі використання водню як ніколи актуальними. При використанні водню для побутових потреб у значних масштабах енергетичні витрати будуть меншими вартості використовуваної для цих цілей електроенергії. Важливим є те, що побутові котельні, каміни, печі та плити, які використовують органічні палива, є одним з основних джерел забруднення повітря в житлових районах; переведення їх на водневе паливо дозволить виключити це забруднення.

Дослідження показали, що у водневій енергетиці на сучасному рівні її розвитку найбільш перспективним є використання в якості первинних енергоджерел сонячної, вітрової, геотермальної та гідроенергії. Розгляд енергосис-

тем з акумулюванням водню на основі цих джерел енергії показав, що вартість генерування електроенергії в даний час ще досить висока, але цілком прийнятна при врахуванні «зеленого тарифу» на електроенергію, вироблену відновлюваними джерелами енергії.

Особлива увага приділяється використанню водню і паливних комірок (ПК) на автомобільному транспорті. Вже у 2015 році значна частина виробників легкових автомобілів наблизилась до серійного випуску моделей, оснащених ПК із водневим паливом (а деякі, як наприклад, Toyota та Hyundai, вже освоюють). Перед розвиненими країнами, зокрема перед багатьма країнами Європи, постало невідкладне завдання створення відповідної водневої інфраструктури, тобто достатньої кількості водневих заправних станцій. Вже зараз в деяких країнах створюються автономні заправні станції, які для отримання водню використовують енергію вітру та/або сонця, зберігають його, наприклад, у стисненому стані і подають для заправки транспортних засобів, силові агрегати яких використовують ПК. Створено пілотні проекти вітро-водневих систем такими лідерами світової енергетики, як Vestas. В Німеччині та Франції компанією Alstom впроваджуються перші приклади регіональних потягів на водневому паливі.

Проблемами отримання водню із використанням відновлюваних джерел у якості первинних джерел енергії, зберігання водню в різних формах та використання водню у якості акумулятора енергії і моторного палива науковці Інституту відновлюваної енергетики НАН України займаються з 1980 року. Прикладом впровадження технологій водневої енергетики є створення українськими і данськими

вченими і виробничниками першої у Європі вітроводневої станції та введення її в експлуатацію у 1994 році у Фольке-центрі (Данія) [1 - 6].

В Європі з метою прискорення інноваційних розробок в галузі водневої енергетики і ПК та їх впровадження створено асоціацію «Водень Європа», яка об'єднує більше 100 промислових компаній, близько 68 науково-дослідних організацій, а також 11 національних водневих асоціацій. Щодо наукових досліджень «Водень Європа» тісно співпрацює з Рамковою програмою ЄС «Горизонт 2020», із Спільною ініціативою «ПК і Водень», загальний бюджет якої складає 1,33 млрд. євро.

В Україні побудовою нової водневої економіки і розвитком водневої енергетики та залученням країни до водневого європейського енергетичного простору займається Енергетична Асоціація «Українська Воднева Рада», яка у 2018 році першою в Україні і серед країн не членів ЄС стала членом підрозділу європейської комісії організації «Водень Європа» (Hydrogen Europe).

«Українська Воднева Рада» представляє інтереси «Водень Європа» в Україні та займається просуванням України до європейської енергетичної спільноти.

Проведено більше 20 міжнародних офіційних зустрічей, члени Української Водневої Ради прийняли участь у щорічному засіданні Європейської комісії (м. Брюсель) на тему «Воднева економіка та енергетика Європейського Союзу», підписані меморандуми про співпрацю з Німеччиною, Чехією, Латвією. 17 травня 2018 року Українською Водневою Радою у м.Києві ініційовано та організовано один із найбільших водневих енергетичних форумів в Єв-

ропі – «Вітрова та воднева енергетика-2018» та першу науково-практичну конференцію «Відновлювана та воднева енергетика 2018». Загалом за 2018 рік проведено більше 20-ти наукових та організаційно-інформаційних заходів.

«Українська Воднева Рада» спільно з ІВЕ НАН України виступає із законодавчою ініціативою інтеграції водневих і енергетичних рішень до законодавчої бази України.

Проблематика розвитку водневої енергетики в Україні полягає у необхідності створення ефективних систем виробництва, акумулювання, зберігання, транспортування та перетворення водню в енергію необхідної якості із використанням як первинного енергоресурсу відновлюваних джерел енергії та пікової енергії традиційних електростанцій, що забезпечить зміну структури паливно-енергетичного комплексу України шляхом збільшення в ньому частки відновлюваних джерел енергії, підвищення стабільності роботи, ефективності та надійності традиційних електростанцій, а також зменшення антропогенного та техногенного навантаження на довкілля [7 - 11].

Основними напрямками розвитку водневої енергетики для побудови нової економічної моделі на новій енергетичній водневій моделі України є:

- розробка та впровадження ефективних енергосистем на основі відновлюваних джерел енергії, забезпечених системами акумулювання, зберігання, транспортування та використання водню різного виду та потужності (так званий «зелений» водень);
- розробка та впровадження систем акумулювання, зберігання, транспортування та використання водню різно-

го виду та потужності в традиційній енергетиці для накопичення пікової електроенергії (промисловий водень);

- розробка та впровадження систем акумулювання та використання водню різного виду та потужності у транспортній галузі (автомобільний, залізничний транспорт);

- розробка та впровадження систем трубопровідного транспортування водню, у тому числі в у якості добавок до природного газу;

- досягнення 25-ти відсоткової частки водню в газотранспортній системі (ГТС) України;

- розробка та впровадження механізмів державного управління і регулювання у сфері водневої енергетики;

- розробка законодавчих та нормативно-правових актів, спрямованих на розвиток водневої енергетики;

- підвищення рівня конкурентоспроможності об'єктів відновлюваної енергетики;

- розробка вимог та заходів щодо безпеки в процесі виробництва, зберігання, транспортування та споживання водню.

- створення систем аналітично-інформаційного забезпечення науково-технічного розвитку водневої енергетики;

- створення системи метрологічного та сертифікаційного забезпечення;

- забезпечення більш широкого залучення об'єктів інтелектуальної власності до процесу розвитку водневої енергетики;

- створення профільної інфраструктури водневої енергетики на основі вже існуючих навчальних, проектно-конструкторських та науково-дослідницьких організацій;

- створення освітньої бази;
- сприяння утворенню приватних та громадських організацій по розповсюдженню та популяризації водневої енергетики.

Розв'язання питання розвитку водневої енергетики України шляхом виконання заходів щодо основних напрямів реалізації проектів водневої енергетики високої енергоефективності із використанням різних відновлюваних джерел енергії та систем акумулювання і використання водню різного виду та потужності відповідає пріоритетам державної політики – розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії, які можуть забезпечити у 2035 році збільшення частки ВДЕ у паливно-енергетичному балансі України до 25 %, що забезпечить підвищення рівня енергетичної незалежності України.

Література:

1. Кудря С. О. *Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії* / С. О. Кудря – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012.–495с.
2. Украина: эффективность малой энергетики. Издание Энергетического Центра ЕС в Киеве. 1996. – 280с.
3. Мхитарян Н.М. *Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников*. К., Наукова думка, 1999. – 314 с.
4. Мхитарян Н.М., Яценко Л.В. Шинкаренко Л.Я., Будько В.І. *Розвиток водневої енергетики в Україні* / Матеріали ІХ міжнародної конференції "Відновлювана енергетика ХХІ століття" 15-19 вересня 2008р., АР Крим: 2008. – с. 24-29.
5. Мхитарян Н.М., Кудря С.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я., Будько В.І. *Перспективи використання водню у відновлюваній енергетиці* / «Відновлювана енергетика», – 2008. №3 (14). – с. 5 - 15.
6. Мхитарян Н.М., Кудря С.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я. *Состояние и перспективы использования водорода в возобновляемой*

енергетику // «Альтернативная энергетика и экология», – 2012. – №05-06. – С. 68 -79.

7. Кудря С.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я., Будицький В.І. Проблеми створення вітроводневих систем / Матеріали XIV міжнародної конференції "Відновлювана енергетика ХХІ століття" 16-20 вересня 2013 р., АР Крим: 2013. – С. 95 - 97.

8. Кудря С.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я., Пепелов О.В. Науково-технічні основи створення вітроводневих станцій / Матеріали ХІХ-ої міжнародної конференції "Відновлювана енергетика та енергоефективність ХХІ століття", м. Київ, 26-28 травня 2018р., С. 419-425.

9. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Отримання водню з застосуванням вітроелектричних установок // Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях [монографія: заг. ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна] – К.: «Видавництво «КІМ», 2015. – С. 98-105.

10. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Основні напрями розвитку сучасних вітро-водневих технологій // Матеріали ХІІ Міжнародної науково-практичної конференції „Відновлювана енергетика ХХІ століття”, 12-16 вересня 2011, АР Крим. – С. 99-103.

11. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Дослідження виробництва водню з використанням вітрової установки // Матеріали ХІV Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика ХХІ століття". – АР Крим, 2013. – С. 100-104.

УДК 621.311

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ КОМБІНОВАНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

О.В. Лисенко, канд. техн. наук,
*Таврійський державний агротехнологійний університет,
м. Мелітополь.*
тел.: +38(0619)42-11-74, e-mail: Helga_vl@ukr.net.

Оптимальне співвідношення окремих елементів в комбінованих енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) визначається з урахуванням багатьох важливих факторів: кліматичними умовами, структурою енергопостачання і споживання, вимогами до якості енергії, екологічними та економічними факторами. Особливістю локальних енергосистем є потреба в оптимізації складу генеруючих потужностей та їх характеристик.

Ключові слова: комбінована енергосистема, відновлювана енергетика, статистичний аналіз.

ASSESSMENT OF THE ADEQUACY INDICES OF COMBINED POWER SYSTEMS

O. Lysenko, cans. of science,
Tavriya State Agrotechnological University, Melitopol.

The optimal ratio of individual elements in renewable energy based on energy systems (RES) is determined taking into account many important factors: climatic conditions; structure of energy supply systems and energy consumption; requirements for the quality of energy; environmental and economic factors, etc. The peculiarity of local power systems is

the need to optimize the composition of generating capacities and their characteristics, modes of joint operation.

Keywords: *combined power system, renewable energy, statistical analysis.*

ORCID: 0000-0001-7085-7796.

В залежності від кількості цільових функцій задачі оптимізації можуть бути одно- та багатокритеріальні. Здебільшого розглядають два типи показників (індексів) – ті, що використовуються для кількісної оцінки надійності системи, такі як імовірність втрати навантаження або очікуваної енергії [1], або такі, які використовуються для визначення економічної доцільності проекту, наприклад вартість життєвого циклу в річному обчисленні або приведена вартість електроенергії [2-3].

Мінімізація імовірності втрати живлення LPSP – це задача лінійного програмування, при цьому номінальні потужності елементів мають дискретну природу, а поточні – випадкову. Якщо відомий тип елементів і оптимізується їх кількість, то це цілочислове програмування. В якості обмежень у вигляді нерівності може виступати максимальна потужність споживання, а рівняння стану – це енергетичні характеристики елементів (криві потужності, характеристика зарядки/розрядки батареї) [4-5].

Індекс імовірної втрати навантаження LOLP відноситься до такої ж категорії, але має недетерміновану (стохастичну) складову, а саме імовірність перевищення потужності споживання над генерованою. Ймовірна втрачена енергія LOEE має схожий зміст. Мінімізація частки надлишкової енергії EXC – це теж задача лінійного програмування, детермінована при відомому навантаженні, та стохастична при його ймовірнісному моделюванні. У випадку складної форми залежностей, що допускають розгалуження розвитку подій, часовий період T може бути

розбитий на інтервали, кожний з яких розглядається окремо.

Критерій оптимізації, або цільова функція, виходячи з найбільш уживаних вимог до комплексних енергосистем на базі ВДЕ, може мати наступні формулювання.

1) Сумарна генерована енергія практично рівна спожитій, тобто мінімізується математичне очікування небалансу: $M(P_{\Delta}) \rightarrow \min$ або $M(P_{\Delta})=0$ (М-модель).

2) Значення небалансу потужності мають бути якомога меншими: $D(P_{\Delta}) \rightarrow \min$.

3) Передбачено резервне джерело (наприклад, дизель-генератор чи міні-ГЕС) з заданим режимом роботи: $P_{\Delta}=f(t)$ (А-модель).

4) Обмеження по надлишку енергії, тобто по втратах генерування: $\min(\max P_{\Delta})$, або

5) обмеження по дефіциту енергії, тобто по втратах споживання: $\max(\min P_{\Delta})$ (ММ-моделі).

6) Мінімізація вартості обладнання (детермінований критерій):

$$C_W \cdot P_W + C_{PV} \cdot P_{PV} + C_{AK} \cdot P_{AK} \rightarrow \min$$

де C_x – питома вартість, а P_x – встановлена потужність відповідного обладнання.

Література:

1. Кузнєцов М.П., Лисенко О.В., Мельник О.А. Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ // Відновлювана енергетика. – 2018, № 2. – С.6-15.
2. Розен В. П. Оптимізація процесів вироблення електроенергії комбінованою електроенергетичною системою / В. П. Розен, Є. М. Іншеков, І. В. Калінчик // Енергетика. - 2013. - № 1. - С. 20-26.
3. Niknam T. A modified honey bee mating optimization algorithm for multiobjective placement of renewable energy resources. *Applied Energy*, Issue 88, 2011. – P.4817-4830.
4. Кузнєцов М.П. Деякі особливості автономної роботи вітрової та сонячної електростанцій // Відновлювана енергетика – 2016, №2. – С.15-21.
5. Лисенко О.В. Оцінка випадкових властивостей рівнів споживання електроенергії // Відновлювана енергетика. – 2018, № 1. – С. 26-35.

УДК 621.316

АЛГОРИТМ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ОСНОВІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ВІТРОВОЇ УСТАНОВКИ З НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

**О.С. Яндульський¹, Г.О. Труніна², А.Б. Нестерко³,
К.М. Лисак⁴**

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
тел.: +38(044)204-84-90, e-mail: watefir@gmail.com*

*Запропоновано підхід до регулювання активної
потужності електростанції на основі фотоелектричної
та вітрової установки з накопичувачем електроенергії,
підключеної до розподільної електричної мережі.
Розроблено алгоритм роботи електростанції.*

Ключові слова: *відновлювальні джерела енергії,
розподільна електрична мережа, вітрова
електростанція, сонячна електростанція, накопичувач
електроенергії, регулювання активної потужності.*

THE ALGORITHM OF A PHOTOVOLTAIC AND WIND POWER PLANT WITH THE STORAGE DEVICE

O. Yandulskyy, G. Trunina, A. Nesterko, K. Lysak
*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
polytechnic institute"*

*The approach to regulate the active power of a
photovoltaic and wind power plant storage device which is*

connected to a distribution electrical grid is proposed. The algorithm of the power plant's work is developed.

Keywords: *renewable energy sources, distribution grid, wind power plant, solar power station, power storage, active power regulation.*

ORCID: ¹0000-0002-0362-7947, ²0000-0002-4044-4955,
³0000-0001-7488-4214.

Стійка тенденція до зростання споживання електроенергії, необхідність зниження негативного впливу енергетики на навколишнє середовище, підвищення цін на енергоносії та, як наслідок, необхідність економії електричної енергії і ресурсів, що потрібні для її виробництва, зумовлюють загострення проблеми пошуку альтернативних шляхів енергозабезпечення. Одним з таких напрямків є використання джерел розосередженого генерування (ДРГ) на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Сонячні (СЕС) та вітрові електростанції (ВЕС) за своїми властивостями залежні від погодних умов, тому такі станції є нестабільним джерелом електроенергії зі змінним характером генерування потужності. Для забезпечення резерву та підвищення надійності експлуатації ДРГ на основі ВДЕ використовують накопичувачі електроенергії (НЕ) [1-2].

В даній роботі запропоновано підхід до регулювання активної потужності електростанції на основі фотоелектричної та вітрової установки з накопичувачем електроенергії, підключеної до розподільної електричної мережі. Алгоритм роботи електростанції наведено на рис.1.

Згідно з запропонованим підходом, в початковий момент часу система керування через блок-датчик перевіряє напругу у вузлі підключення ДРГ.

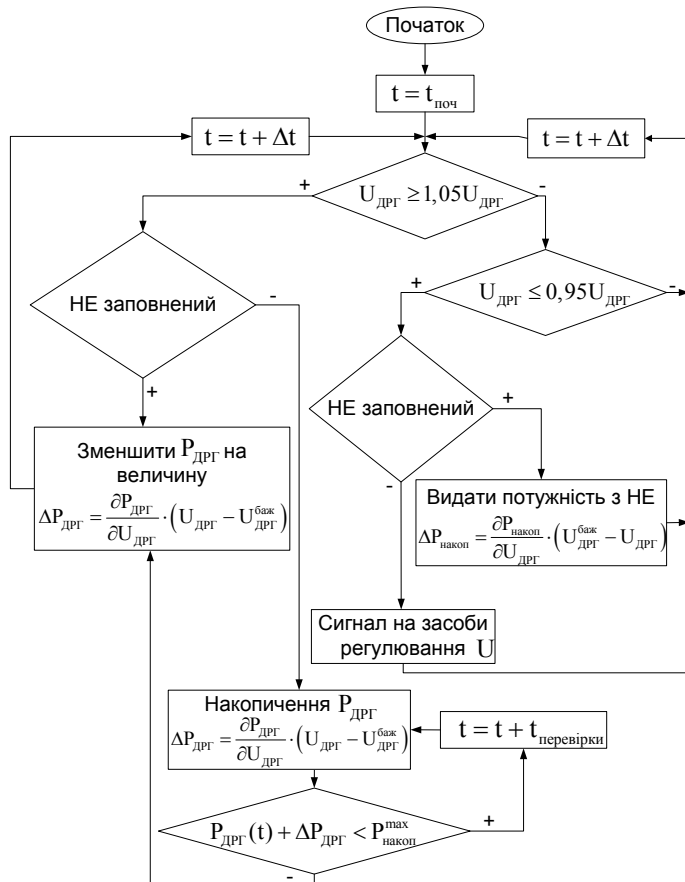


Рис. 1. Алгоритм роботи електростанції.

Якщо напруга виявляється більшою за $1,05 \cdot U_H$, перевіряється заповнення НЕ. У разі повного заповнення НЕ потужність джерела повинна бути зменшена на

величину $\Delta P_{\text{ДРГ}}$ (рис.1), рівну $\partial P_{\text{ДРГ}} / \partial U_{\text{ДРГ}}$ – величина, обернена коефіцієнту чутливості по напрузі вузла відносно зміни активної потужності ДРГ [3]; $U_{\text{ДРГ}}$ – напруга у вузлі приєднання ДРГ; $U_{\text{ДРГ}}^{\text{баж}}$ – бажаний рівень напруги у вузлі. З витримкою часу Δt перевірка повторюється. Якщо НЕ незаповнений то потужність $\Delta P_{\text{ДРГ}}$ накопичується.

У випадку, якщо напруга у вузлі підключення ДРГ виявляється меншою за $0,95 \cdot U_{\text{н}}$, перевіряється заповнення НЕ. Якщо НЕ заповнений, то подається команда на видачу потужності $\Delta P_{\text{накоп}}$ з НЕ (рис.1), рівну $\partial P_{\text{ДРГ}} / \partial U_{\text{ДРГ}}$. Якщо НЕ незаповнений, то система керування формує керуючі впливи на додаткові засоби регулювання напруги (наприклад, РПН трансформаторів, засоби компенсації реактивної потужності, тощо).

Література:

1. *Mohammad T.A., Amanullah M.T.O., Shawkat Ali A.B.M., Shafiullah G.M.* Significance of Storage on Solar Photovoltaic System – A Residential Load Case Study in Australia. *Smart Grid and Renewable Energy*. 2013. No.4. Pp.167-180.
2. *Ru Y., Kleissl J., Martinez S.* Storage Size Determination for Grid-Connected Photovoltaic Systems. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2012. No.4. Issue 1. Pp. 68-81.
3. *Яндульський О.С., Труніна Г.О.* Визначення зон ефективного регулювання напруги джерелами розосередженої генерації з інверторним приєднанням в розподільній електричній мережі. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2014. № 4.

УДК 621.316.1.05

СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

О.В. Остапчук¹, М.С. Кириченко²

¹НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», e-mail: O.Ostapchuk@kpi.ua;

²НТУ «Дніпровська політехніка»,

e-mail: kyrychenko.m.s@nmu.one

В роботі наведено основні аспекти побудови математичної моделі локальної системи з джерелами розподіленої генерації. Запропонована модель дозволяє в умовах невизначеності інформації отримати дані щодо дефіциту або надлишку електричної енергії за певний період часу.

Ключові слова: джерела розподіленої генерації, невизначеність інформації, екстремум функції, математична модель.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR DESIGNING GRIDS WITH DISTRIBUTED GENERATION SOURCES

O. Ostapchuk¹, M. Kyrychenko²

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: O.Ostapchuk@kpi.ua

²Dnipro University of Technology,

e-mail: kyrychenko.m.s@nmu.one

The main aspects of building a mathematical model of a local system with distributed generation sources are presented. The proposed model allows, under conditions of uncertainty of information, to obtain data on the shortage or excess of electricity for a certain period of time.

Keywords: *distributed generation sources, uncertainty of information, an extremum of a function, mathematical model.*

ORCID: ¹0000-0003-3397-2423, ²0000-0003-0615-7589.

Для вирішення проблем розвитку систем електропостачання з урахуванням зростаючого впливу джерел розподіленої генерації існує необхідність розробки методів моделювання цих об'єктів (характеристик навантажень, джерел розподіленої генерації, режимів роботи локальних систем тощо). Розроблені моделі повинні враховувати невизначеність інформації, що є притаманною таким об'єктам.

В розроблюваній моделі виконується умова:

$$\Sigma P_{\text{сп}}(t) = \Sigma P_{\text{ген}}(t) \quad (1)$$

де $\Sigma P_{\text{сп}}$, $\Sigma P_{\text{ген}}$ – загальна потужність навантаження та генераторів локальної системи

В модель вносяться данні про об'єкти (генератори і споживачі), які необхідно об'єднати в мікромережу. В даних необхідно указати: потужність об'єкта, характер споживання або генерації енергії.

Усі графіки навантажень і генерації, для подальшого їх використання, необхідно описати функціями. Визначаються графічно екстремуми кривої (графіка). Далі крива розбивається на кількість ділянок «екстремуми мінус

один». Крайніми точками ділянки є два найближчі один до одного екстремуми.

Рівняння кривої кожної з ділянок визначається за формулою:

$$\begin{vmatrix} x^2 & xy & y^2 & x & y & 1 \\ x_1^2 & x_1y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 & x_3y_3 & y_3^2 & x_3 & y_3 & 1 \\ x_4^2 & x_4y_4 & y_4^2 & x_4 & y_4 & 1 \\ x_5^2 & x_5y_5 & y_5^2 & x_5 & y_5 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

де $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$, $(x_3; y_3)$, $(x_4; y_4)$, $(x_5; y_5)$ – точки, які лежать на даній ділянці кривої.

Рівняння (2) буде дійсним тільки в тому випадку, коли три з заданих точок лежать на одній прямій, і якщо ніякі чотири з них не лежать на одній прямій. Кожна функція, яка була визначена за виразом 2, буде відповідати певній ділянці основного графіка. Відповідно, кожна функція має свій діапазон визначення. Аналогічний розрахунок проводиться для інших енергетичних графіків об'єктів.

Наступним кроком є знаходження суми усіх графіків навантаження та генеруючих установок:

$$(f+g+\dots+i)(t)=f(t)+g(t)+\dots+i(t) \quad (3)$$

Після визначення функцій, які описують два основні енергетичні графіка (генерації і споживання) модель обчислює їх різницю і будується характерний графік. У

реальному випадку кількість функцій, які описують енергетичну криву, може бути набагато більшою, в залежності від кількості об'єктів (споживачів та генераторів) і кривизни енергетичних графіків кожного з об'єктів.

Результуючий графік $(f-g)(t)$ наведено на рисунку 1.

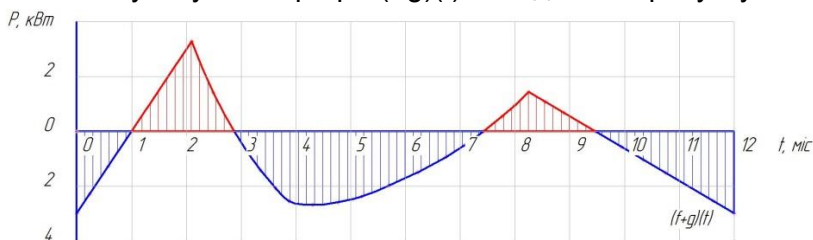


Рис. 1. Результуючий енергетичний графік.

Наведена крива $(f-g)(t)$ пропонується у якості кінцевого результату роботи моделі. На основі даного графіка експерт може зробити висновки про дефіцит або надлишок електричної енергії в певний час, і прийняти конструктивне рішення про введення нового джерела енергії або відключення навантаження в певний проміжок часу. Експертом також можуть змінюватись показники навантаження споживачів (якщо це передбачено проектом).

Висновки. Розроблений на основі запропонованої моделі розрахунок дозволяє виконати аналіз автономної системи електропостачання протягом року. Проте модель може проводити обчислення і для менших періодів часу, але через велику кількість невизначеності інформації точність таких обчислень буде знижуватись пропорційно зменшенню інтервалу часу.

УДК 620.9:546.11

РОЗВИТОК ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ВОДНЕВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ В СВІТІ І В УКРАЇНІ

Ю.М. Солонін,

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.
Францевича НАН України, вул. Кржижановського, 3,
м. Київ, 03142,
e-mail: solonin@ipms.kiev.ua, 38(044) 390 87 57*

Більш широке використання водню, як високоефективного і екологічно прийняттого енергоносія, а також паливних комірок (ПК), здатних з мінімальними втратами перетворювати хімічну енергію водню в електрику, в останні роки розглядаються як найбільш перспективний шлях до суттєвого скорочення шкідливих викидів в атмосферу.

Ключові слова: водень, відновлювані джерела енергії, паливні комірки.

DEVELOPMENT OF RESEARCH ON HYDROGEN ENERGY IN THE WORLD AND IN UKRAINE

Yu.M. Solonin,

*Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, NAS
of Ukraine, 3 Krzhizhanyivsky Street, UA-03142 Kyiv, Ukraine,
e-mail: solonin@ipms.kiev.ua, 38(044) 390 87 57.*

Wider use of hydrogen as a highly efficient and environmentally acceptable energy carrier, as well as fuel cells (PCs) capable of converting the chemical energy of hydrogen

into electricity with minimal losses, has been considered as the most promising way to significantly reduce harmful emissions into the atmosphere in recent years.

Keywords: *hydrogen, renewable energy sources, fuel cells.*

ORCID: 0000-0002-8068-1023.

В розвинених країнах світу реальному впровадженню водню і паливних елементів (ПЕ) в енергетичний сектор економіки приділяється величезна увага. Робиться все можливе, щоб об'єднати зусилля науковців, бізнес і державні структури для найскорішого вирішення цієї проблеми. Для чого це робиться? По-перше, широке використання водню і ПЕ - це найбільш перспективний шлях до реального зменшення шкідливих викидів в атмосферу і врешті-решт до «безвуглецевої» економіки у майбутньому. Згідно Паризької угоди 2015 року щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю Україна, як її учасник, теж повинна рухатись цим шляхом. Він включає такі чинники, як енергоефективність, заміна викопних вуглеводнів на альтернативні енергоносії, в першу чергу водень, широке використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). По-друге, використання ПЕ і водню, особливо якщо його отримують із використанням ВДЕ, сприяє диверсифікації енергозабезпечення країни і водночас забезпечує більшу адаптивність ВДЕ по відношенню до централізованих систем електропостачання. Для України це дуже важливо, тому що в останні роки в нашій країні все інтенсивніше залучаються енергетичні ресурси вітру, сонячного випромінювання для генерації електрики і дедалі проблема

найбільш ефективного включення відповідних станцій в централізовану розподільчу систему ставатиме актуальнішою.

В Європі з метою прискорення інноваційних розробок в галузі водню і ПЕ і їх впровадження створено асоціацію Воднева Європа, яка об'єднує більше 100 промислових компаній, близько 68 науково-дослідних організацій, а також 11 національних водневих асоціацій. Щодо наукових досліджень Воднева Європа тісно співпрацює з Рамкової програми ЄС "Горизонт 2020" із Спільною ініціативою «ПЕ і Водень», загальний бюджет якої складає 1,33 млрд.євро. Згідно прогнозу Grand View Research, Inc. до 2025 року обсяг світового ринку ПЕ досягне 24,81 мільярда доларів США. При цьому використання ПЕ в автомобілях до кінця 2024 року дасть прибуток 1,31 млрд. дол. США а річне зростання цього ринку складе 22,11%. В сегменті ПЕ для портативних електронних приладів, таких як камери, ноутбуки, мобільні телефони, смартфони та інші, буде зростання на рівні 7,1% на рік.

Вже у 2015 році значна частина виробників легкових автомобілів, такі як GM, Toyota, Honda, Hyundai, Daimler наблизились до серійного випуску моделей, оснащених ПЕ із водневим паливом. Перед розвиненими країнами, зокрема перед багатьма країнами Європи, постало невідкладне завдання створення відповідної водневої інфраструктури, тобто достатньої кількості водневих заправних станцій. Франція, наприклад, передбачає, що до 2030 року у країні не залишиться жодного куточка, де б неможливо було дістати водню для свого автомобіля на ПЕ. Вже зараз в деяких країнах створюються автономні заправні станції, які для отримання водню використовують

енергію вітру та/або сонця, зберігають його, наприклад, у стисненому стані і подають для заправки транспортних засобів, силові агрегати яких використовують ПЕ.

Протягом 2016-2018 рр. за участю 14 установ 5 відділень НАН України виконувалась цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій» (Програма). При виконанні Програми отримано низку важливих науково-технічних результатів з трьох напрямів: отримання водню, зберігання водню, паливні комірки,

Зокрема, за напрямом **«Отримання водню»** закладено наукові основи створення: систем отримання водню з застосуванням геотермальних джерел енергії, сонячного випромінювання та енергії вітру; екологічно безпечних біотехнологій деструкції відходів з одночасним синтезом водню; переробки донних мулів станцій водоочищення; ефективних енергоакумулюючих речовин на основі сплавів алюмінію; оборотної фотоелектрохімічної комірки тощо. За напрямом **«Зберігання водню»** створено зразки металогідридного акумулятора водню, запропоновані ефективні водень сорбуючі сплави-композити на основі магнію, проведено моделювання, конструювання та виготовлення корпусів балонів для зберігання водню при тиску до 55 МПа. За напрямом **«Паливні комірки»** розроблено цирконієво-керамічну паливну комірку на полегшеному металевому носії для енергетичних систем безпілотних літальних апаратів; створено зразки низькотемпературної паливної комірки з мембранно-електродним блоком на основі комерційної іонпровідної мембрани «Нафіон».

ОРГАНІЗАЦІЯ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ОТРИМАНОЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В.А. Хілько

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,
Тел. (044) 206-28-09. E-mail: vladimirkhilko@gmail.com.*

Розглянуто оновлені вимоги і особливості обліку електроенергії на електростанціях що працюють на основі відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: *оптовий ринок електричної енергії, відновлювані джерела енергії, генерація електричної енергії, комерційний облік, власні потреби.*

DEVELOPMENT OF COMMERCIAL ACCOUNTING OF ELECTRIC ENERGY RECEIVED FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES

V. Khilko

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

Updated requirements and features of electricity accounting at power plants working on the basis of renewable energy sources are considered.

Keywords: *wholesale electricity market, renewable energy sources, electricity generation, commercial accounting, own consumptions.*

Вступ. Фінансові розрахунки та отримання коштів від продажу електричної енергії на Оптовому ринку електричної енергії (ОРЕ) України є основним результатом діяльності суб'єктів господарювання, які здійснюють свою діяльність в сфері виробництва електричної енергії.

Комерційний облік організовується в такий спосіб, щоб забезпечити роздільне визначення обсягів виробленої, спожитої на власні потреби, та відпущеної в мережу електричної енергії кожним блоком та електростанцією в цілому.

Дані комерційного обліку характеризують режим перетікання електричної енергії на межі балансової належності електричних мереж суб'єктів ОРЕ України («прийом», «віддача», «сальдо перетоків», тощо).

Організація системи обліку електричної енергії.

Одним з ключових об'єктів щодо комерційного обліку електричної енергії є автоматизована система комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ (далі АСКОЕ). АСКОЕ являє собою дворівневу автоматизовану систему із централізованим керуванням і розподіленою функцією виміру. На першому рівні системи розглядаються засоби вимірювання і устаткування зв'язку, а на другому рівні — сервер АСКОЕ, який приєднаний до інформаційного каналу.

Основною функцією АСКОЕ є високоточні синхронні виміри перетоків електроенергії, погодинне та за заданий період визначення об'ємів прийому (віддачі) електроенергії, а також формування інформаційної бази облікових даних. Даною системою забезпечується постійна передача даних комерційного обліку до Інформаційно-обчислювального

комплексу Головного оператора за допомогою уніфікованого протоколу.

Улаштування вузлів комерційного обліку на об'єктах ВДЕ. Вузли обліку електричної енергії встановлюються на точках розрахункового обліку, які входять до переліку ринкових точок комерційного обліку об'єкта ВДЕ.

Як правило, розрахунковий реверсивний лічильник встановлюється на межі станції з ВДЕ у місці її приєднання до зовнішніх електричних мереж (точки забезпечення потужності, замовленої до приєднання). Сальдо перетоків електричної енергії станції є різниця між обсягом електричної енергії, що надійшла в електричні мережі станції з зовнішніх електричних мереж (прийом), та обсягом електроенергії, відпущеної з технологічних електричних мереж станції в зовнішні електричні мережі (відпуск).

Сальдо перетоків електричної енергії визначається за алгоритмом:

$$\begin{aligned} & \text{САЛЬДО ПЕРЕТОКІВ} = \\ & = \text{ПРИЙОМ З МЕРЕЖІ} - \text{ВІДПУСК В МЕРЕЖУ} \end{aligned}$$

Якщо сальдо перетоків електричної енергії має від'ємне значення, то обсяг відпуску виробником електричної енергії в ОРЕ зі станції приймається рівним абсолютному значенню відповідного сальдо перетоків електричної енергії, а обсяг купівлі виробником електричної енергії у енергопостачальної організації, що надійшла із зовнішніх мереж на власні потреби станції, приймається рівним нулю.

Потрібно прийняти до уваги, що з метою порівняння на електростанціях з ВДЕ обсягів відпуску та генерації електричної енергії, крім розрахункового обліку обсягів відпущеної в мережу електричної енергії, за вимогою «Інструкції про порядок комерційного обліку електричної енергії» - додаток 10 до Договору між членами ОРЕ, повинні додатково встановлюватись розрахункові лічильники на групі генеруючих електричних установок станції. Додаткові лічильники мають вимірювати обсяг електричної енергії безпосередньо на виході від розподільчих щитів установок для генерації електричної енергії. Метою даного заходу є виключення можливості фальсифікації відпуску електричної енергії в ОРЕ.

Визначення витрат електричної енергії станції з ВДЕ на власні потреби. Впровадження Постанови НКРЕКП від 04.04.2017 р. № 472 суттєво спростило облік витрат електричної енергії станції з ВДЕ на власні потреби. Згідно зазначеної Постанови витрати електричної енергії на власні потреби визначаються в обсягах споживання виключно того закінченого будівництвом об'єкта, склад якого визначений у декларації про готовність об'єкта до експлуатації, яка зареєстрована в органі держаного будівельного контролю.

З цього приводу обсяги власних потреб станції на ВДЕ не підсумовуються для всіх існуючих у юридичної особи об'єктів. Наприклад, якщо у юридичної особи в сфері господарювання є: декілька черг електростанції на ВДЕ, інші виробничі дільниці, офісні приміщення і т.п., то витрати електричної енергії на власні потреби враховуються тільки для тієї черги (частини) електростанції на ВДЕ, яка була вказана у відповідній декларації про готовність до експлуатації.

Зі сказаного вище випливає висновок про те, що в даний час немає необхідності створювати юридично відокремлені підприємства, брати в оренду технологічні площі або земельні ділянки для встановлення на вже існуючих об'єктах устаткування з використання ВДЕ.

Також, при розробці електричних схем станцій з ВДЕ важливо звернути увагу на організацію внутрішніх електричних мереж. Всі електроустановки власних потреб станцій з ВДЕ, які мають безпосереднє електричне з'єднання з технологічними (генеруючими) електричними мережами станції, не повинні бути забезпечені окремими розрахунковими лічильниками обліку електричної енергії.

Висновки. Комерційний облік електроенергії, виробленої на станціях з ВДЕ, забезпечує роздільне визначення обсягів виробленої, спожитої на власні потреби, та відпущеної в мережу електричної енергії.

Розрахунковий лічильник комерційного обліку встановлюється на межі станції з ВДЕ у місці її приєднання до зовнішніх електричних мереж.

Додаткові лічильники встановлюються з метою виключення можливості фальсифікації відпуску електричної енергії в ОРЕ.

Обсяги власних потреб станції на ВДЕ не підсумовуються з урахуванням всіх існуючих у юридичної особи об'єктів споживання електроенергії.

Споживачі власних потреб, які мають безпосереднє електричне з'єднання з технологічними (генеруючими) електричними мережами станції, не повинні бути забезпечені окремими розрахунковими лічильниками обліку електричної енергії.

УДК 621.314

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИНВАРИАНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.С. Смирнов¹, Д.В. Вайц², Н.В. Беленок³

*Национальный технический университет Украины «КПИ
им. Игоря Сикорского», пр. Победы, 37, Киев, Украина
e-mail: svstor2@gmail.com, otwind@gmail.com*

Рассмотрено развитие теории построения инвариантных преобразовательных систем с многократной модуляцией. На основе теоретических исследований сформулировано положение о структурной инвариантности преобразовательных систем. Предложены положения гиперкомплексного анализа преобразовательных систем с многократной модуляцией, разработано положение квадриплексного преобразования. Обоснованы принципы организации и алгоритмы управления многофункциональными преобразователями с многократной модуляцией.

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, многократная модуляция, автономный объект, гиперкомплексные числовые системы, теория инвариантности, квадриплексное преобразование.*

THEORETICAL BASIS FOR PROVIDING EMC OF INVARIANT AMPLIFIER-CONVERTER SYSTEMS

V. Smirnov¹, D. Vayts², N. Belenok³

NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Kyiv, Ukraine

The development of the theory of invariant amplifier-converter systems (ACS) with multiple modulations as one of the means of ensuring electromagnetic compatibility (EMC) is considered. On the basis of theoretical research, a provision on the structural invariance of the amplifiers-converters systems is formulated. The mathematical positions of hypercomplex analysis of converter systems with multiple modulation are proposed, the mathematical position of quadriplex transformation as a means for ensuring electromagnetic compatibility is developed.

Keywords: *invariance theory, autonomous object, hypercomplex numerical systems, electromagnetic compatibility, amplifier-converter systems.*

ORCID: ¹0000-0002-3840-7813, ³0000-0002-6408-443X.

В современных условиях интенсивного развития и использования радиоэлектронных средств различного назначения, повышения чувствительности оборудования и увеличения количества различных источников непреднамеренных электромагнитных помех (ЭМП), актуальность проблемы обеспечения электромагнитной совместимости непрерывно возрастает [1,2].

Одним из наиболее распространённых источников ЭМП являются источники питания [3]. Потому системы вторичного электропитания должны обеспечивать преобразование электроэнергии, поступающей от первичных источников энергии, в электроэнергию необходимого для потребителей вида и качества с заданными параметрами энергетических координат. При этом к системам вторичного электропитания предъявляются требования реализации заданных характеристик функционирования при условии наиболее

полного обеспечения инвариантности выходных энергетических координат системы к координатно-параметрическим возмущениям, к процессам в первичных источниках энергии и потребителях. Реализация заданных характеристик функционирования предусматривает инвариантность выходных энергетических координат не только к возмущающим воздействиям, но и к виду преобразуемой электроэнергии, что обуславливает необходимость расширения функциональных и динамических возможностей систем.

В состав вторичных систем электропитания, как правило, входит ряд полупроводниковых преобразовательных систем (ПС).

Задачу инвариантности в классе адаптивного координатно-параметрического управления формулируем следующим образом: необходимо отыскать условия, при которых структурная организация преобразовательной системы будет обладать свойствами двукратной структурной инвариантности по отношению к координатным воздействиям и параметрическим возмущениям.

Рассмотрение структурной организации ПС позволяет сформулировать достаточное условие структурной инвариантности: наличие как минимум двух модулирующих функций в уравнении для обобщенной коммутационной функции обуславливает необходимость многократной, по меньшей мере, двукратной, модуляции входного воздействия в силовом тракте ПС в соответствии

$$\underline{\underline{\bar{f}(t)}}$$

с алгоритмом преобразования $\bar{F}(t)$.

В общем случае рассматриваемую задачу синтеза заданного сигнала $f(t)$ можно сформулировать следующим образом: некоторый ПС, на вход которого подан произвольный сигнал $F(t)$, преобразует его с целью получения заданного сигнала. Формирование выходного сигнала $f(t)$ можно рассматривать как процесс периодической модуляции произвольного сигнала $F(t)$ соответствующей периодической коммутационной функцией $\bar{Q}(t)$ (рис1, б).

Следует отметить, что при функционировании в условиях априорной и текущей неполноты информации о воздействующих функциях, задача синтеза сводится к определению коммутационной функции $\bar{Q}(t)$. При этом обобщенное функциональное уравнение силового тракта ПС примет вид

$$\bar{f}(t) = \bar{F}(t) \times \text{Sip}(\omega_{\text{H}} t) \times \bar{Q}(t) \times \text{Sip}^{-1}(\omega_{\text{H}} t), \quad (1)$$

или

$$\bar{f}(t) = \bar{F}(t) \times \bar{Q}(t), \quad (2)$$

откуда

$$\bar{Q}(t) = \frac{\bar{f}(t)}{\bar{F}(t)}, \quad (3)$$

где $\bar{f}(t), \bar{F}(t), \bar{Q}(t)$ – дискретные квантованные функции.

Отсюда следует вывод об оптимальной структурной организации СТ ПС в соответствии с алгоритмом “модуляция-демодуляция”. Таким образом, условием физической реализуемости структурно-инвариантного ПС является сепаратная организация СТ ПС в соответствии с принципом “модулятор демодулятор” (Рис. 16).

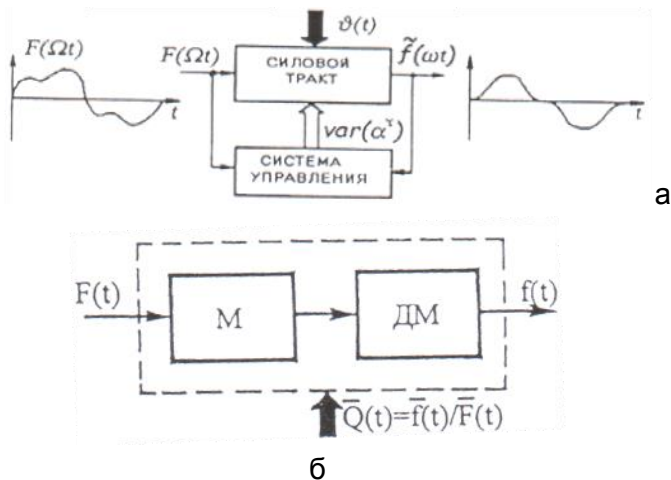


Рис. 1. Структурная организация ПС.

Реализация рассмотренного положения в совокупности с известными традиционными принципами инвариантности даёт возможность говорить о классе структурно-инвариантных преобразователей.

Утверждение. При соблюдении условий устойчивости и двукратной структурной инвариантности преобразовательная система является адаптивной структурно-инвариантной по координате ε по отношению к входным координатным и параметрическим воздействиям.

Решение проблемы структурной инвариантности преобразовательных систем позволяет совместить функции формирования, регулирования выходного сигнала, компенсации координатных и параметрических возмущений в едином функциональном узле.

Выводы. Адаптивное координатно-параметрическое управление, использующее релейные составляющие в

алгоритмах управління, способно значительно расширить возможности управления нестационарными объектами. Разработаны алгоритмы преобразования и принципы организации инвариантных ПС при произвольной форме напряжения питания. При этом функциональная организация ПС, предусматривающая высокочастотное преобразование электроэнергии, позволяет принципиально устранить необходимость промежуточного получения постоянного напряжения, что даёт возможность существенно улучшить технико-экономические показатели ПС. Кроме того, разработан ряд структур ПС, возможность и целесообразность использования которых в аппаратуре различного функционального назначения обусловлены высоким качеством выходного напряжения требуемой формы при произвольной форме напряжения питания и отсутствии выходных энергетических фильтров; широким диапазоном регулирования величины и частоты выходного напряжения, включая низкие и инфранизкие частоты, причем без искажения его формы; возможностью выполнения силового тракта ПС по схеме как с суммированием в общем узле, так и с суммированием в общем контуре; управлением структурами ПС на программном уровне за счёт реализации соответствующих алгоритмов преобразования цифровым программируемым контроллером; многооперационностью разработанных структур ПС, что обеспечивает их унификацию.

Разработанные структуры ПС, используемые в автономных СЭС, позволяют программно получить любой требуемый алгоритм управления и обеспечивают

органичное сочетание возможностей силового тракта ПС и преимуществ цифрового управления.

Литература:

1. Алиев Р. А. Принцип инвариантности и его применение для проектирования промышленных систем управления. – М.: Энергоатомиздат. 1985.
2. Антонов В. Н., Пришвин А. М., Терехов В. А., Янчевский А. Э. Адаптивные системы автоматического управления / Под ред. В. Б. Яковлева. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1984. – 204 с.
3. Кантор И. Л. Солодовников А. С. Гиперкомплексные числа. – М.: Наука, 1973. – 144 с.
4. Онищенко С. М. Применение гиперкомплексных чисел в теории инерциальной навигации. – К.: Наук. думка. 1983. – 208 с.
5. Павлов В. В. Инвариантность и автономность нелинейных систем управления. – К.: Наук. думка. 1971. – 271 с.
6. Смирнов В. С., Самков А. В., Беленок Н. В., Иваниченко Е. В. Структурный синтез инвариантных преобразовательных систем с использованием теории нечётких множеств // Гідроенергетика України. – 2015. – №1-2. – С. 46-49.
7. Фомин В. П., Фрадков А. Л., Якубович В. А. Адаптивное управление динамическими объектами. – М.: Наука. – 1981. – 498 с.

УДК 621.311.1

ПОБУДОВА ФУНКЦІЙ ОПТИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

В.А. Баженов,

*Національний технічний Університет України
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського”, пр. Перемоги 37, м.Київ, 03056, Україна,
тел.: +38(044)204-48-16, e-mail: v_bazhenov@ukr.net.*

У роботі розглянуті питання побудови функцій оптимальних витрат для ліній електропередачі та трансформаторів, які використовуються в методах оптимізації розвитку електричних мереж сучасних енергосистем і забезпечують ефективне вирішення поставленої задачі.

Ключові слова: електрична мережа, енергосистема, оптимізація розвитку, елементи мережі.

CONSTRUCTING OF OPTIMAL COSTS FUNCTIONS FOR OPTIMIZATION OF ENERGY SYSTEMS DEVELOPMENT WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

V. Bazhenov ,

*National Technical University of Ukraine
"The Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky",
37, Peremogy ave., Kyiv, Ukraine, 03056.*

The paper deals with the construction of optimal cost functions for transmission lines and transformers used in

optimization methods for the development of electric networks of modern power systems that provide an efficient solution of the problem.

Keywords: *electric network, power system, optimization of development, elements of the network.*

ORCID: 0000-0003-1622-5207.

При оптимізації розвитку задача вибору оптимальної конфігурації електричної мережі в статичній постановці формулюється як задача визначення мінімуму функції витрат вигляду

$$V^* = \sum_{i \in M} V_i(P_i), \quad (1)$$

де i - поточний індекс гілок електричної мережі; M - множина допустимих гілок мережі; $V_i(P_i)$ - відома шматочно-лінійна функція витрат у i -у лінію, що може бути отримана в результаті апроксимації кривої економічних інтервалів; P_i - потужність, що протікає по лінії i .

Для побудови функцій $V_i(P_i)$ для елементів мережі, серед яких розрізняють лінії електропередачі та трансформатори, може бути застосований метод економічних інтервалів, при використанні якого затрати i -ї гілки електричної мережі при будь-якому значенні потоку потужності P_i по елементу повинні задовольняти умові

$$Z_i(P_i) = \min \{Z_{i1}(P_i), Z_{i2}(P_i), \dots, Z_{iv}(P_i)\}, \quad (2)$$

де v - загальна кількість варіантів технічного виконання i -ї гілки [1,4].

Функції $z_{i1}(P_i), z_{i2}(P_i), \dots, z_{in}(P_i)$ можуть бути представлені у вигляді парабол та записані для всіх $v = 1, 2, 3, \dots, V$ допустимих перерізів ліній заданого типу і напруги або потужностей трансформаторів. Тоді у відповідності з (2) функція оптимальних витрат в лінію або трансформатор від потужності представляє собою нижню огинаючу сім'ї парабол, кожна із яких побудована для одного з допустимих варіантів спорудження елемента мережі. При побудові функції відпадають ті із допустимих варіантів, які не задовольняють умові (2).

Безпосереднє використання функції оптимальних дисконтованих витрат ускладнюється через те, що на межі економічних інтервалів розірвані перші похідні. Через це шматочно-параболічну функцію витрат замінюють більш простими апроксимуючими функціями. Для зменшення кількості обчислень на кожному кроці оптимізації доцільно апроксимувати функцію витрат у кожен гілку мережі прямою лінією [2,4]. Для апроксимації може бути використаний метод найменших квадратів, що мінімізує суму квадратів відхилень функції витрат від прямої лінії. Цей метод дозволяє на підставі таблиці значень функції $(x_i, y_i) (i = 1, 2, \dots, N)$ визначити многочлен ступеня. $M < N$

$$y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_Kx^K + \dots + a_Mx^M \quad (3)$$

який досить близько описує дану функцію. Метод найменших квадратів дозволяє вибрати многочлен, який мінімізує функцію

$$\sum_{i=1}^N (y_i - y(x_i))^2 = f(a_0, a_1, \dots, a_M) \quad (4)$$

Для визначення системи лінійних рівнянь, яка описує шукані коефіцієнти (a_0, a_1, \dots, a_M) , необхідно продиференціювати останній вираз по кожному з коефіцієнтів виду a_k і прирівняти отримані похідні до нуля. Після диференціювання (4) отримуємо

$$\frac{\partial f}{\partial a_K} = -2 \sum_{i=1}^N [(y_i - y(x_i))] x_i^K = 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

Останній вираз може бути записано у вигляді

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i x_i^K &= a_0 \sum_{i=1}^N x_i^K + a_1 \sum_{i=1}^N x_i^{K+1} + a_2 \sum_{i=1}^N x_i^{K+2} + \dots + a_M \sum_{i=1}^N x_i^{K+M} \\ &= \sum_{j=0}^M a_j \sum_{i=1}^N x_i^{K+j} \end{aligned} \quad (6)$$

Позначимо

$$\sum_{i=1}^N y_i x_i^K = T_K, \quad \sum_{i=1}^N x_i^K = S_K \quad (7)$$

З виразу (6) з урахуванням позначень (7) отримуємо систему рівнянь для визначення шуканих коефіцієнтів

$$\sum_{j=0}^M a_j S_{K+j} = T_K, \quad K = 0, 1, 2, \dots, M \quad (8)$$

Використання функцій оптимальних витрат для лінії електропередачі та трансформаторів при розв'язанні задачі оптимізації розвитку енергосистем дозволяє спростити розв'язувану задачу, спрощує розрахунок витрат на спорудження та експлуатацію елементів при виборі оптимальної конфігурації мережі.

Література:

1. Баженов В.А. *Моделювання електричної мережі при оптимізації розвитку енергосистем / Технічна електродинаміка.*

Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 5. К.: Ін-т електродинаміки НАН України. – 2006, – с. 9-12.

2. Баженов В.А. Модели оптимального развития энергосистем. Учеб. пособие - Киев: КПИ, 100с, 1984 .

3. Кузнецов В.Г. Оптимизация режимов электрических сетей/ В.Г. Кузнецов, Ю.И. Тугай, В.А. Баженов. – К.: Наукова думка, 1992. – 216 с.

4. Модели оптимизации развития энергосистем: Учебн. для электротехн. спец. вузов/ Д.А. Арзамасцев, А.В. Липес, А.Л. Мизин /Под ред. Д.А. Арзамасцева. -М.: Высш. школа. 1987- 272с.

5. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование - М.: Мир, 1975. – 534с.

УДК 621.311

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

П.Д. Лежнюк¹, С.В. Кравчук², І.О. Котилко³,
*Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021
тел.: +38(093)935-19-29, e-mail: sv.kravchuk@ukr.net.*

Показано взаємозв'язок зміни показників надійності роботи електричних мереж із збільшенням кількості та встановленої потужності відновлювальних джерел енергії, зокрема фотоелектричних станцій.

Ключові слова: електричні мережі, відновлювані джерела, підвищення надійності.

ENHANCEMENT OF ELECTRIC GRIDS RELIABILITY WITH USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

P.D. Lezhniuk¹, S.V. Kravchuk², I.O. Kotylko³,
Vinnitsa National Technical University.

The interconnection of the change of electric networks operation reliability indices with the increase in the number and installed capacity of renewable energy sources, in particular photovoltaic stations, is shown.

Keywords: electric networks, renewable sources, increase of reliability.

ORCID: ¹0000-0002-9366-3553.

На початок 2015 року сумарна встановлена потужність ФЕС дорівнювала 315 МВт [1]. За чотири роки їх потужність зросла більш як в 3 рази і складає на кінець 2018 року – 1100 МВт. Слід відмітити, що ФЕС розміщені нерівномірно по території України і, в свою чергу, досить важко оцінити їх вплив на надійність електропостачання електричних мереж. На рис. 1, приведена зміна SAIDI для 2011, 2015–2018 років, середнє значення по ОЕС для міських та сільських електричних мереж.

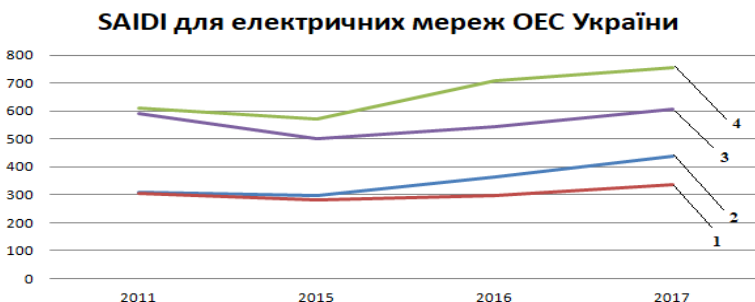


Рис. 1. Зміна цільового запланованого показника SAIDI (1) та фактичного (2) – міських електричних мереж та залежності 3 і 4 – для сільських електромереж ОЕС України.

Виходячи зі статистичних даних [2], збільшення потужності генерування відновлювальних джерел енергії, активне впровадження яких в електричні мережі почало зростати в 2015 році, може бути причиною підвищення довгих перерв в електропостачанні (SAIDI) [3] електричних мереж. Проаналізовано темпи збільшення генерування ВДЕ в розрізі кожної енергопостачальної компанії, серед інших виділено ПАТ «Вінницяобленерго» (рис. 2), оскільки тут, починаючи з 2015 року, приріст потужності

генерування ФЕС був найбільший. Аналізується лише генерування ФЕС, тому що вітровий потенціал для цього регіону є незначним. Отже, потужність генерування на початку 2015 року становила 41,3 МВт і збільшилася майже в чотири рази за наступні три роки – в кінці 2018 року потужність ФЕС становить 180 МВт. Проте вплив ФЕС на надійність мереж тут суттєво відрізняється від впливу на мережі ОЕС в цілому (див. рис. 2).

Одночасне покращення рівня технічного оснащення мереж, як спостерігається у «Вінницяобленерго», разом з розбудовою ФЕС дозволяє розкрити їх потенціал з огляду на можливість забезпечення дотримання показника тривалості довгих перерв в електропостачанні в міських та сільських електричних мережах.

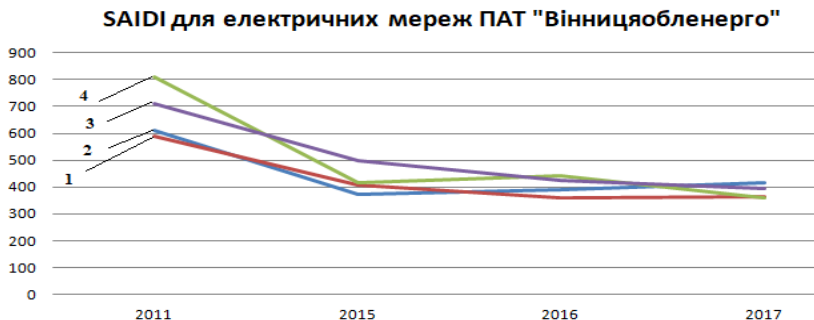


Рис. 2. Зміна цільового запланованого показника SAIDI (1) та фактичного (2) – міських електричних мереж і сільських електромереж ПАТ «Вінницяобленерго» (3) – цільовий показник, (4) – плановий.

Аналіз залежностей на рисунках 1 та 2 дозволяє зробити висновок, що оцінити і досягти максимального ефекту від впровадження відновлювальних джерел енергії

з огляду на можливість забезпечення нормативних показників по надійності (безперебійності) електропостачання можна, враховуючи технічний стан електричної мережі, до якої вони приєднуються[4].

Генерування ФЕС має значний потенціал для підвищення ефективності розподільної електричної мережі і це слід заохочувати. Однак, конструкція системи розподілу і методи роботи, як правило, на основі радіальних потоків потужності, створюють низку проблем для успішного впровадження розосереджених джерел енергії [5,6].

Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації розосереджених джерел електроенергії і розподільних електричних мереж необхідно розв'язати ряд задач, що дозволить збільшити виробництво електроенергії ВДЕ, зменшити втрати електроенергії в розподільних електричних мережах, покращити якість і надійність електропостачання споживачів.

Література:

1. *Звіт про діяльність НЕК «Укренерго» за 2017 рік. Режим доступу:*
https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/05/UKRENERGO_NF_Report_2017.pdf
2. Lezhniuk. P.D. *The influence of distributed power sources on active power loss in the microgrid* // Petro Lezhniuk, Iryna Hunko, Sergiy Kravchuk, Paweł Komada, Konrad Gromaszek, Assel Mussabekova, Nursanat Askarova, Abenar Arman/ *Przegląd Elektrotechniczny*. – R. 93. – NR 3/2017. – P. 107–112. – ISSN 0033-2097. – doi:10.15199/48.2017.03.25
3. *IEEE Standard 1366-2012, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices" (revision of IEEE Std. 1366 -2012)*

4. *Buslavets, O. Evalution and increase of load capacity of on-load tap changing transformers for improvement of their regulating possibilities / O. Buslavets, P. Legnuk, O. Rubanenko // Eastern-European journal of enterprise technologies – 2015. – No. 2/8 (74). – P. 35-41.*

5. *Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали : у 2-х т. / Національна академія наук України; Інститут газу НАН України; Інститут загальної енергетики НАН України; редколегія: Б. С. Стогній та ін. – К.: Академперіодика, 2006 – 529 с.*

6. *План розвитку розподільних електричних мереж на 2016-2025 роки [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=244972812*

УДК 551.509 + УДК 620.92

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

С.І. Корнелюк¹, С.О. Глушенков³, В.М. Корнелюк²,

*¹Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова, вул. Маршала
Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна,*

тел.: +38(095)097-31-12, e-mail: seigerkornelyuk@gmail.com

²НТУ "ХПІ", вул. Кирпичова 2, Харків 61002, Україна

У роботі розглянуто метеосервіс для прогнозування погоди з автоматичним програмним інтерфейсом, що використовує глобальну систему прогнозування в якості основи для розрахунків. Запропоновано використання цього сервісу в якості допоміжного інструменту для оцінки кількості виробленої енергії з відновлюваних джерел.

Ключові слова: *глобальна система прогнозування, автоматичний програмний інтерфейс, відновлювані джерела енергії.*

WEATHER FORECASTING FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES

S. Korneliuk¹, S. Glushenkov³, V. Korneliuk²,

*¹Dept. of Alternative Power Engineering and Electrical
Engineering O.M. Beketov NUUE Kharkiv, Ukraine, 61002*

²NTU "KhPI" 2, Kyrpychova str., Kharkiv, Ukraine, 61002

The meteoservice for weather forecasting with an automatic programming interface, which uses global forecasting systems as the basis for calculations, is considered in the paper. It is proposed to use the service as an auxiliary tool for estimating energy generation using renewable energy sources.

Keywords: *global forecasting system, automatic program interface, renewable energy sources.*

ORCID: ¹0000-0001-9885-1724, ²0000-0002-0212-1290,
³0000-0002-1386-6220.

У розвинених країнах погода і клімат давно стали економічними категоріями. Використання метеорологічної інформації в енергетиці, авіації, будівництві, судноплавстві, сільському господарстві є важливими складовими для планування. В свою чергу, ефективність нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) безпосередньо залежить від погодних умов.

В [1] розглянуто проблеми отримання точних прогнозів для відновлюваної енергетики з найбільш розповсюджених та загально відомих метеосервісів. Крім того, жоден з них не дає повного набору необхідних параметрів або достатню погодинну роздільну здатність, яка, як правило, становить 3 години.

Саме тому, зіткнувшись з подібними проблемами, авторами було прийнято рішення на створення власного метеосервісу [2], який забезпечено API інтерфейсом. Для побудови прогнозів погоди використовуються дані кліматичної моделі Глобальної Системи Прогнозування (GFS) [3], з просторовою роздільною здатністю в 0,25

градуса. Погодинна роздільна здатність для найближчих 72-х годин становить 1 годину, а для наступних, від 72-ї до 384-ї години, – 3 години. GFS модель оновлюється чотири рази на день (00:00, 6:00, 12:00 і 18:00 за UTC). Всі прогнози надаються за часової мітки UTC від поточної часової мітки на період до 16 діб. На даний момент, точність прогнозу обраної моделі складає близько 90 % на п'ятий день прогнозу (рис. 1), та знижується на 2-3 % на кожний наступний день.

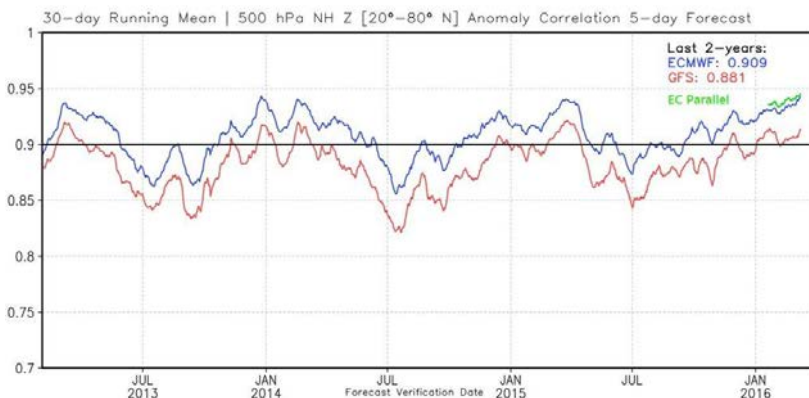


Рис. 1. Точність прогнозу найпопулярніших моделей прогнозування погоди на 5 день прогнозу.

Сервіс [2] через інтерфейс API дозволяє отримувати як стандартний прогноз погоди, що містить такі дані: швидкість та напрям вітру, температура, потік сонячної радіації і хмарність, так і повний прогноз, що містить в собі близько 280 параметрів GFS моделі. Параметри повного прогнозу охоплюють шар атмосфери від поверхні землі до висоти 10 км та подані в кілометрах від рівня поверхні місцевості. Також через автоматичний інтерфейс є

можливість отримати проаналізовані середньорічні показники за змінними стандартного прогнозу погоди. Аналіз середньорічних показників перераховується два рази на добу за період з 1 січня 2010 року до поточної години.

Запропонований метеосервіс може бути корисним для прогнозування кількості виробленої електричної енергії з використанням відновлюваних джерел. Погодинна роздільна здатність прогнозу з кроком в 1 годину дозволить виконати вимоги закону, що описані в [1], а постійний аналіз середньорічних показників дозволяє завжди мати актуальну інформацію щодо їх динаміки. Завдяки API можливо автоматизувати взаємодію з НВДЕ без втручання людини.

Література:

1. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Київський В.В. *Щодо можливості прогнозу генерування ФЕС на наступну добу.* // *Відновлювана енергетика ХХІ століття: матеріали ХІХ міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 26–28 травня 2018 р.* – [К.], 2018. – с. 263–267.
2. Корнелюк С.І., Глушенко С.О. *GlobalWeather* [Електронний ресурс] – URL: <https://global-weather.pp.ua>
3. FanglinYang GDAS/GFS V15.0.0 [Електронний ресурс] – URL: https://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/wx24fy/doc/CCB_FV3GFS_24sept2018_v4.pdf

УДК 621.311

**ВИМОГИ ДО ГНУЧКОСТІ ОБ'ЄДНАНОЇ
ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД
ЧАСТКИ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОМУ БАЛАНСІ**

О.О. Кармазін,

Ін-т відновлюваної енергетики НАНУ, м.Київ.

Завдяки державній підтримці розвитку відновлюваних джерел енергії, встановлена потужність сонячних (СЕС) та вітрових (ВЕС) електростанцій на початок 2019 року досягла 2043 МВт. Генерація електричної енергії ВЕС та СЕС протягом доби має непостійний характер. Для надійної роботи енергосистеми генерація активної потужності кожної години повинна відповідати споживанню. Для забезпечення балансу активної потужності енергосистема повинна мати достатній обсяг резервних потужностей для вчасного реагування на зміни потужності генерованої ВЕС та СЕС чи зміни навантаження. Вимоги до регулюючих електростанцій залежать від частки відновлюваних джерел в електроенергетичному балансі країни.

Ключові слова: *відновлювані джерела енергії, гнучкість енергосистеми, стрибки корисного навантаження*

**REQUIREMENTS TO THE FLEXIBILITY OF THE UNITED
ENERGY SYSTEM OF UKRAINE DEPENDING ON THE**

SHARE OF RENEWABLE ENERGY IN THE ELECTRICITY BALANCE

O. Karmazin,
Institute of renewable energy, Kiev.

Thanks to government support for the development of renewable energy sources, the installed power of solar (SES) and wind (WES) power plants in the beginning of 2019 reached 2043 MW. Generation of electric energy of WEU and SES over the course of the day is unstable. For reliable operation of the power system, the generation of active power every hour must be consistent with consumption. To ensure an active power balance, the power system must have sufficient reserve capacity to react in a timely manner to changes in the power of the generated WES and SES or to change the load. Requirements for regulating power plants depend on the share of renewable sources in the country's electricity balance.

Keywords: *renewable sources, power system, power system flexibility ,net load ramps*

ORCID: 0000-0002-7628-6880.

Згідно Енергетичної стратегії України на період до 2035 року планується довести частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в об'єднаній енергосистемі (ОЕС) до 25 % [1]. За даними державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України станом на початок 2019 року встановлена потужність ВДЕ в ОЕС України склала 2043 МВт.

Потужність, генерована ВДЕ, непостійна у часі. Для забезпечення стабільної роботи енергосистема повинна мати достатній обсяг резервної потужності для своєчасного реагування на коливання потужності ВДЕ та споживачів. В [2] дану спроможність енергосистеми називають «гнучкістю енергосистеми».

Для оцінки вимог до гнучкості енергосистеми необхідно виконати оцінку стрибків корисного навантаження енергосистеми для різних рівнів інтеграції ВДЕ [2].

При виконанні дослідження у якості вихідних даних необхідно використати синхронні дані з роботи ВДЕ, максимально наближені до реальних, наприклад часові ряди, отримані на основі даних повторного аналізу НАСА [3, 4].

Величина стрибків потужності $\Delta_h P$ визначається як зміна потужності на заданому часовому інтервалі h :

$$\Delta_h P(t) = P(t) - P(t - h), \quad (1)$$

де $t = \{h + 1, \dots, 8760\}$, $P(t)$ – потужність генерована ВЕС або СЕС в момент часу t .

Показник, що характеризує зміну навантаження, представляє собою лінійну комбінацію коефіцієнтів зміни навантаження та генерації ВДЕ:

$$\Delta_h NL(t) = \Delta_h L(t) - \frac{\alpha \beta D}{8760 \mu_W} \Delta_h W(t) - \frac{\alpha(1 - \beta)D}{8760 \mu_{PV}} \Delta_h PV(t) \quad (2)$$

де $\Delta_h(\cdot)(t)$ визначається (1); NL – корисне навантаження; L – навантаження енергосистеми; $\{W, PV\} \in [0, 1]$ – значення потужності ВЕС та СЕС, приведені до встановленої потужності електростанції; D – річне споживання

електричної енергії в енергосистемі; μW , μPV – коефіцієнти використання встановленої потужності ВЕС та СЕС; α – частка генерованої електричної енергії ВЕС та СЕС в загальному річному споживанні електричної енергії; β – частка СЕС в суміші ВЕС та СЕС.

Генерація електроенергії з ВЕС та СЕС розраховується шляхом множення погодинних коефіцієнтів потужності, отриманих з погодних даних, на встановлені потужності ВЕС та СЕС. Потужність ВДЕ є функцією від загального вкладу частки генерації ВЕС та СЕС α в річне споживання електроенергії і частки СЕС β в суміші генерації ВДЕ.

Коефіцієнти α та β визначаються згідно (3) та (4).

$$\alpha = \frac{\sum_{t=1}^{t=8760} P_W(t) + \sum_{t=1}^{t=8760} P_{PV}(t)}{D}. \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\sum_{t=1}^{t=8760} P_{PV}(t)}{\sum_{t=1}^{t=8760} P_W(t) + \sum_{t=1}^{t=8760} P_{PV}(t)}, \quad (4)$$

За допомогою моделі (1) – (4) виконано розрахунок 1-годинних та 6-годинних стрибків корисного навантаження. 1-годинні стрибки визначають вимоги до обертового резерву, 6-годинні – до холодного. Розрахунок виконано для 5-го та 95-го процентилей.

Результати розрахунку для різних сценаріїв інтеграції ВДЕ наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Параметри 1-годинних та 6-ти годинних стрибків корисного навантаження для різних сценаріїв інтеграції ВДЕ

α	β	1-годинні стрибки			6-годинні стрибки		
		Станд. відхил.	Процентиль		Станд. відхил.	Процентиль	
			95-й	5-й		95-й	5-й
0.0	0.0	0.023	0.039	-0.040	0.073	0.133	-0.112
0.1	0.0	0.022	0.039	-0.038	0.088	0.135	-0.156
	0.25	0.021	0.035	-0.039	0.079	0.113	-0.141
	0.5	0.023	0.037	-0.039	0.085	0.139	-0.131
0.25	0.0	0.025	0.044	-0.039	0.129	0.156	-0.269
	0.25	0.026	0.042	-0.042	0.120	0.168	-0.217
	0.5	0.038	0.070	-0.057	0.168	0.311	-0.231
0.5	0.0	0.033	0.056	-0.051	0.210	0.208	-0.486
	0.25	0.042	0.072	-0.065	0.214	0.315	-0.395
	0.5	0.074	0.140	-0.130	0.335	0.604	-0.523

З отриманих результатів можна відзначити що при інтеграції ВДЕ на рівні до 10 % від загального споживання електричної енергії величина 1-годинних стрибків корисного навантаження залишається практично незмінною. Незначне збільшення спостерігається для 6-годинних стрибків, однак такі зміни, зазвичай, прогнозовані і для їх компенсації можуть бути введені додаткові генеруючі потужності. Вплив СЕС на результат мало помітний, при $\beta = 0,25$ навіть можливо відзначити незначне зниження значень стрибків корисного навантаження.

Для інших сценаріїв ($\alpha = 0,25$ та $\alpha = 0,5$) стрибки потужності ВДЕ переважають стрибки навантаження енергосистеми. Величина позитивних 1-годинних стрибків корисного навантаження в залежності від сценарію розвитку ВДЕ може досягати 0,07 ($\alpha = 0,25$) максимального навантаження ОЕС України та 0,14 ($\alpha = 0,5$), негативних - 0,057 ($\alpha = 0,25$) та - 0,130 ($\alpha = 0,5$).

Найбільшої уваги потребують позитивні стрибки корисного навантаження, так як негативні, у разі недостатності регулюючого діапазону на балансуючих електростанціях, можуть бути компенсовані за рахунок обмеження на певний час потужності ВДЕ.

Отримані значення стрибків корисного навантаження для різних сценаріїв розвитку ВДЕ можуть бути використані для визначення потреби ОЕС України в регулюючих потужностях для балансування ВДЕ.

Література:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року .
Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
2. Integration of wind and solar power in Europe: assessment of flexibility.
Rezhy m dostupu: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.109>.
3. Michele M. Rienecker, et al. MERRA: NASA's modern-
era retrospective analysis for research and applications J Clim, 24(14)(2011),
pp.3624-3648, 10.1175/jcli-d-11-00015.1.
4. <https://www.renewables.ninja/>.

УДК 621.314

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Ю.В. Мірошник¹, С.В. Казанський²

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,*

е-mail: yura.miroshnik@gmail.com,

elektropanorama@ukr.net

В роботі наведено результати моделювання режимів електричної мережі з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). Показано доцільність врахування режимних особливостей ВДЕ під час визначення надійності.

Ключові слова: електрична мережа, відновлювані джерела енергії, надійність.

MODELING MODES OF ELECTRICAL NETWORK WORK WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

Y. Miroshnik¹, S. Kazanskiy²,

NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute»

This paper presents the simulation results of the electric network with renewable energy sources (RES). Shown the expediency of taking into account the features of RES modes in the determination of reliability.

Keywords: electric network, renewable energy sources, reliability.

ORCID: ¹0000-0002-8686-0604, ²0000-0002-6113-2600.

На рис. 1 наведено схему електричної мережі з двома ВДЕ. Це дві вітрові електростанції (ВЕС), які характеризуються різними довільними графіками зміни швидкості вітру, а отже і різними графіками генерації. На рис. 1 позначено: Г1, Г2 – асинхронні генератори; К1, К2 – компенсатори реактивної потужності; Т1, Т2 – силові трансформатори; БП – балансуєчий пункт; S1, S2 – споживачі; 0-1, 1-3, 1-2, 3-4, 3-5, 5-6, 5-7 – лінії електропередавання.

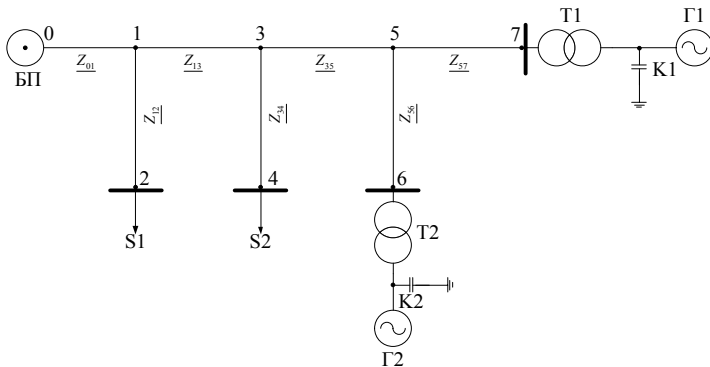


Рис. 1. Схема електричної мережі з двома ВДЕ.

На рис. 2 наведено фактичні добові графіки генерації однієї з ВЕС України.

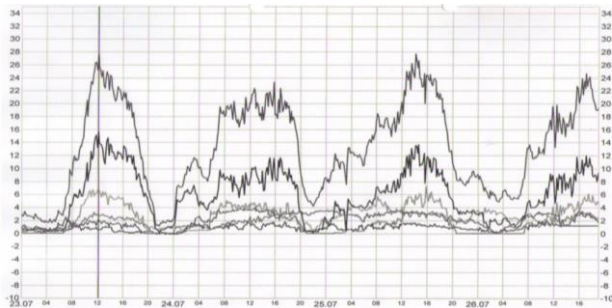


Рис. 2. Фактичні добові графіки зміни генерації ВЕС.

Моделювання режиму виконано із застосуванням програмного комплексу Matlab, Фрагмент моделі електричної мережі з двома ВДЕ (блоки Wind Farm), підвищувальними трансформаторами та лініями електропередавання наведено на рис. 3, а добові графіки зміни швидкості вітру – на рис. 4.

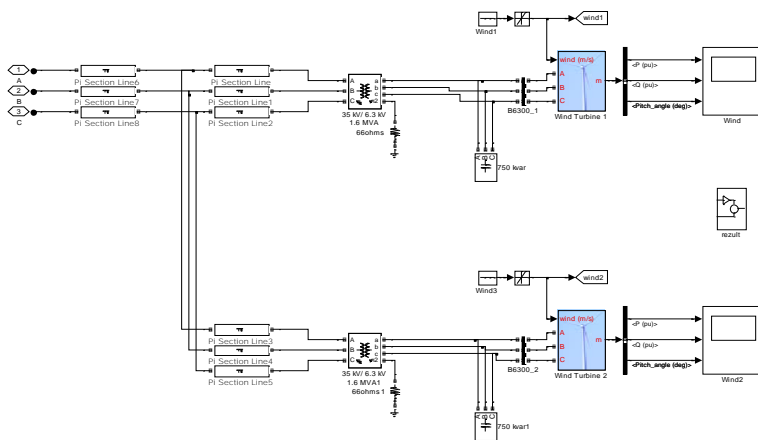


Рис. 3. Фрагмент моделі мережі з двома ВДЕ.

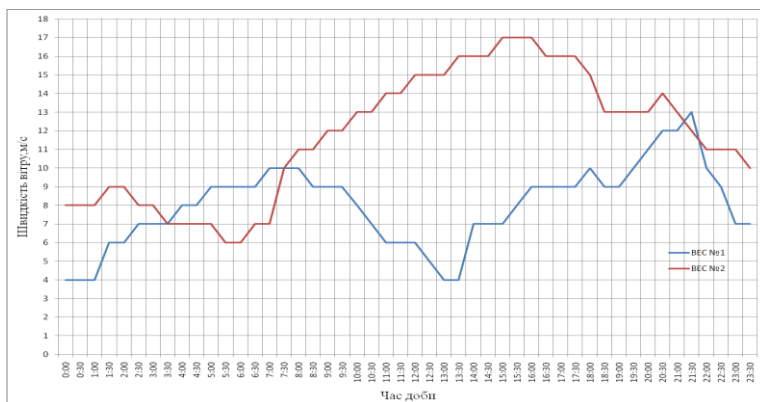


Рис. 4. Добові графіки зміни швидкості вітру.

Висновки. Отримані результати моделювання свідчать про наступне. По-перше, ВДЕ по-різному впливають на надійність роботи мережі залежно від того, де саме їх буде приєднано, а також вони можуть повністю змінити напрямки потоків потужності.

По-друге, аналіз даної моделі показує, що оптимальні параметри мережі ми будемо мати тільки тоді, коли обидві ВЕС будуть працювати в оптимальному режимі, тобто коли вони будуть видавати номінальне значення активної і реактивної потужності. Це в свою чергу можливо тільки тоді, коли швидкість вітру, яка потрапляє на лопаті вітроагрегатів, буде номінальна або більша за неї.

По-третє, маючи прогноз зміни швидкості вітру хоча б на добу, як це є в розвинутих країнах Європи, ми можемо за допомогою моделювання задаватись цими даними і прогнозувати видачу потужності на деякий час наперед.

Література:

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навч. посібник / С.В. Казанський, Ю.П. Матєєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с.
2. Луцтик О.В. Приєднання вітрових електростанцій до магістральних електричних мереж ОЕС України // Електропанорама. – 2010, № 6, с. 50-53.
3. Зайченко В.Б., Олефір Д.О., В.І. Тихенко В.І. Забезпечення надійної роботи ОЕС України за умов істотного збільшення частки генерації ВЕС та СЕС // Електропанорама, 2012, № 12, с. 40-44.
4. Ньюшлосс Дж., Ряпин И. Развитие распределенной генерации // Энергетический центр Московской школы управления «Сколково», 2012.

УДК 621.472

ЕНЕРГЕТИЧНІ КОМІРКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

I.B. Волков¹, B.O. Войтех²,

*Інститут електродинаміки НАН України, пр.Перемоги
56, м.Київ 03057, Україна, тел.+38(066)3105164, e-mail:*

vvoitekh@gmail.com

Наведено структурну схему енергетичної комірки з підключенням ВДЕ, накопичувача та інвертора через шину постійного струму. Представлені рівняння та алгоритми роботи перетворювача для забезпечення режиму MPPT PV панелі у системі енергетичної комірки, наведено схему макету, що може працювати як автономно, так і на електричну мережу.

Ключові слова: енергетична комірка, фотоелектрична панель, відновлювальні джерела енергії, алгоритм, акумулятор.

ENERGY CELLS FOR RENEWABLE ENERGY

I. Volkov¹, V. Voitekh²

*Institute of Electrodynamics National Academy of Science of
Ukraine, pr.Peremohy 56., Kyiv, Ukraine, 03057*

The structural scheme of the energy cell with the connection of the RES, accumulator and the inverter via the DC bus is given. The equations and algorithms of the converter operation are provided to provide MPPT PV panel

mode in the energy cell system, and a scheme of an active layout that can work both autonomously and on an electrical network is presented.

Keywords: *energy cell, PV panel, renewable energy sources, algorithm, accumulator.*

ORCID: ¹0000-0002-00696-0382; ²0000-0002-9460-4141.

Згідно 4-го енерго пакету ЄС [1] у довгостроковій перспективі частка відновлюваної енергетики повинна скласти 50%. Це потребує забезпечення маневрування пікового споживання, що зараз відбувається за рахунок теплових та гідроелектростанцій, потужність яких не може збільшуватися через шкідливий вплив на навколишнє середовище. Майбутнє енергетики ЄС Єврокомісія бачить у переході від централізованих систем до систем розподільної генерації, де енергетичні кооперативи та окремі домогосподарства перетворюються на учасників енергоринку та мають можливість генерувати, зберігати та використовувати для власного споживання електроенергію відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Це дозволить значно підвищити частку мікросистем, що мають високий рівень автономності, а також залучити багато інвестицій у інновації по смарт-контролю та зберіганню енергії, що збільшує гнучкість ринку короточасних договорів та буде більш ефективно реагувати на попит у моменти пікового навантаження та покривати його за рахунок акумульованої енергії. Такий підхід через декілька років буде актуальним і для України, як асоційованого члена ЄС.

Для забезпечення реалізації цих планів потрібно створення цілої гами нових пристроїв та програмного

забезпечення, як у напрямку смарт-контролю, так і безпосередньо у виробництві, накопиченні та перетворенні енергії ВДЕ для потужності від одиниць до десятків кіловат. Одним із варіантів такого комплексного рішення може стати енергетична комірка [2] структурна схема якої наведена на рис.1.

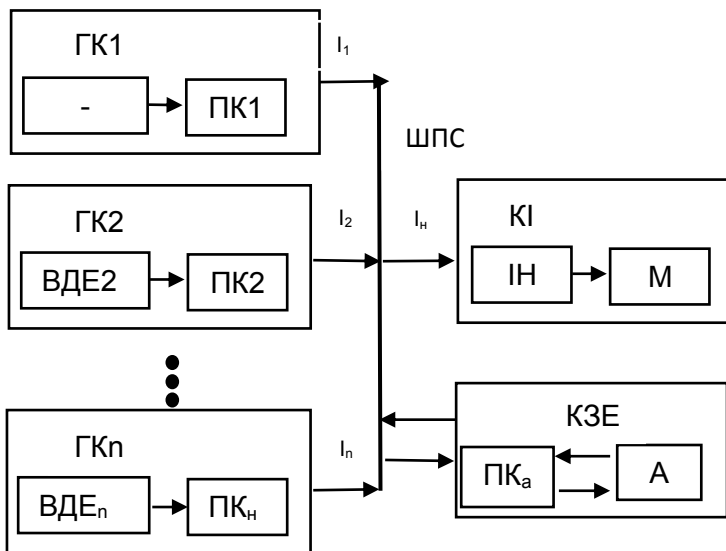


Рис. 1.

До енергетичної комірки входять: генеруючі комірки ГК у складі ВДЕ та підвищуючого постійну напругу конвертора ПК; комірка збереження енергії КЗЕ у складі акумулятора та ПК; комірка інвертора KI у складі інвертора напруги IH, підключеного до мережі або автономного навантаження M. Усі комірки з'єднані між собою шиною постійного струму ШПС з однаковою постійною напругою. Особливістю побудови енергетичної комірки є те, що ВДЕ

у ГК не зібрані послідовно в однакові стрінги та паралельно з'єднані між собою та ШПС як зазвичай [3], а через спеціальні ПК, що вирівнюють напругу ГК до значення напруги ШПС та забезпечують режим максимального відбору потужності (MPPT) для кожного ВДЕ незалежно від кількості та освітленості панелей у них, причому у ГК фотоелектричні панелі з'єднані між собою послідовно у кількості від 2 до 10, у залежності від бажання споживача. Це дозволяє (як довели експерименти) на 20-25% збільшити ефективність відбору електроенергії від ВДЕ, особливо при кількості панелей більше 30.

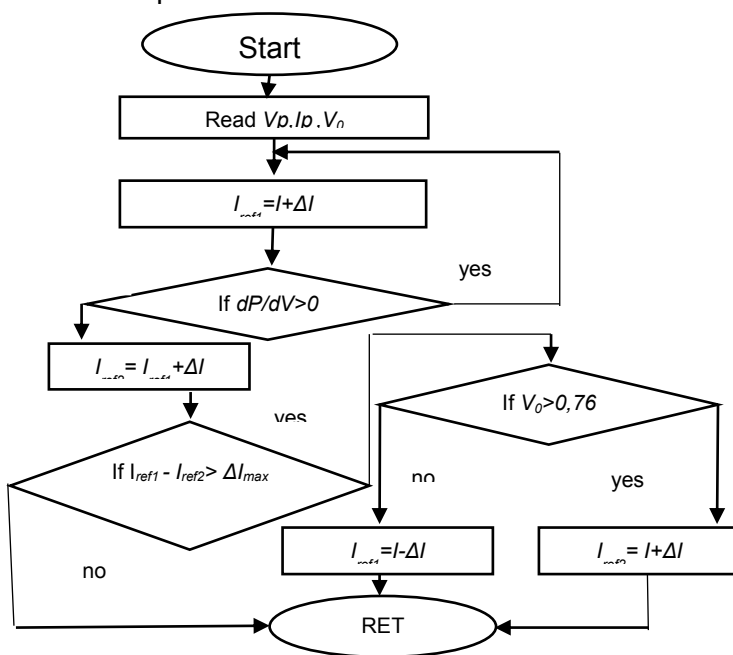


Рис. 2.

Для оптимізації відбору енергії кожна ГК працює у режимі МРРТ [4], що забезпечується комбінацією алгоритмів збурення і спостереження та постійної напруги [5]. На Рис.2 наведено алгоритм керування перетворювачем ПК системи рис.1, де V_p, I_p, V_0 – напруга, струм та напруга холостого ходу фотоелектричних панелей, U, I – струм та напруга на виході перетворювача. Алгоритм працює таким чином: вимірюються значення V_p, I_p, V_0 , на невелике значення збільшується напруга та струм на виході перетворювача, що призводить до збільшення потужності на виході. При цьому знов вимірюються значення V_p, I_p на виході сонячної панелі, вираховується потужність, якщо вона збільшується – струм на виході перетворювача росте, якщо зменшується – то струм зменшується. Якщо при цьому починаються коливання потужності навантаження, перетворювач переходить у режим постійної напруги до тих пір, поки коливання не зникнуть. Слід зауважити, що напруга на виході всіх ГК та КЗЕ однакова і дорівнює напрузі ШПС. Всі ГК з ВДЕ завдяки індивідуальним ПК при цьому працюють у режимах МРРТ (окремих для кожної ГК), а потужність, якої не вистачає для навантаження, відбирається від КЗЕ, або якщо ВДЕ генерують зайву на цей час потужність, вона накопичується в КЗЕ. Таким чином енергетична комірка може працювати як автономно, так і на електричну мережу з можливістю додаткової генерації енергії у пікових режимах навантаження електромережі. Для забезпечення керування як однією, так і системою енергетичних комірок, було розроблено пристрої смарт-контролю та моніторингу для кожної енергетичної комірки на базі Bluetooth LE

модулів компанії Microchip RN4020 із відповідним програмним забезпеченням як контролерів Bluetooth LE модулів, а також програм для комп'ютерів, що керують однією або системою енергетичних комірок.

На базі наведених даних та розроблених алгоритмів було створено програмне забезпечення мікроконтролера та виготовлено діючий макет енергетичної комірки, що дозволяє підключати до трьох стрингів фотоелектричних панелей та накопичувач з акумулятором загальною вихідною потужністю до 5 кВт. Випробування довели відповідність розрахованих параметрів реальним. Інститут електродинаміки НАН України пропонує цей пристрій до серійного виробництва.

Література:

1. *Європейська комісія. Директива 52016DC0860 "Clean energy for all europeans", 2016 р.*
2. *Войтех В.О. Енергетичні комірки для відновлюваних джерел енергії. Праці Інституту електродинаміки НАН України: 36. наук. праць – Київ, 2016 - №44, С. 29-34.*
3. *Müllera M., Bründlingerb R., Arza O. PV off grid hybrid systems and MPPT charge controllers, a state of the art analyses ISES Solar World Congress 2014 Pp. 1421 – 1430*
4. *Buresch M, Photovoltaic energy systems, McGraw-Hill, New York, 1983.*
5. *Kalasathya S., Sathish Khanna P. Implementation of solar power ac motor pump set on mppt with battery backup for agriculture system. International journal of engineering and computer science ISSN. 2016 2 Vol. 5. Pp. 18928-18933*

УДК 621.311.24:621.548

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ І ВІТРО-ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ СИСТЕМ

Л.І. Мазуренко¹, О.М. Попович², О.В. Джура³,
*Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги 56, м. Київ, 03057, Україна,
тел.: (044)366-25-72, e-mail: suoma1715@gmail.com.*

У роботі розглянуто принципи побудови і особливості функціонування гідроакумуляуючих та вітро-гідроакумуляуючих систем, наведено приклади таких систем і їх переваги.

Ключові слова: *гідроакумуляуюча електростанція, вітро-гідроакумуляуюча електростанція.*

CONFIGURATION AND OPERATION FEATURES OF HYDRO- AND WIND-HYDRO PUMPED-STORAGE SYSTEMS

L. Mazurenko¹, O. Popovich², O. Dzhura³,
*Institute of Electrodynamics, National Academy of Science of
Ukraine, 56 Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 03057.*

In the paper base configuration and operation features of hydro- and wind-hydro pumped-storage systems are considered, examples of such systems and their advantages are pointed out.

Keywords: *hydro pumped-storage plant, wind-hydro pumped-storage plant.*

ORCID:¹0000-0002-7059-249X, ²0000-0002-9238-5782,
³0000-0002-0224-3351.

Збільшення обсягів вироблення електроенергії завдяки використанню енергії вітру обумовлює потребу збільшення акумулюючих потужностей у енергетичній системі. Вважається, що гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС) є найбільш ефективним доповненням до великих вітроелектростанцій (ВЕС) [1]. Акумулююча ємність вітро-гідроакумулюючої електростанції (ВГАЕС) залежить від об'єму резервуару і гідростатичного напору. Акумулююча потужність визначається номінальною потужністю насосних і турбінних агрегатів [2]. Недоліком ГАЕС, у порівнянні зі звичайними ГЕС, є необхідність нагнітати воду до верхнього резервуару, однак це нівелюється зменшенням ціни електроенергії в непікові години [3].

Серед відомих європейських функціонуючих ГАЕС слід відмітити іспанську La Muela 2, потужність якої 1772 МВт. В цій країні сумарна потужність ВЕС на рівні близько 14 ГВт. Через стохастичну природу вітру при плануванні конфігурації функціонуючих енергоблоків тут передбачають резерв потужністю близько 3460 МВт. Однією з функцій La Muela 2 і є забезпечення частини такого регулюючого резерву [3].

В Україні найбільшою є Дністровська ГАЕС, де з семи запланованих агрегатів працюють три. Встановлені агрегати можуть працювати як генератори і як двигуни в насосному режимі. Їх сумарна потужність в насосному режимі складає 1263 МВт [4].

Автономні ГАЕС і ВГАЕС споруджують на віддалених від централізованих енергосистем та острівних територіях. Відомим прикладом автономної ВГАЕС є ВГАЕС на одному з Канарських островів Ель-Йерро. Ця ВГАЕС містить 4 гідротурбіни потужністю по 2,8 МВт кожна і ВЕС потужністю 11,5 МВт [5].

Система перетворення енергії вітру до потенційної енергії води повинна максимально повно передавати енергію з валу вітротурбіни до системи гідроакумулювання. Зазвичай в існуючих системах енергія вітру перетворюється за послідовністю:

1) Кінетична енергія вітру перетворюється в механічну енергію на валу вітротурбіни.

2) Енергія з валу вітротурбіни перетворюється в електричну енергію електрогенератором.

3) Електрична енергія живить двигуни насосів. Величина втрат при цьому залежить від кількості етапів трансформації, величин перетину проводу, напруги мережі, коефіцієнта потужності.

Впровадження автономної системи постачання енергії вітру до системи гідроакумулювання [6] забезпечить збільшення ступеня корисного використання енергії вітру завдяки зменшенню впливу обмежень при передачі енергії існуючою електричною мережею. Зняття обмежень на зміну кутової швидкості обертання валу вітротурбіни в заданому діапазоні за зміни швидкості вітру і підвищення ККД генерування та передачі електроенергії може збільшити обсяг електричної енергії у споживача на рівні 25 % [6].

Крім підвищення енергоефективності, проектування систем вітроенергетики із урахуванням можливостей гідроенергетики дозволяє суттєво зменшити капітальні вкладення при створенні нових пікових генеруючих потужностей. Спорудження додаткових ГАЕС потребує великих витрат. В той же час Україна має можливості накопичувати значні обсяги води у водосховищах ГЕС. Дана можливість у комплексі з можливостями вітроенергетики може забезпечити створення додаткових пікових генеруючих потужностей і покращити коефіцієнт використання встановленої потужності генераторів ГЕС. Крім того, подача свіжої, насиченої киснем води до водосховища покращить у ньому екологічну ситуацію.

Література:

1. Al Zohbi G., Hendrick P., Renie C., Bouillard P. Wind-hydro pumped storage systems to meet Lebanese electricity demand. *Revue Des Energies Renouvelables*, Vol.18, №3(2015), pp. 375–397.
2. Anagnostopoulos J. S. Study of hybrid wind-hydro power plants operation and performance in the autonomous electricity system of Crete Island / J. S Anagnostopoulos, D. E. Papantonis // *Recent Advances in Energy, Environment and Economic Development*, 2012, pp.239-246.
3. Montero F., Perez J. Wind Hydro Integration: Pumped Storage to Support Wind, 2009. URL: www.hydroworld.com.
4. Гришко В.В. Натурные наблюдения за состоянием основных сооружений днестровской гидроаккумулирующей электростанции Комунальне господарство міст, 2014, випуск 118, с. 101-105.
5. Sarasua, J.I., Martinez-Lucas, G.; Platero, C.A., Sanchez-Fernandez, J.A. Dual Frequency Regulation 476 in Pumping Mode in a Wind-Hydro Isolated System. *Energies* 2018, 11, 1996–1073. DOI:477 10.3390/en11112865.
6. Мазуренко Л.І. Підвищення енергоефективності систем утилізації енергії вітру при інтеграції вітроенергетичних установок і гідроелектростанцій / Мазуренко Л.І., Попович О.М., Шевчук С.П., Поліщук В.О. // *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2014. – № 1(35). – С. 21-26.

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТЕС ПРИ РЕГУЛЮВАННІ ЧАСТОТИ ТА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

О.С. Яндульський¹, В.С. Гулий², А.О. Тимохіна³

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
тел.: (044) 204-82-36. e-mail: yandu_kpi_stud@ukr.net.*

Розглянуто проблему появи надлишкової знакозмінної керуючої дії на виконавче обладнання енергоблока теплової електричної станції (ТЕС), що призводить до швидкого вичерпання його ресурсу. Запропоновано встановити додаткові елементи фільтрації в моделі автоматичної системи регулювання швидкості обертання турбіни енергоблока ТЕС та проведено дослідження з подальшим порівнянням ефективності їх роботи при залученні станції у процесах регулювання частоти та активної потужності.

Ключові слова: *регулювання частоти, енергосистема, фільтр, моделювання режиму, коливання частоти, серводвигун.*

ANALYSIS OF OPERATIONS OF THERMAL POWER PLANT INVOLVED IN LOAD FREQUENCY CONTROL OF POWER SYSTEM

O. Yandulskyy¹, V. Hulyi², A. Tymokhina³,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
polytechnic institute"*

The problem of the appearance of excessive alternating impact on the executive equipment of the thermal power plant's (TPP) power unit, which causes the rapid exhaustion of its resource is considered. It was proposed to install additional filtration elements in the model of the automatic system of regulating the turbine rotation speed of the TPP's power unit, and analysis with a subsequent comparison of the efficiency of their operation at the station's involvement in the processes of frequency and active power regulation was carried out.

Keywords: *load frequency control, power system, filter, simulation of mode, frequency oscillations, servo driver.*

ORCID: ¹0000-0002-0362-7947, ²0000-0002-2145-4082,
³0000-0001-5892-0326.

Аналіз низки аварій в ОЕС України при виникненні значних небалансів активної потужності показав наявність коливань частоти малої амплітуди, однак внаслідок малого значення постійної часу серводвигуна та відносно великого значення постійної часу турбіни будуть спостерігатися незначні знакозмінні коливання сигналу керуючого впливу на серводвигун та відсутність реакції турбіни на ці коливання. Це обумовлює швидке вичерпання ресурсу регулюючого обладнання, та негативно впливає на експлуатаційні характеристики енергоблоків ТЕС, які приймають участь у нормованому первинному регулюванні частоти (НПРЧ).

З метою зменшення негативного впливу коливань

частоти на ресурс регулюючого обладнання енергоблоку ТЕС запропоновано встановити та дослідити ефективність використання фільтрів сигналу E (рис.1) помилки регулювання таких як: фільтра Баттерворта 1-го порядку [1] та фільтра рухомого середнього [2] при участі енергоблоку ТЕС у регулюванні частоти та активної потужності.

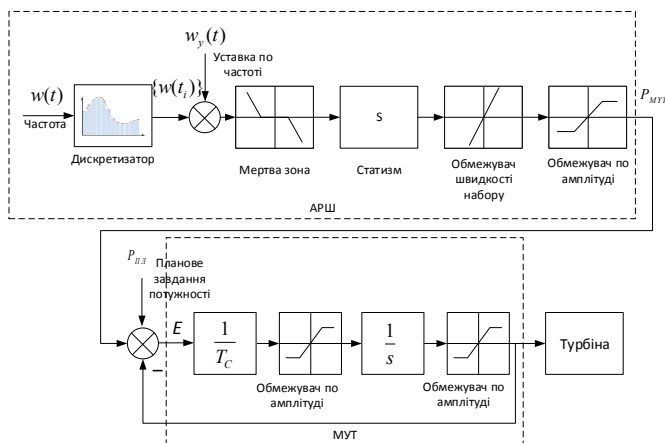


Рис. 1. Структурна схема системи управління енергоблоку ТЕС.

Передатна функція фільтра нижніх частот Баттерворта 1-го порядку характеризується виразом:

$$W(p) = \frac{1}{T_f \cdot s + 1}. \quad \text{АЧХ фільтра Баттерворта монотонно}$$

спадає з ростом частоти. З цієї причини фільтри Баттерворта називають фільтрами з максимально плоскими характеристиками.

Фільтр рухомого середнього заміняє фактичні значення членів ряду середнім арифметичним значень декількох найближчих до нього членів. Набір усереднених

значень утворює так зване вікно ковзання. Усереднене значення сигналу на виході фільтра розраховується за

формулою: $y_n = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N-1} x_{n-k}$, де y_n - усереднене значення

сигналу на виході фільтра n -го інтервалу вхідного сигналу x . Враховуючи попередньо обчислене усереднене значення y_{n-1} , значення сигналу розраховується за

наступною формулою: $y_n = y_{n-1} \frac{1}{N} (x_n - x_{n-N})$.

Аналіз результатів проведеного моделювання роботи енергоблоку ТЕС з вихідними даними зміни частоти в енергосистемі за даними пристроїв СМПР [3] показав, що система керування енергоблоку станції реагує на зміну частоти і турбіна збільшує вихідну потужність, однак спостерігаються значні коливання сигналу керуючого впливу на серводвигун. Використання фільтра Батерворта 1-го порядку та фільтра рухомого середнього зменшує появу надлишкових керуючих впливів серводвигуна енергоблоку ТЕС зі збереженням його маневрових характеристик та водночас забезпечує виконання чинних вимог до регулювання частоти та активної потужності. Це дозволяє зменшити вичерпання ресурсу регулюючого обладнання станції в маневрових режимах роботи при регулюванні частоти та активної потужності в енергосистемі.

Література:

1. P. Karlsson, J. Svensson, "DC bus voltage control for a distributed power system", *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 18, no. 6, pp. 1405-1412, Nov. 2003.

2. L. Ely de Lacerda de Oliveira, L. E. B. da Silva, V. F. da Silva, G. L. Torres, E. L. Bonaldi, *"Real-time determination of the best interval of calculation for moving averages used for DC value extraction in active power filter control methods"*, *Proc. 28th IEEE IECON*, vol. 2, pp. 1526-1531, 2002.
3. O.Yandulskyi, A. Marchenko, V. Hulyi. *Analysis of Efficiency Of Primary Load-Frequency Control of Integrated Power System of Ukraine. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. – URL:<https://ieeexplore.ieee.org/document/8559567>.

УДК 621.315.1

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF NONSINUSOIDAL
DISTORTION SOURCE ON THE ELECTRICITY QUALITY
OF ELECTRICAL POWER NETWORK WITH DISTRIBUTED
SOURCES OF ENERGY**

V.V. Kuchanskyy,

*Institute of Electrodynamics of the National Academy of
Sciences of Ukraine, Peremohy, 56, Kyiv-57, 03057, Ukraine,
tel.: +380503878942,*

e-mail: kuchanskiyvladislav@gmail.com.

The research was devoted to the actual scientific and practical task - abnormal nonsinusoidal modes are characterized by the appearance of higher harmonics of current and voltage. The distortion of the voltage shape curve in this case is due to the nonlinearity of the magnetization shunts of no-loaded autotransformer.

Keywords: *source of distortion, nonsinusoidal mode, unloaded autotransformer, distributed sources of energy.*

**ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ
НЕСИНУСОЇДАЛЬНОСТІ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З РОЗПОДІЛЕНОЮ
ГЕНЕРАЦІЄЮ**

В.В. Кучанський,

*Інститут електродинаміки Національної академії наук
України, Перемоги, 56, Київ-57, 03057, Україна,
тел.: +380503878942,*

e-mail: kuchanskiyvladislav@gmail.com

Дослідження присвячене актуальній науково-практичній задачі - аномальні несинусоїдальні режими характеризуються появою вищих гармонік струму і напруги. Виявлено, що джерелом парних гармонічних складових є ненавантажений автотрансформатор. Розроблено імітаційну модель для оцінки можливого рівня гармонік у несинусоїдальному режимі та запропоновано заходи подавлення вищих гармонічних складових.

Ключові слова: джерело спотворення, несинусоїдальний режим, ненавантажений автотрансформатор, джерело розподіленої генерації.

ORCID: 0000-0002-8648-7942.

The development trends of the power systems indicate an increase in the number of 330-750 kV trunk electric systems, which in parallel work with 6-150 kV electric networks with distributed generation in the form of solar and wind power stations [1]. Modern parallel operation of electric networks of various voltage classes with traditional and renewable energy sources requires a detailed study of the influence of non-sinusoidal energy sources on the indicators power quality.

Non-sinusoidal modes are characterized by the appearance of higher harmonics of current and voltage [2]. The distortions of voltage and current waveforms in the case of non-sinusoidal modes appear due to nonlinearity of the magnetization shunts of unloaded autotransformer. In recent years, much attention in studies is paid to electric-mode networks with fluctuations in the circles with steel elements with non-linear characteristic. This is the reason why occurrence of complicated processes at frequencies that differ

from the main [2].

The main purpose of the study was to analyze the factors that lead to the appearance of abnormal conditions in the transmission lines of extra-high voltage, which are accompanied by at higher harmonic components and can significantly worsen the quality indicators of electric power grid with distributed generation. The second goal of paper is developing effective measures for suppression of influence non-sinusoidal distortion.

Harmonics are sinusoidal waves summed with a fundamental frequency of 50 Hz. Any complex form of a sinusoid can be decomposed into component frequencies, so a complex sinusoid is the sum of a certain number of even or odd harmonics with smaller or larger magnitudes. Harmonics - there are continuous disturbances or distortions in the electrical network having various sources and manifestations such as impulses, phase distortions, throws and dips, which can be categorized as transient disturbances. Harmonics flowing through distribution networks cause a decrease in the quality of electrical energy, which can have a number of negative consequences: overload in the neutral (neutral) conductors due to the summation of currents of higher harmonics, multiples of three, which are generated by single-phase non-linear loads.

It is known that the amplitudes of higher harmonics of current and voltage depend not only on the power and magnetization characteristics of the autotransformer, but also on the parameters of the external network. Therefore, one of the possible ways to suppress higher harmonics is to change the network layout. In practice, it is not always possible to

achieve the desired result by switching existing lines and changing the number of included phases of single-phase autotransformer groups. Therefore, in the work as an event it is proposed to use shunts, which consist of capacitance, resistance and inductance connected in series with each other (Fig.1).

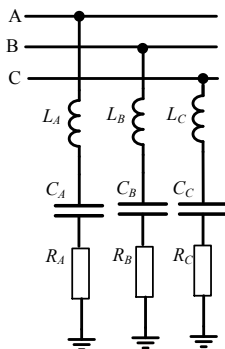


Fig. 1.

Thus, as the importance of the problem itself, as well as the peculiarities of its emergence, the course and the presence of a whole series of unspecified interrelated factors were among the main circumstances that determined the scientific and practical significance of research aimed at increasing the energy efficiency of the power system from under conditions of non-sinusoidal distortion.

Література:

1. Bazyuk T.M., Blinov I.V., Butkevych O.F., Goncharenko I.S., Denysyuk S.P., Zhujkov V.Y., Kyrylenko O.V., Lukyanenko L.M., Mykolaets D.A., Osypenko K.S., Pavlovskiy V.V., Rybina O.B., Stelyuk A.O., Tankevych S.E., Trach I.V. *Intelligent electrical networks: elements and modes: monography*. Kyiv: Institute of Electrodynamics, 2015. 399 p.
2. Kuchanskyy V.V. *The application of controlled switching device for prevention resonance overvoltages in nonsinusoidal modes* // 2017 IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – p.394-399.

УДК: 620.92:620.98

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

Є.М. Островерх¹, А.С. Островерх², О.Д. Васильєв³
*Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича
НАН України, вул. Кржижановського 4, м. Київ, 03142,
Україна, тел.: +38(067)385-94-50,
e-mail: ostroverkh78@gmail.com.*

У роботі розглянуто керування існуючими енергосистемами та основні етапи впровадження відновлюваних джерел енергії для підвищення їхньої енергоефективності.

Ключові слова: енергоефективність, керування, відновлювальні джерела енергії, розумні мережі, перетворення енергії.

USAGE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE CONDITIONS OF ENERGY SYSTEMS IN UKRAINE

Y.M. Ostroverkh¹, A.S. Ostroverkh², O.D. Vasylyev³
*Institute of Problem of Material Science, 3 Krzhyzhanivs'kyi
Str., Kyiv, Ukraine, 03142*

The paper consider the management of existing power systems and main stages at the implementation of renewable energy sources to improve energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, management, renewable energy, smart grids, energy conversion.

ORCID: ¹0000-0002-1602-7510, ²0000-0001-6831-8734,
³0000-0001-9827-3629.

Сучасний стан мереж за умов повсякденного збільшення навантаження вимагає інтенсивних кроків щодо енергоефективності, а в умовах України – ще й до енергонезалежності країни. Правильні заходи щодо енергозбереження та енергозаощадження [1] здатні знизити навантаження на існуючі мережі, але цього кроку не достатньо за умов зростання використання енергії кожним пересічним громадянином.

Для збільшення енергоефективності вже існуючих систем ми пропонуємо такі кроки:

- додатковий розподіл енергії існуючих енергосистем в Україні;
- використання систем розподілу енергії миттєвого конфігурування;
- використання автоматичних (програмованих) систем на базі систем стеження за розподілом енергії миттєвого конфігурування.

Велике різноманіття кінцевих джерел живлення за типом спричиняє появу в первинних мережах великої кількості гармонік, пульсацій струму, тощо. Як приклад наведемо використання реактивних компенсаторів напруги та струму в локальних мережах.

Саме керування системою і її конфігурування дозволить обійти ці ефекти та збільшити її ефективність.

При впровадженні нових енергетичних систем використання відновлюваних джерел енергії автоматично підвищує ефективність добування енергії за рахунок високого коефіцієнту корисної дії цих систем. На цьому

кроці необхідно згадати про ефективність постійного струму в альтернативних системах живлення. Оскільки ми використовуємо змінний струм, то додаткове перетворення з альтернативних джерел може вартувати до 30 % ефективності. Прилади освітлення, нагрівачі опалення тощо могли б використовувати постійний струм. Споживачам все рівно що перетворювати, завданням є отримання максимуму з джерела виробництва енергії. Це є питанням ефективності «розумної» електроніки, у даному випадку, інверторів або конверторів.

Усі кроки, які перераховані для збільшення енергетичної ефективності існуючих мереж, необхідно враховувати і при впровадженні відновлюваних джерел енергії.

При використанні та розбудові відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, паливно-комірчана тощо) у комплексі важливим має бути питання зберігання здобутої енергії. Необхідно пам'ятати, що існуючі акумуляторні батареї не можуть тримати в собі енергію тривалий час; вони здатні це виконувати лише у порівняно короткий термін. Впровадження водневих енергетичних технологій має вирішити питання не лише довгострокового збереження енергії, але і використання її надлишків.

Література:

1. *Постанова Кабінету Міністрів України №1099 від 20.12.2017 щодо створення Фонду енергоефективності.*
<https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/pro-utvorenniya-derzhavnoyi-ustanovi-fond-energoefektivnosti>.

UDC 620.92

BBK 31.15

INTERCONNECTIVITY OF DEVELOPMENT OF ELECTRIC VEHICLES AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

Nizar M. Al-Rifai

The Ukrainian Academy of Sciences, Ukraine, Kyiv.

The paper looks at new on-board sources of renewable energy for electric vehicles (EVs). Modernized stationary and mobile renewable sources developed by the author are described. The relationship between the development of EVs and renewable energy is shown.

Keywords: *electric vehicle, electric car, renewable energy, solar tracker, wind power.*

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Н.М. Аль-Ріфаї

Українська академія наук, Україна, Київ.

У роботі розглянуто особливості відновлюваних джерел енергії для електромобіля. Приведені характеристики розроблених авторами стаціонарних і мобільних джерел. Показано взаємозв'язок розвитку електромобілів і відновлюваної енергетики.

Ключові слова: *електромобіль, сонячні батареї, відновлювальна енергія, сонячний трекер, вітроенергетика*

Dawn of the Electric Vehicle: Introduction. Today more than ever the world is trying to rein in the negative effects of man-made climate change. Electric vehicles (EVs) are one of the various pieces of the paradigm that will hopefully help solve global warming issues. To make the EV sector truly successful we must address two of its current limitations:

1) If EVs are charged by electricity generated from burning fossil fuels they are less eco-friendly and have a worse carbon-footprint.

2) EV range and capacity is still limited and needs to be improved to increase user-friendliness.

In this paper we look at new methods, attained developing and publishing various patented solar and wind technologies [1, 2, 3, 4] as a means of future-proofing and addressing both the aforementioned limitations of the EV sector. The parallel development of both renewable energy sources & EVs would result in a powerful synergy, with each sector benefiting and boosting the other.

Renewable Energy Sources. Wind is a primary source of renewable energy, yet the wind industry is still not perfect, previous works demonstrated new wind energy strategies and the importance of small wind energy due to the weaknesses and threats facing large wind industry [3, 4, 5, 6]. A lot of the time EVs require charging in places far away from a reliable grind, especially one with renewable sources producing the electricity. Creating clean energy sources for off-grid charging of EVs is a task better suited

for small-wind. Wind power plants for charging EVs have their own requirements, they should not occupy a lot of space, ensure the production of energy at low winds and should not create noise as they can be located near residential areas. All of these parameters are met by the volumetric wind turbine, created by the author which does not require large investment costs and can be quickly installed in remote or hard-to-reach places^{1,2}. Solar power is also a prime source of renewable energy. As the solar energy sector increases in size we start to see what kind of weaknesses and threats it faces. Solar panels work at higher efficiency when the photovoltaic element is at a 90 degree angle to the incident ray of sunlight. Various systems that track the position of the sun and align the panel at a 90 degree angle exist, often referred to as solar trackers. However, such systems are much more expensive, have a complex structure and require reinforcement of the mechanical strength of the structure to prevent it from destruction under strong wind. The author has co-developed a wind-resistant solar tracker which has several times less resistance to wind flow and has significantly less obstruction of the surface below, thus making it possible to use the land under the tracker for farming. More technical details about this technology will be published in future works.

Utilizing Innovative Small Scale Renewable Energy for Electric Vehicles. Using improved small scaled renewables that are tailored for off-grid reliable generation will significantly benefit the EV sector. Combining the new principal of spiral small wind energy, and highly efficient wind-resistant tracking systems, we can

significantly boost the small energy sector, this would be orientated towards primarily EV charging, and this is where the interconnection of development of EVs and renewables will truly show. Small renewable stations that combine wind and solar can be placed in many areas, especially those that are these kinds of systems will include solar powered stations that are located near highways, parking lots and other vehicle related infrastructure to boost the capabilities and efficiency of EVs. This strong decentralized small-scale system will significantly boost reliability of EVs in the long run. This kind of system will also make the large-scale grid more secure by lowering the load on the grid and boosting clean generation output.

Utilizing onboard renewable energy sources.

Another energy related problem facing electric vehicles is low battery capacity and functioning range, this is one of the main factors that lowers the popularity and acceptance of EVs. One solution to mitigate this problem with electric vehicle range, is installing renewable energy sources onboard electric vehicles. Many major electric vehicle manufacturers already install solar panel modules on some of their electric vehicle models. However due to the small surface of these panels, they generate little energy in comparison to the total power consumed by the vehicle. To make full use of the possibility of renewable sources onboard EVs we must raise the efficiency of the solar technology being used, as well as look into ways of implementing wind energy onboard.

Utilizing onboard solar energy sources. Utilizing solar tracking technology on-board EVs will be the next and smaller scale solution for securing their range. The authors

have created a new highly efficient universal solar tracker (Fig. 1). The tracker is easily installed on any electric vehicle without any modification to the hull. It works regardless of the spatial position of the car relative to the sun (when inclined, in mountainous areas, etc.). The tracker can be deployed, in automatic or manual mode, when the car is parked and the increased surface area of the solar panels and their optimal orientation increase the outputted energy. In mobile mode the panel is closed and offers little wind resistance. This innovative system will significantly increase the charge and range of any EV on the road.



Fig. 1. Universal on-board solar generator tested in several early prototype vehicles (left solar panel in oriented position, right, solar panel in mobile discrete position)

Utilizing onboard wind energy sources. New possibilities of on-board energy generation will also be possible thanks to recently discovered effects such as "Dead-Down-Wind-Faster-Than-The-Wind (DDWFTTW)"⁷ an effect whose results showed how theoretically a car can utilize wind energy without loss. These practical results demonstrated by wind-powered concept vehicles have been analyzed and published in various scientific publications on the subject. All of these publications have

come to similar conclusions that: It is theoretically and practically possible to build a wind driven car that can go directly upwind (using a generator/wind turbine in the air). These possibilities for utilizing wind energy in EVs will be discussed in future publications, utilizing previous research and development of volumetric spiral wind turbines [1, 2].

Conclusions. The future of electric vehicles will be ensured by going hand in hand in developing sources of renewable energy as well as new vehicle designs. Development of special stationary and on-board sources of renewable energy that will increase the range of electric vehicles and create reliable generation points along highways and at vehicle stops.

Literature:

1. *Ukrainian Patent: No 11147– Universal Onipko rotor.*
2. *Chinese patent No 3550887 – Universal Onipko Rotor*
3. N. M. Al-Rifai, *Wind Energy Strategy, Екологічна безпека та відновлювальні джерела енергії. Збірник доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 24-25 травня 2017 р. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 144 с., с. 117-136*
4. N.M. Al-Rifai, "Small Wind Turbines & the Future of Energy", *Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції, ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ, с. 584-587*
5. *Вітроенергетика та енергетична стратегія. Оніпко О.Ф., Коробко Б.П., Миханюк В.М.- К., УАН, Фенікс, 2008.-168с;*
6. *Мала вітроенергетика. Оніпко О.Ф., Коробко Б.П.- К., 2000. Огляд. Інформ. Сер.: Енергетика; Вип. 1*
7. Khan, Sadak A., et al. "Analysis of Down-Wind Propeller Vehicle." *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, no. 4, Apr. 2013; Gaunaa, Mac, et al. "Theory and Design of Flow Driven Vehicles Using Rotors for Energy Conversion." *European Wind Energy Council*, 2009

УДК:332/87:005.658.26

ENERGY MANAGEMENT IN UKRAINE'S SMALL BUSINESS

M. Shevchenko¹, L. Nakashidze²,

*Research Energy Institute, Oles Gonchar Dnipro National
University, 72 Gagarin Ave., Dnipro, Ukraine, 49010,
tel.: +38(050)993-97-82, e-mail: foton_dnu@ukr.net.*

*The article presents the main methodologies of energy
management and the impact of its implementation on small
Ukrainian enterprises*

Keywords: *energy management, energy saving, action
plans, statistics on energy use, instructions on energy
conservation*

ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ В МАЛОМУ БІЗНЕСІ УКРАЇНИ

М.В. Шевченко¹ провідний інженер, **Л.В. Накашидзе²,**
к.т.н., с.н.с., директор НДІ енергетики,
Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара.

*Представлені основні методології енерго-
менеджменту їх вплив і впровадження у невеликих
українських підприємствах. Ефективність роботи
енергоменеджера і проблеми, з якими він зустрічається у
процесі оптимізації структури підприємства, для
реалізації заходів по енергозбереженню.*

Ключові слова: *енергоменеджмент, плани дій,
статистика використання енергії, інструкції з
енергозбереження.*

ORCID: 0000-0003-3990-6718.

In August 2018, the World Organization for Standardization adopted a new ISO 50001:2018 document that sets requirements and guidelines for the organization of energy management systems at enterprises. The national standard of Ukraine in the field of energy management is still regulated by DSTU ISO 50001:2014, which was adopted by the World Organization for Standardization in 2011. New world standard has a large number of additions and adjustments to the 2011 document that makes it invalid.

The main differences between the new and the old document was a deeper understanding of the processes taking place in the enterprise, a deeper study of the interaction between different divisions of the enterprise, the relations between their employees. The section "Responsibility of the leadership" was changed to "Leadership and Commitment", as it was generally redrafted and more specific composition of the document. All these changes were gained due to the extensive experience after the adoption of the standard in 2011. Now they require business owners to pay more attention to the staff of their enterprises.

The main methodology of energy management is based on the cycle of continuous improvement "Plan - Execute - Check - Do". At most Ukrainian enterprises there is energy manager position or the person who are obliged to fulfill these responsibilities along with his main duties. The basic cycle of the standard is disclosed in accordance with the following principle in energy management in Ukraine's small business.

- Planning - the energy manager determines the baseline levels of energy performance at the enterprise, conducts statistics on energy use and can predict their use for a certain period; sets targets for the reduction of energy use, divides goals into separate tasks and action plans.
- Execution - energy manager decides on the implementation of the planned tasks and implements the action plans, makes energy saving instructions and announces and clarifies them as responsible for the implementation of the company's employees.
- Checklist - energy manager collects statistics on energy saving, constantly manages the staff to correct implementation of instructions on energy conservation, and verifies the fact that the staff complies with the provisions of the instructions.
- Actions - energy manager analyzes the achieved results of the implemented energy saving tasks and develops plans for their further improvement; when working with personnel, detects and corrects inaccuracies in the completed instructions and updates them in accordance with a deeper understanding of the functions performed by the employee.

Thus, the main idea of using energy management in small Ukrainian enterprises is the reduction of expenditures, mainly on energy resources. Most well-trained energy managers with this task can handle for a period of 6 months to a year. The payback of the post of the energy manager for the enterprise for this period becomes at least three times, and, as a rule, much larger. However, the continued existence of such a post does not bring significant dividends and reduces itself to controlling the achieved results. In connection with the tradition of comparison of indicators with the past year, in the third year

of existence the post of energy manager becomes loss-making. The main reason for this is the opposite side of energy manager's management.

A well-prepared energy manager, during the first year of work at an enterprise, studies the organizational structure, the interaction of divisions. He constantly communicates with the employees of the company and becomes, in essence, a person who knows about the enterprise almost everything. At the end of the first year, the energy manager begins to make plans to optimize the structure of the company, advises management on the dismissal of inefficient workers, the introduction of new positions that will help reduce costs on subcontractors. All these actions are the basis for further efficient work of energy manager, but they are starting to meet resistance from the lead management of enterprises. In view of this, the further effective management of the energy manager depends entirely on the owner of the company, because it will increase the profit of the company and at the same time reduce the profits of its management. So there is a conflict of interest, which is usually solved not in favor of the energy manager.

The basis of this conflict lies in the structure of earnings management of small enterprises. The manager who is not the owner will receive "bonuses" at the end of the billing period, that is, the percentage of the company's profit. This amount is directly influenced by the amount of reduced energy expenditures. This is a big plus, as a result of the energy manager's efforts to optimize the structure of the enterprise. Most inefficient workers are relatives or familiar guides; subcontractors who pay poorly or in time to work "kickbacks";

It is also very difficult to persuade the management to spend money on replacing inefficient equipment, even if they are put into the budget, because the saved funds are included in the management bonuses.

The world community has also encountered the problems of leadership resistance, which is why the new standard introduced a new section - "Leadership". This section explicitly disclose the behavior of the top management and provides a number of requirements for implementation. It is also noted separately that top management should demonstrate its leadership and commitment to continually improve the energy performance and performance of the company's energy management system.

UDC 504.062.2

PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER ENGINEERING IN UKRAINE IN MODERN SOCIO- ECONOMIC CONDITIONS

M.V. Dudnik¹, L.V. Nakashidze²,
Dnipropetrovsk National University named after Oles Honchar,
Gagarin Ave 72, Dnipro str., 49000, Ukraine,
tel .: +38 (050) 6231877, e-mail: walththerpp99@gmail.com.

During the work, a study was conducted on what types of nuclear reactors to replace today's thermal power plants working on hydrocarbon fuels.

Keywords: *nuclear power engineering, reactor, thermal power station, traditional power engineering.*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ В СУЧАСНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ

М.В. Дудник¹, Л.В. Накашидзе²,
Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара.

В роботі проведено дослідження щодо того, які типи ядерних реакторів замінять сучасні теплові електростанції, що працюють на вуглеводневому паливі.

Ключові слова: *атомна енергетика, реактор, теплова електростанція, традиційна енергетика.*

ORCID: ¹0000-0002-6727-9742, ²0000-0003-3990-6718.

Today, Ukraine's energy market is supported by most nuclear power plants, thermal power plants, combined heat and power plants and cogeneration units. Such types of energy complexes in the bundle give the opportunity to receive large power from nuclear power plants, and to compensate for peak loads through less inertial thermal power plants and thermal power plants. The percentage of electricity production by these two types of power plants is presented in Diagram 1:



Diagram 1

However, thermal power plants, in which the source of primary energy is hydrocarbon fuels, have low energy efficiency and cause enormous damage to the country's ecology. Taking into account all these disadvantages, their use

is due only to their low inertia - the ability to quickly enter the working mode and quickly reduce the power if necessary.

Power plants, in which the energy of the separation of the atomic nucleus as the source of primary energy is used, are much more energy-efficient and safe. But the existing types of power plants used in the energy industry do not allow to quickly change the power given by the station at moments of peak load.

Such a feature is due to many technical features of the design of the reactor. In particular, in the existing types of nuclear reactors as a working fluid, a liquid coolant (water, and solutions based on it) is used. Physical properties of the liquid do not allow it to be heated to a temperature at which it would be possible to quickly change the power supplied by the reactor.

In addition, thermal neutron reactors such as RBMK or WWER are not physically capable of such rapid changes in power.

In the middle of the last century, the task of creating a nuclear power plant with little inertia has become the designers of nuclear ships and submarines. Several types of nuclear reactors were developed in order to be able to quickly bring to power the power plants of such vessels in a working regime, where liquid metal (sodium) was used as the coolant of the first circuit. Later, an even more efficient and "fast" reactor with a lead-bismuth carrier was developed.

The use of sodium in such a reactor was refused due to its fire-safety. This kind of reactor works on fast or medium neutrons. Therefore, the use of bismuth becomes even more advantageous - it slowly slows average and fast neutrons.

The experience of using such reactors can be considered successful. In the 1970s, several submarines of the 705 series were manufactured, in which such a type of nuclear power plant was used.

The main disadvantage of this reactor is that it can not be stopped (to reduce power to zero). This will result in the

crystallization of the coolant and its freezing, which will cause pipeline ruptures and occlusion of some channels.

The use of a reactor of this type in the energy industry is beneficial mainly because its acceptance is close to the power plants using hydrocarbon fuels. At the same time, the energy efficiency of such a reactor can be compared with classical nuclear reactors such as WWER or RBMK.

From the foregoing it can be concluded that the use of reactors of this type in the energy industry will completely eliminate thermal power plants and thermal power plants. Disadvantages of such power plants are insignificant for industrial power. Nuclear reactors of the present have been operating for years without stopping. The use of such reactors can have a beneficial effect on the ecology of Ukraine and the conservation of mineral resources for more urgent and indispensable needs of society.

Literature:

1. Toshinsky G.I. *Conversations about nuclear power. Physics of reactors and technology of modular fast reactors with lead-bismuth coolant* / Toshinsky G.I. - Moscow: WG-Press, 2019. - 475 s
2. Titko R. *Renewable energy sources (Polish experience for Ukraine)* / R.Titko, V. Kalinichenko. - Warsaw-Krakow-Poltava: OWG Publishing House. - 2010
3. A. A. Sarkisov, L. B. Gusev, R. I. Kalinin *Fundamentals of Theory and Operation of Ship Nuclear Reactors* / AA Sarkisov, L. B. Gusev, R. I. Kalinin - Moscow: Nauka, 2008. - 397 s

УДК 621.311

РАНЖУВАННЯ ПАРКУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В ЕЕС

М.П. Болотний,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
кафедра відновлюваних джерел енергії, пр. Перемоги, 37,
Київ, 03056, Україна, тел./факс +38(044)-204-82-33,
e-mail: nickolai2007@ukr.net*

У статті представлені основні ідеї методик розрахунку ризику відмови і технічного стану силових трансформаторів та методика планування технічного обслуговування і ремонту. Запропонована методика при виборі черговості проведення технічного обслуговування силових трансформаторів використовує оцінку ризику виникнення аварійної ситуації в ЕЕС при відмовах силових трансформаторів як для постачальника електроенергії, так і для споживача енергії.

Ключові слова: *нечітка модель, силовий трансформатор, оцінка ризику, відмова*

SORTING THE POWER TRANSFORMERS DATA BASED ON EMERGENCY RISK ASSESSMENT IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

N.P. Bolotnyi,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", Department of Renewable Energy
Sources, Peremogy, 37, Kyiv 03056, Ukraine Tel. / Fax
+38(044)-204-82-33, e-mail: nickolai2007@ukr.net*

The article presents the main ideas of the methods for the failure risk assessment, the technical condition of power transformers and the methodology of maintenance and repair. The proposed method in choosing the priority of power transformer's maintenance uses the emergency risk assessment in electric power system under power transformer's failures for both power supplier and power consumer.

Keywords: *fuzzy model, power transformer, risk assessment, failure.*

ORCID: 0000-0002-7366-2430.

Забезпечення заданого рівня експлуатаційної надійності в сучасних умовах тотального старіння основних виробничих фондів електроенергетики і зростаючої ролі діагностики вимагає ефективної організації технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) СТ за технічним станом, а в зв'язку з цим формування більш зважених рішень, що враховують зміну його фактичного стану [1]. Таким чином, намітилася тенденція вдосконалення методів, моделей і критеріїв прийняття рішень при управлінні експлуатацією СТ електроенергетичних систем з метою підвищення експлуатаційної надійності СТ.

Разом з тим методологія отримання діагностичних показників, регламентованих основними нормативними документами [1], як показує наявний досвід, часто недостатня для коректного визначення ресурсу парку СТ. Таким чином, при великому числі СТ зі значним терміном експлуатації при визначенні ресурсу виникає суперечлива ситуація - з одного боку, ґрунтуючись тільки на діючих нормативних документах, не можна отримати адекватне уявлення про фактичний стан старіючих СТ, а з іншого боку, технологія «комплексного обстеження», що дає можливість мати потрібні дані, занадто повільна (дані про весь парк старіючих СТ отримуються протягом 15 - 20 років) та відносно фінансово затратна [2]. Усунути таке протиріччя можна двома шляхами: перший - узагальнення вже наявного (хоча і обмеженого) досвіду «комплексного обстеження» і експлуатації СТ з великим терміном служби; другий - реалізація нових підходів, сформульованих, зокрема, в роботах [3-4].

При прийнятті управлінських рішень важливо враховувати оцінку ризику виникнення аварійної ситуації в електроенергетичній системі (ЕЕС) для оптимізації процесу експлуатації СТ [4].

Для ранжування парку СТ розроблено математичне забезпечення комплексного моделювання режиму ЕЕС і розподілу витрат на проведення ТОіР [4-5], що дозволяє визначати пріоритет виконання операцій ТОіР на основі оцінки технічного стану та ризику відмови СТ. Оцінка технічного стану відбувається на основі ідентифікації передбачуваного дефекту в СТ, його швидкості та історії розвитку по кожному виду вимірювання. Результуючий

індекс технічного стану СТ будується на основі індексів стану кожного виду вимірювання шляхом використання теорії нечітких множин та експертних оцінок. Для кожного СТ розраховується показник ризику його відмови, враховуючи імовірність відмови СТ через дефект функціонального вузла, конструктивні особливості, термін експлуатації СТ та збитки від недовідпуску електроенергії через відмови СТ для постачальника та споживача електроенергії. Порівняльний аналіз результатів ранжування СТ на основі оцінок значущості СТ та ризику виникнення аварійної ситуації в ЕЕС з реальними даними експлуатації підтвердив ефективність використання при розв'язанні задач превентивного управління і планування режимів ЕЕС.

Література:

1. CIGRE Working Group A2.18, *Guide for Life Management Techniques For Power Transformers*. - 2003, CIGRE: Paris.
2. Давиденко И.В., Халикова Е.Д. Учет рисков при выборе очередности мероприятий технического обслуживания силовых трансформаторов // *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*. – 2014. – № 6. – С. 32-37.
3. Bardyk E., Bolotnyi N. Parametric identification of fuzzy model for power transformer based on real operation data // *Eastern-european journal of enterprise technologies*. – 2017. – 6/8 (90). – p. 4-10. doi: 10.15587/1729-4061.2017.118632.
4. Bardyk E., Bolotnyi N. Development of a model for determining a priority sequence of power transformers out of service // *Eastern-european journal of enterprise technologies*. – 2018. – 6/8 (93). – p. 4-15. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133570.
5. Bardyk E., Bolotnyi N. Development of a mathematical model for cost distribution of maintenance and repair of electrical equipment // *Eastern-european journal of enterprise technologies*. – 2018. – 6/8 (96). – p. 6-16. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147622.

УДК 621.311

**НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТА
ІМОВІРНОСТІ ВІДМОВИ**

Є.І. Бардик,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
кафедра відновлюваних джерел енергії, пр. Перемоги, 37,
Київ, 03056, Україна,
тел./факс: +38(050)-188-17-31,
e-mail: bard.yevgen@ukr.net.*

*У роботі представлена математична модель
елегазового високовольтного вимикача, для визначення
спрацьованого ресурсу, яка ґрунтується на використанні
теорії нечітких множин. .*

Ключові слова: *технічний стан, елегазовий вимикач,
ресурс, нечітка логіка, нечітка модель.*

**FUZZY MODELING OF SF6 SWITCH FOR DETERMINING
THE RESOURCE OF WORK EXPERIENCE AND IMMUNITY
OF MALFUNCTION**

E.I. Bardik,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", Department of Renewable Energy
Sources, Peremogy, 37, Kyiv 03056, Ukraine
tel. / fax +38(050)-188-17-31, e-mail: bard.yevgen@ukr.net.*

The article presents a mathematical model of an SF6 high-voltage switch for the determination of an exhausted resource, which is based on the use of the theory of fuzzy sets.

Keywords: *technical condition, SF6 switcher, resource, fuzzy logic, fuzzy model.*

ORCID: 0000-0002-5776-1500.

Значна частка аварій, що виникають в сучасних електроенергетичних системах (ЕЕС) припадає на аварії в електричних мережах, переважно, внаслідок відмов силового і комутаційного обладнання. При цьому важливим є забезпечення надійного відключення електрообладнання та недопущення каскадного розвитку аварії в ЕЕС. Задачі локалізації аварії виконують високовольтні вимикачі, від надійності функціонування яких у значній мірі залежить стійкість забезпечення електропостачання споживачів. Тому актуальною задачею є розроблення математичних моделей оцінки технічного стану ресурсу працездатності, імовірності відмови на інтервалі часу, спостереження високовольтних вимикачів як складової комплексної математичної моделі аналізу ризику експлуатації ЕЕС з електростанціями різних типів.

Основними вузлами елегазових вимикачів, рівень технічного стану яких суттєво впливає на загальний спрацьований ресурс є: дугогасильна камера; привід; ущільнення; опорно-стержнева ізоляція.

Задача визначення ресурсу працездатності елегазових вимикачів на основі агрегування характеристик стану окремих вузлів належить до категорії погано формалізованих і слабо структурованих задач внаслідок

наявності різномірної (кількісної і якісної) інформації і неповної вхідної інформації; невизначеності, зумовленої відсутністю ефективного математичного опису процесів у вимикачі [1-3]; обмеженістю ретроспективних експлуатаційних даних. Для об'єктивної оцінки ТС високовольтного елегазового вимикача на основі доступної оперативної інформації, враховуючи сказане, доцільно використовувати нечіткі моделі вимикачів, які враховують в єдиній формі різномірну інформацію про об'єкт, в тому числі і суб'єктивну інформацію експертів [1,2,4].

В сформованій нечіткій моделі елегазового вимикача в якості вхідних лінгвістичних змінних введено наступні змінні [4]: T_{LA-1} – спрацьований комутаційний ресурс з термами : L_1 – низький; M_1 – середній; B_1 – високий; T_{LA-2} – спрацьований механічний ресурс з термами : L_2 – низький; M_2 – середній; B_2 – високий; T_{LA-3} – тиск елегазу : L_3 – дуже низький; M_3 – низький; B_3 – нормальний; T_{LA-4} – «стан ізоляторів» (опір ізоляції): L_4 – незадовільний; M_1 – нижче норми; B_1 – нормальний; Вихідна лінгвістична змінна «Спрацьований ресурс елегазового вимикача» містить п'ять термів з інтервалами, що визначаються на основі стандартного класифікатора з термами[1,2,4] : T_S^{DN} – дуже низький спрацьований ресурс $[0;0.2]$; T_S^H –низький спрацьований ресурс $[0.2;0.4]$; T_S^C – середній спрацьований ресурс $[0.4;0.6]$; T_S^B –високий спрацьований ресурс $[0.6;0.8]$; T_S^{DB} –дуже високий спрацьований ресурс $[0.8;1]$. Фрагмент формалізованої бази знань, що містить 81 продукційне правило, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. База правил нечіткої моделі

№ п/п	Вхідні змінні				Вихідна змінна
	Механічний ресурс	Комутаційний ресурс	Тиск елегазу	Опір Ізоляторів	
1	T_{LA-1}	T_{LA-2}	T_{LA-3}	T_{LA-4}	T_S^B
2	T_{LA-1}	T_{LA-2}	T_{LA-3}	T_{MA-4}	T_S^C
3	T_{LA-1}	T_{LA-2}	T_{LA-3}	T_{BA-4}	T_S^C
...
81	T_{BA-1}	T_{BA-2}	T_{BA-3}	T_{BA-4}	T_S^C

На основі розробленої нечіткої моделі елегазового вимикача для визначення спрацьованого ресурсу визначається імовірність його відмови і використовується в програмному забезпеченні оцінки ризику виникнення аварійної ситуації в ЕЕС при відмовах електрообладнання RISK-ЕЕС.

Література:

1. Костерев М. В. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем : монографія / М. В. Костерев, Є. І. Бардик. — К. : НТУУ «КПІ», 2011.
2. Назарычев А.Н., Анпеев Д.А. Методи и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования // Иваново: ИТЭУ. – 2005. – № 6. – С. 224
3. Абдурахманов А. М. Влияние продолжительности эксплуатации на отказы выключателей. / А. М. Абдурахманов, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов / Электрические станции. – 2007. – № 7. – С. 59–63.
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с.

УДК 621.311

**НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ
ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗНАЧНОЮ
ЧАСТКОЮ ВІТРОГЕНЕРАЦІЇ**

Є.І. Бардик,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
кафедра відновлюваних джерел енергії,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна,
тел./факс: +38(050)-188-17-31,
e-mail: bard.yevgen@ukr.net.*

У статті розглянуто питання прогнозування навантажень енергосистеми на основі штучних нейронних мереж.

***Ключові слова:** прогнозування навантаження, електроенергетична система, штучні нейронні мережі, вітрогенерація*

**NEURAL NETWORKS PROGNOSTICATION LOADING TO
EVALUATE THE RISK OF OPERATION OF THE ELECTRIC
POWER ENGINEERING SYSTEM WITH PART OF WIND
GENERATION**

E.I. Bardik,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", Department of Renewable Energy
Sources, Peremogy, 37, Kyiv 03056, Ukraine
tel. / fax: +38(050)-188-17-31, e-mail: bard.yevgen@ukr.net*

The article deals with the issues of forecasting the loads of the power system on the basis of artificial neural networks.

Keywords: *load forecast , power system, neural network wind generation.*

ORCID: 0000-0002-5776-1500.

Наразі прогнозування електричних навантажень у вузлах системи з упередженням від декількох хвилин до декількох діб є важливою задачею оперативно-диспетчерського управління. Прогноз навантаження є важливим етапом в задачах оптимізації режимів електроенергетичних систем (ЕЕС), планування ремонтного обслуговування силового обладнання, оцінки режимної надійності і граничних режимів [1]. Особливо важливого значення набувають питання оцінки режимної надійності, ризиків підсистем ЕЕС з високою часткою вітрової генерації. Експлуатаційні ризики системи визначаються імовірністю цих подій і залежать від технічного стану обладнання, погодних умов і інших факторів [1]. Крім того, вони пов'язані із необхідністю забезпеченням балансу потужності в ЕЕС, і суттєво залежать від рівня генерації вітроенергетичних установок (ВЕГ) та рівня навантаження у вузлах системи, які мають імовірнісну природу. Оперативний персонал повинен знати і враховувати всі можливі експлуатаційні ризики в прогнозований період від декількох хвилин до декількох діб наперед [1,3]. Тому важливим є визначення прогнозованих значень активної і реактивної потужностей вузлів ЕЕС з ВЕУ, оскільки похибки в прогнозах потужностей ВЕУ і навантажень в умовах відмов окремих елементів можуть призвести до небалансу між генерацією і

споживанням, відхиленню режимних параметрів, каскадному розвитку аварій. На сьогоднішній день найбільш перспективним є використання математичних моделей прогнозування на основі штучних нейронних мереж (ШНН) з елементами нечіткої логіки, оскільки це не потребує побудови моделі об'єкта [2,3]. Побудована модель навантаження для внутрішньодобового і на добу вперед прогнозування навантажень дозволяє виконувати відповідний прогноз як сумарного навантаження ЕЕС, так і отримувати прогнозні значення навантажень у вузлах. При використанні ШНН для прогнозування вхідними даними є фактичні (ретроспективні) усереднені за 5, 10, 60 хвилин значення вузлових навантажень, отриманих на інтервалі півроку (рік), отриманих з оперативно-вимірювального комплексу на 6-місячному або річному інтервалах. Було обрано наступну модель нейронної мережі: нелінійна авто-регресійна мережа (NARX-мережа). Наявність зворотного зв'язку дозволяє NARX-мережі приймати рішення, спираючись не лише на вхідні дані, а й з урахуванням передісторії станів динамічного об'єкта [4]. Розроблена модель нейронної мережі навчається за алгоритмом Левенберга-Марквардта, який призначений для оптимізації параметрів нелінійних регресійних моделей. В якості критерію оптимізації використовується середньоквадратична помилка моделі на навчальній вибірці [2,3,4]. Алгоритм ґрунтується на послідовному наближенні заданих початкових значень параметрів до бажаного локального оптимуму. Результати прогнозування вузлового сумарного навантажень підсистеми ЕЕС наведено на рис 1.

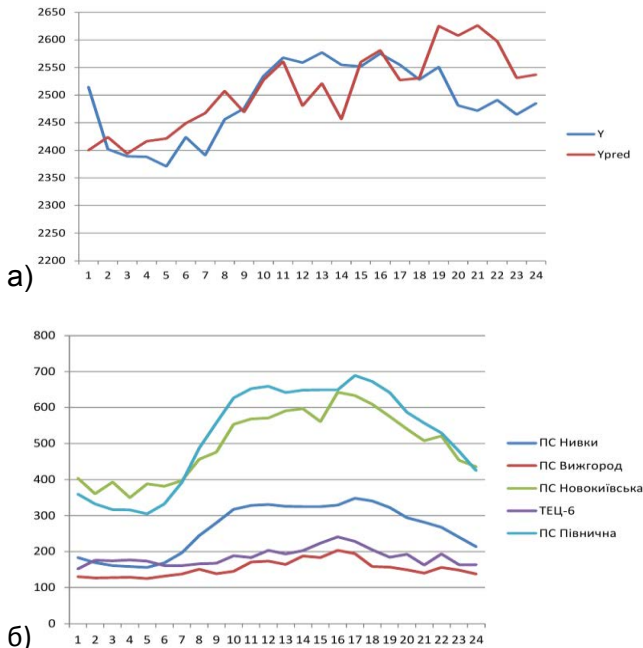


Рис. 1. Результати прогнозування потужності P (МВт) навантаження підсистеми ЕЕС на добу вперед:
а – по ЕЕС ; б – по окремим вузлам.

Література:

1. F.Bouffard and F.D.Galiana, "Stochastic security for operations planning with significant wind power generation", IEE Trans. Power Syst., 23(2), pp. 306-316, 2013
2. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. модели прогнозирования нагрузок ЭЭС с использованием нечетких нейронных сетей. // Известия РАН, Энергетика, 2001. №4. – с. 52-59.
3. ThaiNguyen, YuanLiao, "Short Term Load Forecasting Based on Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System," Journal of Computers, vol.6, no.11, pp.2267-2271, Nov.2011
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб. БХВ – Петербург, 2004. – 736с.

УДК 620.9.338.242.4

СУТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ЕТАПИ ЛІБЕРАЛІЗАЦІЇ РОЗДРІБНОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

С.А. Бондаренко, *д. е. н., старший науковий співробітник, відділу економічних механізмів і структур Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України. Французький бульвар, 29, м. Одеса, 65044, Україна, e-mail: iana.bond@ukr.net*

Визначено основні завдання реформування ринку електричної енергії, згідно міжнародних зобов'язань України. Розглянуто етапи лібералізації ринку електричної енергії в країнах ЄС, можливості та проблемні моменти імплементації міжнародного досвіду в умовах України.

Ключові слова: *ринок електричної енергії, лібералізація, конкурентоспроможність.*

THE ESSENCE AND MAIN STAGES OF LIBERALIZATION OF THE RETAIL ELECTRICITY MARKET IN UKRAINE

S.A. Bondarenko,
*Institute of Market Problems and Economic-Ecological
Research of the NAS of Ukraine.*

The article defines the main tasks of reforming the electricity market in accordance with the international obligations of Ukraine. The stages of liberalization of the electricity market in the EU countries, possibilities and problems

of implementation of international experience in the conditions of Ukraine are considered.

Keywords: *electricity market, liberalization, competitiveness.*

ORCID: 0000-0002-1687-1172.

Згідно міжнародних зобов'язань, в Україні очікується впровадження нового ринку електричної енергії. Формують модель такі сегменти: ринок прямих договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок та балансуючий ринок, ринок допоміжних послуг.

Наразі сформовано нормативно-правовий базис переходу на нову модель ринку. Первинною законодавчою ланкою є Закон України «Про ринок електричної енергії» [1]. На початок 2019 року сформовано пакет актів вторинного законодавства. Очікується, що реалізація передбачених реформ призведе до лібералізації ринку електричної енергії України та його функціонування на конкурентних засадах.

Лібералізація на ринку електричної енергії передбачає процес переходу від монополії в енергетичному секторі до створення умов для розвитку конкуренції та надання споживачам можливостей для вибору постачальника.

Ще у 1990-х роках національні ринки країн ЄС були монополізованими. Процес лібералізації був поступовим і спирався на Директиви ЄС щодо створення єдиних правил для переведення ринку електричної енергії на ринкові механізми регулювання, на засадах конкуренції. Напрямки реформування для лібералізації ринку електричної енергії представлено на рис. 1.

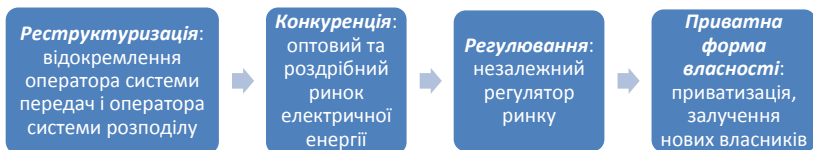


Рис. 1. Основні реформи в ході лібералізації ринку електричної енергії.

В ході лібералізації вітчизняного ринку електричної енергії Україна спирається на досвід ЄС. Основні етапи лібералізації ринку електричної енергії в країнах ЄС представлено на рисунку 2. Загальні правила для внутрішнього ринку електроенергії (Директива 96/92/ЄС) формують Перший енергопакет.



Рис. 2. Ретроспектива лібералізації ринку електричної енергії в країнах ЄС.

Другий енергопакет запроваджує нову Директиву 2003/54/ЄС, де прописано оновлені правила для внутрішнього ринку електроенергії, які забезпечили постачання електроенергії всім споживачам, стимулювання конкуренції та створення незалежного регулюючого органу.

Третій енергопакет (Директива 2009/72/ЕС) направлений на поліпшення функціонування внутрішнього ринку електроенергії, посилення повноважень та незалежності національних регуляторів, заходи щодо посилення безпеки постачання. Четвертий енергопакет «Чиста енергія для всіх європейців» лише починає впроваджуватися в країнах ЄС та ще не входить в коло завдань реформування ринку електроенергії України. Основним завданням є зростання частки відновлюваних джерел енергії.

Закон України «Про ринок електричної енергії» [1] спрямований на імплементацію актів законодавства Енергетичного співтовариства у сфері енергетики, а саме директиви Третього енергопакету ЄС. З 1 січня 2019 р. в Україні було впроваджено роздрібний ринок електроенергії:

- сформована нормативна база для функціонування роздрібного ринку електричної енергії;
- створено 302 незалежних постачальники електроенергії для вибору споживачами;
- відбулося відокремлення (анбандлінг) обленерго та створено нові суб'єкти роздрібного ринку електроенергії
- оператор системи розподілу, постачальник послуг комерційного обліку та електропостачальник.

Експертами наразі виділено такі проблеми в ході впровадження нової моделі ринку електричної енергії [2]:

- неврегульованість питань погашення заборгованості за електричну енергію;
- невирішеність проблеми перехресного субсидування між різними категоріями споживачів;
- невизначеність з розділенням (анбандлінгом) обленерго та затримка із заходами щодо корпоратизації

НЕК «Укренерго» та отримання ним статусу сертифікованого оператора системи передачі;

– затримка з підготовкою та закупівлею програмного та апаратного забезпечення для запуску нового ринку.

Таким чином, проведено перший етап реформування ринку електричної енергії, розроблено нормативно-правову базу процесу лібералізації, відповідно до міжнародних зобов'язань України.

Література:

1. Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2628-VIII від 23.11.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
2. Реформа ринку електроенергії. Чи встигнемо? URL: <http://enref.org/wp-content/uploads/2018/03/Power-Reforms-Hurry-up.pdf>

УДК 62-83-52.003(082)

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖУВАЧІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

О.О. Закладний¹, В.В. Прокопенко²,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
вул. Борщагівська 115, м. Київ, 03056, Україна,
тел.: 096 9848783, e-mail: zakladniy@gmail.com.*

В даній роботі наведено заходи та засоби підвищення енергетичної ефективності електронавантажувачів. Проведено аналіз та порівняння різних типів електроприводів тягових двигунів (постійного струму, асинхронний, вентильний з постійними магнітами). Показано, що найбільш перспективним є тяговий електропривод з вентильним двигуном з постійними магнітами.

Ключові слова: *вентильний двигун, енергоефективність, електронавантажувач.*

THE INCREASE OF ENERGY PARAMETERS OF ELECTRIC FORKLIFT WITH REGULATED ELECTRIC DRIVE

O. Zakladnyi¹, V. Prokopenko²,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056.*

This paper presents measures and means to improve the energy efficiency electric forklift. The analysis and comparison

of different types of electric traction motors (DC asynchronous valve with permanent magnets) was performed. It is shown that the most promising is the traction with brushless motor with permanent magnets.

Keywords: *valve tractive motor, energy efficiency, electric forklift.*

ORCID: ¹0000-0003-2813-3692, ²0000-0002-5518-5802.

Обираючи тяговий електродвигун для електроприводу електронавантажувача, слід в першу чергу звернути увагу на галузь застосування та вимоги, що ставляться до електронавантажувача. Загальні основні вимоги, які пред'являються тяговому електроприводу: простота виготовлення; надійність; зручність обслуговування; легкість регулювання; простота системи керування; високий момент у всьому діапазоні частот обертання; придатність для рекуперативного гальмування; високий ККД.

Напрямки та заходи для підвищення рівня енергоефективності електронавантажувачів. Для більш ефективної роботи електронавантажувачів означимо основні напрямки та заходи підвищення їх рівня енергоефективності.

Перший напрямок полягає в економії електроенергії електронавантажувачами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Для цього потрібно вжити такі заходи: контроль стану електронавантажувача; узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження; підвищення ККД електронавантажувача; забезпечення нормованого завантаження; контроль стану електронавантажувача;

регулювання продуктивності електронавантажувача; застосування Li-ion АКБ [1].

Другий напрямок полягає у виборі раціонального типу електропривода для електронавантажувача. Сюди входять: удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна при експлуатації; перехід на енергозберігаючі двигуни та двигуни поліпшеної конструкції; використання вентильного двигуна; підвищення швидкодії електропривода; повернення енергії до АКБ при гальмуванні.

Третій напрямок полягає у виборі раціональних режимів роботи й експлуатації електропривода. Сюди входять: вибір раціонального діапазону регулювання швидкості електропривода в залежності від технологічних умов роботи електронавантажувача; вибір раціонального способу регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження; мінімізація струму і втрат енергії СДПМ при зміні навантаження; оптимізація динамічних режимів.

Удосконалювання технологічних процесів безпосередньо пов'язано із застосуванням регульованого електропривода. Це сприяє вирішенню завдань забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності й строку служби устаткування [1].

Вибір найбільш енергоефективного електроприводу для електронавантажувача. Розглянемо три типи електроприводів, які найчастіше використовуються в електричних навантажувачах, а саме:

привод з вентиляним двигуном (ВД); привод постійного струму (ППС); частотно-регульований привод (ЧРП).

Порівняльний аналіз показав, що найбільш перспективним є електропривод з ВД на базі синхронної із збудженням від постійних магнітів, який має значно меншу вагу (в 1,5-2,5 рази менше в порівнянні з іншими), максимальний ККД і кращі регульовальні характеристики.

Дослідження та вибір оптимального способу керування ВД для електронавантажувача. Розглянемо три основні способи керування ВД:

– *Перший (найпростіший) спосіб керування* полягає в підтриманні постійного значення кута випередження $\beta_0 = \text{const}$. При цьому джерелом напруги синхронізації слугить датчик положення ротора (ДПР).

– *Другий спосіб керування* полягає у підтримці сталим кут випередження $\beta = \text{const}$. Джерелом напруги синхронізації є датчик напруги статора (ДНС).

– *Третій спосіб* полягає в підтриманні постійної величини кута запасу δ на мінімальному рівні. Цей спосіб є найбільш оптимальним та енергоефективним для роботи електроприводу. Однак даний спосіб керування вимагає наявності датчиків кутів комутації та навантаження, а також системи імпульсно-фазового управління синхронізованої від ДПР або ДНС. Для цього способу керування параметри системи будуть постійно змінюватись для підтримки постійної величини кута запасу δ на мінімальному рівні, для будь-якого режиму роботи двигуна.

Література:

1. Прокопенко В.В., Закладний О.О. Кульбачний П.В. Енергетичний аудит: Навчальний посібник. – Київ, Вид-во «Політехніка», 2018. – 400 с.

УДК 681.515

ВЕРИФІКАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

М.Я. Островерхов¹, М.П. Бурик²,

КПІ ім. Ігоря Сікорського, пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056,

Україна, тел.: +38(044)204-82-39,

e-mail: n.ostroverkhov@hotmail.com

У роботі наведено порівняння перехідних процесів електромеханічних координат імітаційної моделі з реальними процесами електропривода постійного струму та лінійної математичної моделі системи підпорядкованого керування. Збіг реальних даних з результатами моделювання показав, що імітаційну модель можна використовувати для дослідження енергоефективності електропривода.

Ключові слова: електропривод, імітаційна модель, верифікація, енергоефективність.

VERIFICATION OF THE IMITATION MODEL OF ELECTRIC DRIVE FOR ENERGY EFFICIENCY INVESTIGATION

M. Ostroverkhov¹, M. Buryk²,

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 37, Peremohy Ave.,

Kyiv, Ukraine, 03056.

The article presents the comparison of the electromechanical transients coordinates of the imitation model with the real processes of the DC drive and the linear mathematical model of cascade control system. The

concurrency of real data with the results of simulation showed that the imitation model can be used to study the energy efficiency of the electric drive.

Keywords: *electric drive, imitation model, verification, energy efficiency.*

ORCID: ¹0000-0002-7322-8052, ²0000-0002-7114-1084.

Керування технологічними об'єктами вимагає застосування електроприводів, що ефективно споживають електроенергію [1-3]. Під час проектування або модернізації існуючих автоматизованих систем актуальним є використання імітаційних моделей, які зменшують ступінь ідеалізації об'єкта керування [4].

Метою дослідження є верифікація перехідних процесів координат імітаційної моделі електропривода постійного струму при номінальних параметрах об'єкта керування з експериментальними результатами та з даними лінійної математичної моделі системи підпорядкованого регулювання (СПР).

Експериментальна установка складається з електричних машин постійного та змінного струмів та комплектного електропривода БТУ 3601. Приводним двигуном є машина постійного струму типу ПН-68 $P_n = 4.6 \text{ кВт}$. Сумарний момент інерції установки $J_\Sigma = 0.169 \text{ кгм}^2$. У якості навантажувальної машини виступає асинхронний двигун (АД) типу АИР112М4У2 $P_n = 5.5 \text{ кВт}$, що живиться від перетворювача частоти SINUS PENTA multifunction AC driver.

Внутрішній контур досліджуваного електропривода налаштований на модульний оптимум, а зовнішній контур – на симетричний оптимум. Регулятори струму якоря (РС) та кутової швидкості (РШ) мають наступні параметри: пропорційна складова РС $k_{ni} = 0.64$; інтегральна складова РС $k_{ii} = 18.86$; пропорційна складова РШ $k_{n\omega} = 4.5$; інтегральна складова РШ $k_{i\omega} = 56.2$.

При виконанні дослідження використовувався стандартний тест: відпрацювання заданої траєкторії зміни кутової швидкості у вигляді східчастої функції (стрибок сигналу завдання 10 В) з наступним накиданням в час $t = 1.3$ с та скиданням $t_2 = 2.3$ с номінального моменту навантаження $M_{ном}$ при русі зі сталою кутовою швидкістю $\omega = 91$ рад/с.

На рис. 1 та рис. 2 представлені перехідні процеси струму якоря та кутової швидкості ротора двигуна СПР.

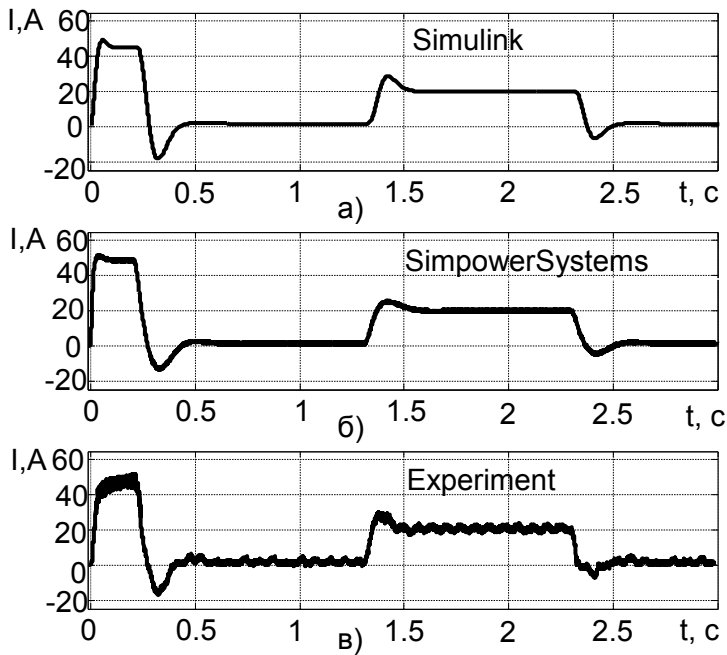


Рис. 1. Перехідні процеси струму якоря.

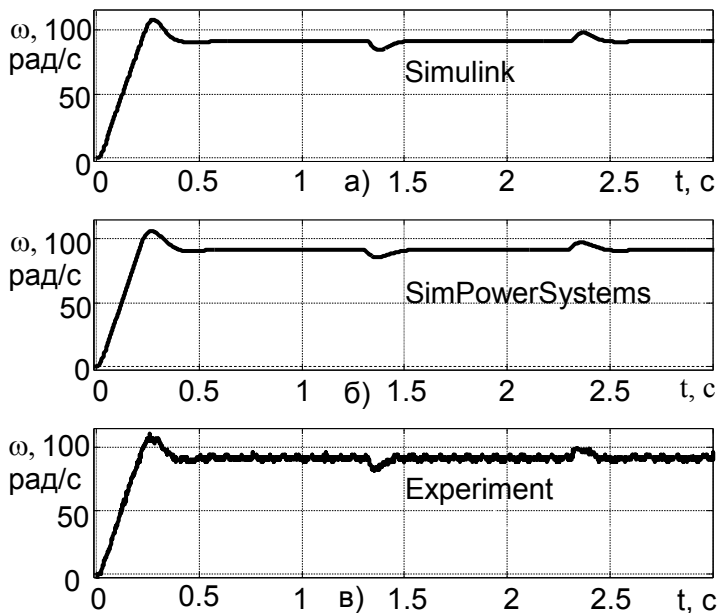


Рис. 2. Перехідні процеси кутової швидкості.

На рисунках показано перехідні процеси: а) лінійної математичної моделі СПР, що реалізована у пакеті прикладних програм Simulink (Matlab); б) імітаційної моделі СПР; в) реверсивного електроприводу постійного струму з підпорядкованим керуванням на основі блоку тиристорного керування.

Пряме оцінювання динамічних характеристик СПР показує збігання перехідних процесів електромеханічних координат імітаційної моделі з експериментальними даними та процесами, що проходять у лінійній математичній моделі. Різниця між показниками якості регулювання струмом якоря та кутовою швидкістю ротора

СПР при практичній реалізації та математичному моделюванні становить менше 3 %.

Таким чином, розроблена імітаційна модель електропривода постійного струму може використовуватись для дослідження енергоефективності та оцінки показників якості керування.

Література:

1. Островерхов М.Я. Бурик М.П. Енергоефективна система керування напором гідравлічної мережі з відцентровим насосом // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XIX Міжнар. наук.–практ. конф.. 26-28 вересня 2018 р. – Київ, 2018. – № 42. – С 245-249.

2 .Островерхов М.Я. Бурик М.П. Оптимальна за критерієм мінімуму енергії прискорення система регулювання напору відцентрового насосу // Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронний ресурс]. – Наукові праці ВНТУ, 30.03. 2018. –№ 1 . – С. 1-5.

3 Бурик М.П. Моделювання системи підпорядкованого регулювання швидкості, синтезованої на основі концепції зворотних задач динаміки // Наукові праці. Серія: "Електротехніка і енергетика" – Донецьк: ДОННТУ, 2013. – № 1.(14) – С. 36-39.

4. В.Б. Терехин Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) . – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.

УДК 544.52:621.352

ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ПАЛИВНА КОМІРКА З ФОТОЕЛЕКТРОДОМ ТА СИСТЕМОЮ МН / ПОВІТРЯНИЙ ЕЛЕКТРОД

***Л.Г. Щербакова¹, І.А. Русецький², Д.В. Патлун³,
М.О. Данилов⁴, С.С. Фоманюк⁵, В.О. Смілик⁶,
М.О. Лапа⁷, В.С. Воробець⁸, Г.Я. Колбасов⁹,
Ю.М. Солонін¹⁰***

*^{1,3,10} Інститут проблем матеріалознавства
ім. І.М. Францевича НАН України, 03142 Київ,
вул. Кржижановського 3, Україна, e-mail: larisa_c@ukr.net,*

*^{2,4,5,6,8,9} Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.
Вернадського НАН України, 03142 Київ,
пр. Палладіна 32/34, Україна, e-mail: rusetskii@ionc.kiev.ua,
⁷ Національний технічний університет «КПІ ім. Ігоря
Сікорського», 03056 Київ, пр. Перемоги 37, Україна.*

У роботі досліджені характеристики напівпровідникових та воденьсорбуючих матеріалів у якості електродів фотоелектрохімічної комірки. Розроблена фотоелектрохімічна паливна комірка з модифікованим CdSe фотоелектродом та системою МН/повітряний електрод.

Ключові слова: *фотоелектрохімічна паливна комірка, сонячне випромінювання, водень.*

ELECTROCHEMICAL FUEL CELL WITH PHOTOELECTRODE AND A MH / AIR ELECTRODE

L. Scherbakova¹, I. Rusetskyi², D. Patlun³, M. Danilov⁴,

**S. Fomanyuk⁵, V. Smilyk⁶, M. Lapa⁷, V. Vorobets⁸,
G. Kolbasov⁹, Yu. Solonin¹⁰**

^{1,3,10} *Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of
the Ukrainian NAS, 3 Krzhizhanovsky str.,*

Kyiv, Ukraine, 03142,

^{2,4,5,6,8,9} *Vernadskii Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Ukrainian NAS, 32-34 prospekt Palladina,*

Kyiv, Ukraine, 03142,

⁷ *National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", 37 Prosp. Peremohy,*

Kyiv, Ukraine, 03056.

The characteristics of semiconducting and hydrogen adsorbing materials as electrodes for the photoelectrochemical cell are investigated. A photoelectrochemical fuel cell with photoelectrode modified by CdSe and MH / air electrode system was developed.

Keywords: *photoelectrochemical fuel cell, solar illumination, hydrogen.*

Один із нових видів фотоелектрохімічних систем для акумулювання водню був запропонований у роботі [1]. Була запропонована повітряна батарея з використанням металгідриду, яку можна заряджати сонячним світлом. Фотоанодом у ній служив SrTiO_3 , а катодом – сплав на основі LaNi_5 , що здатний створювати сполуки з воднем – металгідриди (МН). При зарядці батареї сонячним світлом відбувалося відновлення водню на катоді з подальшим накопиченням водню в матеріалі катода МН. При розряді в темряві на повітрі відбувався зворотній процес окислення з утворенням води і електричного струму. Щільність

фотоструму була невисокою – 0.6 мА/см^2 , що пов'язано з великою забороненою зоною SrTiO_3 , 3.2 еВ. У цій роботі вперше показана можливість використання МН для накопичення сонячної енергії, однак процес був мало ефективним через використання широкозонного SrTiO_3 - фотоаноду. Для усунення цього недоліку ми замінили анодну реакцію виділення кисню на реакцію окиснення сульфід-іонів. У разі реалізації цієї схеми стає можливим використання вузькозонних напівпровідникових фотоанодів. Слід зазначити, що дана ідея дозволяє ефективно перетворювати сонячну енергію в такій системі внаслідок високої ефективності використовуваного фотоанода.

Був випробуваний макет комірки електрохімічної паливної комірки з фотоелекτροдом та системою МН/повітряний електрод (рис. 1).

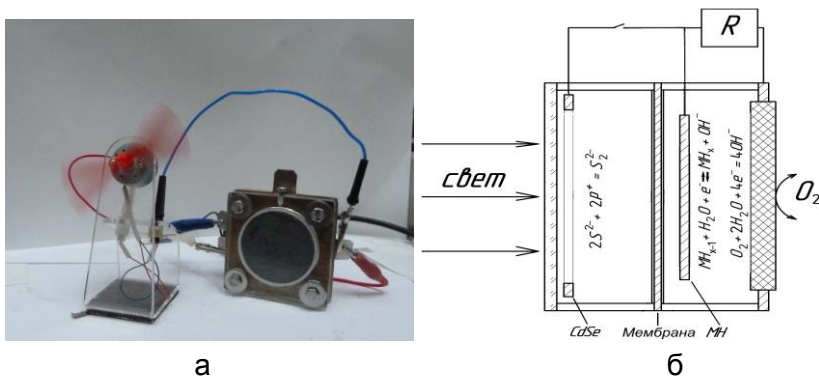


Рис. 1. Електрохімічна паливна комірка (а) та її схема (б) з фотоелекτροдом та системою МН / повітряний електрод.

Комірка включає в себе три електроди: фотоанод, МН-катод і повітряний електрод. Робочий простір фотоанода заповнений сульфідним розчином та

відділяється від робочого простору МН-катода і повітряного електрода, що містить розчин КОН, мембраною МФ-4СК. МН-катод і повітряний електрод розділені сепаратором (рис. 1б).

Для проведення дослідження роботи комірки в якості фотоанода використовували модифікований CdSe електрод. Технологія його виготовлення описана в [2-4]. Воденьсорбуючий електрод (катод) виготовлений із суміші сплаву $\text{LaNi}_{2.5}\text{Co}_{2.4}\text{Al}_{0.1}$ і емульсії ПТФЕ, запресованої в пінонікель. Розміри електрода: діаметр 15 мм і товщина - 0.9 мм. Повітряний електрод (діаметром 30 мм и товщиною 8 мм) в якості каталізатора вміщував суміш оксидів (10% MnO_2 + 10% Co_3O_4).

Було досліджено вплив величини струму розряду МН-електрода щодо повітряного електрода на напругу комірки. МН-катод був попередньо заряджений в парі з фотоанодом. Розрядні криві, отримані на МН-повітряній комірці, в залежності від струму розряду показано на рис. 2а та рис. 2б.

З рисунку 2а видно, що з ростом струму від 10 мА до 30 мА напруга на комірці падає з 0.75 В до 0.55 В, тобто на 0.20 В. В додаткових дослідженнях встановлено, що при гальваностатичному розряді МН-електрода такими ж струмами, зміна потенціалу плато розряду змінюється з - 0,832 В до -0,810 В, тобто всього на 0.022 В. З рис. 2а та рис. 2б випливає, що в залежності від струму розряду, спостерігається падіння напруги на комірці, пов'язане зі зростанням падіння потенціалу на внутрішньому опорі комірки.

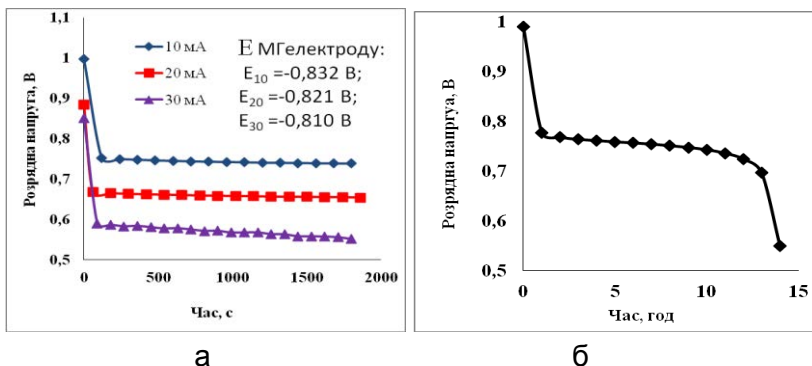


Рис. 2. Розрядні криві, отримані на МН / повітряний електрод в залежності від струму розряду (а) та зміна напруги на комірці при розряді струмом 10 мА в 7 н розчині КОН з використанням повітряного електроду (б).

Отримані результати свідчать про перспективність розробленої системи для використання у електрохімічному фотоакумуляторі.

Література:

1. Akuto A., Sakurai Y. A photorechargeable metal hydride/air battery. // J. of the Elect. Soc. – 2001. – 148, №2. – P. A121-A125.
2. Колбасов Г.Я., Слободянюк І.О., Русецький І.А., Щербакова Л.Г., Солонін Ю.М. Отримання водню у фотоелектрохімічній системі на основі напівпровідникових електродів та сплавів типу AB_5 . // Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях / НАН України; за редакцією В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. – Видавництво „KIM”, – Київ, 2015. – С. 106-112.
3. Rusetskii I., Shcherbakova L., Danilov M., Slobodyanyuk I., Kolbasov G., Fomanyuk S., and Solonin Yu. Accumulation of Solar Hydrogen in the Photoelectrochemical System Based on CdSe Photoanode and MH Cathode. // ECS Trans. – 2018. – 87(1) – P. 335-342.
4. Колбасов Г.Я., Русецький І.А., Щербакова Л.Г., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Слободянюк І.О., Воробець В.С., Солонін Ю.М. Фотоелектрохімічні комірки з акумулюванням «сонячного» водню // Відновлювано – воднева енергетика і паливні комірки / НАН України; за редакцією Ю.М. Солоніна. – Видавництво „KIM”, – Київ, 2018. – С. 69-76.

УДК 544.522:541.138:621

**ВОДЕНЬСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ТЕРМІЧНА
СТІЙКІСТЬ ТА КІНЕТИКА ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З
ГІДРИДНОЇ ФАЗИ MgH_2 МЕХАНІЧНОГО СПЛАВУ
МАГНІЮ З Ti ТА Y**

О.Г. Єршова¹, В.Д. Добровольський², Ю.М. Солонін³

Інститут проблем матеріалознавства

ім. І.М. Францевича НАН України, вул. Кржижановського, 3,

м. Київ, 03142, тел.: 0952434763; 2057927,

e-mail: dobersh2017@ukr.net;

В атмосфері водню синтезовано механічний сплав-композит МС ($Mg + 10\% \text{ ваг. } Ti + 5\% \text{ ваг. } Y$) і визначено його фазовий склад, мікроструктуру, термічну стійкість та кінетику десорбції водню з гідридної фази MgH_2 отриманого МС методами XRD, SEM, TDS. Встановлено, що додавання до магнію Ti та Y призводить до суттєвого покращення кінетики десорбції водню із гідридної фази MgH_2 отриманого МС, про що свідчить скорочення в 6 разів часу виділення половини і всього водню. Зниження термодинамічної стабільності гідриду MgH_2 за рахунок його легування Ti та Y не виявлено.

Ключові слова: *механічний сплав, термодесорбційна спектроскопія, воденьсорбційні властивості, термічна стійкість, кінетика десорбції водню.*

THERMAL STABILITY AND KINETICS OF HYDROGEN DESORPTION FROM THE HYDRIDE PHASE OF THE MgH_2 AS MECHANICAL ALLOY OF MAGNESIUM WITH Ti AND Y

O.G. Ershova, V.D. Dobrovolsky, Yu.M. Solonin,
*Frantsevych Institute for Problems of Materials Science,
National Academy of Sciences of Ukraine, 3 Krzhyzhaniivsky
Street, UA-03142 Kyiv, Ukraine*

The mechanical alloy-composite MA ($\text{Mg} + 10\% \text{ wt. Ti} + 5\% \text{ wt. Y}$) was synthesized. The phase content, microstructure, the thermal stability, kinetics of hydrogen desorption from the hydride phase MgH_2 of the obtained MA were studied by using XRD, SEM, TDS methods. It has been established that the addition of Ti and Y to magnesium leads to significant improvement in the kinetics of hydrogen desorption from the hydride phase MgH_2 , which is evidenced by a significant reduction (in 6 times) in the time of release of half and all hydrogen from it. Due to, Ti, Y alloying, the decrease in the thermodynamic stability of MgH_2 is not found.

Keywords: *mechanical alloy, thermodesorption spectroscopy, hydrogen-sorption properties, thermal stability, kinetics of hydrogen desorption.*

ORCID: ¹0000-0003-1812-862X, ²000-0002-7325-4103,
³0000-0002-8068-1023.

Розробка систем і технологій зберігання водню потребує створення нових воденьсорбційних матеріалів. Безпечно та компактне зберігання водню у вигляді твердих сполук є найбільш прийнятним з точки зору потреб як

мобільного, так і стаціонарного застосування. Властивості великої кількості систем метал-водень добре відомі. Однак широкомасштабне використання гідридів металів і сплавів для зберігання водню стримується тим, що більшість з них повністю або частково не задовольняють необхідним вимогам, які висуває практика.

Перспективними матеріалами є магній і композити на його основі. Задачу підвищення їх службових характеристик намагаються вирішити шляхом механічного диспергування комерційного MgH_2 в присутності різного роду каталітичних добавок, або шляхом помелу порошку металічного Mg з вказаними добавками в середовищі водню, тобто реактивним помелом, або в середовищі інертного газу з наступним гідруванням із газової фази.

В даній роботі з метою зниження температури і поліпшення кінетики розкладу стехіометричного гідриду MgH_2 синтезовано механічний сплав-композит шляхом реактивного помелу у водні порошку $Mg + 10\% \text{ ваг. Ti} + 5\% \text{ ваг. Y}$. Для порівняння, в тих же умовах синтезу отримано MgH_2 без додавання Ti і Y.

Для виготовлення механічних сплавів-композитів використовували вихідні технічні порошки Mg, Ti, Y чистотою 99,98 %, які мали середній розмір частинок 100; 6,7; 200 мкм відповідно. Механічне сплавлення реактивним помелом сумішей порошків проводили в кульовому млині фірми "Retch" із сталевими кулями в середовищі водню (тиск водню 1,0 МПа, швидкість обертання 450 об./хв., час помелу 20 год.).

Задачею даного дослідження було отримати вищевказані механічні сплави і дослідити процеси

десорбції водню з їх гідридної фази MgH_2 (як зразу після механосинтезу, так і після першого гідрування з газової фази); встановити, чи відбувається завдяки вибраному складу легуючих елементів і методу отримання зниження ентальпії утворення гідридної фази і, як наслідок, рівноважної температури її розкладу при постійному тиску водню 0,1 МПа, а також покращення кінетики процесу десорбції водню.

Встановлено, що додавання до магнію одночасно Ti і Y призводить до суттєвого покращення кінетики десорбції водню із гідридної фази MgH_2 отриманого МС, про що свідчить експериментально зареєстроване **скорочення в 6 разів часу виділення** половини і всього десорбованого водню. Вивчена роль кожного з легуючих елементів в покращенні кінетики процесу десорбції водню і причини відсутності зниження термодинамічної стабільності гідриду MgH_2 за рахунок його легування Ti і Y. Головний внесок у вказане покращення кінетики десорбції водню, очевидно, вносить Ti. Ітрій свій вагомий внесок вносить у зниження саме термічної стійкості гідридної фази MgH_2 (див. табл.1).

Таблиця 1. Час (хв.) виділення половини ($\tau_{1/2}$) і всього водню (τ_n) з гідридної фази MgH_2 при температурах 310 °С, 330 °С.

Механічний сплав-композит	310 °С		330 °С	
	$\tau_{1/2}$	τ_n	$\tau_{1/2}$	τ_n
MC1(Mg+ 10ваг.%Ti +5%ваг.Y)	6,5	18	5	14
MC2 (Mg без Ti і Y)			30	80
MC (Mg + 10 ваг.% Ti)			5,5	14

Результати даних досліджень можуть бути використанні при розробці нових воденьсорбуючих матеріалів для водневої енергетики.

УДК 620.92:620.98:546.11

УНІФІКОВАНА ПОЛІМЕРНА РЕВЕРСНА ПАЛИВНА КОМІРКА

**А.С. Островерх¹, П. Куш^{2*}, Є. М. Островерх³,
О.Д. Васильєв⁴, Ю.М. Солонін⁵**

*Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича
НАН України, вул. Кржижановського 3, м. Київ, 03142,
Україна, тел.: +38(067)385-94-50,
e-mail: anna.ostroverkh84@ipms.kiev.ua,
anna.ostroverkh84@gmail.com,*

²Карлов університет, Прага, Чехія.

У роботі розроблено новітню систему з використанням тонкоплівкового каталізатора для полімерного електролізера та уніфікованої реверсної паливної комірки. Ефективність електролізера при введенні додаткового матеріалу залишається сталою.

Ключові слова: *водень, полімерна протон-провідна паливна комірка, електролізер, уніфікована полімерна паливна комірка, платина, іридій, ефективність, тонкоплівковий каталізатор, магнетронне напилення.*

UNITIZED POLYMER REVERSIBLE FUEL CELL

A. S. Ostroverkh¹, P. Kush^{2*}, Ye. M. Ostroverkh³, O. D. Vasilev⁴, Yu. M. Solonin⁵

*Frantcevykh Institute for Problems of Materials Science,
National Academy of Science of Ukraine, 3 Krzhyzhanivskoho
Str., Kyiv, Ukraine, 03142,*

²Charles University, Prague, Czech Republic.

The new system using thin film catalyst for a polymer electrolyzer and a unitized reversible fuel cell was developed. The effectiveness of the electrolyzer with the introduction of additional material remains constant.

Keywords: *Hydrogen, proton exchange membrane fuel cell (PEMFC), water electrolyzer (PEM-WE), unitized reversible fuel cell (URFC), Platinum, Iridium, efficiency, thin film catalyst, magnetron sputtering.*

ORCID: ¹0000-0002-1602-7510, ²0000-0002-2246-4426,
³0000-0001-6831-8734, ⁴0000-0001-9827-3629,
⁵0000-0002-8068-1023.

Сучасний світ змушений швидко реагувати на забруднення довкілля і його наслідок – глобальне потепління. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ), такі як сонячна і вітрова, мають значний потенціал, але мають і великі недоліки, пов'язані з їх коливанням і переривчастою дією. Коли частка вихідної потужності від ВДЕ, наприклад, фотоелектричних або вітру, є значно нижчою за потужність електромереж, коливання ВДЕ може бути збалансоване традиційними виробниками електроенергії.

Водень є унікальним засобом зберігання нестабільних ВДЕ, оскільки має в собі безліч переваг: 1) водень може бути отриманий електролізом води з переривчастих мереж (наприклад, фотоелектричних чи вітрових, 2) добутий водень може зберігатися у численних формах (наприклад, стиснений, зріджений, як метал-гідрид тощо) без саморозряду у часі, 3) виробництво електроенергії без вуглецю може бути досягнуто за допомогою водневих паливних комірок.

Серед багатьох різних типів електролізерів і паливних комірок високоефективними є полімерні електролізери води та полімерні паливні комірки: висока потужність, невисока робоча температура ($\sim 80^\circ\text{C}$), ефективне загальне енергоспоживання, спрощений запуск систем (start-up), використання мереж з постійним або змінним струмом. На жаль, і воднева полімерна паливна комірка, і полімерний електролізер залежать від благородних металів, які в даний час є єдиними ефективними і досить стабільними каталізаторами. Висока ціна і дефіцит платини та іридію вважаються основними факторами, які перешкоджають ширшому виходу на ринок цих технологій. В системах з поєднанням цих технологій, наприклад, великі стаціонарні буферні станції для вітрових чи сонячних електростанцій, істотна економія капітальних витрат може бути досягнута об'єднанням окремих систем в один двофункціональний пристрій, тобто уніфікований полімерний регенеративний паливний елемент [1]. Таке об'єднання призвело б до зниження витрат не тільки на каталізаторах, але і на загальному обладнанні.

Завдання значного зменшення каталізатора в полімерній протон-провідній паливній комірниці [2,3] та полімерному електролізері [4] було досягнуто за рахунок стабілізації додаткових домішок та при використанні магнетронного напилення тонких плівок (рис.1). Подальші розроблення та дослідження питань оптимізації призвели до нової системи нанесення малого вмісту каталізатора для високоефективного уніфікованого полімерного паливного елемента.

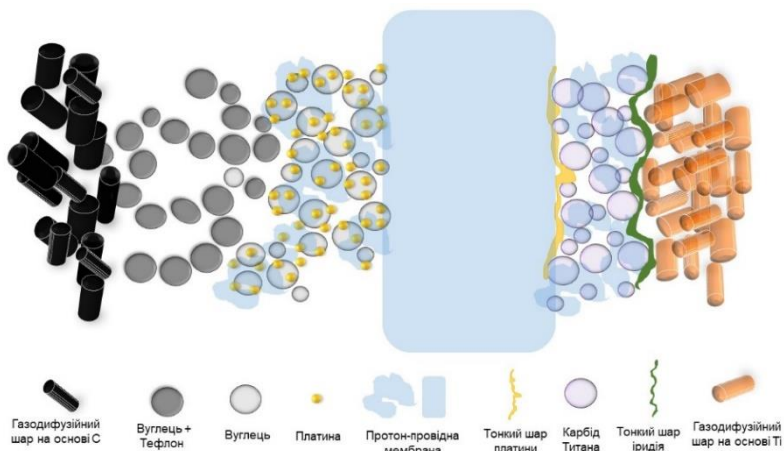


Рис.1. Різні можливі матеріали для наповнення.

Література:

1. Sadhasivam T, Dhanabalan K, Roh SH, Kim TH, Park KW, Jung S, et al. A comprehensive review on unitized regenerative fuel cells: Crucial challenges and developments. - *Int J Hydrogen Energy* 2017. - 42:4415–33. - doi:10.1016/j.ijhydene.2016.10.140..
2. Ostroverkh A, Johnnek V, Dubau M, Kush P, Khalakhan I, et al. Optimization of ionomerfree ultra-low loading Pt catalyst for anode/cathode of PEMFC via magnetron sputtering. - *Int J Hydrogen Energy* 2019.- doi:10.1016/J.IJHYDENE.2018.12.206.
3. Ostroverkh A et al. Efficient Pt-C MEA for PEMFC with Low Platinum Content Prepared by Magnetron Sputtering. – *Fuel Cells* 2018.- 18(1): 51-56.
4. Kúš P, Ostroverkh A, Ševčíková K, Khalakhan I, Fiala R, Skála T, et al. Magnetron sputtered Ir thin film on TiC-based support sublayer as low-loading anode catalyst for proton exchange membrane water electrolysis. - *Int J Hydrogen Energy* 2016. - 41:15124–32. - doi:10.1016/j.ijhydene.2016.06.248.

УДК 544.653

**НАНОКОМПОЗИЦІЙНІ ПЛАТИНОВМІСНІ
ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ ДЛЯ
ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПРЯМИМ ОКИСЛЕННЯМ
ВОДНЮ**

**Ю.К. Пірський¹, Т.М. Панчишин², Я.В. Колосовський³,
О.Г. Алабута⁴,**

*Інститут загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України,
пр. Академіка Палладіна, 32/34, м.Київ-142, 03680, Україна,
тел.: +38(044) 225-00-12, e-mail: pirsky@ionc.kiev.ua*

*Представлено результати робіт по синтезу
високоєфективних наноконпозиційних платиновмісних
електрокаталізаторів відновлення кисню для воднево-
кисневих паливних елементів та розглянуто шляхи
підвищення їх активності.*

Ключові слова: *нанорозмірна платина,
каталізатори, відновлення кисню, паливний елемент.*

**NANOCOMPOSITION PLATINUM CONTAINING
ELECTROCATALYSIS OF OXYGEN REDUCTION FOR
FUEL CELLS WITH HYDROGEN DIRECT OXIDATION**

***Yu. Pirskyy¹, T. Panchyshyn², Ya. Kolosovskiy², O. Alabut⁴,
V.I. Vernadskii Institute of General and Inorganic Chemistry
NAS of Ukraine,
32/34 Palladina prosp., Kyiv, Ukraine, 03680.***

The results of work on the synthesis of highly effective nanocomposite platinum-containing oxygen reduction electrocatalysts for hydrogen-oxygen fuel cells are presented and ways of increasing their activity are considered.

Keywords: *nanosized platinum, electrocatalysts, oxygen reduction reaction, fuel cell.*

ORCID: ¹0000-0002-9431-4136, ²0000-0002-6519-1261,
³0000-0003-1470-0158, ⁴0000-0001-5924-1798.

Паливні елементи (ПЕ) представляють найбільш перспективні відновлювані та екологічно чисті джерела енергії, які можуть працювати при низьких температурах з високою ефективністю і низьким або нульовим рівнем шкідливих відходів [1]. Основною проблемою паливних елементів є те, що реакція відновлення кисню є сповільненою по відношенню до реакції окислення водню, що призводить до збільшення перенапруги на катоді, і як наслідок до зменшення продуктивності ПЕ. Для вирішення цієї проблеми розробляються нові методи синтезу високоефективних платинових електрокаталізаторів, які в даний час мають кращі показники, оскільки платина має найбільш високу питому каталітичну активність серед матеріалів, що застосовуються для низькотемпературних ПЕ [2-3].

Мета даної роботи - визначення оптимального складу і умов приготування платинового електрокаталізатору відновлення кисню і окиснення водню, де в якості носія використовується нанодисперсна сажа Vulcan XC-72. Нами було відпрацьовано 6 методик приготування Pt(40%)/XC-72 каталізаторів (синтез зразків А, В, С, D, E, F). Для оцінки їх

каталітичної активності та визначення кінетичних параметрів відновлення кисню були зняті поляризаційні криві на модельному «плаваючому» газодифузійному електроді [4] за допомогою потенціостату ПІ-50-1.1 в 0,5 М розчині H_2SO_4 . Струм реєстрували мультиметром UNI-T UT-71. В якості електрода порівняння використовували Ag/AgCl електрод.

Для приготування всіх електрокаталізаторів брали: 3,6 мл розчину гексахлорплатинової кислоти H_2PtCl_6 з вмістом 18,8 мг/мл Pt, 100 мг сажі Vulcan XC-72, яку попередньо піддавали окисненню в HNO_3 , 1М розчин NaOH або KOH для створення необхідного середовища ($\text{pH} = 9-12$), 100 мл етиленгліколю в співвідношенні (3:1) з деіонізованою водою. Деякі електрокаталізатори $\text{Pt}(40\%)/\text{XC-72}$ були приготовані з додаванням полівінілпіролідону (PVP) (С - 100 мг, D - 300 мг та F - 300 мг PVP) і 60 мл 30% формальдегіду (для зразків Е, F).

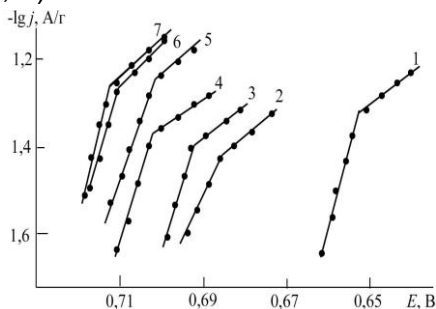


Рис. 1. Потенціостатичні поляризаційні криві відновлення кисню на підкладці (1) сажа XC-72 в 0,5 М розчині H_2SO_4 для електрокаталізаторів: 2 – А, 3 – С, 4 – В, 5 – D, 6 – Е, 7 – F.

Режим нагріву під час синтезу зі зворотним холодильником - 130 °С для А, 160 °С для зразка В, 140 °С

для С і D, 75 °С для Е, F. На рис. 1 наведені типові поляризаційні стаціонарні криві електровідновлення кисню на модельному плаваючому газодифузійному електроді в 0,5 М розчині H_2SO_4 . Як видно з рис. 1, більш активні електрокаталізатори синтезовані в присутності більш сильного відновника формальдегіду Pt, криві -7, -6. Більша кількість ПВП (криві -7, -5) збільшує характеристики електрокаталізаторів що пов'язане з розмірним ефектом при отриманні платини [5]. Оптимальний режим нагріву зі зворотним холодильником 140 °С - 160 °С.

Отримані електрокаталізатори Pt(40%)/XC-72 були перевірені в діючому лабораторному макеті воднево-кисневого ПЕ з протонпровідною мембраною Nafion®, що підтвердило їх високу ефективність.

Література:

1. Debe M.K. *Electrocatalyst approaches and challenges for automotive fuel cells* // *Nature*. - 2012. – V. 486. – P. 43–51.
2. Pengtang Wang, Qi Shao, Xiaoqing Huang *Updating. Pt-Based Electrocatalysts for Practical Fuel Cells* // *Journal Joule*. -2018. – V. 2. – P. 2511–2518.
3. Chaojie Song, JiuJun Zhang. *Electrocatalytic Oxygen Reduction Reaction. PEM Fuel Cell Electrocatalysts and Catalyst Layers* // *Springer London*. – 2008. – p. 89-134
4. Штейнберг Г.В., Кукушкина И.А., Багоцкий В.С., Тарасевич М.Р. Исследование кинетики восстановления кислорода на дисперсных углеродистых материалах. / Г.В. Штейнберг // *Электрохимия*. - 1979. –Т. 15, №4. -С. 527-532.
5. Закарина Н.А., Бектуров Е.А. Наночастицы платины, стабилизированные поливинилпирролидоном, в реакции гидрогенизации // *Известия НАН Республики Казахстан, Серия химическая*. -2008, № 1. -С. 3-7.

УДК 546.11:546.112:546.46

ГІДРИДИ НА ОСНОВІ Mg ЯК ДЖЕРЕЛО ВОДНЮ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

***В. Березовець¹, Ю. Вербовицький², Д. Корабльов³,
Ю. Солонін⁴, І. Завалій⁵, В.Яртись⁶***

*^{1,2,5}Фізико-механічний інститут НАН України, вул. Наукова
5, м. Львів, 79060, Україна, e-mail: zavaliy@ipm.lviv.ua.*

*^{3,4}Інститут проблем матеріалознавства НАН України,
вул. Крижанівського 3, м.Київ, 03142, Україна,*

*⁶Інститут енергетичних технологій, Інститутвеєн 18,
2007, Келлер, Норвегія.*

У роботі представлено короткий огляд матеріалів для акумулювання та генерування водню на основі гідриду магнію. Поряд з оглядом літературних даних представлено власні експериментальні результати по використанню комерційного магнію і його сплавів, які оброблялися механохімічним методом і були використані для гідролізу як в чистому вигляді, так і з домішками.

Ключові слова: гідрид магнію, матеріали для акумулювання водню, гідроліз, отримання водню.

Mg- BASED HYDRIDES FOR HYDROGEN SUPPLY OF AUTONOMOUS ENERGY DEVICES

***V. Berezovets¹, Yu. Verbovytskyi²,
D. Korablov³, Yu. Solonin⁴, I. Zavaliy⁵, V. Yartys⁶***

*^{1,2,5}Physico-Mechanical Institute, 5 Naukova St., 79060 Lviv,
Ukraine; e-mail: zavaliy@ipm.lviv.ua.*

^{3,4}*Institute for Problems of Materials Science, 3
Krzhizhanivsky Str., 03142 Kyiv, Ukraine,*

⁶*Institute for Energy Technology, Instituttveien 18, 2007
Kjeller, Norway.*

A brief overview of materials for the accumulation and generation of hydrogen on the Mg-based hydride is presented in this report. Along with the review of the literature data, we present own experimental results on the use of commercial magnesium and its alloys, which were processed mechanochemically and used for the hydrolysis both in pure form and with a number of additives.

Keywords: *magnesium hydride, hydrogen storage materials, hydrolysis, hydrogen production.*

ORCID: ¹0000-0002-9825-6922.

Альтернативою використання балонів з воднем високого тиску є його зберігання у вигляді металогідридів. Оборотні гідриди металів або інтерметалічних сполук (ІМС) цікаві з причини сорбції-десорбції при помірному тиску (до 1 МПа), вибухобезпечності тощо. Серед них гідрид магнію (MgH_2) має додаткові переваги: високий питомий вміст енергії, тривалий термін зберігання та низьку собівартість. Однак він має і суттєвий недолік: потребує температур сорбції-десорбції $\sim 350^\circ\text{C}$. На даний час на його основі розроблені промислові акумулятори з високою питомою густиною енергії [1]. Ефективним є поєднання акумулятора водню з високотемпературною паливною коміркою (ПК). Тепло, що утворюється в процесі її роботи при високій

температурі (700-800°C), може бути використане для десорбції водню із гідриду магнію [2].

Останнім часом активно розробляються технології та пристрої одержання водню в реакціях гідролізу металів або їх гідридів (Al, Mg, MgH_2 , NaBH_4 тощо). Такі генератори водню в поєднанні з ПК можуть бути ефективніші за інші хімічні джерела струму (наприклад, Li-іонні батареї) та використовуватися в портативних енергетичних пристроях. В результаті реакції $\text{MgH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$, теоретично можна отримати до 15,3 мас. % H_2 . Однак гідроксид магнію $\text{Mg}(\text{OH})_2$, що утворюється внаслідок гідролізу, осідає на поверхні MgH_2 і є перешкодою для повного проходження реакції [3,4]. Спроби збільшити виділення водню ґрунтувались на додаванні слабких кислот (лимонна або оцтова) для дестабілізації або розчинення гідроксиду магнію. Однак для повного пасиваційного шару необхідні великі кількості кислот або подібних додатків.

Ефективним способом поліпшити кінетику реакції є використання високоенергетичного кульового помелу для формування нанокристалічного MgH_2 [4]. Для збільшення швидкості реакції та дестабілізації пасиваційного шару гідроксиду магнію додавали до водного розчину або безпосередньо до гідриду магнію солі металів (NaCl , KCl , MgCl_2 , AlCl_3 тощо) [5,6]. Також спостерігали значний вплив розміру частинок MgH_2 на кінетику реакції [7], що можна пояснити як геометричним ефектом так і відмінними хімічними властивостями поверхні.

В доповіді поряд з оглядом літературних даних будуть представлені власні результати. В експериментальній роботі ми зосередили увагу на використанні

комерційного магнію і його сплавів (Mg-Al), які оброблялися механохімічним методом. Це зроблено з метою створення високореакційних матеріалів для забезпечення повного перебігу реакції гідролізу у водних розчинах. Зокрема, протестовано комерційний гідрид магнію (чистий та з добавкою лимонної кислоти) з різним часом помолу, а також гідридні композити Mg+ЕДТА/ $\text{AlCl}_3/\text{ZrCl}_4$ та Mg-Al+KCl/ ZrCl_4 . Вони продемонстрували кращу ефективність реакції гідролізу у порівнянні із вихідними необробленими матеріалами.

Результати досліджень отримано в рамках гранту НАТО G5233 "Портативне енергопостачання".

Література:

1. V. Yartys, M. Lototsky, E. Akiba et al. *Magnesium based materials for hydrogen based energy storage: Past, present and future*. *Int J Hydrogen Energy*, – 2019, DOI:10.1016/j.ijhydene.2018.12.212.
2. Delhomme B., Lanzini A., Ortigoza-Villalba G.A. et al. *Coupling and thermal integration of a solid oxide fuel cell with a magnesium hydride tank* // *Int J Hydrogen Energy*. – 2013. – Vol. 38. – P. 4740–4747.
3. Chao C.H., Jen T.C. *Reaction of magnesium hydride with water to produce hydrogen* // *Appl Mech Mater* – 2013. Vol. 302.–P. 151-157.
4. Huot J., Liang G., Schulz R. *Magnesium-based nanocomposites chemical hydrides* // *J Alloys Compd* – 2003. – Vol. 353: – P. L12-15.
5. Grosjean M.H., Roue L. *Hydrolysis of Mg-salt and MgH_2 -salt mixtures prepared by ball milling for hydrogen production* // *J. Alloys Compd* – 2006. – Vol. 416. – P. 296-302.
6. Zhao Z., Zhu Y., Li L. *Efficient catalysis by MgCl_2 in hydrogen generation via hydrolysis of Mg-based hydride prepared by hydriding combustion synthesis* // *Chem Commun* – 2012. – Vol. 48. – P. 5509-5511.
7. Huang J.M., Duan R.M., Ouyang L.Z., Wen Y.J., Wang H., Zhu M. *The effect of particle size on hydrolysis properties of Mg_3La hydrides* // *Int J Hydrogen Energy* – 2014. – Vol. 39. – P. 13564-13568.

УДК 669.717:661.96

АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВОДНЮ З ВОДИ

**Ф.Д. Манілевич¹, Ю.К. Пірський², Б.І. Данильцев³,
А.В. Куций⁴,**

*Інститут загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України, просп. Палладіна 32/34,
03142 Київ, Україна, тел.: +38(044)225-00-12,
e-mail: fedor@ionc.kar.net.*

У роботі описано виготовлені сплави алюмінію з легкоплавкими металами та досліджено закономірності їх гідролізу при кімнатній та близьких до кімнатної температурах.

Ключові слова: сплави алюмінію, гідроліз, одержання водню

ALUMINUM ALLOYS FOR HYDROGEN GENERATION FROM WATER

F. Manilevich¹, Yu. Pirskey², B. Danil'tsev³, A. Kutsyi⁴,
*V.I. Vernadskii Institute of General & Inorganic Chemistry,
prosp. Palladina 32/34, 03142 Kyiv, Ukraine.*

In the work aluminum alloys with low-melting metals have been prepared, and regularities of their hydrolysis at room and close to room temperatures have been investigated.

Keywords: aluminum alloys, hydrolysis, hydrogen production.

ORCID: ¹0000-0001-5582-833X, ²0000-0002-9431-4136,
³0000-0002-1318-5708, ⁴0000-0003-2576-7975.

Виділення водню з води шляхом гідролізу енергоакумулюючих речовин (ЕАР) [1, 2] дає можливість одержувати водень безпосередньо в місці його використання і уникати таким чином значних проблем, пов'язаних із його накопиченням, зберіганням та транспортуванням. Одним із найбільш перспективних ЕАР є алюміній. Стандартний електродний потенціал алюмінію складає -1.662 В [3], і за відсутності на його поверхні захисної оксидної плівки він реагує з водою легко та швидко і з виділенням тепла. Для порушення захисної плівки застосовують різні методи активації алюмінію: механічні, механохімічні, хімічні, металургійні та інші. Перспективними є ЕАР на основі алюмінію, здатні реагувати з водою без додаткового підігріву.

В даній роботі для одержання високоактивних сплавів алюмінію легували його легкоплавкими та електропозитивними металами. Спочатку із легкоплавких металів (Ga, In, Sn) готували евтектичний сплав з наступними масовими частками компонентів: Ga – 67 %, In – 22 %, Sn – 11 %. Такий сплав має температуру плавлення $10-11$ °С [4]. В якості електропозитивних добавок використали Bi та Sb, значення стандартного електродного потенціалу яких складають відповідно 0.20 та 0.24 В [3]. Сплави алюмінію з вказаними добавками готували в алунових тиглях в електропечі в атмосфері аргону при механічному перемішуванні алуновою мішалкою. Температура плавки складала 900 °С, тривалість – 30 хв. Виливали розплав у плоску прямокутну графітову або алюмінієву форму. Закономірності гідролізу одержаних ЕАР дослідили за допомогою установки для волюмометричних вимірювань водню, що при цьому виділявся, яка складалась з термостатованої склянки, з'єднаної з евідіометром. У

склянку заливали 100 мл дистильованої води і поміщали зразок сплаву (1 г) у вигляді прямокутного паралелепіпеда.

Встановили, що при температурі 25 °С усі досліджені ЕАР на основі алюмінію взаємодіяли з водою. Після приведення вимірювань через певні проміжки часу об'ємів водню до нормальних умов одержали залежності об'єму виділеного водню та швидкості його накопичення від тривалості гідролізу (див. рис. 1).

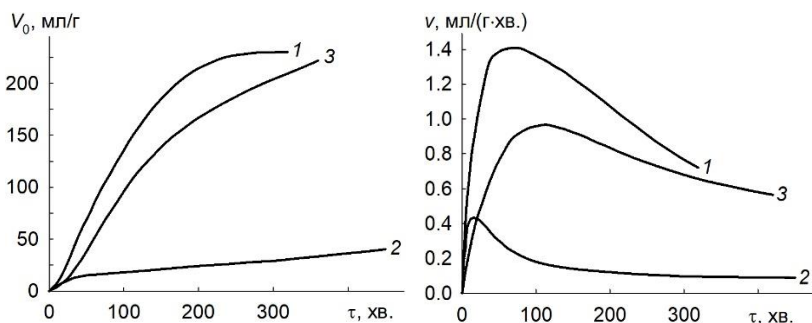


Рис. 1. Залежності об'єму виділеного водню (V_0) та швидкості його накопичення (v) при гідролізі алюмінію (1) та сплавів Al-Bi (3 мас.% Bi) (2) і Al-Sb (3 мас.% Sb) (3), активованих евтектичним сплавом Ga-In-Sn (5 мас.%), від тривалості процесу при температурі 25 С.

Найбільші значення швидкості виділення і накопичення водню досягнуті при гідролізі алюмінію, активованого евтектичним сплавом Ga-In-Sn без добавок Bi або Sb. Введення в активований алюміній сурми привело до значного зниження швидкості його гідролізу, однак після завершення початкового перехідного періоду зростання об'єму водню відбувалось практично лінійно, що важливо, наприклад, для сталого живлення воднем паливних комірок. Закономірності гідролізу алюмінію та його сплаву з вісмутом, активованих легкоплавкими металами, подібні, хоча легування алюмінію вісмутом дещо знизило швидкість

його гідролізу. Отже, вплив добавок Bi та Sb на гідроліз активованого алюмінію дуже відрізняється, незважаючи на близькість їх значень стандартного електродного потенціалу. Очевидно, визначальною є здатність Bi та Sb утворювати з алюмінієм тверді розчини або інтерметалічні сполуки.

Закономірності гідролізу виготовлених сплавів дослідили також при 40, 55 та 70 °С. Підвищення температури привело до значного зростання швидкості взаємодії з водою усіх сплавів. Ефективні константи швидкості гідролізу визначили із застосуванням рівняння Праута-Томпкінса, а за їх температурною залежністю розраховували значення ефективної енергії активації процесу. При підвищенні температури від 25 до 70 °С ефективні константи швидкості гідролізу зросли на 2-3 порядки. Значення ефективної енергії активації знаходились в межах 106.9 – 133.1 кДж/моль.

Таким чином, ЕАР на основі алюмінію можуть бути перспективними матеріалами для генерації водню з води при кімнатній та близьких до кімнатної температурах.

Література:

1. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и их использование. – К.: Наук. Думка, 1980. – 240 с.
2. Козин Л.Ф., Волков С.В. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы. – К.: Наук. думка, 2006. – 775 с.
3. Справочник по электрохимии / Под. ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1981. – 488 с.
4. Plevachuk Yu., Sklyarchuk V., Eckert Sv., Gerbeth G., Novakovic R. Thermophysical Properties of the Liquid Ga-In-Sn Eutectic Alloy // J. Chem. Eng. Data. – 2014. – V. 59, No 3. – P. 757-763.

УДК 53.06; 539.2; 53.9Ф405; 548

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ КАТОДУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ НЕОДИМА, ОБУМОВЛЕНІ НАДЛИШКОВИМ МАРГАНЦЕМ

А.О. Новохацька¹, Г.Я. Акимов², Л.Л. Коваленко³

^{1,2}Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна
НАН України, пр. Науки 46, м. Київ, 03028, Україна,
тел.: +38(050)235-41-57, e-mail: a.novokhatska@gmail.com.

³Інститут загальної та неорганічної хімії ім.В.І.
Вернадського НАН України, Просп. Академіка Палладіна,
32/34, Київ, 03142, Україна

В роботі представлені результати дослідження фазових складів, мікроструктури та електропровідності керамічних зразків 10 мол.% Sc+1 мол.% CeSZ (електроліту), $(Nd_{0,67}Sr_{0,33})_{1-x}Mn_{1+x}O_{3\pm\Delta}$ (катод) композитів залежно від вмісту надлишкового марганцю ($x=0; 0,2$).

Ключові слова: керамічна паливна комірка, катодні матеріали, наноструктура, електропровідність, композит.

FEATURES OF THE STRUCTURE AND ELECTRIC CONDUCTIVITY OF A CATHODE BASED ON NEODYME MANGANITE DUE TO EXCESS MANGANESE

A. Novokhatska¹, G. Akimov², L. Kovalenko³

^{1,2}Donetsk Institute for Physics and Engineering named after
O.O.Galkin of NASU, 46 Nauky av., Kyiv, Ukraine, 03028

³*Vernadsky Institute of general and inorganic chemistry of
NASU, 32/34 Akademika Palladina av., Kyiv, Ukraine, 03142*

We present the results of a study of the phase compositions, microstructures and electroconductivity of ceramic samples of 10 mol.% Sc+1 mol.% CeSZ (electrolyte)–(Nd_{0,67}Sr_{0,33})_{1-x}Mn_{1+x}O_{3±Δ} (cathode) composites depending on the content of excess manganese (x=0; 0,2).

Keywords: *ceramic fuel cell, cathode materials, nanoscale, composite, electroconductivity*

ORCID: 10000-0002-2558-2866.

Nd_{1-x}Sr_xMnO₃ манганіт є альтернативним керамічним матеріалом для застосування в якості катода в керамічних паливних комірках (КПК), що працює від 500 до 800 °С. Легування Sr манганіт-неодиму NdMnO₃ покращує хімічну стабільність матеріалу і збільшує його електропровідність [1,2]. В той же час практично не має інформації про мікроструктуру, фазову стійкість і довговічність цього матеріалу у робочому режимі, крім того, відсутні дані досліджень ефективності катода у комірках з електролітом на основі двооксиду цирконію.

За результатами роботи [3] в манганітах складу (Nd_{0,67}Sr_{0,33})_{1-x}Mn_{1+x}O_{3±Δ} (x=0 і 0,2) було вперше встановлено, що в зразках з надлишковим марганцем (x=0,2), спеченого при 1000 °С, сформувалася мікроструктура кераміки з відкритою поруватістю 20-30 %, розміром зерна 0,25-0,5 мкм і провідними властивостями, що відповідають вимогам до катода для середньо температурних КПК.

Метою цієї роботи є дослідження мікроструктури, фазового складу і електропровідних властивостей катодного матеріалу складів $(\text{Nd}_{0,67}\text{Sr}_{0,33})_{1-x}\text{Mn}_{1+x}\text{O}_{3\pm\Delta}$ в залежності від вмісту надлишкового марганцю $x=0$ (зразок №1) і 0,2 (зразок №2) при контакті з електролітом на основі двооксиду цирконію, стабілізованого оксидами скандію та церію 10 мол.% Sc + 1 мол.% CeSZ при спіканні при низькій температурі 1000 °С.

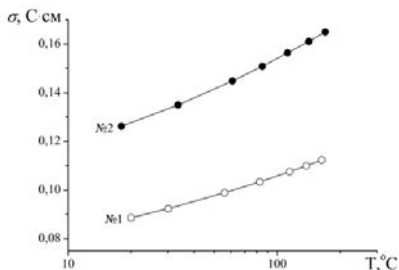
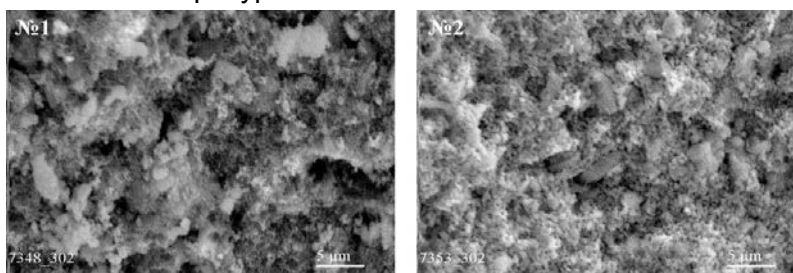


Рис. 1. СЕМ фотографії поверхонь сколів та температурні залежності питомої електропровідності σ зразків №1 і №2 після спікання при 1000 °С.

На рис. 1 представлені результати досліджень мікроструктури і електричних властивостей обох зразків, де видно, що зразок №1 без надлишкового марганцю після спікання залишився порошковим тілом з нерівномірним розподілом кристалітів катодного матеріалу по поверхні зерен електроліту. У зразку №2 з $x=0,2$ було рівномірне зростання і розподіл по поверхні електроліту часток катодного матеріалу та формуванню перешийок між ними.

З графіків $\sigma(T)$ видно, що провідність зразка №2 в майже два рази вища провідності зразка №1 на всьому температурному інтервалі. За даними екстраполяції експериментальних даних енергія активації провідності для зразка з $x=0,2$ складає 0,38 еВ, що майже в два рази менше, ніж при $x=0$ (0,52 еВ). Це пов'язано з тим, що велика кількість марганцю знаходиться на поверхні сприяє спіканню і формуванню границі зерен, що призводить до зменшення енергетичного бар'єру для носіїв заряду.

Отже, за результатами експериментальних досліджень керамічних зразків SCSZ - NSMO композитів в залежності від вмісту надлишкового марганцю ($x=0$; 0,2) можна зробити висновок, що завдяки введенню надлишкового марганцю до складу катодного матеріалу на основі манганіту неодиму вдалось отримати більш ефективний за всіма параметрами катодний матеріал, призначений для середньо температурних КПК.

Література:

1. Y. Sakaki, Y. Takeda, A. Kato, N. Imanishi, O. Yamamoto, M. Hattori, M. Lio and Y. Esaki. $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ($\text{Ln}=\text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}$ and Gd) as the cathode material for solid oxide fuel cells // *Solid State Ion-ics*. – 1999. - V.118. - P. 187-194.
2. T.L. Wen, H. Tu, Z. Xu and O. Yamamoto. A study of ($\text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}$) $_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ cathode materials for solid oxide fuel cell // *Solid State Ionics*. – 1999. - V. 121. - P. 25-30.
3. Новохацкая А.А., Акимов Г.Я. Использование избыточного марганца для создания структуры манганитовой керамики необходимой для катода керамических топливных ячеек. Сборник докладов Международной научной конференции «ФТТ-2016. Актуальные проблемы физики твердого тела», 22-25 ноября 2016, Т.3, с. 199-201

УДК 621.319

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВИРОБНИЦТВА
ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Г. Л. Карпчук,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
вул. Політехнічна 37, м. Київ, 03056, Україна,
тел.: +38(063)843 63 14, email: annakarpchuk@gmail.com*

У роботі проведено порівняльний аналіз методів виробництва водню шляхом конверсії метану (біогазу) водяним паром та електролізу з прикладанням електроенергії, виробленої від відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: водень, конверсія метану, біогаз, електроліз, сонячне випромінювання, об'єднана енергосистема.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF HYDROGEN
MANUFACTURING WITH RENEWABLE ENERGY USING**

A. Karpchuk,

*National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", 37 Polytechnichna st., Kyiv,
Ukraine, 03056*

That article consists of a comparative analysis of hydrogen production methods, namely, conversion of methane (biogas) by steam and electrolysis with the application of electricity generated from renewable energy sources.

Keywords: *hydrogen, methane conversion, biogas, electrolysis, solar radiation, power grid.*

ORCID: 0000-0001-7062-2727.

Відповідно до «Проекту Програми державної підтримки розвитку водневої енергетики України на період до 2035 року» одним із важливих етапів реалізації Програми є створення бази даних обладнання на основі відновлюваних джерел енергії, придатних для виробництва «зеленого» водню за рахунок електролітичного розкладу води. Тобто створити та впровадити ефективні комбіновані енергосистеми на основі ВДЕ, забезпечені системами акумулювання та використання водню різного виду та потужності [1].

Існує декілька методів виробництва водню шляхом залучення відновлюваних джерел енергії, а саме: з «зеленої» електроенергії, яка прикладається для сприяння проходженню реакції електролізу; з біомаси та біогазу (конверсія метану водяним паром, газифікація води з надкритичним тиском, піроліз та газифікація, анаеробне зброджування, темнова ферментація); з енергії сонячної радіації (термохімічне розщеплення, фотокаталіз) [2].

На даний момент широко розповсюджене виробництво водню шляхом конверсії метану водяною парою та електролізу.

Біогаз – це газоподібна речовина, яку отримують у результаті анаеробного бродіння біомаси. До його складу входять наступні компоненти: метан – 60-70% (у залежності від сировини); вуглекислий газ – 25-30%; водень, аміак та сікродень – 2-5% [3]. Такий склад біогазу дає змогу

виробляти водень методом конверсії метану водяною парою, що проходить у два етапи:

- 1) Отримання синтезгазу у каталітичному реакторі під дією підвищених тисків та при температурі 900 °С;
- 2) Пропускання синтезгазу над каталізатором.

У свою чергу, виробництво водню за рахунок електролізу проходить наступним чином: до дистильованої води додається електроліт та підводяться електроди, на які подається постійна напруга певної величини, у результаті чого проходить процес електролізу рідини.

Обидва методи мають ряд недоліків. Наприклад, одним з основних недоліків першого методу виробництва водню є значна витрата біогазу на проведення ендотермічного процесу парової конверсії, що призводить до здороження кінцевого продукту. До того ж ступінь його чистоти нижчий, ніж у виробленого за рахунок електролізу.

Але одночасно процес отримання водню електролізом потребує значних витрат електроенергії. Такі потреби можна легко задовольнити за рахунок виробленої електроенергії від сонячних та вітрових електростанцій, що у свою чергу, дасть можливість додатково регулювати навантаження об'єднаної електромережі в моменти проварів споживання електроенергії.

Таким чином, виробництво водню шляхом електролізу у поєднанні з ВДЕ є перспективним, і дає потребу у створенні умов на державному рівні для його промислового виробництва.

Література:

1. *«Проект Програми державної підтримки розвитку водневої енергетики України на період до 2035 року»*

2. Карпчук Г.Л., Будько В.І., «Аналіз варіантів збільшення використання потенціалу відновлюваних джерел енергії»

3. Біогаз: сировина і особливості виробництва [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/terminology/biogaz/>.

4. Mrs. Kajal Jimmmy Sareriya. Thermal & Catalytic Conversion from Biogas to Hydrogen / Mrs. Kajal Jimmmy Sareriya. // IJETST. – 2016. – Vol.03. – p. 3438–3441.

УДК 539.43:669.14:629.4

**ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ АНОДНОГО МАТЕРІАЛУ
ТВЕРДООКСИДНОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ**

***В.Я. Подгурська¹, Б.Д. Василюв²,
Є.М. Бродніковський³, І.О. Полішко⁴,***

*Фізико-механічний інститут ім.Г.В. Карпенка НАН
України, вул. Наукова 5, м. Львів, 79060, Україна,
тел.: +38(097)313-85-03, e-mail: podhurskavika@gmail.com.*

*У роботі досліджено кераміки системи 8YSZ–NiO,
отримані різними технологіями, як анодні матеріали
твердооксидної паливної комірки.*

Ключові слова: *паливна комірка, анод,
мікроструктура, фізико-механічні властивості.*

**OPTIMIZATION OF MICROSTRUCTURE AND PHYSICAL
AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID OXIDE FUEL
CELL ANODE MATERIAL**

***V. Podhurska¹, B. Vasyliiv², Ye. Brodnikovskiy³,
I. Polishko⁴,***

*Karpenko Physico-Mechanical Institute, National Academy of
Science of Ukraine, 5 Naukova str., Lviv, Ukraine, 79060.*

*In this work, the 8YSZ–NiO ceramics obtained by different
technologies, such as solid oxide fuel cell anode material, were
investigated.*

Keywords: *fuel cell, anode, microstructure, physical and
mechanical properties.*

ORCID: 10000-0002-8067-0180.

Твердооксидні паливні комірки (ТОПК) вигідно вирізняються з-поміж інших типів паливних комірок, оскільки можуть споживати усі відомі види палива і менше залежать від їхньої чистоти, а економічна та екологічна доцільність паливних комірок уже давно очевидна. Уряди розвинутих країн підтримують світовий глобальний напрямок на перехід до екологічно-чистих способів отримання електроенергії, серед яких одне з ключових місць належить паливно-комірчанам технологіям.

Незважаючи на те, що під час експлуатації анод контактує з водень-вмісним середовищем, трапляються випадки, коли в паливні протоки потрапляє повітря й окислює нікелеву фазу в керметі YSZ-Ni , утворюючи оксид нікелю. На сьогодні вплив відновлення й подальшого окиснення за високої температури (т. зв. redox) на структуру й фізико-механічні властивості матеріалів анода ТОПК вивчено недостатньо, хоча побутує загальна думка про негативний і небажаний вплив redox-циклування.

Досліджувалися кераміки системи 8YSZ-NiO як анодні матеріали твердооксидної паливної комірки, отримані різними технологіями: спіканням порошків та стрічковим литвом. Анодний матеріал системи 8YSZ-NiO , отриманий методом стрічкового литва за технологією Інституту проблем матеріалознавства НАН України, обробляли однократним відновленням у чистому водні при 600°C (рис. 1а), а також redox-циклуванням упродовж 5 циклів в середовищі чистого водню і повітря при 600°C (рис. 1б) з кінцевим однократним відновленням (рис. 1а) [1].

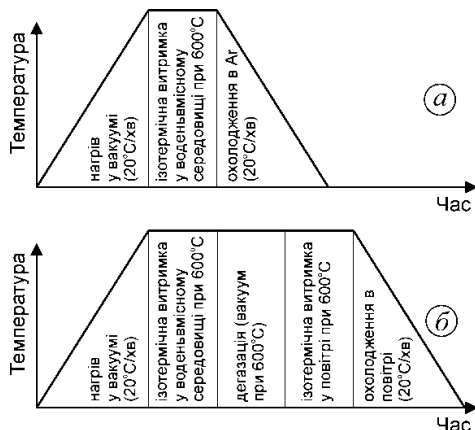


Рис. 1. Схеми технологічних режимів обробки:
обробки: (а) – однократне відновлення у воденьвмісному середовищі;
(б) – цикл redox-обробки.

На підставі порівняння міцності під згином матеріалів анодів-підкладок ТОПК системи 8YSZ–NiO, отриманих спіканням і стрічковим литвом, встановлено (рис. 2а), що у вихідному стані матеріал стрічкового литва має значну перевагу над спеченим [2]. Попри надто “жорсткий” режим обробки redox-циклуванням у середовищі чистого водню і повітря при 600°C, досягнуто міцності (85 МПа), яка не поступається отриманій для спеченого матеріалу за цього ж режиму (76 МПа). Отримані близькі значення електропровідності ($7,4 \cdot 10^5$ См/м і $7,3 \cdot 10^5$ См/м відповідно, див. рис. 2б), на додаток до певного позитиву за міцністю, вказують на потенціал матеріалу стрічкового литва за умови оптимізації режиму його обробки.

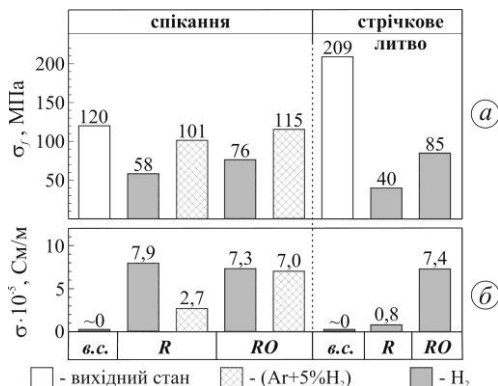


Рис. 2. Порівняльні гістограми міцності під згином σ_t (а) і електропровідності σ (б) матеріалів анодів-підкладок ТОПК системи 8YSZ–NiO, отриманих спіканням і стрічковим литвом. в.с. – вихідний стан; R – однократне відновлення; RO – redox-обробка.

Показано, що перспективним для виготовлення тонкостінних анодів-підкладок ТОПК є матеріал системи 8YSZ–NiO, отриманий методом стрічкового литва [3].

Література:

1. Vasylyv B.D., Podhurska V.Ya., Ostash O.P., Vira V.V. Effect of a hydrogen sulfide-containing atmosphere on the physical and mechanical properties of solid oxide fuel cell materials // Springer Proceedings in Physics. – 2018. – 214. – P. 475–485.
2. Podhurska V., Vasylyv B., Ivasyshyn A., Ostash O., Vasylyev O., Prikhna T., Sverdun V. and Brodnikovskiy Ye. Behaviour of solid oxide fuel cell materials in technological environments // French-Ukrainian Journal of Chemistry. – 2018. – 6(1). – P. 115–127.
3. Осташ О.П., Подеурська В.Я., Василів Б.Д., Івасишин А.Д., Васильєв О.Д., Пріхна Т.О., Свердун В.Б., Бродніковський Є.М. Дослідження закономірностей впливу робочого середовища на фізико-механічні характеристики матеріалів твердооксидних паливних комірок та розроблення методів їх підвищення // В кн: Фундаментальні аспекти відновлювально-водневої енергетики і паливно-комірчанних технологій / За заг. ред. Ю.М. Солоніна. – К.: KIM, 2018. – С. 232–241.

УДК: 620.91:662.997:631.563.2

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ У МАЙБУТНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

К.К. Ващенко,

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел
енергії, Корпус 20, пр-т Перемоги, 37, к.318, 03056, Київ,
Україна, тел.: +38 044 204 95 19,
e-mail: solar_budko@ukr.net.*

*У даній роботі проаналізовані переваги та недоліки
впровадження водню, як палива майбутнього. Зроблені
висновки на основі аналізу.*

Ключові слова: водень, водневий двигун, водневе
паливо.

PROSPECTS FOR HYDROGEN IN THE FUTURE ENERGY SYSTEM

K.K. Vashchenko,

*KPI them Igor Sikorsky, Department of Renewable Energy
Sources, Corps 20, Pobedy ave., 37, k.318, 03056, Kyiv,
Ukraine, tel .: +38 044 204 95 19,
e-mail: [solar_budko \(at\) ukr.net](mailto:solar_budko (at) ukr.net).*

*In this work the advantages and disadvantages of
introducing hydrogen as fuel of the future are analyzed.
Conclusions are made on the basis of analysis.*

Keywords: hydrogen, hydrogen engine, hydrogen fuel.

ORCID: 0000-0001-8435-0670.

В останні десятиліття відчутно збільшився попит на впровадження альтернативних джерел енергії в енергоринок світу в цілому. Це обумовлено двома факторами. По-перше, забрудненням навколишнього середовища продуктами переробки викопного палива і, по-друге, тим фактом, що запаси викопного палива обмежені і за рахунками експертів їх вистачить тільки на шістдесят років.

Перевага водню в тому, що це найпростіший і найпоширеніший хімічний елемент у Всесвіті, на частку якого припадає 74% всієї відомої нам матерії. Саме водень використовується зірками, в тому числі і Сонцем, для вивільнення величезної кількості енергії в результаті термоядерних реакцій. Першим недоліком в порівнянні з викопним паливом можна назвати те, що на Землі водень у вільній формі не зустрічається. За рахунок своєї легкої ваги він або піднімається у верхні шари атмосфери, або вступає в зв'язок з іншими хімічними елементами, наприклад з киснем, утворюючи воду.

Найбільш розповсюджений і недорогий спосіб отримання водню - паровий риформінг, який використовує вуглеводні. Недоліком цього методу є те, що в результаті виділяється вуглекислий газ, а отже кількість викидів парникових газів не меншає.

Отримати водень можна і в процесі електролізу. При пропущенні електричного струму через воду відбувається її

поділ на складові хімічні елементи, в результаті чого отримують водень і кисень.

Ще один перспективний спосіб отримання водню з застосуванням аміаку (NH_3). При розділенні цієї хімічної речовини отримується одна частка азоту і три частки водню. Найкращими каталізаторами таких реакцій є коштовні рідкісні метали. Новий спосіб замість одного високоякісного каталізатора використовує два доступних і недорогих - соду і аміді. При цьому ефективність процесу співставна з найбільш результативними коштовними каталізаторами. Ще однією перевагою цього методу є те, що аміак легше транспортувати, ніж водень.

Хоча водень вважають небезпечним, Адміністрація з енергетичної інформації США (EIA) стверджує, що в аспектах використання водню щодо небажаних вибухів, цей елемент як мінімум так само безпечний, як і бензин.

Ще однією перевагою є те, що водневі заправки легко впровадити в життя на основі теперішніх бензинових заправок. І заправка воднем не відрізняється за часом від заправки авто бензином.

До особливостей водню можна віднести те, що тепловіддача водню на 250% вище, ніж у паливно-повітряної суміші; після спалювання водневої суміші на виході утворюється тільки водяна пара; реакція займання відбувається швидше, ніж з іншими видами палива; завдяки детонаційної стійкості, вдається підняти ступінь стиснення; зберігання такого палива відбувається в рідкій або стислій формі (у разі пробою бака водень випаровується); нижній рівень пропорції газу для входження в реакцію з киснем становить 4% (завдяки цій особливості вдається

налаштувати режими роботи двигуна шляхом дозування консистенції); ККД водневого двигуна досягає 90%; водень - летучий газ, тому він потрапляє в найдрібніші зазори і порожнини (з цієї причини деякі метали здатні перенести його руйнівний вплив); виникає менший рівень шуму при роботі двигуна.

Можливо, водень не стане єдиним джерелом енергії в майбутньому. Але цей елемент спільно з іншими альтернативними джерелами енергії стане частиною вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища і зникнення природних копалин ресурсів. Перспектива даного виду палива стане зрозумілішою з появою перших масових авто на дорогах.

Література:

1. Водород — топливо будущего [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://itc.ua/articles/articlesvodorod-toplivo-budushhego/>

2. «Плюсы» и «минусы» водородного топлива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tart-aria.info/vodorod-toplivo-budushhego/>

УДК 697.278:536.42

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТЕРМОАКУМУЛЯТОР З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ

Т.В. Корінчевська¹, Ю.Ф. Снежкін², В.А. Михайлик³,
*Інститут технічної теплофізики НАН України,
вул. Булаховського 2, м. Київ, 03164, Україна,
тел.: (044)424-12-26, e-mail: tvkorin@gmail.com*

У роботі наведено конструкцію та принцип дії електричного термоакумулятора, що працює за рахунок поглинання (при плавленні) та виділення (при кристалізації) теплоти матеріалом з фазовим переходом.

Ключові слова: акумулювання теплоти, електричний термоакумулятор, фазовий перехід.

ELECTRIC HEAT STORAGE SYSTEM WITH PHASE CHANGE FOR HEATING

T. Korinchevska¹, Yu. Snezhkin², V. Mykhailyk³,
*Institute of Engineering Thermophysics, National Academy of
Science of Ukraine, 2 Bulakhovskogo str., Kiev,
Ukraine, 03164*

The paper presents the construction and principle of the operation of an electric heat storage system, which operated by absorption of heat (during melting) and heat release (during crystallization) by a phase change material.

Keywords: heat storage, electric heat storage system, phase change.

ORCID: ¹0000-0002-6638-4743, ²0000-0001-7871-8774,
³0000-0003-2712-1382.

Одним із заходів з підвищення ефективності використання енергії безпосередньо у споживачів енергії є застосування автономних теплоакумуючих електронагрівальних приладів, які акумулюють енергію вночі за пільговими тарифами та віддають її протягом дня.

Перспективним методом акумулювання енергії є акумулювання теплоти з використанням матеріалів, що зазнають фазовий перехід першого роду. Робота акумулятора в цьому випадку здійснюється за рахунок поглинання (при плавленні) та виділення (при кристалізації) теплоти в результаті нагрівання та охолодження робочого тіла. Як робоче тіло запропоновано використовувати органічні сполуки на основі парафінів, оскільки вони здебільшого мають фазовий перехід в області температур, дозволених санітарними нормами, мають досить високу теплоту фазового переходу і в процесі багаторазового нагрівання та охолодження не погіршують свої фізико-хімічні та теплофізичні властивості.

Прикладом теплоакумуючої системи опалення може слугувати модель розробленого експериментального електричного термоаккумулятора (рис. 1), призначеного для додаткового обігріву приміщення. Термоаккумулятор складається з корпусу 1, заповненого мінеральним маслом, теплового блока та електричного нагрівача 7. Тепловий блок складається з теплоакумуючих елементів 5 – тонкостінних металевих труб, заповнених теплоакумуючим матеріалом з фазовим переходом, розміщених в шаховому порядку. Дві перегородки 8,

встановлені всередині корпусу, утворюють канали, що забезпечують природну циркуляцію теплоносія всередині термоакумулятора.

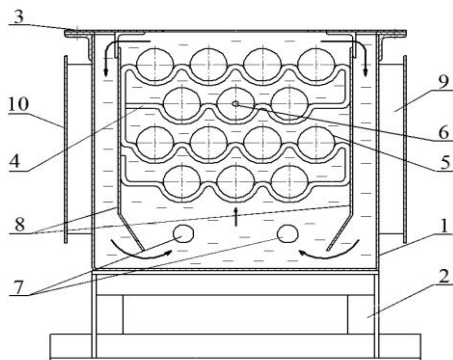


Рис. 1. Електричний термоакумулятор: 1 - корпус; 2 - підставка;
3 - кришка; 4 - утримувачі; 5 - елемент теплового блоку; 6 - датчик
температури; 7 - електричний нагрівач; 8 - перегородки;
9 - оребрення корпусу; 10 - захисні стінки.

Зарядка термоакумулятора відбувається в три етапи. На першому етапі теплоакумуляючий матеріал нагрівається від температури оточуючого середовища до температури плавлення. При цьому він акумулює теплову енергію, що пропорційна різниці температур, масі матеріалу та його теплоємності в твердому стані. На другому етапі відбувається плавлення матеріалу, в результаті чого поглинається теплова енергія, що витрачається на фазовий перехід. На третьому етапі розплавлений теплоакумуляючий матеріал нагрівається до температури, що визначена як безпечна з міркувань його термічної стійкості. Теплота, що акумулюється, пропорційна різниці температур, масі та теплоємності теплоакумуляючого матеріалу в рідкому стані.

Оскільки корпус термоакумулятора виготовлено без теплоізоляції, то одночасно з зарядкою термоакумулятора відбувається опалення приміщення, оскільки нагрітий масляний теплоносіє віддає свою теплоту як до теплоакумуючого матеріалу з фазовим переходом, так і в оточуюче середовище.

З досягненням теплоакумуючим матеріалом заданої температури, що контролюється датчиком 6, зарядка термоакумулятора припиняється і він переводиться в режим розрядки, при якому відбувається його охолодження повітрям навколишнього середовища. В результаті охолодження термоакумулятор спочатку віддає теплоту накопичену за рахунок теплоємності теплоакумуючого матеріалу в рідкому стані і при досягненні температури кристалізації починає віддавати теплоту фазового переходу, генерація якої припиняється при досягненні температури навколишнього середовища.

Зарядка акумулятора зазвичай відбувається в нічний час при більш низькому тарифі на електроенергію, а розрядка – в денний час.

В останній час в Україні широко поширюється будівництво індивідуальних житлових будинків в приміських зонах, де відсутнє централізоване тепло- та газопостачання, а також багатоквартирних будинків, де відсутнє централізоване газопостачання. В цих умовах перспективним є використання систем опалення на основі електричних теплоакумуючих систем, які працюють з використанням пільгового нічного тарифу на електричну енергію. Використання таких систем опалення забезпечить значну економію природного газу.

УДК 697.1

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ

**Б.І. Басок¹, О.М. Лисенко², С.В. Андрейчук³,
А.В. Тимощенко⁴,**

*Інститут технічної теплофізики НАН України,
вул. Желябова, 2а, м. Київ, 03057, Україна,
тел.: +38(044) 424-96-44, e-mail: lisenko oks@ukr.net.*

У роботі наведено результати дослідження підвищення ефективності споживання теплової енергії в будівлі при застосуванні індивідуальних теплових пунктів шляхом програмованого управління теплоспоживанням.

Ключові слова: *індивідуальний тепловий пункт, енергоефективність, теплоспоживання, будівля.*

PROVIDING EFFICIENT CONSUMPTION OF HEAT ENERGY IN THE BUILDING WITH APPLICATION OF INDIVIDUAL HEAT POINTS

**B. Basok¹, O. Lysenko², S. Andreychuk³,
A. Timoshchenko⁴,**

*Institute of Engineering Thermophysics, National Academy of
Science of Ukraine, 2a, Zhelyabova str., Kyiv, Ukraine, 03057.*

The article presents the results of research on increasing the efficiency of heat energy consumption in a building with the application of individual heat points through the programmed management of heat consumption.

Keywords: *individual heat point, energy efficiency, heat consumption, building.*

ORCID: ¹0000-0002-1068-9935, ²0000-0003-3981-9796,
³0000-0002-4740-4091, ⁴0000-0001-6840-5491.

Курс України на енергоефективність вже показав свої позитивні результати щодо зменшення енергоспоживання, але в країні ще залишається значний потенціал щодо можливої економії споживання енергетичних ресурсів в соціально-бюджетній сфері, в громадських, муніципальних та житлових будівлях. Енергоефективні заходи, що включають в себе утеплення будинку, заміну вікон, встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП), приладів обліку теплової енергії, модернізацію освітлення, дозволяють зменшити енергоспоживання, заощадити кошти, створити комфортні умови проживання. Відомо багато позитивних прикладів з впровадження енергоефективних заходів у будівлях [1]. Також зменшення теплоспоживання будівлі можна досягнути завдяки ефективному управлінню теплоспоживанням при застосуванні індивідуальних теплових пунктів, особливо це актуально на початку та в кінці опалювального періоду.

Концепція функціонування ІТП полягає в реалізації автоматичного регулювання теплоспоживанням за заданим алгоритмом з метою зменшення енергоспоживання, а саме: за температурою зовнішнього повітря; за температурою повітря у контрольному приміщенні або у наперед обраному місці будівлі; за температурою теплоносія в подавальному трубопроводі власне системи опалення будівлі; за температурою та

витратою теплоносія в зворотному трубопроводі власне системи опалення будівлі; за наперед заданим законом зменшення теплового навантаження у нічний час, у неробочі, вихідні та святкові дні; за періодичним зменшенням теплового навантаження, яке не відчуває людина; за наявністю аварійної ситуації в системі розподільних теплових мереж; за автономною роботою при раптовому похолоданні перед початком та після закінчення опалювального сезону.

Дослідження проводились на прикладі адміністративних корпусів №1 та №2 ІТТФ НАН України, що розташовані у м. Києві по вул. Булаховського, 2. Це однотипні триповерхові будівлі загальною площею 3240 м², побудовані у 1973 році. Оскільки кожна будівля має нерегульований тепловий пункт з елеваторним вузлом, що призводить до значної перевитрати теплоти, в 2011 р. були розроблені та впроваджені дві розробки індивідуальних теплових пунктів. 1-й ІТП (залежна схема підключення системи теплоспоживання будівлі до теплових мереж) з гідравлічною стрілкою (розташований в корпусі №1) [2]. 2-й ІТП з електричними котлами – організований за незалежною схемою підключення системи теплоспоживання будівлі до теплових мереж через теплообмінник (розташований в корпусі №2) [3]. Експериментальні дослідження проводились під час опалювального періоду та за допомогою вимірювального комплексу визначалися і фіксувалися в автоматичному режимі в реальному часі з інтервалом в одну годину всі основні параметри теплоспоживання: температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах,

температура повітря в контрольному приміщенні та навколишнього середовища, витрати теплоносія та теплової енергії в подавальному та зворотному трубопроводах. Управління теплоспоживанням будівлі здійснювалося за заданим алгоритмом, а саме за температурою зовнішнього повітря та повітря в контрольній кімнаті, а також за добово-тижневим графіком, при якому відбувалось автоматичне переключення з денного на нічний графік регулювання і навпаки. На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності параметрів теплоспоживання.

Таким чином, на основі проведеного експериментального управління теплоспоживанням будівлі при застосуванні ІТП визначено, що середня економія споживання теплової енергії в опалюваний період становить до 15-20% у порівнянні з нерегульованим тепловим пунктом.

Література:

1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk>.
2. Пат. 70590 Україна, МПК (2012.01), F24D 15/00, F24D 3/02 (2006.01). Індивідуальний тепловий пункт / А. А. Долінський, Б. І. Басок, О.М. Лисенко, А.О. Авраменко, А.Р. Коба, А.І. Тесля, М.А. Хибина; заявник та власник Інститут технічної теплофізики НАН України. – № у 201109780; заявл. 08.08.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12. – 3 с.
3. Пат. 38541 Україна. Індивідуальний тепловий пункт систем опалення і гарячого водопостачання / А.А. Долінський, Б.І. Басок, В.Г. Демченко, Д.Ю. Очеретяний, О.М. Недбайло; заявник та власник Інститут технічної теплофізики НАН України. опубл. 12.01.2009, Бюл. №1. – 3 с.

УДК 662.997+697.7

РЕЖИМНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРУНТОВОГО АККУМУЛЯТОРА ГЕЛИОСИСТЕМЫ

В. В. Высочин¹, канд. техн. наук, доц., **В. Р. Никульшин²**,
док. тех. наук, проф., **А. Е. Денисова³**, док. тех.
наук, проф.

Одесский национальный политехнический университет,
65044, Одесса, пр. Шевченко, 1.

¹tel: 0508292633, e-mail: vvwin.od@gmail.com;

²tel: 0502583207, e-mail: vnikul@paco.net;

³tel: 0968721512, e-mail: alladenysova@gmail.com

Исследованы нестационарные процессы теплообмена в гелиосистеме с тепловым насосом и сезонным аккумулятором тепла с 9 грунтовыми вертикальными теплообменниками в процессе периодической зарядки аккумулятора в летний период и разрядки в зимний для различных регионов Украины. Метод исследования – численный. Показана возможность повышения эффективности аккумулятора путем выбора рационального шага куста в зависимости от температурного режима и свойств грунта. Предложены рекомендации по определению шага зондов в кусте и их глубины при условии полного обеспечения потребителя теплом в течение всего зимнего периода.

Ключевые слова: сезонный аккумулятор, гелиосистема, тепловой насос.

OPERATION CONDITION OF FORMATION OF THE SOIL ACCUMULATOR STRUCTURE OF A SOLAR SYSTEM

V.V. Wysochin¹, V.R. Nikulshin², A.E. Denysova³

Heat exchange non-steady processes in a solar system with the thermal pump and a seasonal heat accumulator with 9 soil vertical heat exchangers in the course of periodic charging of the accumulator during the summer period and discharges in winter for various regions of Ukraine are investigated. Numerical research method is used. Possibility of accumulator efficiency raise by sampling of a rational step of a group depending on a temperature regime and properties of a cluster is shown. Recommendations by definition a step of probes in a cluster and their depth under condition of full maintenance of a user of heat during all winter period are offered.

Keywords: *the seasonal accumulator, solar plant system, the thermal pump.*

ORCID: ¹0000-0003-2279-203X, ²0000-0001-5946-8562,
³0000-0002-3906-3960.

Для эффективной работы гелиосистем отопления необходимы как структурные составляющие сезонные аккумуляторы тепла и тепловые насосы. Удобной компоновкой и хорошими эксплуатационными показателями отличаются сезонные аккумуляторы тепла с вертикальными грунтовыми зондами. Основными параметрами структуры многозондных (кустовых) аккумуляторов являются их шаг размещения и глубина. Разнообразие условий работы систем теплоснабжения

требует надежных обоснований, учитывающих многофакторность эксплуатации. Известные литературные данные не могут быть распространены на различные условия эксплуатации с оптимизацией режимных и структурных факторов.

Задача определения режимных факторов формирования структуры грунтового аккумулятора решалась в сопряженном виде с рассмотрением процессов поглощения лучистой энергии в солнечных коллекторах в суточной развертке на протяжении года, переноса тепла в теплообменнике и грунте, а также преобразования энергии в тепловом насосе (ТН). Теплообмен в грунтовой теплообменнике описан системой дифференциальных уравнений энергетического баланса всех элементов: теплоносителя внутренней трубы (подающей) и внешней (обратной), стенок труб. Теплообмен в грунте описан уравнением нестационарной теплопроводности в трехмерных прямоугольных координатах. При анализе моделировалась работа ТН с изменяемыми температурами теплоносителя, циркулирующего между зондами и испарителем ТН, а также при изменении тепловой нагрузки. Математическая модель ТН разработана на основе рассмотрения термодинамических и тепломассообменных процессов в его элементах.

Условия работы гелиосистемы конкретизировались координатами различных регионов Украины с широтой от 45 до 51 градуса, зимний, отопительный, период начинался 15 октября и заканчивался через 180 суток. Для исследования приняты современные плоские

гелиоколлекторы. Закачка тепла осуществлялась в летний межотопительный период. Отопительная нагрузка определялась по условию удовлетворения ежедневного, в зависимости от температуры наружного воздуха, графика тепловой нагрузки потребителя в течение всего периода отопления в различных регионах.

Оптимальный шаг зондов выбирался исходя из условия достижения наибольшего значения расчетной отопительной нагрузки при вариантной величине производительности теплового насоса.

Для сезонного грунтового девятизондового аккумулятора основное влияние на шаг зондов по условиям наибольшей расчетной нагрузки отопления оказывает температуропроводность грунта, температура теплоносителя и глубина зонда. С ростом температуропроводности рациональный шаг зондов при условии полного автономного теплоснабжения потребителя по отопительной нагрузке увеличивается, и для грунтов, например, с теплофизическими свойствами известняка достигает 6 м; к увеличению шага приводит также рост температуры теплоносителя в период летней закачки и рост глубины зонда.

Глубина зондов должна определяться с учетом расчетной нагрузки отопления, температуропроводности грунта, температуры теплоносителя и широты местности. С ростом температуропроводности грунта влияние температуры становится значительным, при этом ее снижение уменьшает необходимую глубину зонда.

УДК 621.311:681.5+536.24

ЕЛЕКТРОТЕПЛОВІ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО "РОЗУМНОГО" БУДИНКУ

Ю.С. Громадський¹, М.П. Тимченко², П.О. Мізін³,
*ТОВ "КиївПромЕлектро, вул. В.Яна, 3/5, Київ33, 01033,
Україна, тел.: +38(050)30309137 ІТТФ, 2а, Київ57, 03057,
тел.: (044)4532853, ТОВ "Електон Лтд", вул. Київська, 19,
м. Вишневе, 08132, email: kper@email.ua.*

Розглянуто вплив скасування для юридичних осіб в Україні нічних пільгових тарифів (НПТ) на перспективи впровадження накопичувачів енергії як кінцевих споживачів в енергоефективні смарт-технології опалення будинків.

Ключові слова: *смарт-енергопостачання, накопичувач енергії, багатозонні тарифи. Енергоефективність.*

ELECTROTHERMAL STORAGE UNITS FOR ENERGY- EFFICIENT "SMART" BUILDING TECHNOLOGIES

Yu.S. Hromadskyi, M.P. Tymchenko, P.O. Mizin
*"KievPromElektro, Ltd., V. Yan Str., 3/5, Kyiv-33, 01033,
Ukraine, tel.: 38(050)30309137, Institute of engineering
thermophysics of NAS of Ukraine; "Elecon", Ltd., Stk. Kievskа,
19, Vyshneve, 08132, Ukraine.*

The consequences of cancellation for legal entities in Ukraine of the night-time preferential tariffs are considered. It

is established that the prospects of the of the end-users electrothermal storage units implementation for energy-efficient smart building heating technologies are preserved in full.

Keywords: *smart power supply, energy storage, multi-zone tariffs. energy efficiency.*

ORCID: ¹0000-0003-0116-7673, ²0000-0003-4426-713X.

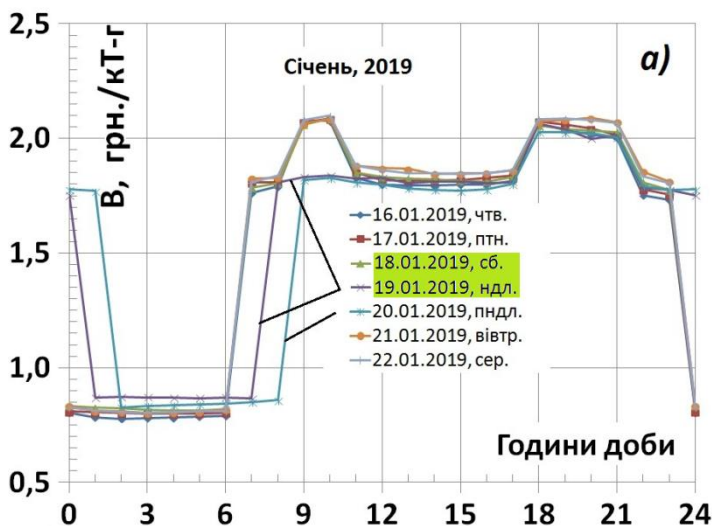
Системи управління балансами потоків енергії в технологічному ланцюжку "отримання ПЕР => генерація енергії => трансформація енергії => передача енергії => розподіл енергії => споживання енергії" у цілому і на різних її ділянках мають ієрархічну структуру. Одним з важливих об'єктів управління і одночасно його практичним інструментом на рівні звичайного споживача є **електротеплові накопичувачі (ЕТН)** енергії, отриманої джоулевим нагріванням при використанні "надлишків" електричної енергії в ОЕС України. Зазначені "надлишки" у промисловому масштабі мають два види походження: 1) нічний провал графіка електричного навантаження в ОЕС України через падіння попиту з боку населення як одного з основних (а в багатьох країнах – основного) споживача електроенергії і 2) надмірна генерація ВЕС, СЕС в позапікові години графіка електричних навантажень (ГЕН). У другому випадку значення ЕТН особливо велике в силу природної нерівномірності і стохастичності генерації ВЕС, СЕС, коефіцієнт використання встановленої потужності яких не перевищує 0,2. З техніко-економічної точки зору при проектуванні систем енергопостачання на базі ВДЕ доцільним є створення енергогенеруючих установок, а

також магістральних і розподільних мереж, розрахованих на економічно обґрунтовану (а не пікову) прогнозовану потужність споживання, а пікові навантаження в добовому циклі покривати за рахунок ресурсу множин взаємопов'язаних розподілених, локальних або центральних накопичувачів (в т. ч. ЕТН), а не генераторів енергії. В даний час при відсутності достатніх ресурсів накопичення енергії генеруючі потужності, в разі перевищення реального попиту, відключаються диспетчерською системою від енергосистеми. Більш того, в ряді випадків проводиться фінансова компенсація (в кінцевому рахунку за рахунок фінальних споживачів) втрат законтрактowanego доходу виробникам енергії за зеленим тарифом.

Як показує світовий й вітчизняний досвід, диференційовані тарифи на постачання електроенергії в добовому циклі за умови привабливих тарифних планів на ринку електричної енергії є одним із дієвих стимулів економічного заохочення до перенесення енергоспоживання з пікових та напівпікових годин до інтервалу нічного провалу. Однак з 1.01.2019 р. для *юридичних* осіб нічний пільговий тариф (НПТ) в Україні був скасований. Для *фізичних* осіб НПТ залишився незмінним. Причиною відміни дії в непобутовому секторі фіксованих ставок зонних тарифів є потреба в створенні роздрібного ринку електроенергії в рамках програми лібералізації енергетичного ринку України. У останнього функції формування комерційної пропозиції і кінцевої вартості енергії належать її постачальнику. НКРЕКП мала на увазі в такий спосіб скоротити перехресне субсидіювання між

різними категоріями споживачів на 3,5 млрд. гривень. За два місяці роботи ОРЕ за новими правилами, коли ціна на електрику формувалася погодинно, оцінити їх дієвість важко і можна зробити лише деякі спостереження. На рис.1 наведені вибіркові дані щодо розрахункових погодинних оптових ринкових цін (ОРЦ) електричної енергії за 7 днів січня (16-22.01.2019 р) та лютого (21-27.02.2019 р.). З огляду на ці дані можна бачити, що розрахункові погодинні ОРЦ мають окреслений зонний характер.

Наприклад, в січні 2018 року впродовж 7 нічних годин погодинна ОРЦ утримувалася на середньому рівні 0,79 грн./кВтг. Решту доби (14 годин) середня погодинна ОРЦ складала 1,86 грн./кВтг.



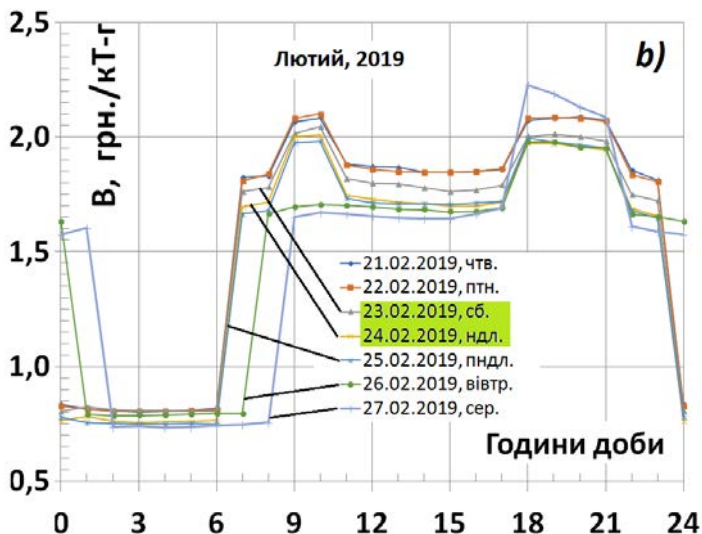


Рис. 1. Тижневі розраховані погодинні оптові ринкові ціни (ОРЦ) електричної енергії (за даними ДП "Енергоринок" у січні (а) та лютому 2019 р. (б). Вихідні дні в легенді затоновані

Середні ОРЦ у січні 2019 року складали: добова 37,2720 грн./кВт-доба, годинна – 1,5530 грн./кВтг. Аналогічні цінові показники у лютому: середня ОРЦ складала: добова 37,1267 грн./кВт-доба, а годинна – 1,5469 грн./кВтг. Усі вказані ціни наводяться **без врахування ПДВ та без врахування акцизного податку**.

При цьому в денній зоні відмічаються два піки – ранковий (тривалістю близько 2 годин) та вечірній (тривалістю близько 4 годин). Вихідні дні (субота та неділя, рис.) практично не виділяються. Але чітко визначаються святкові дні. Наприклад, нічна зона Нового (2019) року почалася у 4⁰⁰ ранку і закінчилася об 11⁰⁰. Для порівняння

нагадаємо ціни, тарифні плани і коефіцієнти ($k_{\text{тар}}$) IV кварталу 2018 року:

– середній (за даними 32 енергопостачальних компаній України) роздрібний тариф $B=2,200$ грн./кВтг;

--для **двоступових** тарифів, нічний період $k_{\text{тар}}=0,35$, $T_{\text{пер}}=8$ год.; денний період – $k_{\text{тар}}=1,35$, $T_{\text{пер}}=16$ год.

– для **триступових тарифів** нічний період $k_{\text{тар}}= 0,25$, $T_{\text{пер}}=7$ год.; напівпіковий – $k_{\text{тар}}=1,02$, $T_{\text{пер}}=11$ год.; піковий – $k_{\text{тар}}=1,8$, $T_{\text{пер}}=16$ год.

Із співставлення ОРЦ цін на електрику для *юридичних осіб* до і після скасування НПТ впливає, що залишаються широкі можливості використання ЕТП в смарт-технологіях для багатоповерхових будинків як основних об'єктів традиційної системи централізованого тепlopостачання.

Найбільш практичними видами ЕТП є теплоаккумуляційні печі та водяні накопичувачі, у тому числі з індукційним нагрівачем. Індукційні нагрівачі є інноваційною технологією, яка вже добре зарекомендувала себе на практиці.

Обидві види ЕТП природним чином імплементуються до смарт-мереж ВДЕ-енергопостачання і забезпечують суттєве підвищення енергетичної функціональності споживачів, зокрема, сучасних багатоквартирних будівель.

УДК 697.27:621.365

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБІГРІВУ З ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЄЮ

Л.А. Хачатрян¹, С.В. Казанський²

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,*

е-mail: lilya06051997@gmail.com ,

[2elektropanorama@ukr.net](mailto:elektropanorama@ukr.net)

Наведено переваги використання сучасних систем електрообігріву з теплоаккумуляцією перед традиційним обігрівом. Показано економічну доцільність широкого впровадження зазначених систем для обігріву промислових та побутових будівель.

Ключові слова: електрообігрів, теплоаккумуляція, економічна ефективність

ENERGY-EFFICIENT HEATING SYSTEMS WITH HEAT ACCUMULATION

L. Khachatryan, S. Kazanskiy,

NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

This paper has explored the advantages of using modern heating systems with heat accumulation in comparison with the traditional heating. The economic expediency of wide implementation of these systems for the heating of industrial and domestic buildings is shown.

Keywords: electric heating, heat accumulation, economic efficiency

ORCID: ¹0000-0001-9722-952X, ²0000-0002-6113-2600.

Сучасні системи електрообігріву (СЕО) мають такі переваги перед традиційним обігрівом за допомогою паливних теплогенераторів: компактність; порівняно менші капітальні витрати та витрати на експлуатацію; більш висока надійність і пожежобезпечність; відсутність витрат на газоочищення; більша енергоефективність.

До теплоакумуючих СЕО відносять, наприклад, кабельну (так звана «тепла підлога»), яка є різновидом системи розподіленого електронагріву з безпосереднім перетворенням електричної енергії на теплову в нагрівальному кабелі, вбудованому в будь-яку огорожувальну конструкцію приміщення, для забезпечення нормованої температури повітря та температури на поверхні цієї конструкції.

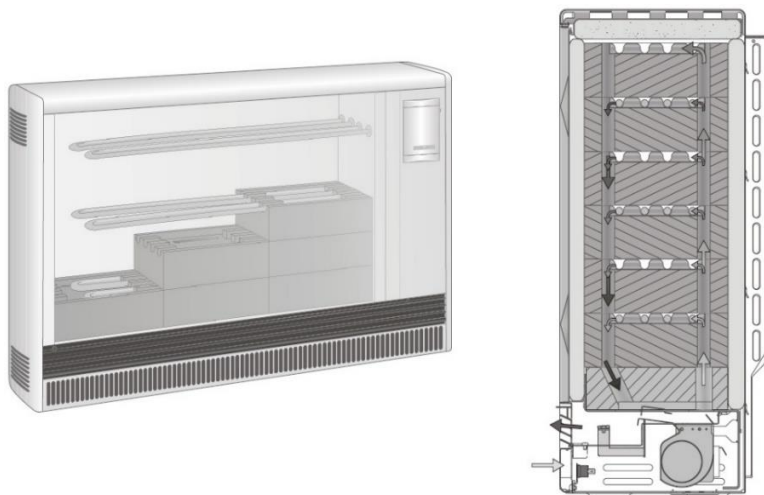


Рис. 1. Електричний теплонакопичувач.

Іншим прикладом теплоакумуючих СЕО є електричний теплонакопичувач, загальний вигляд якого наведено на рис. 1.

Для нагрівання цегли з високою щільністю, яка знаходиться в ізольованому корпусі, електрообігрівач використовує елементи електричного опору. Цегла, зазвичай, нагрівається за ніч, коли попит на електроенергію та його вартість низькі, і протягом дня тепло поступово витрачається. Така теплоакумуюча СЕО була запропонована в якості основної форми регулювання попиту навантаження в ряді країн під час зимових піків навантаження споживачів, що збільшило прибуток енергетичних підприємств за рахунок збільшення споживання енергії, генерованої протягом ночі, та через зменшення потреби вкладання капіталу на покриття максимального попиту потужності протягом дня. Наприклад, у Великобританії до 25 % квартир забезпечено електричним опаленням. В районах, де немає доступу до центрального опалення, теплоакумуючі СЕО можуть стати оптимальним рішенням проблеми.

У деяких країнах, які мають найбільшу потребу на покриття пікової частини графіка навантаження у зимовий час, теплоакумуючі СЕО складають значну частку енергоринку. У тій самій Великобританії у 2012 році приблизно п'ята частина квартир використовувала електроенергію у пільгові години для опалення та нагрівання води, тоді як приблизно 1,7 млн. споживачів житлових будинків (6-7% від загальної кількості) використовували теплоакумуючі СЕО як основне джерело тепла.

Європейська статистика свідчить, що зростання нічних тарифів значно сповільнено порівняно до зростання вартості природного газу і, відповідно, до зростання тарифів на опалення, як це наведено на рис. 2.

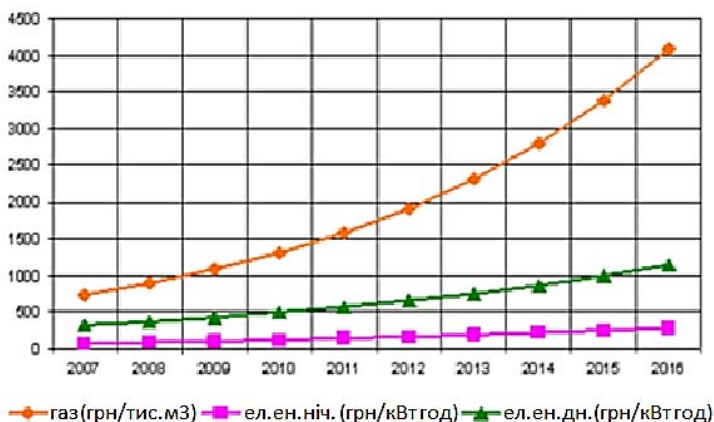


Рис. 2. Графіки зростання тарифів.

Наведені дані свідчать, що застосування теплоакумуючих СЕО дозволить в 3-4 рази знизити витрати на опалення впродовж наступних 10 років.

Література:

1. Енергоощадна технологія електроаккумуляційного обігріву в житлово-комунальному та аграрно-промисловому комплексах України – Київ.: Вид-во Купріянова– 2007.
2. Ю.И. Шульга, Д.И. Розинский, Ю.С. Громадский и др. Електротеплоаккумуляційне опалення гріючою підлогою – Київ: ІТТФ НАН України, НВП «Елетер», 2001.
3. О.В. Мартинюк. Шляхи підвищення економічності споживання електричної енергії в житловому секторі // Технічна електродинаміка, 2016. № 3.
4. ДБН В.2.5-24:2012 «Електрична кабельна система опалення».

УДК 621.57,621.58/59

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА ТЕЦ

М.М. Уланов¹, М.М. Уланов²,

*Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії
Капніст (Желябова), 2а, м. Київ, 03057, Україна,
тел.: +38 044 424 96 42, e-mail: e3therm@gmail.com.*

*У роботі показана економічна доцільність
впровадження теплових насосів на ТЕЦ, що дозволить не
тільки підвищити теплову потужність станції, а й
зеконотити на природному газі.*

Ключові слова: теплові насоси, низькопотенційне
тепло, ТЕЦ.

THE ECONOMIC FEASIBILITY OF THE INSTALLATION OF HEAT PUMPS IN CHP

N.M. Ulanov¹, M.N. Ulanov²,

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a
Maria Kapnist (Zhelyabova) str., Kyiv, Ukraine, 03057
tel.: + 38 044 424 96 42, e-mail: e3therm@gmail.com.*

*The article presents economic feasibility of installing heat
pumps at CHP plants, which will not only increase the thermal
capacity of the plant, but also save natural gas.*

Keywords: heat pumps, low potential heat, CHP.

В Україні в більшості міст основною системою
опалення та гарячого водопостачання залишається

система централізованого теплопостачання, яка складається з теплоелектричних централей (ТЕЦ), районних котельень та мережі теплоізованих трубопроводів, по котрим отримане тепло розподіляється серед мешканців міста. На сьогоднішній день система централізованого теплопостачання отримала широке розповсюдження та забезпечує достатньо велику долю у забезпеченні тепловою енергією в таких країнах, як Латвія – 65%, Данія – 63%. Польща – 53%, Україна – 52%, Беларусь – 50%, Фінляндія – 50%, Словаччина - 40% та ряді інших країн. В цілому в країнах Європейського союзу доля системи централізованого теплопостачання складає 13% і планується довести її до 50% до 2050 року [1], що свідчить про економічну доцільність її використання, як з точки зору генерації теплової енергії, так і з точки зору кінцевого споживача – отримання якісних послуг за мінімальною ціною. У відповідності до Директиви 2012/27/ЄС "Про енергоефективність" [2] система централізованого теплопостачання вважається ефективною, якщо вона використовує мінімум 50% відновлювальної енергії або 50% скидного тепла підприємств та побутових стоків, або 75% тепла від когенерації, або 50% комбінації джерел, що були перераховані вище.

Одним з ефективних засобів використання первинної енергії викопного палива у світі є одночасне виробництво електричної енергії та теплоти за допомогою теплоелектричних централей, які інтегровані у систему централізованого теплопостачання. Зараз в Україні працюють біля 27 ТЕЦ, які мають сумарну електричну

потужність 4046,45 МВт. З одного боку, з ростом цін на енергоносії, у тому числі на природний газ, призводить до щорічного зростання заборгованості населення за отримані комунальні послуги, а з другого боку на існуючих ТЕЦ до 45–55% енергії палива скидається в оточуюче середовище через систему оборотного водопостачання. Здебільшого температура циркуляційної води на протязі всього року складає $+18...38^{\circ}\text{C}$, а її витрати сягають 15000 – 28000 м³/год і вона не може бути використана безпосередньо, тому її охолоджують за допомогою градирень або природних водойм-охолоджувачів, що призводить до теплового забруднення оточуючого середовища та безповоротних втрат води.

При світовій тенденції економії паливних ресурсів використання скидного тепла з градирень є найбільш доцільним завданням для систем централізованого теплопостачання. Використання теплових насосів на ТЕЦ вигідно не тільки з технологічної точки зору (покращується вакуум в конденсаторі парової турбіни і як наслідок підвищується виробництво електричної енергії), а і з економічної (реальна економія дорогого викопного палива, зокрема природного газу або підвищення теплової потужності ТЕЦ без додаткових витрат на паливо).

Для оцінки ефективності використання теплових насосів на ТЕЦ, було проведено розрахунки теплового насоса у технологічній схемі ТЕЦ з використанням в якості джерела низькопотенційного тепла циркуляційної води з конденсатора парової турбіни з температурою $+18,7^{\circ}\text{C}$ для опалювальної пори року та $+37,5^{\circ}\text{C}$ для неопалювальної пори року, що спрямовується замість градирні на випарник

теплового насосу. У розрахунках прийнята питома величина витрат циркуляційної води у кількості 1000 м³/год.

Таблиця 1. Результати техніко-економічних розрахунків теплового насосу, що утилізує низькопотенційне тепло циркуляційної води на ТЕЦ.

Показник	Од. виміру	Значення	
		Неопалювальна пора року	Опалювальна пора року
Випарник теплового насосу			
Середня		Циркуляційна вода	Циркуляційна вода
Витрати	м³/год	1000	1000
Температура циркуляційної води на вході до випарника	°C	37,50	18,70
Температура циркуляційної води на виході з випарника	°C	32,15	16,05
Конденсатор теплового насосу			
Середовище		Теплоносія системи ГВП	Теплоносія системи опалення
Температура теплоносія на вході у конденсатор (зворотна подача)	°C	53	50
Температура теплоносія на виході з конденсатора (пряма подача)	°C	65	90
Теплопродуктивність	кВт	7435	4426
COP		5,52	3,14

Собівартість виробництва теплової енергії			
Для системи опалення	грн./Гкал	-	840,53
Гаряча вода	грн./м³	18,51	-
Існуючі тарифи для КП «Кіевтеплоенерго» Постанова №1686 від 10 грудня 2018 р. НКРЕКП			
Опалення	грн./Гкал	-	1654,41
Гаряча вода	грн./м³	97,89	-

Висновки: Впровадження теплових насосів на ТЕЦ, що утилізують низькопотенційне тепло циркуляційної води в кількості 1000 м³/год дозволить:

- додатково отримати теплову потужність на рівні 4,4 МВт в опалювальний період року і 7,4 МВт у міжсезоння, без використання для цих цілей природного газу;
- щорічно заміщати 6,67 млн. м³ природного газу;
- щорічно знизити викиди парникових газів до атмосфери на 12,9 тис. т CO_{2-екв.};
- отримати собівартість виробництва 1 м³ гарячої води у 5 разів менше, а ціну 1 Гкал у 2 рази менше за існуючі тарифи і не залежати від зростання ціни на природний газ;
- стабілізувати ціну на послуги ТЕЦ за рахунок використання вискоєфективної та екологічно чистої технології виробництва тепла;
- скоротити втрати циркуляційної води і поліпшити екологічну ситуацію навколо ТЕЦ.

Література:

1. *Heat Roadmap Europe 2050. Study for the EU27. Performed by Aalborg University, Halmstad University and Plan Energy – <http://www.euroheat.org>.*
2. *Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC—<http://eurlex.europa.eu/legalcontent>.*

УДК 664.8.047

ШЛЯХИ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ СУШІННІ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Р.О. Шапар¹, Н.М. Сорокова²

*Інститут технічної теплофізики НАН України,
вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164,*

¹тел.: +38066-232-78-74, e-mail: r.sh@ukr.net;

²тел.: +38050-963-76-01, e-mail: n.sorokova@ukr.net

Узагальнено закономірності кінетики вологообміну, рекомендовано ефективні режими конвективного зневоднення та сушильне обладнання з використанням теплового насосу.

Ключові слова: *термолабільні матеріали, енерго- та ресурсозбереження, режими сушіння, сушильна установка, тепловий насос.*

WAYS OF ENERGY AND RESOURCE SAVINGS IN THERMOLABILE MATERIALS DRYING

R. Shapar¹, N. Sorokova²

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine
2, Bulakhovskogo Str, Kyiv, Ukraine, 03164*

The kinetics of water exchange are generalized, the effective modes of convective dehydration and drying equipment with the use of a heat pump are recommended.

Keywords: *thermolabile materials, energy and resource saving, drying modes, drying plant, heat pump.*

ORCID: ¹0000-0001-6448-8760, ²0000-0002-3529-7145.

Енергоємність зневоднення, якість кінцевого продукту та економічність використання матеріальних і енергетичних ресурсів характеризуються інтенсивністю тепло- і масообміну. Існує низка методів зниження енергоємності процесу сушіння. При зневодненні рослинних матеріалів, що мають складну колоїдну капілярно-пористу структуру, процес ускладнюється термолабільністю сировини. Під час сушіння змінюються фізичні, біохімічні, структурно-механічні та інші природні властивості об'єктів зневоднення, відбувається перетворення складових інгредієнтів, у т.ч. і негативні. Характер і глибина змін значною мірою залежить від величини гранично допустимої температури матеріалу та тривалості процесу.

В основу обґрунтування найбільш ефективних режимів і способів зневоднення та створення на їхній основі малоенергоємного обладнання поряд з іншими вимогами, покладено умови збереження природних властивостей сировинних матеріалів. Наприклад, гранично допустима температура матеріалу під час зневоднення пряно ароматичних рослин зумовлена наявністю у їхньому складі ефірної олії та таких біологічно активних компонентів, як флавоноїди, каротиноїди, органічні кислоти, дубильні речовини й мікроелементи, та коливається від 35 до 45 °С [1]. Отже, сушіння необхідно здійснювати в режимі низькотемпературного зневоднення, оскільки за високих температур сушильного агента

втрачається ефірна олія через її високу летучість та руйнуються біологічно активні речовини.

Результати експериментальних досліджень процесу сушіння на прикладі м'яти перцевої, яку традиційно використовують як сировину для одержання ефірної олії, у вигляді кривих кінетики вологообміну $W^c = f(\tau)$ та швидкості сушіння $dW^c/d\tau = f(W^c)$ (рис. 1), доводять це. Порівняльний аналіз кінетичних кривих в межах зазначеного діапазону параметрів процесу показує, що в режимі сушильного агента 40 °С м'ята зневоднюється до низької залишкової вологості за 10,5 години. Підвищення температури теплоносія до 60 °С скорочує час сушіння майже втричі, а в режимі 80 °С весь процес триває 75 хв., але при цьому стається потемніння м'яти та погіршуються її смакові й ароматичні властивості.

Сумісний аналіз органолептичних показників і величини числа аромату висушеної сировини показує, що

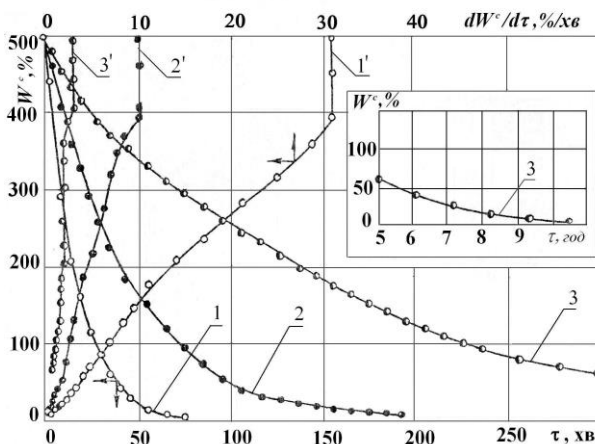


Рис. 1. Вплив температури теплоносія на кінетику сушіння м'яти 1 – $t = 80$ °С; 2 – $t = 60$ °С; 3 – $t = 40$ °С; $V = 1$ м/с; $d = 10$ г/кг сухого повітря; $h = 20$ мм.

підвищення температури теплоносія від 40 до 60 °С призводить до втрати ароматичних речовин м'яти на 20 %, подальше підвищення температури сушильного агента до 80 °С призводить до збільшення втрат – 50 % і є неприпустимим [2].

З метою зниження енергоємності процесу та максимального збереження природних компонентів пряно ароматичної сировини, узагальнюючи результати досліджень кінетики сушіння, рекомендовано низькотемпературні одностадійні режими з температурою теплоносія 45...55 °С, та двостадійні, коли на першій стадії температура підтримується на рівні 55...60 °С, а на другій, при досягненні матеріалом гранично допустимої температури, знижується до 45...40 °С.

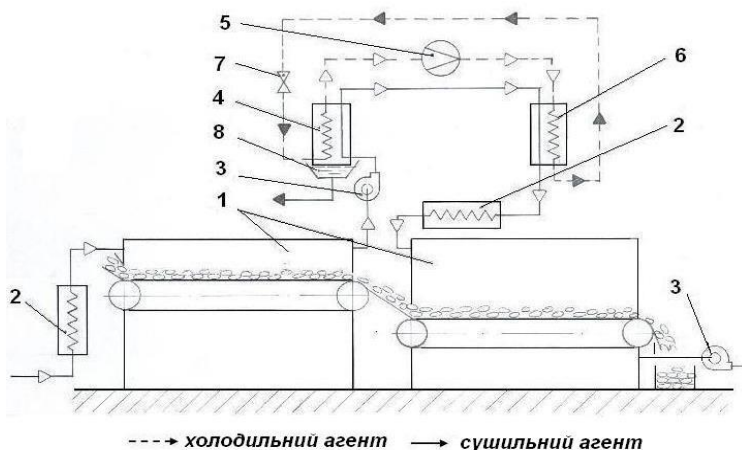


Рис. 2. Схема сушильної установки стрічкового типу

1– стрічкова сушарка; 2 – калорифер; 3 – вентилятор;
4 – випарник; 5 – компресор; 6 – конденсатор; 7 – ТРВ; 8 –
конденсатозбірник.

Підвищення ефективності процесу сушіння також пов'язане з механізацією і автоматизацією технологій зневоднення матеріалів. Тому для великомасштабних виробництв є актуальним перехід від сушильних апаратів періодичної до апаратів безперервної дії.

Реалізація визначених режимів буде ефективною на двохзонній стрічковій сушильній установці безперервної дії з тепловим насосом [3], схему якої надано на рис. 2.

Організація замкненого циклу руху теплоносія забезпечує використання теплоти відпрацьованого агенту після першої зони. Його часткове нагрівання у конденсаторі теплового насоса зменшує енерговитрати в калорифері, оскільки подача теплоносія у випарник з температурою не нижче 40 °С, та підігрів у конденсаторі до 60...65 °С забезпечує COP не менше 5. Осушення теплоносія у випарнику теплового насоса сприяє інтенсифікації зневоднення матеріалу у другій зоні сушарки. Витрати енергії становлять 3200 кДж на 1 кг випареної вологи, що на 15...20 % менше, ніж в існуючих стрічкових сушильних установках без теплового насоса.

Література:

1. Почему растения печат / М.Я. Ловкина, А.М. Рабинович, С.М. Пономарева и др. – М.: Наука –1990.– 256 с.
2. Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А. Обоснование режимов низкотемпературной сушки термолабильных материалов. Сб. научных статей: Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе. – М., 2015. С. 133-136.
3. Патент на винахід № 113700 Україна. Стрічкова сушарка для термолабильних матеріалів / Снежкін Ю.Ф., Сорокова Н.М., Шапар Р.О. – 2017. – Бюл. № 4.

УДК 621.3:620.96

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ КОМФОРТУ ПРИМІЩЕННЯ

***В.А. Наливайко¹, І.П. Радько², А.В. Міщенко³,
О.В. Окушко⁴, Є.О. Антипов⁵***

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м.
Київ, 03041, Україна, тел.: +38(099)335-11-12,
e-mail: ievgeniy_antypov@ukr.net*

Проведено аналіз використання теплоносіїв з метою їх енергоефективного використання та наведено основні напрямки, що будуть сприяти цьому. Обґрунтована доцільність проведення регулювання подачі теплоносія в залежності від часу протягом доби. Розглянуто основні поняття та означення стосовно цієї проблематики.

Ключові слова: енергозбереження, енергетичні ресурси, енергозбереження, тепловтрати, енергоефективність.

INFLUENCE OF HEATING SYSTEM PARAMETERS ON THE COMFORT INDICATORS OF ACCOMMODATION

***V. Nalivaiko¹, I. Radko², A. Mischenko³, A. Okushko⁴,
I. Antypov⁵***

*National University of Life and Environmental Sciences of
Ukraine, 15 Geroiv Oborony str., Kyiv, Ukraine, 03041*

The analysis of the use of heat-carriers for their energy-efficient using is carried out and the main directions that will contribute to this are presented. The feasibility of conducting the regulation of the supply of coolant depending on time during the day is substantiated. The basic concepts and definitions concerning this problem are considered.

Keywords: *energy saving, energy resources, energy saving, heat loss, energy efficiency.*

ORCID: ¹0000-0002-6297-9045; ²0000-0002-4235-3969;
³0000-0002-3373-4989; ⁴0000-0002-1894-5294;
⁵0000-0003-0509-4109.

З кожним роком все гострішою стає проблема забезпечення енергетичними ресурсами. Внаслідок цього ми спостерігаємо стрімке підвищення тарифів на енергоносії. Тому вирішення питання раціонального використання первинного палива та ефективного розподілення енергоресурсів в системі опалення того чи іншого приміщення/будинку є актуальним як ніколи.

Під опаленням, з теорії теплопостачання, розуміється безперервний процес надходження в опалювальне приміщення або будівлю потоку теплової енергії від опалювальних приладів і трубопроводів системи опалення. Цей процес спільно з внутрішніми тепловиділеннями компенсує втрати енергії через теплопередачу в навколишнє середовище через зовнішні теплозахисні конструкції будівлі і витрати тепла на нагрів інфільтруючого в будівлю через нещільності холодного зовнішнього повітря.

У кожен момент часу цього процесу при наявності стаціонарного теплового режиму в приміщенні природним чином виникає тепловий баланс, тобто рівність надходжень і витрат потоків теплової енергії при якомусь постійному значенні температури внутрішнього повітря в опалювальних приміщеннях. Таким чином, результатом процесу опалення є підтримка в опалювальних приміщеннях постійної температури не нижче нормативно встановленого значення протягом всього опалювального періоду, причому саме підтримання температури, а не віддача теплоти є метою опалення та умовою його якості, а невиконання цієї умови є ненаданням послуги опалення. Наприклад, у м. Києві з розрахунковою температурою зовнішнього повітря для опалення рівній -22°C , згідно з таблицею Д.4 ДБН В.2.5-67:2013 [1], температура в адміністративних приміщеннях повинна бути не нижче $+18...20^{\circ}\text{C}$ (в кутових приміщеннях $+22^{\circ}\text{C}$). Також нормується допустиме перевищення внутрішньої температури від нормативної - не більше 3°C [1], тобто в опалювальних приміщеннях повинна бути температура від $18\text{ (}21\text{)}^{\circ}\text{C}$ до $22\text{ (}25\text{)}^{\circ}\text{C}$.

Однак робочий день в навчальних корпусах триває лише 8 годин. Це третина доби. Саме в цей час потрібно підтримувати нормовані температурні параметри. В неробочий час теплові потужності можуть бути знижені до мінімуму, який буде виключати виникнення аварій в теплових мережах від переохолодження при мінусових зовнішніх температурах. Звичайно, що мінімальна теплова потужність в неробочий час повинна бути науково обґрунтованою, як з технічної точки зору, так і з економічної.

Тому при формуванні алгоритму керування тепловим потоком потрібно приймати певне компромісне рішення з урахуванням всіх відомих факторів. Це основний важіль зменшення витрат на теплоносії. Звичайно, що зробити це не зовсім просто, оскільки приміщення характеризуються тепловою інерцією (холодо- та теплостійкістю, акумуляційною здатністю). Нами проводились дослідження з вимірювання теплових характеристик навчальних корпусів. Визначені постійні часу, величини яких коливаються від 10 до 75 годин. На основі експериментальних даних та з урахуванням теплових характеристик огорожувальних конструкцій будівель проведено імітаційне моделювання теплових втрат навчальних корпусів [2-5]. Отримані дані дозволили отримати достатньо близькі до оптимальних режими теплопостачання навчального корпусу (рис. 1).

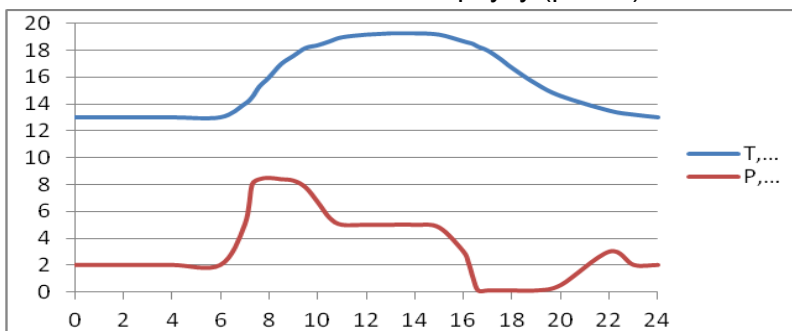


Рис. 1. Залежність температури та потужності теплового пункту навчального корпусу № 8 від часу доби.

Розробка енергоощадних режимів управління роботою індивідуальних теплових пунктів сприяла зниженню обсягів споживання теплової енергії комплексом споруд НУБіП України на 40...45% у порівнянні зі звичайним

режимом експлуатації теплових пунктів з погодо залежним регулюванням відпуску теплоти. Якщо говорити про кількісні фізичні показники споживання комплексом споруд університету, то сьогодні НУБіП України використовує в комунальному господарстві більше 200 тис. м³ газу, 14 тис. Гкал теплової енергії, 6 млн. кВт·год електричної енергії та 230 тис. м³ холодної води протягом року. Вартість енергоносіїв становить більше 30 млн.грн на рік! Тому, як ми бачимо, отримана економічна вигода від проведеної роботи є суттєвою. Разом з тим, потенціал економії в університеті ще не вичерпаний, і за нашим оцінками він може бути не менше 30%.

Література:

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ, 2013. – 141 с.
2. Радько І. П. Підвищення заходів з енергоефективності та енергозбереження у вищих навчальних закладах / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2018. – № 283. – С. 275–280.
3. Радько І. П. Методика та обладнання для проведення енергетичного аудиту: [Електронний ресурс] / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // Енергетика та автоматика. – 2018. – № 1. – С. 123–134. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/10596/9329>.
4. Козирський, В. В. Результати спрощеного енергоаудиту об'єктів НУБіП України: [Електронний ресурс] / В. В. Козирський, О. М. Берега, О. В. Шеліманова, Є. О. Антипов // Енергетика і автоматика. – 2012. – № 1 (11). – С. 55–63. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/eia/2012_1/12kvvonu.pdf.
5. Міщенко, А. В. Аналіз теплового комфорту у приміщеннях навчального корпусу №8 НУБіП України після термомодернізації будівлі [Текст] / А. В. Міщенко, О. В. Шеліманова, Є. О. Антипов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194. – Ч. 1. – С. 119–123.

УДК 621.31. – 049.34

РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТЕПЛОНОСІЇВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

***І.П. Радько¹, В.А. Наливайко², А.В. Міщенко³,
О.В. Окушко⁴, Є.О. Антипов⁵***

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України, вул. Героїв Оборони, 12,
м. Київ, 03004, Україна, тел. +38(067)495-66-18,
e-mail: oaleks@ukr.net*

*В роботі проведено аналіз проблеми економії
енергоресурсів у ВНЗ. Наведено результати досліджень
із визначення оптимальних режимів теплопостачання
навчальних корпусів*

Ключові слова: *енергозбереження,
енергоефективність, теплова енергія режими.*

REGULATION OF SUBSTANCES OF HEATINGS AS A MEANS OF ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE SYSTEM

***I. Radko, V. Nalyvayko, A. Mischenko,
O. Okushko, E. Antipov***

*National University of Life and Environmental Sciences of
Ukraine, 12, Heroyiv Oborony Str., Kiev, 03004, Ukraine
tel. +38 (067) 495-66-18, e-mail: oaleks@ukr.net*

*The paper analyzes of the problem of energy resources
saving in universities. The results of researches on*

determination of optimal modes of heat supply of educational buildings are given

Keywords: *energy saving, energy efficiency, thermal energy regimes.*

ORCID: ¹0000-0002-4235-3969; ²0000-0002-6297-9045;
³0000-0002-3373-4989; ⁴0000-0002-1894-5294;
⁵0000-0003-0509-4109.

Питання енергозбереження та енергоефективності енергетичних ресурсів з кожним роком стає все більш актуальним і має стати протягом наступних декількох років невід'ємною складовою розвитку промисловості в Україні. Серед причин, які можна виділити, це дефіцит та постійне зменшення природних ресурсів; висока енергоємність української економіки; поступове збільшення споживання та щорічне зростання цін на енергоресурси тощо. Незважаючи на цей незаперечний факт, обсяг впровадження енергоефективних заходів в промислових галузях України залишається недостатнім, а рівень споживання енергоресурсів перевищує відповідні показники розвинених країн, особливо це стосується житлово-комунальної галузі України.

Враховуючи таку ситуацію, постає необхідність пошуку різних шляхів зменшення споживання енергетичних ресурсів з метою підвищення енергоефективності при їх використанні.

Вирішення такої проблеми можливо, на нашу думку, лише у випадку вдосконалення основних заходів енерговикористання та проведення всебічної модернізації

технічних засобів на всіх етапах споживання енергоносіїв. Серед них можна виділити наступні – підвищення якості технічного обслуговування і ремонту електро-технологічного обладнання, пошук сучасних методів і режимів його експлуатації, розробка ефективних інструментів моніторингу і управління споживання енергетичними ресурсами на підприємствах, а також пошук механізмів стимулювання заходів з підвищення енергоефективності і енергозбереження.

Враховуючи це, починаючи з 2015 року в НУБіП України почалась поетапна реконструкція теплових пунктів, при цьому використовувався досвід, реалізований у країнах Західної Європи, який передбачав застосування внутрішніх циркуляційних насосів (спарених для підвищення надійності і безпеки), регулюючих клапанів, гідравлічних регуляторів тиску і теплообмінників, що спільно забезпечують подачу теплоносіїв на об'єкт з можливістю їх програмного регулювання в нічний або неробочий час з метою зменшення теплової потужності.

Проведені дослідження дозволили провести імітаційне моделювання з метою визначення оптимальних режимів теплопостачання навчальних корпусів, при проведенні яких були враховані теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівель. Результати, які були отримані в результаті моделювання, дозволили отримати режими роботи теплових пунктів близькі до оптимальних.

Запровадження заходів з регулювання подачі теплоносіїв в навчальних корпусах дозволило НУБіП України забезпечити значну економію. Так, наприклад,

тільки за 2018 рік економія споживаної теплової енергії порівняно з 2016 роком становила близько 25% (табл. 1).

Таблиця 1. Показники споживання енергоресурсів за період 2016 – 2018 р.р.

Показники	Витрати в натуральних величинах		
	2016	2017	2018
Теплопостачання, Гкал	Опалення		
	11446.4	8801.9	10529.1
	+/- до 2016 року	-2644.2	-917
	Гаряча вода		
	6047.9	4832.5	3519.9
+/- до 2016 року		-1215.4	-2528

Отримана економія енергоресурсів дала можливість зменшити платежі за спожиту теплову енергію і зменшити фінансовий тиск зі сторони держави на університет, що пов'язаний з недостатнім фінансуванням та збільшенням тарифів на енергоносії.

Література:

1. Радько І. П. Методика та обладнання для проведення енергетичного аудиту: [Електронний ресурс] / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // *Енергетика та автоматика*. – 2018. – № 1. – С. 123–134. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energija/article/viewFile/10596/9329>
2. Радько І. П. Підвищення заходів з енергоефективності та енергозбереження у вищих навчальних закладах / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // *Науковий вісник НУБіП України*. – 2018. – № 283. – С. 275 - 280.

УДК 536.37

ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА У ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ ЗА РАХУНОК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

**С.Ю. Скоробогатов¹, О.В. Козленко²,
О.А. Коваленко³,**

¹Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ», пр. Перемоги 37, корп. 7,
кім. 537, м. Київ, Україна, 03056, тел.: +38(050)858-91-72,
e-mail: iskor29@gmail.com

²лабораторія ІНКЛКТ ФМФ КПІ ім. Ігоря Сікорського, пр.
Перемоги 37, корп. 19, м. Київ, Україна, 03056,
тел.: +38(068)350-77-07

³Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ», пр. Перемоги 37, корп.
7, кім. 537, м. Київ, Україна, 03056, тел.: +38(097)171-37-57,
e-mail: kovalenko_ks@ukr.net

У роботі запропоновано модернізувати механізм роботи двигуна внутрішнього згоряння автомобіля, що дозволить збільшити ККД гібридних автомобілів, зменшити використання палива й обсяг шкідливих викидів, тобто покращити екологічне та економічне становище.

Ключові слова: рекуперація, витрати, енергоефективність, двигун внутрішнього згоряння.

DECREASING FUEL EXPENDITURE IN ENGINE INFRASTRUCTURE BETWEEN ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY

**S.Yu. Skorobogatov¹, O.V. Kozlenko²,
O.A. Kovalenko³,**

¹ Polytechnic Lyceum of NTUU "KPI", 37, Prosp. Peremohy,
Kyiv, Ukraine, 03056

² *laboratory INCLKT FMF, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056*

³ *Polytechnic Lyceum of NTUU "KPI", 37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056*

Modernization of the mechanism of operation of the internal combustion engine of the car was proposed in the work. This will increase the efficiency of hybrid cars, reduce the use of fuel and the amount of harmful emissions, that is, to improve the environmental and economic situation.

Keywords: *recovery, costs, energy efficiency, internal combustion engine.*

ORCID: ² 0000-0002-4216-1270.

В умовах обмеженості та вичерпності природних ресурсів, постійному зростанні цін на них людство намагається розробляти та запроваджувати енергоефективні технології з метою забезпечення сталого розвитку, що поєднує дотримання економічних, екологічних та соціальних вимог. Об'єктом даного дослідження виступає механізм роботи автомобіля. Багато науковців досліджували механізм роботи двигуна автомобіля та напрями його оптимізації [1 – 3]. Проте дана проблема на сьогодні залишається не вирішеною повною мірою.

Авторами було висунуто гіпотезу: застосування елемента Пельтьє у зворотному процесі дозволяє використовувати його як додаткове джерело енергії в автомобілі, а саме: для отримання енергії від нагріву гальмівних супортів. Елемент Пельтьє надаватиме постійний потік енергії, яка буде збиратись у суперконденсаторі та за потреби передаватися до батареї

або використовуватись для роботи системи клімат-контролю в автомобілі.

З метою отримання додаткового джерела енергії в автомобілі пропонуємо його застосовувати для зворотного процесу, а саме: отримання енергії від гарячих частин двигуна, а не для охолодження ДВЗ. Для цього елемент Пельтьє пропонуємо прикріпити до кожуху та супортів гальмівних дисків, випускного колектора двигуна, оскільки ці елементи автомобіля генерують найбільшу кількість теплової енергії під час руху. Іншими словами, пропонуємо генерувати електричний струм за допомогою елементу Пельтьє. Під час розгону автомобіля та під час гальмування, використовуючи елемент Пельтьє можливе отримання енергії, яку використовувати, наприклад, для додаткового акумулятора, щоб в подальшому застосувати накопичену електричну енергію для приводу електродвигуна. Пропонуємо використовувати паралельно-послідовне включення елементів Пельтьє, як представлено у схемі на рис. 1. Кожна пара елементів дозволяє отримати теоретично струм 1А (в ідеальних умовах, при різниці температур 100 °С), в реальних умовах – 0,25А.

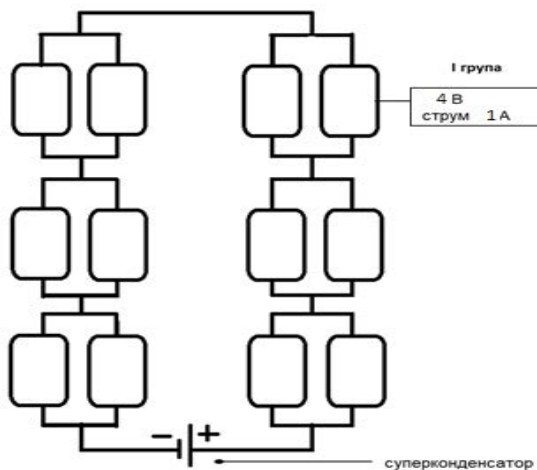


Рис. 1. Схема з'єднання елементів Пельтьє

Вважаємо, що це рішення буде особливо помітним на гібридах типу plug-in, наприклад, на автомобілі Toyota Prius. Накопичувати отриману таким чином енергію пропонуємо в суперконденсаторі, який імпульсом передаватиме її до батареї. Конденсатори накопичують електричну енергію за допомогою просторового розділення зарядів під час їх заряджання. Проте кількість накопиченої питомої енергії в суперконденсаторі істотно (на 2–3 порядки) більша, ніж у традиційних електролітичних конденсаторах, наприклад, алюмінієвих. Причини полягають у тому, що науково-технічні та технологічні принципи створення суперконденсаторів істотно відрізняються від методів виробництва традиційних електролітичних конденсаторів. В подальшому дану енергію можна використовувати для запуску двигуна, навіть з розрядженою батареєю. Адже суперконденсатор дозволяє накопичувати енергію та зберігати її майже без втрат, а потім використовувати як

альтернативне джерело. Також пропонуємо використовувати суперконденсатор у системі клімат-контролю, що дозволить зекономити енергію.

Попередні розрахунки показали, що на кожні 100 км пробігу автомобіля можна зекономити 1,5 л палива. Врахувавши середньорічний пробіг типового автомобіля Гібрид Toyota Prius, за 1 рік зможемо зекономити 30000 км пробігу або 450 л бензину. Економічні розрахунки довели, що витрати на встановлення даної розробки окуповуються в середньому через 1,6 роки. Таким чином, вважаємо, що реалізація запропонованого напряму оптимізації роботи двигуна внутрішнього згоряння є перспективною, враховуючи кількість автомобілів та масштаби їх використання у світовому вимірі.

Література:

1. Бахмутов С. В., Филонов А. И., Баулина Е. Е. Совершенствование процесса рекуперации энергии гибридного автомобиля // Наука и образование. – 2013. - № 7. – Электронный ресурс [Режим доступа]: <http://technomag.edu.ru/doc/588384.html>, DOI: 10.7463/0713.0588384
2. Боровських Ю. І., Буральов Ю. В., Морозов К. А. Будова автомобілів: навчальний посібник. — К.: Вища школа, 1991. — 304 с.
3. Каменев В.Ф., Фомін В.М., Хрипач Н.А. Теоретичні та експериментальні дослідження роботи двигуна на дизельно-водневих паливних композиціях // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEЕ. – 2005. – № 7 (27). – С. 32–42.

УДК 658.264

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА РАМКА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯМ БУДИНКУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА НЕПРАЦЮЮЧОМУ ЕЛЕВАТОРНОМУ ВУЗЛУ

І.К. Божко¹, канд. техн. наук, ***М.В. Мороз²***, аспірант,
Інститут технічної теплофізики НАН України, вул.
Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна, тел. +380977708697,
e-mail: morozmarina234@gmail.com

Оптимізація роботи центральних опалювальних мереж – одна з найбільш гострих проблем житлово-комунального комплексу. В будівлях, побудованих до 90-х років, встановлювали елеваторні вузли. Однак у даний час елеваторні вузли не тільки не відповідають сучасним вимогам з енергоефективності, а й заборонені до використання діючими державними будівельними нормами, у зв'язку з чим підлягають заміні. Енергоефективна рамка управління теплоспоживанням будинку – ефективне рішення для житлових будинків та адміністративних будівель, що дозволить задати оптимальний температурний режим в тепловій мережі.

Ключові слова: енергоефективність, теплова мережа, елеваторний вузол.

ENERGY EFFICIENT CONTROL FRAME OF HEAT CONSUMPTION OF BUILDINGS AS AN ALTERNATIVE TO NON-WORKING ELEVATOR NODES

I.K. Bozhko, M.V. Moroz,
Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine

Optimizing the operation of central heating networks is one of the most acute problems of the housing and utilities complex. Elevator nodes were installing in buildings built before the 90s. However, at present, the elevator nodes not only do not meet modern requirements for energy efficiency, but are also banning for use by current state building codes, and therefore must be replacing. The energy-efficient frame for managing heat consumption at home is an effective solution for residential and administrative buildings, which will allow you to set the optimal temperature regime in the heating network.

Keywords: *energyefficiency, heatnetwork, elevatornode.*

У перехідний період опалювального сезону теплопостачальні підприємства не мають технічної можливості зменшувати подачу тепла, що призводить до так званих «перетопів». Зі значним зростанням тарифів на теплову енергію неабиякої значущості набуло питання місцевого регулювання параметрів теплоносія на вводі до будівель відповідно до погодних умов.

Одним з шляхів зменшення витрат на опалення є необхідність заміни застарілих внутрішньо будинкових теплових вузлів. Раніше для підключення внутрішніх систем теплопостачання будівель до централізованої теплової мережі застосовувалися елеваторні вузли (Рис.1, 2)[1].



Рис. 1. Елеваторна система опалення

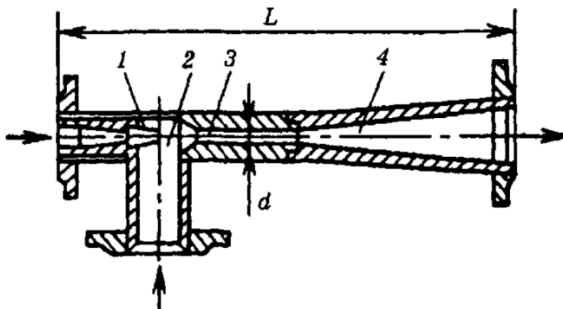


Рис. 2. Гідроелеватор: 1 – сопло, 2 – камера всмоктування, 3 – камера змішування, 4 – дифузор

Цей пристрій призначений для підмішування охолодженої води, що повертається з системи опалення до високотемпературного теплоносія з теплової мережі, щоб знизити його параметри до рівня, прийнятного для використання у внутрішній системі опалення і забезпечення його циркуляції. Для коректної роботи елеваторного вузла необхідне суворе дотримання температур теплоносія в тепломережі.

Енергоефективна рамка управління (рис. 3) являє собою спрощений варіант індивідуального теплового пункту. Її основна функція – забезпечення необхідних параметрів теплоносія для підтримання їх на необхідному рівні (без перегріву та недогріву). Область застосування – житлові будинки та об'єкти соціальної сфери з системою опалення, приєднаною до теплових мереж за залежною схемою з використанням елеваторів.

Енергоефективна рамка управління включає всі елементи, необхідні для регулювання та створення гідравлічного режиму системи опалення.

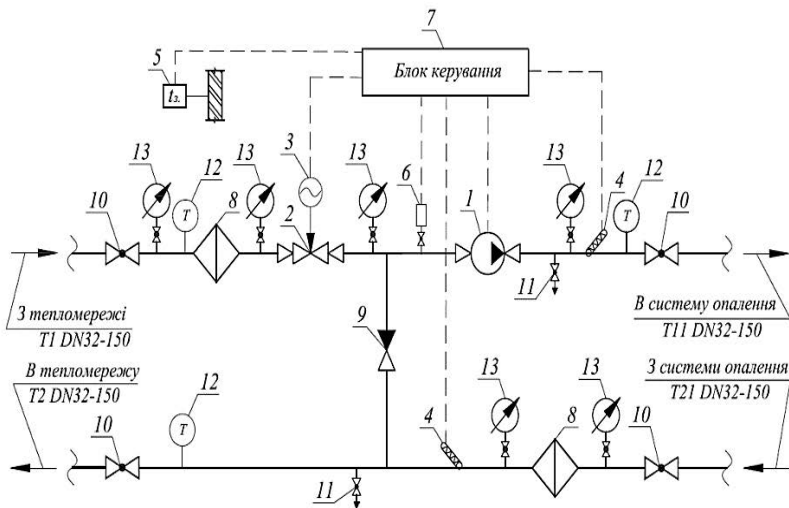


Рис. 3 – Принципова схема енергоефективної рамки управління: 1- циркуляційний насос; 2- регулюючий клапан; 3 - електроприводом; 4- датчик температури теплоносія; 5 – датчик температури зовнішнього повітря; 6 – датчик реле-тиску; 7 – блок керування; 8 – сітчастий фільтр; 9 – зворотний клапан; 10 – дисконний поворотний затвор; 11 – дренажний кульовий кран; 12 – біметалевий термометр; 13 - манометр

Для забезпечення підтримки постійної температури теплоносія для системи опалення та для ефективного використання теплової енергії, на подавальному трубопроводі тепломережі встановлено сидельний двоходовий регулюючий клапан з електроприводом. Якісне регулювання теплоспоживання забезпечується за допомогою блоку керування, який по сигналу датчика температури зовнішнього повітря визначає необхідну температуру теплоносія на вході в систему опалення, порівнює її з фактичною температурою виміряною датчиком температури і видає керуючий сигнал на електропривод регулюючого клапану, при цьому змінюючи витрату гострого (первинного) теплоносія. Циркуляція відбувається через зворотній клапан. Забезпечення циркуляції в внутрішній системі опалення здійснюється за допомогою циркуляційного насоса, який підібрано на основі гідравлічного розрахунку внутрішньобудинкової системи опалення. Насос має систему захисту насоса від сухого ходу за допомогою датчика-реле тиску, перегріву двигуна насоса та для захисту від перекосу фазової напруги.

Для дотримання необхідної якості теплоносія та продовження строку роботи регулятора і циркуляційного насоса, рамку керування теплоспоживанням будинку обладнано сітчастими фільтрами. Для можливості відключення рамки в неопалювальний період та проведення регламентних робіт передбачено дискові поворотні затвори. Для зливання теплоносія встановлено дренажні крани.

Контроль роботи енергоефективною рамкою управління теплоспоживанням будинку відбувається за допомогою блоку керування та додаткових аналогових

контрольно-вимірювальних приладів – манометрів та біметалевих термометрів.

В таблиці наведено розрахунок строку окупності впровадження енергоефективної рамки керування теплоспоживанням будинку для об'єкта з навантаженням 470 кВт (0,4 Гкал/год).

Тарифи ПАТ «Київенерго» на теплову енергію для населення, грн./Гкал	295,17 (до 01.01.2015)	531,10 (01.02.2016 - 01.07.2016)	1153,80 (01.07.2016 - 05.01.2018)	1104,96 (з 05.01.2018)
Середнє за опалювальний період (180 діб) споживання теплової енергії при використанні елеваторного вузла, Гкал	823,0			
Економія теплової енергії при використанні енергоефективної рамки керування, Гкал	164,6 (20%)			
Вартість зекономленої теплової енергії, тис. грн.	48,6	87,4	189,9	181,8
Вартість обладнання для впровадження енергоефективної технології, тис. грн.	82,4			
Строк окупності, років	1,7	0,9	0,4	0,45

Заміна елеваторного вузла на стандартну енергоефективну рамку управління теплоспоживанням будинку має ряд переваг:

1. Зниження споживання теплової енергії до 20% при оптимізації циркуляції теплоносія та роботі регулятора температури за погодозалежним алгоритмом і, як наслідок, зниження рахунків за використану теплоту.

2. Покращення комфорту мешканців.

3. Невисоке, в порівнянні з продуктами-аналогами, споживання електричної енергії при роботі обладнання за рахунок використання вискоефективних циркуляційних насосів європейського зразка.

4. Гідравлічна стійкість до коливань тиску у тепломережі – тим самим виконується захист внутрішньобудинкової системи опалення від перевищення допустимого тиску.

5. Висока надійність роботи та строк служби, який перевищує 25 років.

Література:

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. — 7-е изд., стереот. — М: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с: ил.

УДК 621.315.61:621.311

РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ В ІЗОЛЯЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ ПРИ НАЯВНОСТІ СТОРОННЬОГО ПОТОКУ ТЕПЛА

Р.В. Вожаков,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр-т.*

*Перемоги 37, м. Київ, 03056, Україна,
тел.: +38(044)204-82-33, e-mail: vozhakovr@fea.kpi.ua*

У роботі наведено розподіл температури в циліндричній ізоляції, спричинений діелектричними втратами при наявності сторонніх джерел тепла.

Ключові слова: розподіл температури, циліндрична ізоляція, діелектричні втрати.

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN CYLINDRICAL INSULATION IN THE PRESENCE OF THE EXTRANEIOUS HEAT FLUX

R. Vozhakov,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", 37, Prosp.Peremohy, Kyiv, Ukraine,
03056*

The article presents temperature distribution in cylindrical insulation, which caused by dielectric losses in the presence of foreign heat sources.

Keywords: temperature distribution, cylindrical insulation, dielectric losses.

ORCID: 0000-0001-8534-6227.

Важливою частиною електротехнічного електрообладнання, яка визначає його працездатність, є його ізоляція. Розробка методів, що дозволять уникнути відмови електротехнічного обладнання в процесі експлуатації, має ґрунтуватися на максимально адекватному описі розвитку процесів руйнування.

Найбільш суттєвий вплив на характеристики високовольтної ізоляції електротехнічних пристроїв має теплове старіння, що призводить до спрацювання ресурсу і, зокрема, до теплового пробою, пов'язаного з порушенням теплової рівноваги в електричній ізоляції [1]. Основним фактором, що призводить до виділення тепла в ізоляційних конструкціях і, відповідно, до їх нагрівання є діелектричні втрати.

Зазвичай при визначенні розподілу температури ізоляції для аналізу її стану і процесів деградації беруть до уваги тільки діелектричні втрати в ній самій. Проте, в реальних конструкціях електрично навантажений діелектрик часто знаходиться поряд зі стороннім тепловим джерелом (активний елемент, обмотка, активна сталь, тощо). В результаті, крім теплоти від діелектричних втрат через ізоляцію проходить певна кількість теплової енергії від сторонніх джерел тепла, що призводить до підвищення температури і додатковому нелінійного і неадитивного нагрівання.

Модель циліндричної конфігурації ізоляції показана на рис.1. До поверхні з радіусом r_1 підходить потік тепла від стороннього джерела – P_s (омічні втрати). В діелектрику ($r_1 < r < r_2$) виділяються діелектричні втрати P_d , спричи-

нені електричним полем. На поверхні $r = r_2$ в навколишнє середовище відводиться теплота Q .

Для математичної моделі прийняті наступні припущення: тепловіддачею крізь торцеву поверхню можна знехтувати і вважати, що тепловий потік спрямований тільки вздовж радіуса; провідник розглядається тільки як стороннє теплове джерело, яке забезпечує проходження крізь площину $r = r_1$ постійного теплового

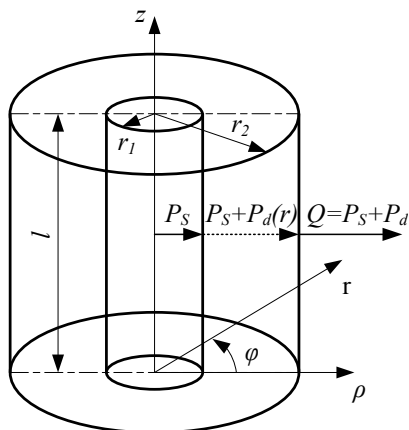


Рис.1. Модель діелектрика

потіку P_s і з врахуванням високої теплопровідності металу, в порівнянні з діелектриком, реальний розподіл температури в ньому не розглядається [2]; тепловіддача в зовнішнє середовище на поверхні ізоляції відбувається за законом Ньютона; напруженість електричного поля залежить тільки від r ; виділення тепла при змінній напрузі обумовлено втратами на електропровідність.

З врахуванням цих припущень потужність внутрішнього джерела тепла може бути записана як

$$P_d = \iiint p_0 e^{a(T-T_0)} dV, \quad (1)$$

$$p_0 = \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r E^2 \operatorname{tg} \delta_0 = \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r \left(\frac{U}{r \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}} \right)^2 \operatorname{tg} \delta_0 = \frac{p_0'}{r^2}. \quad (2)$$

При прийнятих припущеннях рівняння, що характеризує рівноважний тепловий стан ізоляції електротехнічного обладнання, запишеться в вигляді:

$$\frac{\lambda_T}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) + \frac{p'_0}{r^2} e^{a(T-T_0)} = 0, \quad (3)$$

де T , [K] – температура ізоляції в точці на відстані r від центра; a , [K⁻¹] – температурний коефіцієнт тангенса кута діелектричних втрат або провідності; λ_T , [Вт/(м·K)] – коефіцієнт теплопровідності електричної ізоляції; p'_0 , [Вт/м] – лінійна щільність діелектричних втрат при температурі навколишнього середовища T_0 .

Граничні умови для даної задачі згідно [3]:

$$T(r_1) = T_M; \quad -\lambda_T \frac{dT}{dr} \Big|_{r=r_1} = p_S, \quad (4)$$

$$T(r_2) = T_{II}; \quad \lambda_T \frac{dT}{dr} \Big|_{r=r_2} = -q = -\alpha_T (T_{II} - T_0), \quad (5)$$

де T_M , [K] – максимальна температура ізоляції; p_S , [Вт/м²] – питомий потік потужності стороннього джерела тепла, що зумовлено нагріванням струмопровідного елемента; α_T , [Вт/(м²·K)] – коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище; T_{II} , [K] – температура поверхні ізоляції.

Розв'язання рівняння (3), при граничних умовах (4) та (5), дає шуканий вираз для розподілу температури в циліндричному діелектрику:

$$T(r) = T_0 + \frac{1}{a} \ln \left[\frac{C}{B} \cdot \frac{4\alpha\beta \left(\frac{r}{r_1} \right)^\gamma}{\left(\alpha + \beta \left(\frac{r}{r_1} \right)^\gamma \right)^2} \right], \quad (6)$$

де $\alpha = |r_2 \lambda_T \sqrt{C} - r_1 p_s|$, $\beta = |r_2 \lambda_T \sqrt{C} + r_1 p_s|$, $\gamma = a \sqrt{C} \cdot r_2$,

$$B = \frac{2p_0'}{a\lambda_T r_2^2}, \quad C = \left(-\frac{r_1 p_s}{r_2 \lambda_T} \right) + \frac{p_0'}{a\lambda_T r_2^2} e^{a(T_M - T_0)}.$$

Зазвичай максимальна температура T_M при $r = r_1$, необхідна для розрахунку значення сталої C невідома, але значення C можна визначити, розв'язавши чисельними методами трансцендентне рівняння, отримане з граничної умови (5):

$$-\lambda_T \left[\sqrt{C} \frac{\alpha - \beta \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^\gamma}{\alpha + \beta \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^\gamma} \right] = \frac{\alpha_T}{a} \ln \left[\frac{C}{B} \cdot \frac{4\alpha\beta \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^\gamma}{\left(\alpha + \beta \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^\gamma \right)^2} \right]. \quad (7)$$

Розрахунки, виконані при питомому потоці потужності сторонніх джерел теплоти від 100 до 200 Вт/м² і товщині ізоляції від 0 до 0,1 м, а також лінійній густині діелектричних втрат 0,2 Вт/м, температурному коефіцієнту tgδ ізоляції 0,02 К⁻¹, коефіцієнту теплопровідності 0,2 Вт/(м·К), внутрішньому радіусу ізоляції 0,001 м, температурі навколишнього середовища 20 °С і коефіцієнті тепловіддачі 10 Вт/(м²·К), показали, що максимальна температура в ізоляції має мінімум, що забезпечує оптимальний тепловий ре-

жим ізоляції, а також, що має місце досить сильний вплив потужності сторонніх джерел теплоти на значення максимальної температури (рис. 2).

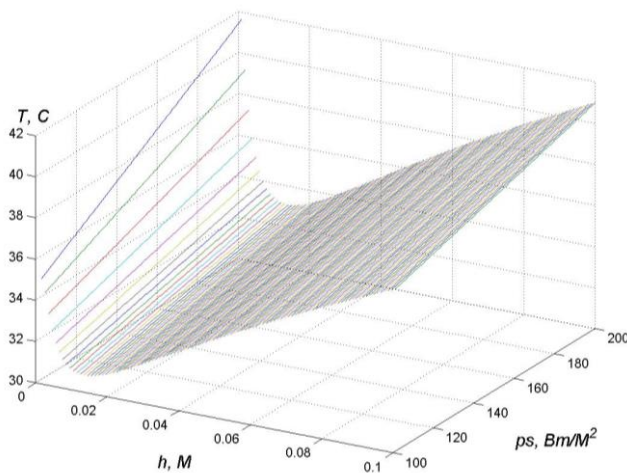


Рис. 2. Залежність максимальної температури в циліндричному діелектрику від h і p_s

Висновки. Сторонні джерела теплоти суттєво підвищують температуру циліндричної ізоляції, про що свідчить розрахунок максимальної температури на її внутрішній поверхні.

В залежності від товщини циліндричної ізоляції спостерігається мінімум температури, положення якого слабо залежать від інтенсивності сторонніх джерел теплоти. Таким чином, при оптимізації ізоляції впливом сторонніх джерел теплоти можна в першому наближенні знехтувати.

Література:

1. Сканава Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей). – М.: Гос. изд., 1985. – 907 с.
2. Чан Ван Тхань. Тепловой режим твёрдой электрической изоляции высоковольтного оборудования. Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук. Киев-1999. – 177 с.
3. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М.: Высш. школа, 1985. – 480 с.

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ – ПІДҐРУНТЯ, МОЖЛИВОСТІ, ПЕРСПЕКТИВИ

***Проскура М.І.¹, Білолипецька О.В.² к.т.н.,
Бурмістров О.В.³, незалежний експерт.***

¹ТОВ «ЛС Профіль», заступник директора,

²ТОВ «ЛС ПРОФІ», власник.

Розгляд можливої системи запровадження водневої енергетики в Україні, починаючи від вироблення водню або його добування, транспортування (трубопровідний транспорт, газозовози), зберігання, змішування з природним газом, транспортування «зеленого» газу, використання в теплоенергетиці для промисловості, житловій інфраструктурі, різноманітних транспортних систем та ін.. Можливе застосування природного газу з доповненням водню для використання в двигунах внутрішнього спалювання.

Ключові слова: водень, зелений газ, конкурентність водню, добування водню, електролізери, транспортування водню, зберігання водню, водневий транспорт, балансування електромереж.

HYDROGEN ENERGY IN UKRAINE - THE BASIS, OPPORTUNITIES AND PROSPECTS.

M.Proskura, O.Bilolypetska, O.Burmistrov

Consideration of the possible introduction of hydrogen energy in Ukraine, starting with the production of hydrogen or its extraction, transportation (pipeline transport, gas carriers),

storage, mixing with natural gas, "green" gas transportation, use in heat power engineering for industry, residential infrastructure, various transport systems, etc. It is possible to use natural gas with the addition of hydrogen for usage in internal combustion engines.

Keywords: *hydrogen, green gas, hydrogen competitiveness, hydrogen production, electrolysis, hydrogen transportation, hydrogen storage, hydrogen transport, electrical grid balancing.*

Багато країн, в першу чергу добре економічно розвинутих, та ряд міжнародних організацій (IRENA, WHO) фактично демонструють ренесанс в частині розвитку водневої енергетики. Ряд країн роблять публічні заяви, що до переходу, як мінімум, на елементи водневої енергетики. Цікаво те, що стимулювання цих процесів в Україні, відбувається не тільки у зв'язку з прогресом в водневих технологій в світі, а й у зв'язку, наприклад, з розвитком варіабельних потужних джерел відновлюваної енергетики (наприклад сонячної) та необхідності балансування електричних систем, в які вони включені, складнощі з забезпеченням природним газом України в цілому, розвиток геологічних досліджень з метою пошуку природних джерел водню та ін. Свій вплив ці фактори дають і в інших країнах, але в Україні вони більш сильно проявлені.

Структурна схема демонструє основні елементи і зв'язки можливої системи водневої енергетики в Україні. В початковій стадії пропонується створити акумулюючі потужності (електролізерні установки) для перетворення «надлишкової» в конкретний період електроенергії в водень та його використання, транспортування чи

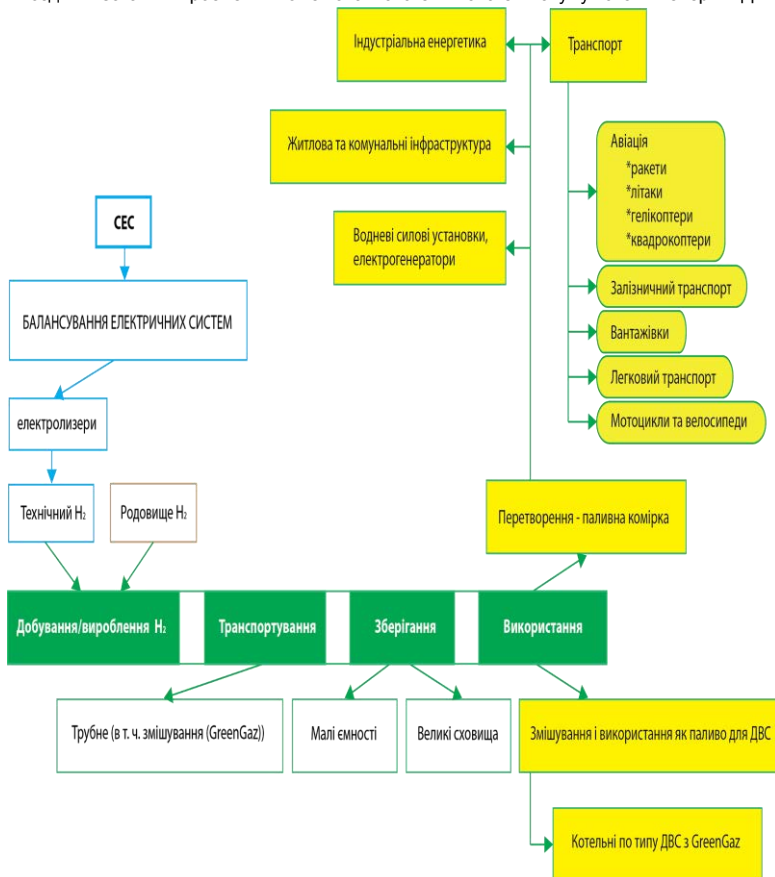
зберігання. Паралельно цікавим джерелом може розглядатися добування природного водню з родовищ (приклад країни Малі, де відкрите родовище 98% водню). Подібні геологічні структури в Україні наявні і потребують вивчення з відповідним технічним оснащенням.

Ряд країн крім звичайного транспортування передбачають зберігання в великих та малих ємностях, опрацьовують питання безпеки поводження з воднем в різних установках. В розвинутих країнах інтенсивно опрацьовується питання трубного транспортування водню, змішування його з природним газом та транспортування і використання уже «зеленого» газу. Інтенсивно напрацьовується нормативно-правова база з цих питань.

Не відкидаючи традиції (використання ДВС) ведуться дослідження та експерименти стосовно додавання деякої частину водню до традиційних палива та мастил ДВС. І є цікаві оптимістичні результати.

Королевою перетворення накопиченого водню в електроенергію є звичайно добре відома в Україні воднева паливна комірка (ВПК). Значна кількість спеціалістів, що займалися електролізерами, ємностями високого тиску для водню, водневими паливними комірками працюють в інших країнах (наприклад Кореї, Китаї...). Шляхом застосування ефективних ВПК знову вироблений струм йде на звичайне опалення будівель різного призначення, для двигунів різних транспортних систем та ін. Звичайно можливе використання для авіаційних та ракетних систем в їх двигунах. На початку року НАН України провела дуже знакове засідання з цих питань і прийняла відповідні рішення.

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
 "ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ХХІ СТОЛІТТІ"
 Розділ 1. Загальні проблеми. Комбіновані системи і системи акумулювання енергії ВДЕ



УДК 620.91

ЕКОНОМІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ДУБАЇ НА ПРИКЛАДІ РОЗРАХУНКУ ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Н.М. Мхітарян¹, А.М. Донець²

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20а, 02094, Україна
тел.: +38(044) 206-28-09, e-mail: renewable@ukr.net*

У роботі представлено перспективи розвитку сонячної енергетики у Дубаї та наведено розрахунок терміну окупності фотоелектричної системи.

Ключові слова: *сонячне випромінювання, фотоелектрична система, термін окупності.*

ECONOMIC PERSPECTIVES FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR ENERGY IN THE DUBAI AT THE EXAMPLE OF THE PAYBACK PERIOD CALCULATION OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM

N. Mkhitaryan¹, A. Donets²,

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of
Ukraine, 20A, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine 02094*

The article presents prospects for solar energy development in Dubai and provides a calculation of the payback period of the photovoltaic system.

Keywords: *solarradiation, paybackperiod.*

ORCID: ¹ 0000-0002-5918-4532, ²0000-0003-4486-5666.

Основними факторами розвитку відновлюваної енергетики в Об'єднаних Арабських Еміратах (ОАЕ) є стрімке

зростання цін на природний газ та зменшення витрат на відновлювану енергію. Ще в 2010 році природний газ коштував в ОАЕ менш ніж 2 долари США на мільйон британських теплових одиниць (MBTU). Сьогодні ціни імпорту газу знаходяться в діапазоні від 9 до 18 доларів США за MBTU [1]. На відміну від цього, ціни на модулі фотоелектричних систем знизилися більш ніж на 75% з 2008-го року.

ОАЕ отримує в середньому понад 10 годин сонячного випромінювання щодня, враховуючи, що в країні близько 350 сонячних днів на рік. Загальна сонячна енергія, що надходить, становить близько $6,5 \text{ кВт*год} / \text{м}^2 / \text{день}$, а пряме сонячне випромінювання становить $4\text{-}6 \text{ кВт*год} / \text{м}^2 / \text{день}$, залежно від місця та часу року [2]. Тому ОАЕ дуже привабливий для розвитку сонячної енергетики і мільярди дирхам будуть витрачені урядом Дубаю на виробництво чистої енергії, маючи намір до 2030 року встановити сонячні панелі на дахах усіх будівель. Влада планує створити фонд у розмірі 100 млрд. дирхам (27 млрд. дол.) для надання дешевих кредитів для інвесторів в екологічно чистий сектор Дубаю. Уряд Дубаю прагне отримати до семи відсотків своєї енергії з відновлюваних джерел до 2020 року, до 25 відсотків у 2030 році та 75 відсотків у 2050 році.

У сфері комунальних послуг в березні 2015 року DEWA (Dubai Electrical and Water Authority) також запустила схему обліку енергії отриману з відновлюваних джерел енергії, щоб заохотити компанії та приватних осіб до встановлення сонячних електростанцій на своїх дахах. Незважаючи на те, що схема на даний час є добровільною, сонячні панелі повинні стати обов'язковими для всіх будівель у Дубаї до 2030 року. [3]

Розглянемо економічну привабливість інвестицій в сонячну енергетику на прикладі розрахунку терміну окупності фотоелектричної станції на даху готелю Kempinski, розташованому в Бізнес-Бей, Дубай. На рис. 1 приведений план розміщення фотоелектричних панелей на даху готелю.

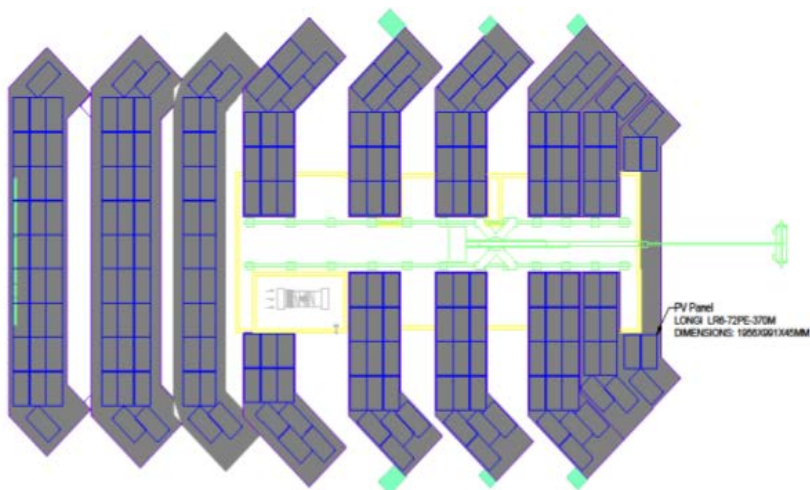


Рис. 1 - План розміщення фотоелектричних панелей на даху готелю.

Виходячи з плану, потужність фотоелектричної системи становить 81 кВт. Собівартість станції становить 77 тис. дол. США, використовуючи вартість 0.9 дол. за Вт встановленої потужності та податок 5% для Дубаю. Використовуючи спеціалізовану програму Helio Score розраховано виробітку електроенергії фотоелектричною системою, яка становить 140 000 кВт*год в рік. Для розрахунку заощаджень коштів системою використовуємо тариф на електроенергію, встановлений DEWA, який наведений в таблиці 1 [4].

Таблиця 1. Тариф на електроенергію у Дубаї

Споживання (кВт) / місяць		Тариф, грн.(usd)/кВт*год (*)
G	0-2000	2,26 (0,084)
Y	2001-4000	2,64 (0,098)
O	4001-6000	2,95 (0,109)
R	>6001	3,41 (0,126)

* - враховуючи паливний збір, введений в квітні 2019 року а також 5% ПДВ.

В залежності від тарифу система дозволяє заощаджувати різну кількість коштів, а саме: G – 11 769, Y – 13 720, O – 15 260, R – 17 640 дол. в рік. Розрахуємо термін окупності системи:

$$Ra = \frac{P}{A} = \frac{77000}{11769} = 0,15 ,$$

де P – вартість фотоелектричної системи (капіталовкладення); A – прибуток за рік.

Термін повернення інвестицій становить 6,65 року для тарифу G (0,084 дол. за кВт*год). Для інших тарифів термін повернення інвестицій дорівнює: Y – 5,55 року, O – 5 років, R – 4,4 року.

Література:

1.RenewableEnergyProspects: United Arab Emirates [Електронний ресурс] // IRENA. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_Remap_UAE_report_2015.pdf.

2.RenewableEnergyMarketAnalysis: GCC 2019 [Електронний ресурс] // IRENA. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Market_Analysis_GCC_2019.pdf.

3. 2.Planningfortherenewablefuture[Електронний ресурс] // IRENA. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA_Planning_for_the_Renewable_Future_2017.pdf.

4.DubaiElectricalandWaterAuthority: Tariff calculator - Режим доступу до ресурсу: <https://www.dewa.gov.ae/en/customer/services/consumption-services/tariff>.

УДК 534.8

**ДИНАМІКА НАГРІВАННЯ І ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ
ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ВИКОРИСТАННІ СОНЯЧНИХ І
ТРАДИЦІЙНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

**Л.А. Кирнос¹, В.П. Кучинський,² В.Ф. Рєзцов³, Т.В.
Суржик⁴**

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Г. Хоткевича 20 А
Email: larakirnos@gmail.com*

*В роботі представлено метод отримання рівняння
середньої температури в приміщеннях при використанні
сонячних і традиційних енергосистем.*

Ключові слова: нагрівання, приміщення,
температура.

**DYNAMICS OF THE HEATING AND COOLING IN
HOUSINGS DUE TO COMBINED USING OF HELIO AND
TRADITIONAL POWER SYSTEM**

L. Kyrnos, V. Kuchinsky, V. Ryeztsov, T. Surzhyk

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, 20 a, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094
Email: larakirnos@gmail.com*

*It is presented the method of the obtaining of the
equation for middle medium temperature in housing due to
combined using of solar and traditional power system.*

Keywords: heating, housing, temperature.

ORCID: ¹ 0000-0003-2503-3071, ² 0000-0001-9716-3516,
³ 0000-0001-8431-3968, ⁴ 0000-0002-1418-77-48.

В сучасних умовах зниження витрат енергії на опалення приміщень в житлово-комунальній і інших сферах є безумовно актуальним. Це завдання може бути вирішене при доповненні традиційних систем теплопостачання системами електро- та теплопостачання на основі відновлюваних джерел.

Одним з основних параметрів, який визначає кліматичний стан приміщень, є температура повітря, яка може змінюватись в часі і бути розподілена в об'ємі нерівномірно. Але в термінах абсолютних температур (по шкалі Кельвіна) просторова неоднорідність температури є незначною. Це дозволяє ввести усереднену по об'єму V

температуру повітря $T_{cp}(t) = \int_V T(t, x, y, z) dV / V$.

Метод переходу від моделі для $T(t, x, y, z)$ до моделі $T_{cp}(t)$ базується на методології просторового усереднення рівнянь в часткових похідних, розвинутої в роботах В.А. Марченко і Е.Я. Хрушова [1], до моделей, що описуються звичайними диференціальними рівняннями.

Сутність цієї методології для задачі, яка розглядається, полягає в наступному:

1. Розглядається вихідна математична модель нестационарного температурного поля у вигляді

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{q} = q_v, \quad (1)$$
$$\vec{q} = -\lambda \nabla T, \quad \rho, c_p - const,$$

де ρ, c_p, λ - густина, питома теплоємність та коефіцієнт теплової провідності; \vec{q} - густина теплового потоку; q_v -

густина об'ємного тепловиділення внаслідок поглинання сонячного випромінювання або іншими факторами.

2. До моделі (1) застосовується теорема Остроградського-Гауса (теорема про дивергенцію [2]), що призводить до звичайного диференційного рівняння відносно T_{cp}

$$\frac{dT_{cp}}{dt} = \frac{Q_+ - Q_s}{\rho c_p V}; \quad (2)$$

$$Q_t = \int_V q_v dV, \quad Q_s = \oint_S \vec{q} \cdot d\vec{s}.$$

Тут Q_+ - інтегральна позитивна потужність тепловиділення в об'ємі V , а Q_s - інтегральна потужність теплової енергії, яка передається теплообміном через огорожуючі конструкції (зокрема, стіни та вікна) в оточуюче середовище з температурою T_{oc} ($Q \rightarrow +npu T_{cp} > T_{oc}$; $Q \rightarrow -npu T_{cp} < T_{oc}$).

Відзначимо, що у випадку наявності вікон, величина Q_t внаслідок поглинання сонячного випромінювання в приміщенні визначається виразом

$$Q_t = \oint_S \vec{n}_\Sigma \cdot d\vec{s}. \quad (3)$$

Тут $\vec{\Pi}_\Sigma$ - сума векторів Умова-Пойнтинга для кожної з обраних частот сонячного випромінювання, оскільки величина омичного тепловиділення $q_v = \nabla \cdot \vec{\Pi}$ внаслідок поглинання для частоти ω .

На закінчення відмітимо, що характер залежності температури T_{cp} від часу t підтверджується натурним експериментом на прикладі нагрівання і охолодження повітря в локальному приміщенні (кімната в котеджному будинку площею 15 м^2 , об'ємом 45 м^3 і площею вікон 2 м^2 . Початкова середня температура приміщення складала 5°C і співпадала з температурою огорожувальних конструкцій (стін та підлоги) та оточуючого середовища. Останні практично не змінювалися в часі виконання експериментів. Нагрівання приміщення здійснювалось двома електронагрівачами потужністю 2 кВт кожний від температури повітря 5°C до 25°C .

Висновки:

1. Залежність (2) може бути рекомендована для визначення температури повітря в приміщенні будь-яких об'ємів, конструкції огороження і температури оточуючого середовища.

2. При відомих значеннях параметрів повітря і оточуючого середовища по значеннях ρ, c_p, Q_+ є можливим визначити величину Q_s і таким чином інтегральні параметри теплопередачі від повітря в приміщенні до оточуючого середовища.

Література:

1. Марченко В.А., Хруслов Є.А. Усредненные модели микронегоднородных сред. – Киев: Наук. Думка, 2005. – 550 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.; Наука, 1977. – 831 с.

УДК 620.92

НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОГО И РОССИЙСКОГО СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В.А. Бутузов,

*Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина, 350042, г. Краснодар,
ул. Садовая, 223, тел. 8(861)2517767,
e-mail: ets@nextmail.ru*

В докладе дан анализ советского и российского опыта реализации научных и инженерных решений солнечного теплоснабжения.

Ключевые слова: *солнечные коллекторы, гелиоустановки, солнечные дома, испытательные стенды, абсорберы.*

SCIENTIFIC CONCEPTS AND RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF THE SOVIET AND RUSSIAN SOLAR HEATING SUPPLY

V.A. Butuzov,

*Kuban state agrarian university of I.T. Trubilin,
350042, Krasnodar, 223 Sadovaya str., tel.: 8(861)254-16-19,
251-77-67, e-mail: ets@nextmail.ru*

The article analyzes the centenary Soviet and Russian experience in the implementation of scientific and engineering solutions for solar heating supply.

Keywords: *solar collectors, solar thermal stations, solar houses, testing facilities, absorbers.*

ORCID: 0000-0003-2347-9715.

Солнечное теплоснабжение является одной из наиболее развитых в мире технологий преобразований солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения и охлаждения. В 2017 году общая мощность систем солнечного теплоснабжения в мире составила 472 ГВт (675 млн. м²). В этом же году по экспертным данным в России эксплуатировалось 25 тыс. м² гелиоустановок, в том числе самая большая в г. Нариманов Астраханской области площадью 4400 м² [1].

Основоположник советской гелиотехники д.т.н., профессор Б.П. Вейнберг (Ленинград) выполнял исследования ресурсов солнечной энергии на территории СССР, разработку теоретических основ сооружения гелиоустановок. Одним из лидеров гелиотехники был к.т.н., Б.В. Петухов, в книге [2] которого были обоснованы основные конструктивные решения плоских солнечных коллекторов (СК). На основании десятилетнего опыта (1938-1948 гг.) он разработал методологию проектирования, строительства и эксплуатации гелиоустановок. В СССР на государственном уровне вопросы практического использования солнечной энергии были рассмотрены в 1949 г. на Первом Всесоюзном совещании по гелиотехнике в Москве [3].

Головной организацией солнечного теплоснабжения в СССР был Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН), начавший работать по гелиотехнике в тридцатые годы прошлого века. Высокими темпами гелиотехника стала развиваться в восьмидесятые годы в четырех основных научных центрах: московском, киевском, ташкентском и ашхабадском.

В ЭНИНе лаборатория гелиотехники была создана в сороковые годы под руководством д.т.н., профессора В.А. Баума по инициативе академика Г.М. Кржижановского. В восьмидесятые годы по идее заведующего этой лабораторией Ю.Н. Малевского была разработана и построена первая в СССР солнечная электростанция башенного типа мощностью 5 МВт в Крыму, а также там же была построена комплексная экспериментальная база по солнечному тепло-ихолодоснабжению. Самым компетентным специалистом по солнечному теплоснабжению в СССР был д.т.н. Б.В. Тарнижевский, который разработал основные конструкции СК и методики создания гелиоустановок [4].

Вторым научным центром гелиотехнических исследований в Москве был Институт высоких температур АН СССР, где под руководством члена-корреспондента РАН, д.т.н., профессора Э.Э. Шпильрайна и д.т.н. О. С. Попеля был построен первый в СССР солнечный дом в Армении, научный полигон «Солнце» в Махачкале, разработан Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России, стенды для испытаний солнечных коллекторов.[5].

В Московском энергетическом институте (МЭИ) вопросами солнечного теплоснабжения занимались д.т.н. В.И. Виссарионов, д.т.н. Б.И. Казанджан, к.т.н. М.И. Валов. Результаты исследований СК и гелиоустановок обобщены в книге [6]. В Московском инженерно – строительном институте (МИСИ) к.т.н. С.Г. Булкиным были разработаны термонеутральные СК (абсорберы без прозрачной и тепловой изоляции) для использования скрытой теплоты конденсации влаги и инее образования атмосферного воздуха. Всесоюзный институт легких сплавов (ВИЛС)

разработал и освоил производство СК со штампосварными алюминиевыми абсорберами.

Ведущей организацией СССР по проектированию гелиоустановок являлся институт Киев ЗНИИЭП, который разработал 20 типовых и повторно применяемых проектов гелиоустановок, проект самой большой в СССР гелиоустановки пансионата «Кастрополь» в Крыму площадью 1600 м². На заводе этого института производились солнечные коллекторы с абсорберами из алюминиевых труб. Теоретиками гелиотехники в Украине были д.т.н. М.Д. Рабинович, к.т.н. А.Р. Ферт, к.т.н. В.Ф. Гершкович. Они разработали Нормы проектирования установок солнечного горячего водоснабжения [7] и Рекомендации по их проектированию [8]. В Киевском инженерно – строительном институте исследованиями гелиоустановок занимался к.т.н. Н.В. Харченко [9].

Лидером научной школы гелиотехники Узбекистана с 1970 г является, д.т.н. профессор Р.Р. Аvezов. Он развивает в т.ч. методы эксергетического анализа плоских солнечных коллекторов, создания активных и пассивных систем солнечного отопления. Разработкой проектов гелиоустановок в Ташкентском архитектурно-строительном институте занимается к.т.н. Ю.К. Рашидов. В Ашхабаде в 1979 г. д.т.н. Р.Р. Байрамовым создан единственный в СССР Институт солнечной энергии.

В Грузии исследованиями, проектированием, изготовлением гелиоустановок занималось объединение «Спецгелиотепломонтаж» в Тбилиси под руководством д.т.н. Н.В. Меладзе. В Краснодарском крае под руководством д.т.н. В.А. Бутузова построено 110 гелиоустановок общей площадью 10 тыс. м², в том числе гелиоустановка площадью 600 м² в г. Усть-Лабинске.

Результаты исследований Бутузова В.А. обобщены в монографии[10].

В Бурятии проектированием, производством солнечных коллекторов и монтажом гелиоустановок занимался Центр энергоэффективных технологий в г. Улан-Уде под руководством Г.П. Касаткина. Им смонтировано 100 гелиоустановок общей площадью 4200 м², в т.ч. несколько воздушных гелиоустановок. Производством солнечных коллекторов в России занимались Ковровский механический завод (А.А. Лычагин), предприятие «Конкурент» в г. Жуковском Московской области (В.А. Шершнов), НПО «Машиностроение» в г. Реутов Московской области (Н.В. Дударев). В 2019 г солнечные коллекторы производят НПО «Машиностроение» и ООО «Новый Полюс» (Москва).

Литература:

1. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение: статистика мирового рынка и особенности российского опыта// Теплоэнергетика. 2018. № 10 С.1-11.
2. Петухов Б.В. Солнечные водонагреватели трубчатого типа.- М.-Л.: Госэнергоиздат. 1949. 78с.
3. Сессии, съезды, конференции, первое Всесоюзное совещание по гелиотехнике. [Электр.текст] Режим доступа: fs.nashaucheba.ru Дата обращения 15.05.2018.
4. Тарнижевский Б.В. Солнечный круг. Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского: Воспоминания старейших сотрудников / Аладьев И.Т. и др.// РАО «ЕЭС России». – М.: ЭНИН им. Г.М. Кржижановского. 2000. 205 с.
5. Попель О.С. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии – новый сектор современной энергетики и результаты работы. ОИВТ РАН Итоги и перспективы. Сборник статей, посвященных 50-летию ОИВТ РАН. – М.: Издательство ОИВТ РАН. 2010. С. 416-443.

6. Валов М.И., Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения – М.: Издательство МЭИ. 1991. 140 с.

7. ВСН 52-86. Установки солнечного горячего водоснабжения. – М.: Госгражданстрой СССР. 1987. 17 с.

8. Рекомендации по проектированию установок солнечного горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий. – Киев. КиевЗНИИЭП. 1987. 118 с.

9. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат. 1991. 208 с.

10. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. – М.: Теплоэнергетик. 2015. 304 с.

УДК 620.91

ІНТЕРАКТИВНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДАНИХ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

***В.Ф. Рєзцов¹, С.В. Матях², В.С. Бетін³,
Б.Ю. Шукер⁴,***

*^{1,2}Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
^{2,3,4}НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20А, 02094,
Україна, тел. +38(044) 206-28-09,
e-mail: renewable@ukr.net*

В роботі представлено геоінформаційну систему для відображення даних щодо параметрів потенціалу сонячної енергії та розміщення сонячного енергетичного обладнання на території України.

Ключові слова: сонячна енергія, сонячні теплові установки, фотоелектричні перетворювачі енергії, геоінформаційна система.

INTERACTIVE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR SOLAR ENERGY DATA IN UKRAINE

***V. Reztsov¹, S. Matyakh², V. Betin³, B. Shyker⁴,
Institute of Renewable Energy, National Academy of
Science of Ukraine, 20A, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine
02094, tel/fax: +38(044) 206-28-09,
e-mail: renewable@ukr.net***

The paper presents a geographic information system system for displaying data on the parameters of solar energy

potential and the location of solar energy equipment on the territory of Ukraine.

Keywords: *solar energy, solar thermal installations, photoelectric energy converters, geographic information system.*

ORCID: ¹0000-0001-8431-3968, ²0000-0002-1707-3519,
³0000-0002-4866-5939, ⁴0000-0002-7117-8880.

Сонячна енергетика є одним із перспективних напрямів використання енергії відновлюваних джерел на території України. Переваги використання енергії сонячної радіації у якості первинного місцевого енергоресурсу полягають у можливості використання на більшості ділянок поверхні Землі та в можливості безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації в теплову та електричну енергію.

Питомі енергетичні показники з надходження сонячної радіації є базовими при впровадженні сонячного енергетичного обладнання і використовуються в першу чергу проектувальниками об'єктів сонячної енергетики для вибору типу обладнання (сонячні теплові, фотоелектричні установки, тощо) та для встановлення їх оптимальної потужності для ефективного застосування в конкретній місцевості [1 - 4].

Для підвищення ефективності впровадження систем сонячного тепло- та електропостачання запропоновано реалізацію геоінформаційної системи для представлення даних щодо параметрів потенціалу сонячної енергії та розміщення сонячного енергетичного обладнання на території України, яка, на основі даних про надходження енергії сонячної радіації, дає змогу визначати параметри

сонячного теплового та фотоелектричного обладнання при їх впровадженні в різних регіонах України.

Інтерфейс являє собою web-сторінку з інтерактивною картою, де користувач може встановлювати відмітку у місці потенційного розміщення об'єкту сонячної енергетики для автоматичного встановлення відповідних параметрів потоків сонячної енергії, характерних в даній місцевості, для подальшої можливості розрахунку параметрів необхідного обладнання. Далі обирається тип енергетичного обладнання та очікувані характеристики, що дозволяє системі розрахувати конкретні показники необхідної установки та визначати доцільність використання обладнання в залежності від місця їх розміщення.

Web реалізація передбачає зручність використання системи на різних пристроях і апаратних платформах.

Усі введені дані зберігаються у базі даних. Це дозволяє отримувати статистичну інформацію у вигляді таблиць про усі установки на карті, їх географічні координати та параметри, а також кількість енергії, що може ними бути вироблена. Також присутня функція експорту цих даних, за допомогою якої користувач може експортувати дані з цієї таблиці з додатку до файлу, який можна відкрити за допомогою програми для роботи з електронними таблицями [5 - 7].

Використання геоінформаційної системи дає змогу ефективної якісної оцінки сонячного енергетичного потенціалу у конкретній місцевості та визначення типу і параметрів геліоустановок та фотоелектричного обладнання для їх максимально ефективного використання.

Практична реалізація перспектив широкомасштабного впровадження систем енергопостачання за рахунок використання енергії сонячної радіації вимагає урахування комплексу додаткових факторів для вибору раціональних промислових площадок розміщення фотоелектричних та геліоенергетичних станцій, зокрема екологічних, соціальних та економічних особливостей кожного з регіонів України.

Література:

1. Кудря С. О. *Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії – Підручник.* – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012.–495 с.
2. Даффи У.Дж., Бекман У.А. *Тепловые процессы с использованием солнечной энергии /Под ред. Ю.Н.Малевского – М., 1977.*
3. *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України.* Київ.: ТОВ "Віол Принт", – 2008. – 55 с.
4. Кидрук М.И. *Расчет потока солнечной радиации [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу: <http://progress21.com.ua/ru/news/energoberegayushchie-tehnologii-v-ukraine/item/330-raschet-potoka-solnechnoj-radiatsii>.*
5. Рєзцов В.Ф., Матях С.В., Кудреватих О.О. *Інтерактивна карта потенціалу сонячної енергії України // Відновлювана енергетика.* – 2018. – № 4 (55). – С. 34-42.
6. James R. Groff, Paul N. Weinberg, Andrew J. Oppel *SQL: The Complete Reference, 3rd Edition, McGraw-Hill Education.* – 2009. – 912 p.
7. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. *Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.*

УДК 621.311

**ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ДО
ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ
ЕНЕРГОСИСТЕМИ**

I. А. Бартецька,

*Вінницький національний технічний університет,
вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, 21021, Україна,
тел.: +38(068)519-89-07,
e-mail: bartetskayairina@gmail.com*

У роботі розглянуто умови функціонування фотоелектричних станцій відповідно новому закону «Про ринок електричної енергії України». Виділено проблеми, які ускладнюють експлуатацію фотоелектричних станцій в енергосистемі України. Запропоновано новий критерій оптимізації, мінімальне відхилення від прогнозованого графіка генерування.

Ключові слова: фотоелектрична станція, критерій оптимізації, сумісна робота, графік генерування.

**OPTIMIZATION OF WORK OF PHOTOELECTRIC
STATIONS FOR PROBLEMS OF PROVIDING BALANCE OF
ENERGY SYSTEM**

I. Bartetska,

*Vinnitsia National Technical University, 95 Khmelnytske
shose, Vinnitsia, Ukraine, 21021.*

The conditions of operation of photovoltaic stations in accordance with the new law "On the Electricity Market of Ukraine" are considered in the paper. The problems are highlighted which complicate the operation of photovoltaic

stations in the power grid of Ukraine. A new optimization criterion, the minimum deviation from the predicted generation schedule is proposed.

Keywords: *photovoltaic station, optimization criterion, joint work, generation schedule.*

Збільшення частки стохастичних джерел енергії в енергосистемі супроводжується виникненням додаткових ризиків, пов'язаних з їх імовірнісною природою і менш стабільними характеристиками, що може призвести до погіршення балансової надійності енергосистеми [1, с. 1493; 2, с. 786; 3, с. 57] та якості електроенергії [4, с. 17]. У зв'язку із необхідністю забезпечення балансової надійності енергосистеми необхідно створити ряд підходів та рекомендацій, використання яких дасть можливість реалізувати регульовані ВДЕ, як складові розподілених віртуальних електростанцій, що в свою чергу є стабільними джерелами електроенергії.

Однією з основних проблем в роботі нестабільних ВДЕ, зокрема сонячних електростанцій, є забезпечення балансової надійності енергосистеми, оскільки велика частка нерегульованих нестабільних джерел енергії в енергосистемі може призвести до її розбалансування. А зі сторони власників таких електростанцій суттєве відхилення графіка генерування від заявленого може призвести до значних збитків.

Для розв'язання проблеми похибки прогнозування пропонується здійснювати оперативне керування фотоелектричними станціями. Реалізація таких систем керування передбачає створення відповідних моделей оптимізації фотоелектричних станцій. Для цього пропонується ввести такий критерій оптимізації як

мінімальне відхилення від прогнозованого графіка генерування. Математично критерій оптимізації наведено формулою (1):

$$\int_{t_0}^{t_k} \Delta P_{dev}(t) dt \rightarrow 0, \quad (1)$$

де, $[t_0, t_k]$ – період часу, за який здійснюється генерування; ΔP_{dev} – відхилення потужності, яке визначається за виразом.

$$\Delta P_{dev} = P_{pr} - P_{real}. \quad (2)$$

де P_{pr} – прогнозоване значення потужності генерування; а P_{real} – поточне значення генерованої потужності.

Варто зауважити, що відхилення потужності може набувати, як додатніх так і від'ємних значень, що характеризуватиме перегенерування або недогенерування відповідно.

Відповідно до запропонованого критерію, задачу оптимізації слід розглядати для наступних трьох випадків:

1. Фотоелектрична станція, підключена до локальної електричної мережі без використання накопичувачів електричної енергії та без сумісної роботи із стабільним ВДЕ.

2. Фотоелектрична станція із накопичувачами електричної енергії.

3. ФЕС працює сумісно зі стабільним ВДЕ. Вирішення задачі оптимізації зводиться до оперативного керування сумісною роботою ВДЕ для забезпечення мінімального відхилення від сумарного графіка генерування ФЕС та стабільної ВДЕ.

Література:

1. Chowdhury A. A., *Reliability Modeling of Distributed Generation in Conventional Distribution Systems Planning and Analysis. IEEE Transactions on Industry Application.* 2003. Vol.39. No.5. P. 1493-1498. doi:10.1109/TIA.2003.816554.
2. Bae I., J. Kim, *Reliability Evaluation of Distributed Generation Based on Operation Mode. IEEE Transactions on Power Systems.* 2007. Vol.22. No.2. P. 785-790. doi:10.1109/TPWRS.2007.894842.
3. R. Medeiros, X. Xu, E. Makram, *Assessment of Operating Condition Dependent Reliability Indices in Microgrids. Journal of Power and Energy Engineering.* 2016. – No. 4. P. 56-66. doi:10.4236/jpee.2016.44006.
4. Kondo T, Jumpei Baba, Akihiko Yokoyama. *Voltage control of distribution network with a large penetration of photovoltaic generations using facts devices. Electrical Engineering in Japan.* 2008. Vol. 165. № 3. P. 16-28. doi:10.1002/eej.20499.

УДК 621.311

РАБОТА АВТОНОМНОЙ ФЭУ В РЕЖИМЕ МИНИМУМА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРОФИЛЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

С.В. Плаксин¹, Ю.В. Шкиль²

*Институт транспортных систем и
технологий НАН Украины «Трансмаг», Днепр.*

Рассмотрена задача повышения эффективности работы ФЭУ при оптимальной величине ёмкости накопителя для различной неравномерности поступления энергии формируемого следящей системой.

Ключевые слова: *фотоэлектрическая установка, накопление энергии, профили поступления и потребления, эффективность работы.*

OPERATION OF THE AUTONOMOUS PV SYSTEM IN THE MODE OF THE MINIMUM OF THE UNEQUALITY OF THE ENERGY ENTRY PROFILE

S.V. Plaksin¹, Yu.V. Shkil²,

*Institute of Transport Systems and Technologies «Transmag»
of the NAS of Ukraine, Dnepr*

The task of increasing the efficiency of the PV system at the optimal storage tank capacity for different non-uniformity of the energy input profile formed by the tracking system is considered.

Keywords: *photovoltaic installation, energy storage, intake and consumption profiles, work efficiency.*

ORCID: ¹0000–0001–8302–0186, ²0000–0002–8684–5906.

Эффективность работы автономной ФЭУ можно оценивать отношением оптимальной величины ёмкости накопителя к величине вырабатываемой энергии за рабочий период [1]. При соблюдении баланса и минимальной дисперсии профиля нагрузки оптимальная ёмкость накопителя тем меньше, чем меньше неравномерность профиля поступления солнечной энергии. Снизить неравномерность, например, можно в комбинированной ветросолнечной установке изменяя выработанную суммарную энергию установленными мощностями фотопанелей и ветроагрегата [2]. Возможен и другой подход, при котором формируется профиль поступления солнечной энергии посредством следящих систем (трекеров) по критерию отбора минимума неравномерности падающей энергии.

Анализ ежемесячной усреднённой радиации в течение года на площадку произвольного наклона и разного азимута для средних широт, представленного ресурсом НАСА, показывает, что отношение удельных значений энергий для разных направлений достигает двадцати раз. Наименьшей неравномерностью поступления равной 1,56 (как отношение макс. к мин. в течение месяца) обладает направление на Юг и вертикальной ориентацией приёмной площадки, а наибольшей неравномерностью, равной 14,5, обладает направление на Север и наклоном приёмной площадки 30°. Варьируя с помощью трекера разные наклоны и

направления можно значительно уменьшить неравномерность падающей энергии в течение рабочего периода работы установки, тем самым снижая требования к ёмкости накопителя.

Оценочные расчёты показывают, что следящий трекер с максимальной неравномерностью вырабатывает в два раза больше энергии, чем "оптимальный" трекер с минимальной неравномерностью, но второй даёт выигрыш для ёмкости накопителя от 20 до 30 раз.

Выводы. Полученные в результате проведенной работы данные позволяют прогнозировать повышение эффективной работы ФЭУ за счёт формирования профиля с малой неравномерностью поступления солнечной энергии посредством трекеров, что влечёт за собой существенное снижение оптимальной величины ёмкости накопителя.

Литература

1. Дзензерский В.А., Плаксин С.В., Хачапуридзе Н.М., Тарасов С.В., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Определение рациональной величины ёмкости аккумулятора-накопителя автономной энергетической установки. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття», смт. Миколаївка, 16-20 вересня 2013 року, КРИМ-2013. – С.161-162.

2. Плаксин С.В., Салтыков М.А., Шкиль Ю.В. Снижение неравномерности выработки энергии комбинированными ветро-солнечными установками. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті», Київ, 27-29 вересня 2017 року. – С.238-241.

УДК 620.97+621.314

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА СИСТЕМА СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ В СТРУКТУРІ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

**С.В. Котелевець¹, Д.В. Тугай², С.І. Корнелюк,
О.О. Шкурпела**

*Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова, вул. Маршала
Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна,
тел.: +38(095)420-17-46, e-mail: kotelevets1@gmail.com*

В роботі представлено спосіб побудови системи керування перетворювальною системою локальної фотоелектричної станції, що дозволяє одночасно з режимом генерації енергії відновлюваного джерела реалізувати режим активного компенсатора не змінюючи топології силової частини.

Ключові слова: *система електропостачання, інвертор, силовий активний фільтр, сонячна фотоелектрична станція, енергоефективність*

ENERGY EFFICIENT CONVERTING SYSTEM OF SOLAR PHOTOVOLTAIC STATION IN THE STRUCTURE OF LOCAL ENERGY SUPPLY SYSTEM

S. Kotelevets¹, D. Tugay², S. Korneliuk, O. Shkorpela
*O.M. Beketov National University of Urban Economy in
Kharkiv, 17 Marshala Baganova str., Kharkiv, Ukraine, 61002*

The method for constructing a control system for the power converter of a local photovoltaic station, which allows simultaneously with the energy generating mode of a

renewable source to implement the active compensator mode without changing the topology of the power part, is presented.

Keywords: *energy supply system, inverter, power active filter, solar photovoltaic station, energy efficiency*

ORCID:¹ 0000-0002-9161-2648, ²0000-0003-2617-0297.

Робота фотоелектричних сонячних станцій паралельно з мережею живлення нормується стандартами щодо якості електричної енергії в точці приєднання. В локальних об'єктах електропостачання ця проблема стоїть найбільш гостро внаслідок впливу не тільки сонячної електростанції але й режимів роботи споживача на якість електроенергії [1]. Більшість мережевих силових інверторів, що представлені на ринку перетворювального обладнання для фотоелектричних станцій, не запрограмовано на вирішення цієї комплексної проблеми [2]. На наш погляд це значний недолік недовикористання можливостей перетворювального обладнання, оскільки топології силової частини транзисторного інвертора напруги і силового активного фільтра (САФ) збігаються.

Метою роботи є створення алгоритму керування перетворювачем сонячної фотоелектричної станції стандартної топології, що одночасно з функцією генерації енергії відновлюваного джерела до мережі живлення здатний підтримувати функцію силового активного фільтрокомпенсуючого пристрою.

Перетворювальне обладнання фотоелектричних сонячних електростанцій зазвичай обирається з певним запасом за струмом та напругою і розраховується на роботу в режимі максимальної генерації, що відповідає максимуму сонячної інсоляції для кліматичної зони, де

буде експлуатуватися електростанція. Для помірної кліматичної зони максимум сонячної інсоляції досягається в поодиноких випадках, що вказує на потенційну можливість додаткового використання перетворювального обладнання в якості фільтрокомпенсуючого пристрою. На рисунку 1 представлено структурну схему локальної системи електропостачання, що включає масив фотоелектричних модулів (SB), мережевий інвертор, виконаний на базі підвищуючого DC/DC перетворювача і NPS інвертора, промислову мережу 380 В, 50 Гц і навантаження (Load).

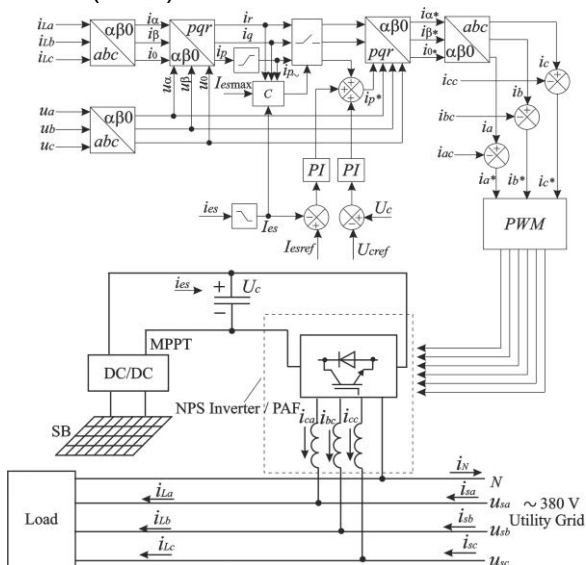


Рис. 1. Структурна схема локальної СЕ

Робота NPS інвертора контролюється векторною системою авторегулювання, характерною для САФ, що синтезована на основі *pqr*-теорії потужності [3]. Після послідовного перетворення просторових координат $abc \rightarrow \alpha\beta 0 \rightarrow pqr$ відносно фазних струмів навантаження, а

також фільтрації змінної складової струму за віссю p (i_p), формується завдання за струмами в pqr координатах. В розрахунок завдання за струмом i_p додаються два сигнали, що надходять з незалежних регуляторів – напруги на конденсаторі ланки постійного струму перетворювача і струму генерації фотоелектричних панелей. Якщо електростанція працює в режимі, близькому до максимальної генерації на вхід блоку завдання надходить сигнал за струмом генерації тільки з останнього регулятора. Тобто перетворювач працює як стандартний мережевий інвертор, віддаючи енергію фотоелектричної станції до промислової мережі. Як тільки виконується нерівність

$$\sqrt{I_{es}^2 + I_c^2} \leq I_{es\max}, \quad (1)$$

де I_{es} – поточний струм генерації; $I_{sb\max}$ – максимальний струм генерації;

$$I_c = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} (i_{p\sim}^2 + i_q^2 + i_r^2) dt} - \quad (2)$$

струм компенсатора, компаратор (C) перемикається і до сигналу завдання додається завдання за струмами компенсатора.

Література:

1. Шавьолкін О.О., Левченко Д.О. Трифазний перетворювальний агрегат з фотоелектричною сонячною батареєю для комбінованих систем електроживлення//Технології та дизайн.–2018.–№4(29).–С.1–10.
2. Tsao-Tsung Ma. Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters //Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2012 Vol II, IMECS 2012, March 14-16, 2012, Hong Kong. – pp. 996-1001.
3. Тугай Д.В., Колонтаєвський Ю.П., Котелевець С.В., Савчук, Є.С. Моделювання режимів роботи сонячної електростанції в Smart Grid системі електропостачання//Світлотехніка та електроенергетика. – 2017. – №. 3. – С. 16-24.

УДК 621.472

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ТА ВПЛИВ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

М.М. Бордаков, аспірант

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ,
e-mail: m.m.bordakov@gmail.com*

Контроль реактивної потужності можна вважати однією з найменш досліджених проблем в фотоелектричній промисловості, він може дати ключ до значного збільшення прибутку власників промислових сонячних електростанцій.

В даній статті описується вплив компенсації реактивної потужності на промисловий ФЕС потужністю за технічними умовами 9 МВт. Інверторне обладнання : Kstar 500 KВт, сонячні панелі Talesun 270 Вт. В ДСТУ 8635:2016 є вимоги що до можливості регулювання реактивної потужності промисловими СЕС. Відповідно до даного стандарту промислова СЕС має регулювати свій коефіцієнт потужності від 0.8 до 1 відповідно до вимог центральної мережі. Також, в даній статті описується вплив компенсації реактивної потужності на якість електричної енергії лінії 35 кВ. Відповідно до постанови НКРЕКП від 14.03.2018 №312, про правила розрахунку за реактивну потужність, клієнт має відшкодовувати енерго-передаючій компанії збитки за перетікання реактивної потужності.

Ключові слова: реактивна потужність, напруга, коефіцієнт нелінійних спотворень, активна потужність, коефіцієнт потужності, динамічне регулювання.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER BY INDUSTRIAL SOLAR POWER PLANT AND INFLUENCE ON THE ELECTRIC NETWORK

M.M. Bordakov, postgraduate student
*Institute of Renewable Energy of the National Academy of
Sciences of Ukraine,*
02094, 20A Hnata Khotkevycha St., Kyiv,
e-mail: m.m.bordakov@gmail.com

The control of reactive power can be considered one of the least investigated problems in the photoelectric industry, it can give the key to a significant increase in the profit of owners of industrial solar power plants.

This article describes the effect of compensation of reactive power on the industrial FES power at the technical conditions of 9 MW. Inverter equipment: Kstar 500 kW, solar panels Talesun 270 W. In "ДСТУ 8635: 2016" there are requirements for the possibility of regulation of reactive power by industrial SES. In accordance with this standard, the industrial SES must adjust its power factor from 0.8 to 1 in accordance with the requirements of the central network. Also, this article describes the effect of compensation of reactive power on the quality of electric energy in the 35 kV line. Also, in accordance with: the NERC regulation dated March 14, 2018, No. 312, on the rules for calculating reactive power, the client shall compensate the energy-transmitting company for losses due to the flow of reactive power.

Keywords: reactive power, voltage, coefficient of non-linear distortions, active power, power factor, dynamic regulation.

ORCID: 0000-0002-2890-5632.

Вступ. В сучасній термінології електричних мереж є поняття: активної "P" та реактивної "Q" потужності. Під поняттям активної потужності розуміють потужність яка йде на виконання активної роботи (нагрів теплоелектричного

нагрівача, свічіння лампи розжарювання). Поняття реактивна потужність з'явилося, коли людство почало використовувати змінний струм. Цей термін розуміє в собі енергію, яка йде на живлення реактивних споживачів (конденсаторні батареї, електродвигуни). Реактивна потужність системи характеризується коефіцієнтом потужності. При проходженні реактивного споживача струм системи починає відставати чи випереджати напругу у часі (в залежності від характеру навантаження: індуктивне чи ємнісне). Обчисливши косинус кута даного відставання ми отримаємо коефіцієнт потужності. На рис. 1 показано як відбувається дане часове відставання.

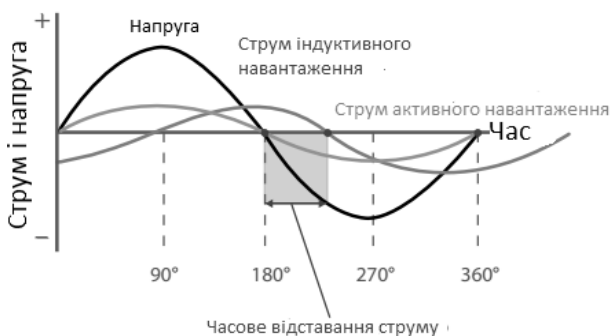


Рис. 1. Проходження струму через індуктивне навантаження

Електрична мережа зазвичай має коефіцієнт потужності приблизно рівний 0.95-0.99, його часто прирівнюють до 1. Кожен увімкнений споживач несе свій вклад у величину даного коефіцієнта.

Схема увімкнення ФЕС у точку обліку і причини споживання ФЕС реактивної потужності. Сучасні інвертори мають коефіцієнт потужності 1. Тобто, вони генерують тільки активну складову потужності. Але, при роботі ФЕС споживання реактивної складової завжди присутнє. Це пов'язано з тим, що інвертори вмикаються в високовольтну мережу через трансформатори. Коли ФЕС починає генерувати більшу енергію в мережу

споживання реактивної потужності збільшується, бо при проходженні більшого струму через трансформатор, зростає реактивна енергія спожита трансформатором. Індуктивна складова опору трансформатора є сталою, тому величина реактивної потужності залежить від струму генерації ФЕС. Розглянемо повний опір кола змінного струму:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$

де Z – повний опір кола, X_L – індуктивна складова опору, X_C – ємнісна складова опору, R – активна складова.

Ємнісна складова в трансформаторі майже нульова, тому нею нехтують. Тоді реактивна складова опору трансформатора матиме індуктивний характер. Реактивна потужність становитиме:

$$Q = I^2 \cdot X_L,$$

де I – струм, який проходить через трансформатор.

Даний струм дорівнює струму генерації ФЕС. Далі розглянемо ФЕС побудовану в Херсонській області на території селища Миролюбівка. В роботі розглядаються лише дві інверторні станції даної ФЕС. Потужність однієї інверторної станції 2 МВт. Сумарна потужність гілки ФЕС 4 МВт. Кожна інверторна станція має по 4-ри інвертори: KSTAR GSL 500. Потужність одного 500 кВт по стороні змінного струму. Кожна інверторна станція має трансформатор. Характеристики трансформатора: потужність 2500 кВА, напруга: 315/35000, схема підключення трикутник-трикутник. На рис 3. показано схему гілки ФЕС, яку розглядаємо.

Опис алгоритму керування реактивною потужністю. Даний інвертор має в собі запас регулювання реактивної потужності. Також додатково інвертор може регулювати реактивну потужність за допомогою свого коефіцієнта потужності. При використанні другого режиму інвертор зменшує свою активну потужність. Тому на даній ФЕС регулювання відбувається за допомогою вбудованого

запасу. Інвертори отримують команду що до значення реактивної складової в точці, приєднання до мережі і компенсують її значення. Частота обробки даного процесу 1 с.

За рахунок цього алгоритму мінімізовано споживання станцією реактивної потужності.

Порівняння показників аналізу мережі 35 кВ з компенсацією і без компенсації реактивної потужності. Розглянемо два дні роботи ФЕС: 12.10.2018 і 13.10.2018. Компенсацію реактивної потужності було запущено 13.10.2018. На рис. 4 показано графіки реактивної потужності для двох днів. Генерація ФЕС в дані дні була однакова. По це свідчать дані з лічильника та метеопоста.

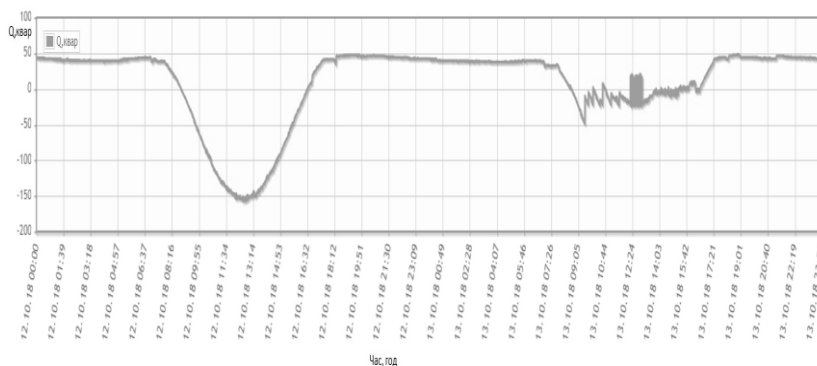


Рис. 3 Графіки реактивної потужності за період дослідження

За даними з лічильника дана гілка спожила 80 квар·год реактивної потужності за 13.10, а за 12.10 750 квар·год.

Розглянемо вплив компенсації реактивної потужності на лінійну напругу мережі 35 кВ. В Таблиці 1. Наведено дані напруги по кожній фазі до увімкнення функції компенсації. В таблиці 2. наведено зміну напруги при компенсації реактивної потужності. Порівняння напруги проводиться між вихідними, так як це пов'язано з графіком навантаження енергосистеми.

Висновки по роботі. Оброблені результати свідчать про те, що використання компенсації реактивної потужності зменшує кількість генерованої реактивної енергії в мережу, що призводить до зменшення збитків для власника станції та чинить позитивний вплив на стан центральної електромережі.

Література:

1. Постанова НКРЕКП №312 від 14.03.2018. URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=31833>.
2. ДСТУ 8635:2016. Площини для фотоелектричних станцій приєднання станцій до електроенергетичної системи. URL: <http://eom.com.ua/index.php?action=downloads;sa=downfile&id=3656>.
3. Reactive Power Interconnection Requirements for PV and Wind Plants. Recommendations to NERC. URL: <https://prod-ng.sandia.gov/techlib-noauth/access-control.cgi/2012/121098.pdf>.
4. Brown T. Transmission network loading in Europe with high shares of renewables. IET Renewable Power Generation. Jan. 2015. Vol. 9. No. 1. Pp.57-65.
5. GB/T19964-2012. Photovoltaic power plant power system access technical requirements. Beijing. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of Peoples Republic of China. China National Standardization Management Committee. 2012.
6. Campbell M., Aschenbrenner P., Blunden J., Smeloff E., Wright S. The drivers of the leveled cost of electricity for utility-scale photovoltaics. SunPower Corp. 200 p.
7. Zhou J. and Gole A. VSC transmission limitations imposed by AC system strength and AC impedance characteristics. in Proc. 10th IET International Conference on AC and DC Power Transmission (ACDC). 2012. Pp. 1-6.
8. Collins L. and Ward J. Real and reactive power control of distributed PV inverters for overvoltage prevention and increased renewable generation hosting capacity. Renewable Energy. 2015. Vol. 81. Pp. 464-471.
9. Utility-scale solar photovoltaic power plants-A project developers guide. International Finance Corporation (IFC). 2015.
10. Molina-Garcia A., Mastromauro R. A., Garcia-Sanchez T., Pugliese S., Liserre M., Stasi S. Reactive power flow control for PV inverters voltage support in LV distribution networks. IEEE Trans. Smart Grid. Jan. 2017. Vol. 8. No. 1. Pp. 447-456.

УДК 621.311

ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАФІКА ГЕНЕРУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА НАСТУПНУ ДОБУ

**О.А. Ковальчук¹, П.Д. Лежнюк², В.О. Комар³,
С.В. Кравчук⁴,**

**¹ТОВ «Енергоінвест» (м. Вінниця),
^{2,3,4} Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021,
тел.: +38(093)935-19-29, e-mail: sv.kravchuk@ukr.net**

В роботі запропоновано розроблену математичну модель прогнозування генерування фотоелектричних станцій на добу наперед. Модель розроблено на базі математичного апарату нейронних мереж.

Ключові слова: фотоелектрична станція, генерування, прогнозування

FORECASTING HOURLY PHOTOVOLTAIC GENERATION ON DAY AHEAD

**O.A. Kovalchuk¹, P.D. Lezhniuk², V.O. Komar³,
S.V. Kravchuk⁴,**

**¹Ltd «Energoinvest» (city Vinnisia),
^{2,3,4}Vinnitsa National Technical University,
Khmelnitsky highway, 95, Vinnytsya, 21021,
tel.: +38 (093) 935-19-29, e-mail: sv.kravchuk@ukr.net**

The paper proposes a developed mathematical model for predicting the generation of photovoltaic stations one day in advance. The model is based on the mathematical apparatus of neural networks.

Keywords: *photovoltaic station, generation, forecasting.*

ORCID: 20000-0002-9366-3553.

Запропоновані метеорологічні параметри використовуються, як вхідні дані для нейронної мережі [1,2]. Оскільки нейронні мережі повинні адаптуватися до геолокації і мати можливість повторно навчатися для інших станцій, використовуємо алгоритм зворотного поширення помилки. Основна ідея цього методу полягає в поширенні сигналів помилок з мережевих виходів на його входи, у зворотному напрямку до прямого поширення сигналів в нормальному режимі роботи. Щоб мати можливість застосувати метод зворотного поширення помилки, передатна функція нейронів повинна бути диференційованою [3]. Даний метод є модифікацією класичного методу градієнтного спуску. Нейронна мережа матиме наступний вигляд див. рис.1.

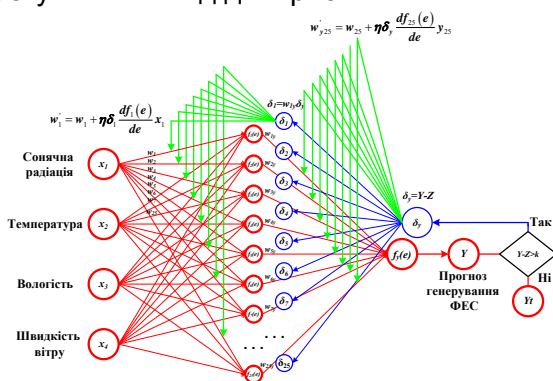


Рис. 1. Нейронна мережа для прогнозування генерування ФЕС на наступну добу

Емпіричним шляхом встановлено, що оптимальна кількість нейронів для точного прогнозу – 25, $i=1..25$, що мають гіпертангенсову функцію їх активації:

$$f(e) = th \frac{s}{\alpha} = \frac{e^{\frac{s}{\alpha}} - e^{-\frac{s}{\alpha}}}{e^{\frac{s}{\alpha}} + e^{-\frac{s}{\alpha}}}, \quad (1)$$

де s – вихід суми нейрона, а α – постійна.

Таким чином, результат активації першого нейрона буде мати значення y_1 , що дорівнює:

$$y_1 = f_1(w_{(x_1)} \times x_1 + w_{(x_2)} \times x_2 + w_{(x_3)} \times x_3 + w_{(x_4)} \times x_4). \quad (2)$$

Аналогічно вона може бути записана для інших нейронів. Для з'єднання прихованого шару з початковим значенням (передбачена генеруюча потужність) Y . Використовуємо відповідні вагові коефіцієнти для прикладу першого отриманого нейрона і початкове значення розвитку нейрона:

$$y = f_y(y_1 \times w_{1y} + y_2 \times w_{2y} + y_3 \times w_{3y} + \dots + y_{25} \times w_{25y}). \quad (3)$$

Оскільки за першу ітерацію практично неможливо досягнути бажану точність, використовується алгоритм зворотнього поширення похибки. В основу якого покладено метод корекції вагових коефіцієнтів нейронів. Обчислюється похибка і на її основі робиться зворотній хід, який полягає в послідовній зміні ваги нейронів мережі, починаючи з ваг вихідних нейронів.

Значення ваг будуть змінюватися в напрямку, який дасть нам найкращий результат. У розрахунку ми використовуємо метод знаходження дельта $\delta y = Y - Z$, Z – бажане значення, оскільки це найпростіший і найбільш зрозумілий спосіб. Також використовується стохастичний метод оновлення вагових коефіцієнтів.

Для кожної ітерації алгоритму зворотнього поширення похибки зважені коефіцієнти нейронної мережі змінюються для зменшення помилки моделі. Таким чином на кожній ітерації вирішується одно критеріальна задача.

Така модель розробляється на кожну годину, для якої необхідно виконати прогноз. Результати прогнозу для однієї години показані на рис. 2.

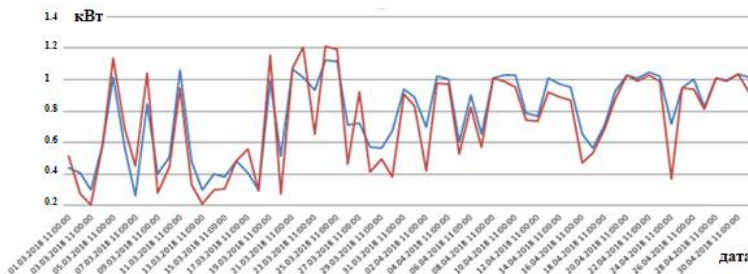


Рис. 2. Результати прогнозування для однієї години.

На основі визначених метеопараметрів, розроблено метод погодинного прогнозу генерування фотоелектричних станцій на добу наперед. Такий чином, забезпечує точність погодинного прогнозу генерування ФЕС на рівні 80%.

Література:

1. Petro D. Lezhniuk, Vyacheslav O. Komar, Sergiy V. Kravchuk, Vladyslav O. Lesko, Volodymyr V. Netrebskiy " Meteorological Parameters Analysis for Hourly Forecast of Electricity Generation by Photovoltaic Power Station on the Day Ahead" 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), pp. 235-239, 2018.
2. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями: монографія // Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Лесько В.О., Нетребський В.В. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 136 с.
3. Y. Chu, M. Li, H.T.C. Pedro, C.F.M. Coimbra, Real-time prediction intervals for intra-hour DNI forecasts, Renew. Energy 83 (2015a) 234-244.

УДК 535.3:621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОМОДУЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОГО ЗАТЕНЕНИЯ

А.Н. Гаевская,

*НТУУ «Киевский политехнический институт имени
Игоря Сикорского», пр. Победы, 37, Киев, 03056 Украина,
тел.: +380442048233, e-mail: ann.gaevskaya@gmail.com*

*Выполнено моделирование многоступенчатых ВАХ
фотомодулей в условиях частичного затенения.
Предложенная модель использована для определения
параметров фотомодулей в полевых условиях.*

Ключевые слова: *фотоэлектрические модули,
затенение фотомодуля, аппроксимация ВАХ фотомоду-
ля.*

SIMULATION OF THE CURENT-VOLTAGE CHARACTER- ISTICS OF PV MODULES UNDER PARTIAL SHADING

A. Gaevskaya

*NTUU "Igor Sykorsky Kyiv Polytechnic Insti-
tute", Peremogy pr., 37, Kyiv 3703056, Ukraine, tel:
380442048233, e-mail: ann.gaevskaya@gmail.com*

*The simulation of multistep CVC of PV modules under par-
tial shading was performed. The proposed model is used to
determine the parameters of PV modules in the field.*

Keywords: *PV modules, partial shading of PV module,
approximation of PV module CVC.*

ORCID: 0000-0001-7760-6789.

Параметры фотомодулей (ФМ) в реальных условиях эксплуатации при различных условиях освещенности могут существенно отличаться от паспортных параметров, определяемых производителем в стандартных тестовых условиях (Standard Test Conditions, STC). Этот факт должен учитываться при построении адекватных моделей для компонентов ФЭС, работающих при изменяющихся внешних условиях, а также при решении задач прогнозирования выработки электроэнергии.

Основные параметров ФМ: точки максимальной мощности (MPP) и сопротивления потерь могут достаточно точно определяться из ВАХ фотомодулей, промоделированных с помощью аппроксимирующих функций, по экспериментальным данным, полученным в полевых условиях.

ВАХ полностью освещенного ФМ имеет вид, показанный на рис.1. Характерные точки, для которых обычно приводятся производителями паспортные данные: напряжение холостого хода (U_{oc}), ток короткого замыкания (I_{sc}) и точка максимальной мощности (MPP). Эти точки зависят от внешних параметров: интенсивность радиации влияет на величину выходного тока, а температура – на выходное напряжение солнечного элемента.

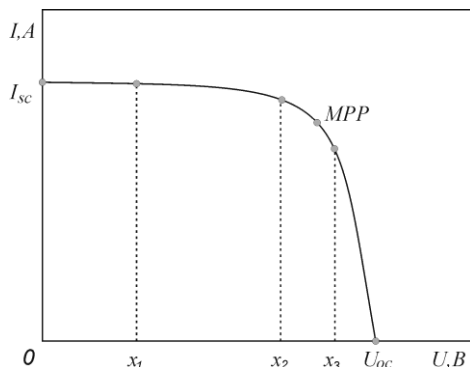


Рис.1. Вольтамперная характеристика ФМ без затенения

Моделирование с помощью различных классов функций (экспоненциальных, сплайнов, нейронных сетей и др.) описано в ряде работ [1,2]. В данной работе предлагается кусочно-полиномиальная аппроксимация ВАХ ФМ в отсутствии затенения с точками сшивания аппроксимант, показанными на том же рисунке. Точка x_1 находится на участке i_{sc} – MPP на конце линейного отрезка вблизи i_{sc} . Точка x_2 расположена левее точки MPP, а x_3 – правее MPP.

По полученным в результате аппроксимации значениям параметров кривых можно приближенно оценить значения параметров r_s (эквивалентное последовательное сопротивление серии) и r_p (параллельное сопротивление).

Результаты эксперимента и аппроксимации для поликристаллического кремниевого ФМ Kvazar KV-100W, расположенного в альбомной ориентации, при различных степенях нижнего затенения (от 0% до 100%) приведены на рис. 2. При наличии затенения наблюдается ступенчатое падение тока при увеличении нагрузки, связанное со снижением проводимости затененных ячеек, падением тока в них и шунтированием их обводным диодом, что приводит к падению мощности генерации ФМ

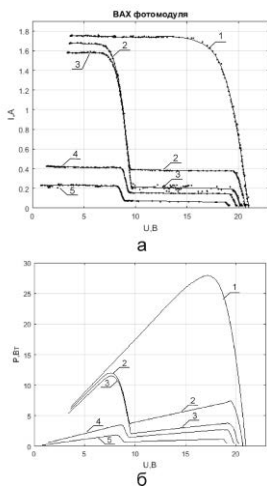


Рис.2. Результаты эксперимента и аппроксимации: а - вольт амперная характеристика; б – зависимость мощности генерации от напряжения нагрузки

В работе использовался ФМ с двумя обводными диодами. Соответственно ВАХ представляется двухступенчатой кривой, а кривая

мощности имеет два максимума. Проблема состоит в выборе корректного способа разбиения ВАХ на суперпозицию двух одноступенчатых кривых, описываемых однодиодными схемами замещения. Результаты аппроксимации ВАХ позволяют получить аналитические выражения для кривых $I(V)$, и использовать их в дальнейших расчетах, например, при определении параметров ФМ [3]: i_0 , A , r_s , r_p , i_{ph} при различных степенях затенения.

Результаты аппроксимации апробированы на больших массивах данных, полученных в реальных условиях эксплуатации, и показали хорошее совпадение с экспериментальными кривыми на уровне среднеквадратичных отклонений ~ 0.002 . Предложенный алгоритм реализован в среде MATLAB в виде программного компонента автоматизированной системы определения параметров ФМ в полевых условиях в реальном времени [4].

Література:

1. Ali M. Humada, M. Hojabri, S. Mekhilef, and H.M. Hamada. Solar cell parameters extraction based on single and double-diode models: A review.// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 494–509, 2016.
2. А.Ю. Гаевский, А.Н. Гаевская. Метод определения оптимального угла наклона и ориентации фотозлектрических модулей на основе экспериментальных данных солнечной радиации. // *Альтернативная энергетика и экология*. №13-15, 2018.
3. Gaevskii A., Method for determining parameters of PV modules in field conditions.// 2019 IEEE 6-th International Conference on Energy Smart Systems (in press).
4. О.Ю. Гаевський. В.Ю. Іванчук, І.О. Корнієнко. Автоматизована система оперативного визначення параметрів фотоелектричних модулів в реальних умовах експлуатації. // *Відновлювана енергетика*. – 2019 (в друку).

УДК 620.92:621.311.243

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В.Ю. Іванчук¹, І.О. Корнієнко², О.Ю. Гаєвський³
^{1,2,3}НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря
Сікорського», пр-т Перемоги, 37, м. Київ 03056, Україна,
^{1,3}Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Г. Хоткевича 20а, м. Київ 02094, Україна
e-mail: a.gaevskii@kpi.ua,

Розроблено прилад, чисельний метод та програмне забезпечення для визначення параметрів фотомодуля в польових умовах, які дозволяють проводити діагностику та тестування фотомодулів, прогнозувати термін їх служби, а також визначати вплив затінення на виробіток електроенергії фотоелектричних станцій.

Ключові слова: фотоелектричний модуль, визначення параметрів фотомодулів, діагностика фотомодулів.

SYSTEM FOR OPERATIVE MEASUREMENTS OF PV MODULE PARAMETERS IN ACTUAL OPERATING CONDITIONS

V. Ivanchuk^{1,2}, I. Korniienko¹, O. Y. Gaevskii^{1,2}
¹ NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Peremohy
Av. 37, Kyiv 03056, Ukraine
² Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, H. Khotkevicha str., 20a, Kyiv 02094, Ukraine,
e-mail: a.gaevskii@kpi.ua,

A device and software were developed for determining the PV module parameters in actual operating conditions, which allow diagnostics and testing of PV modules, predict

their service life, and determine the effect of shading on yield of PV plants.

Keywords: *PV module, determination of PV module parameters, diagnostics of PV module.*

ORCID: ³0000-0001-6144-2441.

В даній роботі побудований вимірювальний прилад (Рис.1) на основі мікроконтролерної плати Arduino Mega 2560, який дозволяє вимірювати вольт-амперну характеристику (ВАХ) фотомодулів (ФМ) за методом змінного опору навантаження. Для цього створено магазин опорів, розрахований на ФМ максимальної потужності до 300 Вт, який керується системою електромагнітних реле і здійснює ступінчасту зміну навантаження від 0 до 640 Ом. Дані струму та напруги ФМ обробляються системою на основі зовнішнього 16-розрядного АЦП, що суттєво підвищує точність вимірювань.

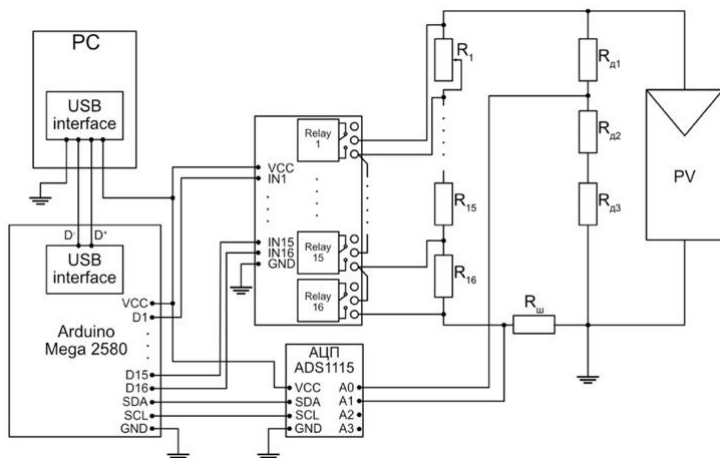


Рис. 1. Електрична схема вимірювального пристрою.

Першим етапом обробки експериментальних даних є сортування пар значень (V , I) і апроксимація ВАХ на певних відрізках поліномами від 1-го до 4-го ступеня. В результаті отримується гладка неперервно-диференційована функція $I(V)$, що використовується для визначення параметрів ФМ. За отриманими результатами апроксимації визначаються струм короткого замикання, напруга холостого ходу, точка максимуму потужності. Обчислюються кути нахилу ВАХ в області короткого замикання і холостого ходу та пов'язані з ними динамічні провідності. Цих величин досить для однозначного визначення параметрів однодіодної схеми заміщення ФМ за розробленим в [1] методом рішення системи нелінійних рівнянь, який не потребує завдання початкових значень параметрів ФМ. Результатом роботи системи являються значення набору параметрів $\Theta = \{I_{ph}, I_0, R_s, A\}$, де I_{ph} – фотострум, I_0 – зворотний струм насичення діода, R_s – послідовний та паралельний еквівалентні опори втрат, A – коефіцієнт неідеальності діода

Як приклад наведемо результати вимірювань (Рис.2) та розрахунків параметрів при інтенсивності радіації 840 Вт/м² двох фотомодулів: полі-Si KvazarKV100W

$I_{ph} = 5.73 \text{ A}$, $I_0 = 2.05 \cdot 10^{-10} \text{ A}$, $R_s = 0.47 \text{ }\Omega$, $R_p = 132.33 \text{ }\Omega$, $A = 1.99$

та моно-Si SunRiseSR 100W

$I_{ph} = 4.69 \text{ A}$, $I_0 = 5.54 \cdot 10^{-12} \text{ A}$, $R_s = 0.48 \text{ }\Omega$, $R_p = 102.59 \text{ }\Omega$, $A = 1.72$

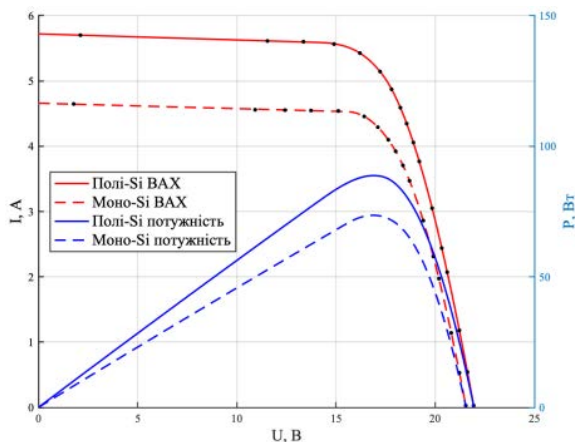


Рис. 2. BAX і потужність фотомодулів з полі-кремнію Kvazar KV-100W і моно-кремнію SunRise SR 100W.

Створений пристрій був також використаний для дослідження параметрів ФМ при різних ступенях затінення модулів. При цьому було отримано залежність параметру втрат R_{oc} від ступені затінення s (Рис.3) Величина опору втрат R_s із зростанням s збільшується скоріше, ніж ступень затінення.

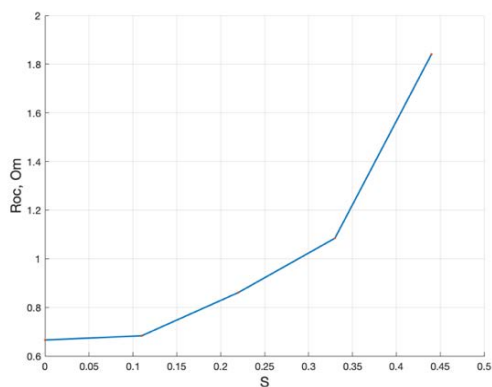


Рис. 3. Вплив ступеня затінення на омичні втрати R_s .

Вимірювальна система дозволяє проводити тестування та діагностику поточного стану фотомодулів, а також визначати фактичні електричні параметри фотомодулів, які необхідні для діагностики поточного стану ФМ, визначення дефектних модулів в масивах, прогнозування терміну служби ФМ.

Література:

1. A. Gaevskii. *"Method for determining parameters of PV modules in field conditions"*, 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems, Kyiv, Ukraine, 2019.

УДК 621.472

ОСОБЛИВОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЧИСЛОВОГО АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИЙОМУ СОНЯЧНИХ ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИХ МОДУЛІВ

Л.І. Книш

*Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпро,
49000, Україна, тел...:+38(099)00-34-310,
e-mail: lknysh@ukr.net*

В роботі розглядаються можливі методи та підходи до тестування створеного числового алгоритму, який може бути використаний для розрахунку основних енергетичних характеристик систем прийому сонячного випромінювання «параболоциліндричний концентратор – трубчатий теплоприймач».

Ключові слова: *чисельний алгоритм, тестова задача, параболоциліндричний концентратор, трубчатий теплоприймач*

FEATURES OF TESTING THE NUMERICAL ALGORITHM FOR ANALYSIS OF THE RECEIVER SYSTEM PARAMETERS OF PARABOLIC TROUGH MODULES

L. Knysh

*Oles Gonchar Dnipro National University, Gagarin avenue, 72,
Dnipro, 49000, Ukraine.*

Possible methods and approaches for testing the created numerical algorithm were described in the present study. The numerical algorithm was designed for analysis of

general energy parameters in the «parabolic trough concentrator - tube receiver» solar radiation receiver system

Keywords: *numerical algorithm, testing, parabolic trough concentrator, tube receiver*

ORCID: 0000-0003-3525-4804.

Відносно високий рівень температур в енергетичних установках на основі енергії Сонця може досягатися лише з використанням спеціальних приймальних систем з концентраторами. Вибір геометрії концентратора залежить від значень температур, які необхідно генерувати. Параболоциліндричні концентратори (ПЦК) забезпечують рівень температур, який характерний для класичних одно- або двоконтурних паротурбінних циклів [1]. Але ПЦК можуть також бути елементом сучасного промислового теплообмінного обладнання, використовуватися в перспективних комбінованих енергетичних установках [2], знайти застосування в побуті.

В [3] наведена математична модель, на основі якої складено числовий алгоритм для розрахунку основних параметрів системи прийому сонячного випромінювання «ПЦК – трубчатий теплоприймач». Моделювання проводилось у безрозмірних змінних, що робить числове дослідження узагальненим, а створений комп'ютерний код універсальним.

Важливим елементом будь-якого числового алгоритму є обґрунтування його достовірності та відповідності фізичному процесу, що розглядається. Таке обґрунтування стає окремим важливим етапом числового дослідження й базується на порівнянні з відомими аналітичними розв'язками, експериментальними даними

або іншими числовими алгоритмами. Найбільшу достовірність забезпечує комплексний підхід, який було зроблено в даній роботі.

Трьохвимірною математичною моделлю динаміки руху та теплообміну теплоносія в трубчатому теплоприймачеві доповнювались специфічними межевими умовами, пов'язаними з нерівномірністю теплового потоку, що поступає від ПЦК та необхідністю врахування умов навколишнього середовища. В якості тестової задачі для проведення верифікації складеного числового алгоритму була вибрана класична задача Гретца-Нуссельта, що має аналітичний розв'язок. В [4] наведено розв'язок такої задачі для випадку, коли профіль швидкості теплоносія змінюється в радіальному напрямі. Але відомі експериментальні дослідження проводились із заданою витратою, тобто з середньою швидкістю теплоносія в каналі.

Для максимального узагальнення та порівняння отриманих результатів було знайдено аналітичний розв'язок задачі Гретца-Нуссельта для середньої швидкості теплоносія \bar{w} . В разі постійної температури на вході в канал

T_{BX} розв'язок задачі Гретца-Нуссельта має вигляд

$$\frac{T(r, z) - T_C}{T_{BX} - T_C} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0 \left(\mu_n \frac{r}{R_{TP}} \right) \exp \left(-\mu_n^2 \frac{az}{wR_{TP}^2} \right),$$

де

$$A_n = \frac{2}{\mu_n J_1(\mu_n)}.$$

Розв'язок отримано методом розділення змінних. Він містить нескінченні ряди з функціями Бесселя першого роду нульового порядку та похідними від них, що ускладнює

використання знайдених співвідношень. Але проведений аналіз показав, що корні μ_n рівняння Бесселя досить швидко зростають, а початкова амплітуда A_n при цьому зменшується. Різке зменшення має також експоненціальна функція. Тому доцільне отриманий аналітичний розв'язок обмежити лише першими членами ряду. Порівняння числових, експериментальних та аналітичних даних проводилось для експериментального сонячного модуля з ПЦК SEGS LS-2, який тестувався в Sandia National Laboratories (США). Порівняння, проведене для одиначної труби без захисного скла при відсутності Сонця, дало повний збіг результатів.

Література:

1. Кныш Л.И. Выбор режима течения теплоносителя в теплоприёмниках солнечной электростанции с параболоцилиндрическими концентраторами // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – №15,(155). – С. 20–25.
2. Knysh L.I., Gabrinets V.A. The assessment of efficiency PVT – technology in combined solar power plants // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2013. – №2. – С. 74–78.
3. Кныш Л.И., Гоман О.Г. Особенности моделирования энергопереноса в системе приёма тепла солнечной параболоцилиндрической станции // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2016. – №3,(58). – С. 352 – 356.
4. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалёв С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М., 1974. – 408 с.
5. <https://www.sandia.gov>

УДК 621.311.25

**ВИБІР ФОТОМОДУЛІВ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ КПІ ІМ. ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО**

А.О. Латишева,

*Національний технічний університет України , Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського, проспект Перемоги, 37, Київ, 03056,
Україна,
тел.: +38(099)5412058,
e-mail: Latysheva.Nastya73@gmail.com*

*У роботі проаналізовано сучасний ринок
фотопанелей, розглянуто принцип PERC-технології,
зроблено порівняння декількох
фотопанелей, виготовлених на основі PERC-технології.*

Ключові слова: *фотопанель, монокристалічні
панелі, PERC- технології, сонячний елемент.*

**CHOICE OF PHOTOMODUALS FOR SOLAR ELECTRICITY
IN THE KPI TERM OF THE NAME. IGOR SIKORSKY**

A.O. Latysheva,

*National Technical University of Ukraine, Igor Sikorsky Kiev
Polytechnic Institute, 37, Peremohy Avenue, Kyiv, 03056,
Ukraine, tel.: +38(099)5412058,
e-mail: Latysheva.Nastya73@gmail.com*

*The paper analyzes the modern market of photopanel,
examines the principle of PERC-technology, compares several*

photoconductors manufactured on the basis of PERC-technology.

Keywords: *photopanel, monocrystalline panels, PERC-technologies, solar cell.*

ORCID: 0000-0001-6827-0881.

Сьогодні існує велика кількість компаній, які займаються виготовленням фотопанелей [1-6]. На сучасному ринку представлені сонячні панелі трьох основних типів: кремнієві монокристалічні, кремнієві полікристалічні та плівкові. Більш поширеніші - кремнієві, оскільки плівкові мають низький ККД (близько 11%) та невеликий строк служби (5-7 років). Що стосується вибору між полі- та монокристалічними, то слід зазначити що перші виконуються із сплаву багатьох ферментів кремнію, їх ККД знаходиться в межах 15%-17%; в той час як другі виготовляються із суцільного кристалу кремнію та мають ККД в межах 17%-19%. Тому монокристалічні панелі більш ефективніші, але більш дорогі.

За останні роки більш розвинені компанії починають впроваджувати нові технології у виготовлення своєї продукції. З новітніх технологій фаворитом стала PERC – технологія (Passivated Emitter Rear Contact), використання якої дозволяє підняти значення ККД сонячної батареї більше 21% за рахунок пасивації задньої частини сонячного елемента, що відбувається за рахунок додаткового шару, який називається dielectric passivation layer (DPL).

Різниця між пристроєм звичайного кремнієвого сонячного елемента та пристрою PERC сонячного елемента представлена на рис. 1.



Рис. 1. Різниця між звичайним та PERC сонячними елементами.

В таблиці 1 наведено приклади фотопанелей різних виробників, які при виготовленні використовували PERC-технологію.

Таблиця 1. Характеристики фотопанелей з використанням PERC-технології.

	JKM360 M-72 (Компанія Jinko Solar)	Honey M Plus (Компанія Trina Solar)	HYPRO (Компанія Solar Cells)
Допустима похибка потужності	0- + 3%	0- + 5%	0- + 3%
Робоча температура,(°C)	40 °C ~ + 85 °C	40 °C ~ + 85 °C	40 °C ~ + 85 °C
Кількість комірок	72	72	72
Потужність	360w	360w	360w
Тип кремнієвих осередків	Моно-кристал	Моно-кристал	Моно-кристал
Струм короткого замикання, (Isc, A)	9,51	9,79	10,06
Максимальна потужність, (Pmax, W)	360	360	360
Робоча напруга, (Vmp, V)	39,5	38,9	38,8

Продовження Таблиці 1

Робочий струм, (Impp, A)	9.12	9,26	9.54
Напруга холостого ходу, (Voc, V)	48,0	47,2	48,0
Ефективність, η , (%)	18,57	18,5	19

Таким чином, можна зробити висновок, що встановлення панелей з технологією PERC є доцільним, оскільки вони мають більшу ефективність та кращі показники, ніж звичайні сонячні панелі. Незважаючи на те, що їх вартість вище, термін окупності є відносно малий.

Література:

1. Вибір сонячних панелей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rent techno.ua/solar.html>
2. Родригес Д., Сонячні елементи PERC; Пер. с англ. – SolarNews, 2015 р. – 7 с.
3. Самые эффективные солнечные батареи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energoberejenie.org/stati/samye-effektivnye-solnechnye-batarei>
4. Технологія PERC. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://grand-overon.in.ua/alternativnaja-jenergetika-statit/tehnologiya-perc-yak-vigodi-otrima-koristuvach.html>
5. Сонячна панель JKM360M-72. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.jinkosolar.com/press_detail_1056.html
6. Kreston, Обзор рынка солнечной энегетики. Київ, 2018 р. – 17с.

УДК 536.423.1

СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

**В.І. Мариненко¹, Б.М. Рассамакін², Ю.В. Островський³,
В.С. Кулинич⁴,**

*Національний технічний університет України "Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
пр. Перемоги 56, м. Київ, 03056, Україна,
тел.: +38(044)-204-80-87, e-mail: v.marinenko@gmail.com*

Приведені результати досліджень ефективності сонячних колекторів на основі алюмінієвих конструкційних теплових труб, що закріплені на плоскій або циліндричній поглинальних поверхнях. Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора на основі алюмінієвої конструкційної теплової труби, що закріплена на циліндричній поглинальній панелі на 8-10% більше коефіцієнту корисної дії сонячного колектора на основі алюмінієвої конструкційної теплової труби, що закріплена на плоскій поглинальній панелі.

Ключові слова: сонячний колектор, алюмінієва конструкційна тепла труба, плоска поглинальна панель, циліндрична поглинальна панель.

SOLAR COLLECTORS BASED ON ALUMINIUM CONSTRUCTIONAL HEAT PIPES

**V. Marynenko¹, B. Rassamakin², Yu. Ostrovskiy³,
V. Kulynych⁴.**

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
polytechnic institute", Peremogy boulevard, 56, Kyiv, 03056,
Ukraine, tel.+38(044)-204-80-87,
e-mail: v.marinenko@gmail.com*

The results of researches of efficiency of solar collectors on the basis of aluminum constructional heat pipes that is envisaged on a flat or cylindrical surface are resulted. The efficiency of the solar collector on the basis of an aluminum constructional heat pipe that is envisaged on a cylindrical absorbing panel, is 8-10% more than the efficiency of the solar collector on the basis of an aluminum constructional heat pipe that is envisaged on a flat surface.

Keywords: *solar collector, aluminium constructional heat pipe, plane panel absorption, cylindrical panel absorption.*

ORCID: ¹0000-0002-8789-3432, ²0000-0001-8097-3678,
³0000-0002-8788-4499, ⁴0000-0002-5934-6423.

Головним елементом сонячного підігрівача води (СПВ) є сонячний колектор (СК), від конструкції якого в основному залежить ефективність системи нагріву води.

Рациональною конструкцією для високоефективних оболонок теплових труб (ТТ), призначених для використання в СК, є профільна плавникова конструкція отримана методом екструзії. При використанні такої технології оболонка ТТ разом із плоскою поглинаючою панеллю виготовляється суцільним елементом із нарізаними по внутрішній стороні труби повздовжніми аксіальними капілярними омега-подібними канавками [1] .

Автори [1] розробили і створили сонячний колектор на основі алюмінієвих профільних теплових труб з аксіальними канавками Ω -подібної форми, що працюють в режимі

двофазного термосифону. Панель колектора, що поглинає теплоту сонячних променів, складається з алюмінієвих ТТ, виготовлених із плоского алюмінієвого профілю. Теплота, що сприймається плоскою поверхнею зони випаровування ТТ, передається рідинному теплообміннику, розташованому на зонах їх конденсації. Така система теплопередачі забезпечує низький гідравлічний опір теплообмінника сонячного колектора і, відповідно, малі енергозатрати на роботу насосу.

Недоліком вище вказаного СК є те, що він має теплові втрати при передачі радіаційного теплообміну в довгохвильовому діапазоні між поглинаючою плоскою панеллю і тепловою трубою.

Метою даної роботи є розробка конструкції елементу СК, на основі якого можна підвищити його ефективність за рахунок реалізації додаткового радіаційного теплообміну в довгохвильовому діапазоні між поглинаючою панеллю і тепловою трубою з теплоносієм. Переріз даного повномасштабного колектора показано на рисунку 1.

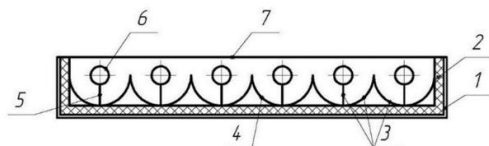


Рис. 1. Поперечний переріз сонячного колектора: 1 – корпус СК; 2 – теплоізоляція; 3 – абсорбер; 4 – циліндричний сегмент; 5 – ребро; 6 – теплова труба; 7 – скляна кришка

Технічна задача вирішується за рахунок створення нової поглинаючої сонячній промені панелі. Щоб не створювати повномасштабний новий СК згідно рисунку 1 було запропоновано створити елемент СК спеціального профілю. Елемент спеціально профільованої поглинаючої

панелі виконаний у вигляді циліндричної поверхні, у нижній внутрішній частині якої закріплене ребро, на вільному кінці якого розташовується зона випаровування ТТ. Циліндрична поверхня панелі грає роль концентратора відбитої частини випромінювання і власного випромінювання панелі в районі теплової труби [2].

Для проведення аналізу ефективності роботи нового СК на основі алюмінієвих конструкційних ТТ з циліндричною поглинальною панеллю було створено два макети СК – з плоскою поглинальною панеллю і циліндричною поглинальною панеллю.

На підставі вище сказаного, до задач даних досліджень слід віднести:

- використовуючи апробовані методики досліджень теплопередачі, виконати експериментальні дослідження ефективності створених елементів СК на основі алюмінієвих конструкційних ТТ;
- отримати залежності ефективності (ККД) створених СК;
- провести порівняльну оцінку ефективності створених елементів СК.

Для проведення досліджень автори розробили і створили дві експериментальні установки у відповідності з [3]. На рис. 2 показана конструкція сонячного підігрівача води, що виконаний з елементу вискоефективної теплопоглинальної алюмінієвої панелі і одної алюмінієвої конструкційної ТТ, закріпленої на панелі зоною випаровування, а зона конденсації розміщується у рідинному теплообміннику типу «труба в трубі», який під'єднаний до баку-теплоакумулятора. В якості теплоносія алюмінієвих теплових труб використовувався пентан.

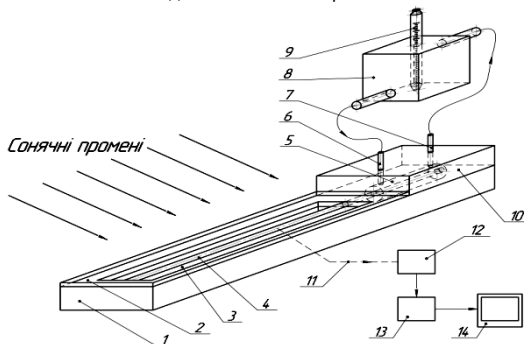


Рис. 2. Сонячний підігрівач води.

Робоча ділянка сонячних підігрівачів води складається з елементів: 1-герметичний корпус; 2- скляна кришка; 3-теплопоглинальна панель елементу сонячного колектора; 4-теплова труба; 5-теплообмінник типу «труба в трубі»; 6-вхід теплоносія; 7-вихід теплоносія; 8-бак-теплоаккумулятор; 9-термометр; 10- теплоізоляційна кришка; 11 – термопари мідь-константан, 12 – модуль аналогово вводу, 13– адаптатор сигналів, 14 – персональний комп'ютер.

Дослідження елементів СК із використанням ТТ, що закріплені на плоскій, рис. 3, і циліндричній, рис. 4, поглинальних панелях, здійснювалися на експериментальному стенді, рис. 5, де в якості джерела світла використовувалися сонячні промені в літній період часу. Потужність теплового потоку сонячних променів визначалася пірометром ФЭП-4.



***Рис. 3. Елемент СК на основі
алюмінієвої конструкційної ТТ,
що закріплена на плоскій
алюмінієвій
теплопоглинальній панелі.***



***Рис. 4. Елемент СК на основі
алюмінієвої конструкційної
ТТ, що закріплена на
циліндричній алюмінієвій
теплопоглинальній панелі.***



Рис. 5. Експериментальний стенд для проведення досліджень.

Для порівняння різних типів конструкцій СК використовується характеристика їх ефективності – коефіцієнт корисної дії в залежності від $X=(t_b-t_n)/E$, $K \cdot m^2/Вт$, де t_b – середня температура води у баку-акумуляторі, $^{\circ}C$; t_n – середня температура повітря, $^{\circ}C$, E – потік падаючої сонячної радіації, $Вт/m^2$.

Із характеристики розмірності параметр X являє собою змінну величину термічних опорів даної конструкції СК. Коефіцієнти корисної дії сонячних підігрівачів води розраховувалися за методикою [4].

Графіки ефективності елементів СК на основі алюмінієвих конструкційних ТТ з плоскою теплопоглинальною і циліндричною панелями без

селективного покриття побудовані на основі результатів досліджень та наведені на рис. 6, а приріст температури води в баку-теплоакумуляторі з часом – на рис. 7.

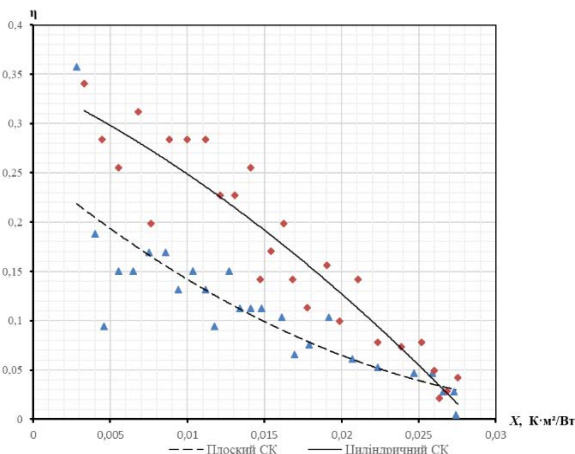


Рис. 6. Залежності поточних значень ККД від параметру X на Сонці для плоского і циліндричного алюмінієвих СК.

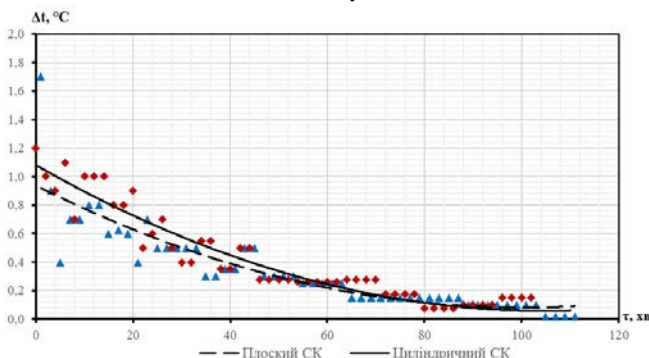


Рис. 7. Залежності приросту температури води в баку-теплоакумуляторі від часу на Сонці для плоского і циліндричного алюмінієвих СК.

На рис. 6 показано, що поточний ККД СК на основі алюмінієвої конструкційної ТТ, закріпленої на алюмінієвій плоскій поглинальній панелі в середньому на 8-10 %

менший, ніж у СК на основі алюмінієвої конструкційної ТТ, закріпленої на алюмінієвій циліндричній поглинальній панелі.

Максимальні значення ККД, що були отримані при низьких початкових температурах води: для СК з циліндричною поглинальною поверхнею – 58 %; для СК з плоскою поглинальною панеллю – 50 %.

При проведенні досліджень: середня температура повітря дорівнювала 42°C; початкова температура води у баках-акумуляторах дорівнювала 43°C; кінцева температура води у баку-акумуляторі СПВ з плоскою поглинальною поверхнею СК дорівнювала 63,5°C; кінцева температура води у баку-акумуляторі СПВ з циліндричною поглинальною поверхнею СК дорівнювала 65,5°C.

Література:

1. Рассамкін Б. М., Хайрнасов С. М., Заріпов В. К., Бараннік О. Н. Розробка та дослідження теплових труб нового профілю для сонячних колекторів з використанням селективного покриття поглинаючої поверхні // Звіт з НДР / КПІ ім. Ігоря Сікорського – 2434 – п; Номер держреєстрації теми – 0111U000567. – К., 2012.
2. Елемент сонячного колектора: пат.118736 Україна: МПК F24J 2/04; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16.
3. Сонячний підігрівач води: пат. № 123808 Україна: МПК F24C 15/00; опубл.12.03. 2018, Бюл. № 5.
4. Мариненко В. І., Островський Ю. В., Кулинич В. С. Сонячні колектори на основі мідних і алюмінієвих двофазних термосифонів. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 2018. С. 335-341.

УДК 620.92:621.311.243

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВОРОТНИХ МЕХАНІЗМІВ НА ФЕС

В.Ю. Іванчук

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря
Сікорського», пр-т Перемоги 37, м.Київ, 03056, Україна
Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул.
Гната Хоткевича 20а, м.Київ, 02094, Україна*

*Проведено аналіз виробітку електричної енергії
фотоелектростанцією при використанні поворотних
механізмів.*

Ключові слова: фотоелектричний модуль, аналіз,
поворотний механізм.

EFFICIENCY ANALYSIS OF THE SOLAR TRACKERS APPLICATION AT PV POWER STATION

V. Ivanchuk

*National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 37 Peremohy
Avenue, Kyiv, 03056, Ukraine
Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

*The analysis of electrical energy production by
photovoltaic power station using solar trackers.*

Keywords: PV module, analysis, solar tracker.

ORCID: 0000-0002-0585-9610.

Серед відновлюваних джерел сонячна енергія за масштабами ресурсів, екологічною чистотою і поширеністю є найбільш перспективна. Однак ефективне її використання не завжди можливе через залежність від кліматометеорологічних умов та часу доби, необхідність постійного очищення поверхні панелей. Промислові сонячні фотоелектричні панелі, наприклад, з монокристалічного кремнію мають коефіцієнт корисної дії в межах 14-16%. Однак, даний ККД може дати максимальний виробіток лише за умови правильного кута встановлення ФЕС в залежності від широти та довготи місцевості. Досить широко в літературі розвивається тема застосування трекерних систем слідкування за Сонцем, однак відсутня точна інформація по збільшенню виробітку ФЕС в такому разі. Метою роботи є аналіз ефективності виробітку електричної енергії ФЕС в різних режимах встановлення на горизонтальну поверхню.

З метою з'ясування доцільності використання трекерних систем для ФЕС проведемо аналіз виробітку електричної енергії станцією встановленою потужністю 1 кВт для регіону м.Київ в 4-х режимах:

1. оптимізований кут ФЕС без поворотного механізму;
2. ФЕС з поворотним механізмом по осі ординат (слідкування за Сонцем по довготі місцевості);
3. ФЕС з поворотним механізмом по осі абсцис (слідкування за Сонцем по широті місцевості);
4. ФЕС з поворотним механізмом по осі ординат і абсцис (слідкування за Сонцем по довготі та широті місцевості).

Розрахунок виробітку електричної енергії ФЕС проводились з використанням програмного середовища [1].

Візуальне відображення результатів розрахунку показано на рис.1., а дані зведено до табл.1.

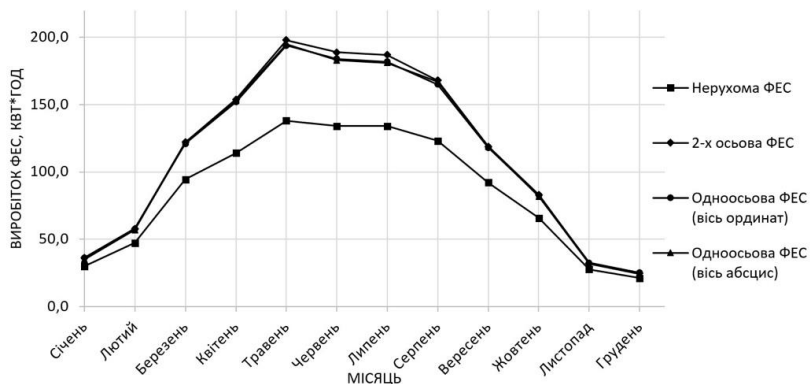


Рис.1 Графік виробітку ФЕС з різним кріпленням кожного місяця

Аналізуючи отримані дані (табл.1.) встановлено, що виробіток електроенергії ФЕС потужністю 1 кВт без поворотного механізму становить 1020 кВт*год/рік. При використанні поворотного механізму або по осі ординат, або по осі абсцис виробіток зростає до 1350 кВт*год/рік, що на 32,4% більше, ніж у першому варіанті роботи ФЕС без використання поворотного механізму. При використанні двох координатного поворотного механізму виробіток зростає до 1370 кВт*год/рік, що на 34,4% більше, ніж у першому варіанті роботи ФЕС без використання поворотного механізму. Різниця між ФЕС з одноосьовим трекером та 2-х осьовим не критична, приріст складає 1,9%.

В результаті аналізу вартості трекінгових систем встановлено, що однокоординатна система слідкування за рухом Сонця коштує в межах (100-120)\$, тоді як двокоординатна система – (200-220)\$ [2].

**Табл.1 Зведені дані розрахунку виробітку електричної енергії
 ФЕС встановленою потужністю 1 кВт для умов м.Києва в 4-х
 режимах.**

Місяць року	Виробіток електричної енергії, кВт*год			
	З оптимізов. кутом без поворотного механізму	З поворот. механізмом по осі ординат	З поворот. механізмом по осі абсцис	З поворот. механізмом по осі ординат та абсцис
Січень	29,8	36,3	34,9	36,3
Лютий	47,1	57,7	56,9	57,8
Березень	94,4	121	122,0	122
Квітень	114	152	153,0	154
Травень	138	194	195,0	198
Червень	134	184	183,0	189
Липень	134	182	181,0	187
Серпень	123	165	167,0	168
Вересень	92,1	118	119,0	119
Жовтень	65,7	82,5	81,8	83,1
Листопад	27,5	32,4	31,7	32,1
Грудень	21	25,1	24,1	24,9
Разом за рік	1020	1350	1350	1370

Враховуючи той факт, що двокоординатні треки в 1,8-2 рази дорожчі за однокоординатні, а виробіток зростає лише на 20 кВт*год (1,9%), то логічно, що найбільш раціональним з точки зору економіки є застосування ФЕС систем з однокоординатним трекером.

В роботі проведено аналіз виробітку електричної енергії ФЕС з різним кріпленням: без поворотного механізму, з одноосьовим поворотним механізмом по осі ординат, з одноосьовим поворотним механізмом по осі абсцис, з двоосьовим поворотним механізмом. Приріст виробітку ФЕС

з одноосьовими трекерами в порівнянні з безтрекерною роботою станції складає 32,4%, з двоосьовими – 34,3%. Різниця між роботою ФЕС з одноосьовими та двоосьовими трекерами склала 1,9%, а різниця в ціні досягає 80-100%, тому раціональним є використання одноосьових трекерів або по осі ординат, або по осі абсцис.

Література:

- | | | | |
|---|---------|--|----------|
| 1. Інтернет | ресурс. | Режим | доступу: |
| http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/ | | | |
| 2. Інтернет | ресурс. | Режим доступу: http://www.ebay.com/ | |

TEMPERATURE CONTROL MEASURES IN SOLAR RADIATION CONVERTERS

L.V. Nakashidze¹, M.V. Dudnik²

*Research Energy Institute, Oles Gonchar Dnipro National
University, 72 Gagarina Ave., Dnipro, Ukraine, 49010,
tel.: +38(050)993-97-82, e-mail: foton_dnu@ukr.net*

The article presents the main methodologies of energy management and the impact of its implementation on small Ukrainian enterprises

Keywords: *energy management, energy saving, action plans, statistics on energy use, instructions on energy conservation*

ORCID: ¹0000-0003-3990-6718, ²0000-0002-6727-9742.

At present day there are many types of temperature sensors. The vast majority of them are sealed at the seating position with a variety of sealants (rubber products, FUM tape, and others). This connection is most often a weak link in the whole structure, especially if the canal or reservoir, where the temperature is measured, is under excessive pressure. Under the influence of relatively high or relatively low temperatures, rubber loses its physical properties and causes depressurization of the compound.

There are sensors, in the construction of which rubber products are not used. For example, automotive temperature sensors. Sealing is due to the use of tapered thread, or with the help of soft metal (copper, aluminum) sealants.

However, this design is flawed because these sensors can be used only on production of parts and components, when their installation can be necessary regulation and adjustment. This feature makes such sensors unsuitable for

use in experimental systems or installations requiring fine-tuning.

The proposed sensor has no these shortcomings. It does not use rubber products to seal the connection. Sealing is carried out using a conventional metric thread and sealing gaskets made of copper. The enclosure of the sensor is a cylinder, on which part the standard metric thread of the standard step is cut. It turns into a hole, and it is sealed with a copper gasket and stainless steel nuts. This design allows to adjust the depth of immersion of the sensor into the channel, which can be critical for measuring the temperature of moving fluid streams.

Analyzing all the above, we can conclude that this sensor has great potential in industry and technology. Its design may be useful in measuring high enough temperatures under high pressure conditions. The mobile configuration of the sensor greatly simplifies the adjustment of the measuring systems, especially when moving fluid or gas flows.

УДК 621.3

**ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ В СОНЯЧНІЙ
ВОДОНАГРІВАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ**

В.М. Головка¹, В.Г. Володарський²,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Г. Хоткевича, 20А, м. Київ, 02094, Україна,
тел./факс: +38(044)206-28-09, e-mail: www.ive.org.ua*

В роботі наведені порівняльні характеристики методів активної та пасивної інтенсифікації теплообміну. Проаналізовані переваги та недоліки даних методів при застосуванні в сонячних водонагрівальних установках.

Ключові слова: *сонячних водонагрівальних установках, активні методи інтенсифікації теплообміну, пасивні методи інтенсифікації теплообміну*

**CHARACTERISTICS OF METHODS OF INTENSIFICATION
OF THE CONVECTION HEAT EXCHANGE IN SOLAR
WATER ENGINEERING INSTALLATION**

V. Golovko¹, V. Volodarsky²,

*Renewable Energy Institute of the National Academy of
Sciences of Ukraine, str. H. Hotkevicha, 20A, Kyiv, 02094,
Ukraine, tel./fax: +38 (044) 206-28-09, e-mail: www.ive.org.ua*

In the work the comparative characteristics of the methods of active and passive intensification of heat exchange are given. The advantages and disadvantages of these

methods in application in solar water heating systems are analyzed.

Keywords: *solar water heating systems, active methods of heat transfer intensification, passive methods of heat transfer intensification*

ORCID: ¹0000-0003-0195-9654, ²0000-0002-7455-6007.

У зв'язку з неперервними потребами суспільства в тепловій енергії та вичерпності мінеральних ресурсів все більшого значення набуває використання сонячної теплової енергії шляхом використання сонячних колекторів як при вільному, так і вимушеному режимі теплообміну. Процеси перенесення теплоти ґрунтовно досліджені при застосуванні теплообмінних апаратів у різних галузях промисловості, але недостатньо висвітлені при застосування перетворення енергії сонячної радіації.

Активне дослідження і впровадження різних методів інтенсифікації теплообміну обумовлені досягненням практичних результатів за рахунок зменшення маси теплообмінної апаратури або значного підвищення її ефективності. В даний час інтенсифікація конвективного теплообміну є однією з перспективних і складних задач теорії тепломасопереносу. Традиційно вважається, що ця задача найбільш актуальна для потоку теплоносія, якому притаманні високі значення чисел Рейнольдса. Практично всі основоположні монографії на тему інтенсифікації конвективного теплообміну присвячені саме турбулентній течії і мало приділяється уваги теплообміну при ламінарній течії.

Існують різні методи інтенсифікації теплообміну. Принципово їх можна розділити на 2 категорії:

- активні методи інтенсифікації (обертання або вібрація поверхні, переміщення рідини і т.п.; вплив на потік електричним, магнітним або акустичним полем, пульсаціями тиску; вдування або відсмоктування робочого середовища через пористу поверхню та ін.);

- пасивні методи, в основі яких лежить вплив на потік формою поверхні теплообміну: застосування вставних інтенсифікаторів (гвинтових, локальних і пластинчатих крутиїв потоку), різні ребристі поверхні теплообміну та ін.

При пасивних методах інтенсифікації вплив на процес теплообміну проводять:

- наданням потоку рідини обертально-поступальних рухів;

- руйнуванням приграничних шарів рідини.

При крутінні потоку відбувається збільшення місцевих приграничних швидкостей і загальна перебудова течії. Закручування потоку в каналі найбільш просто здійснюється при використанні закручених стрічок і шнеків. При цьому закручування потоку підтримується безперервно за всією довжиною труби, що забезпечує сталість співвідношення тангенціальної та осьової складової швидкості.

Турбулентна течія теплоносіїв в теплообмінних апаратах більш переважна з точки зору співвідношення між рівнем теплообміну і величиною втрат тиску в порівнянні з ламінарним режимом.

При ламінарному русі визначний механізм переносу теплоти – теплопровідність (поперек стінки, за нормаллю до стінки), із-за цього інтенсивність тепловіддачі відносно мала. На відміну від турбулентної течії, в ламінарному потоці в каналі термічний опір більш рівномірно

розподіляється за всім поперечним перерізом каналу, тому для інтенсифікації тепловіддачі необхідно вплинути на велику зону пристіночної течії.

Аналіз літературних джерел показує, що збільшення тепловіддачі, отримане за допомогою крутіїв в перехідному і турбулентному режимах з ростом числа Рейнольдса значно падає і тому їх використання при великих числах Рейнольдса для потоку в трубі не рекомендується.

Активні методи вимагають застосування додаткової зовнішньої енергії. Одним з ефективних методів інтенсифікації теплообміну є штучна турбулізація потоку. Вона значно впливає на теплообмін при ламінарному приграничному шарі. Разом з тим при розвитку турбулентного приграничного шару зменшується вихрова зона відриву і гідравлічний опір падає. Використання вібрації або обертання поверхні тепловіддачі, дає ефект внаслідок якого товщина приграничного шару зменшується, тобто значно збільшується швидкість обтікання поверхні, що веде до інтенсифікації теплообміну. Дія на потік коливаннями частотою від 1 Гц до частот ультразвуку дасть змогу турбулізувати потік за всією площею перерізу труби. Використання електромагнітного поля впливає на сили, які виникають в діелектричному потоці теплоносія, що прискорюють конвективний рух.

Таки чином, порівняння активних і пасивних методів інтенсифікації теплообміну показує, що кожен з методів має свою ефективність при різних умовах використання теплообмінних конструкцій сонячних водонагрівальних установок.

УДК 621

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРАЦІЇ ФОТОВОЛЬТАЇКИ В БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС

Т.С. Кудря,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН
України, 1144ktc@gmail.com, т.: +38 (067) 466 31 27*

*В доповіді приведено дані щодо стану та перспектив
розвитку BIPV галузі в світі та Україні.*

TECHNO-ECONOMIC EFFICIENCY OF THE INTEGRATION OF PHOTOVOLTAICS IN THE CONSTRUCTION COMPLEX

T. Kudria,

*Institute for Renewable Energy at NAS of
Ukraine, 1144ktc@gmail.com, phone: +38 (067) 466 31 27*

*The report shows the data on the state and prospects
BIPV development in the world and Ukraine.*

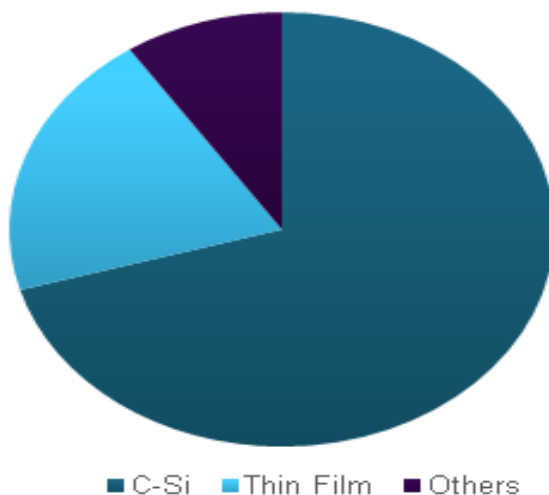
ORCID: 0000-0003-4252-2969.

Сонячна електроенергетика — один з найбільш прогресивних і швидкозростаючих секторів відновлюваної енергетики, яка активно розвивається. У своєму останньому звіті PV Installation stracker Q1 2019 консалтингова компанія IHSMarkit прогнозує, що в 2019 році у всьому світі буде встановлено 129 ГВт фотоелектричних сонячних електростанцій, набагато більше, ніж в 2018 році.

Нагадаю, в минулому році за різними джерелами в світі було встановлено від 94 ГВт (IRENA) до 109 ГВт (Bloomberg NEF) сонячних електростанцій. Консультанти IHS також підвищують свій прогноз, даний в грудні. Тоді вони прогнозували на поточний рік 123 ГВт нових інсталяцій в сонячній енергетиці. Світовий розмір ринку BIPV і BIOPV оцінювався в 8.67 млрд. дол. США у 2018 році, і очікується, що протягом наступних п'яти років відбудеться значне зростання через високий попит на інтегровані рішення фотовольтаїки, які не заважають цілісності архітектурних рішень і призводить до вищої естетичної привабливості. Ця галузь буде мати високий рівень зростання, оскільки продукт знаходиться на стадії високого попиту. Очікується збільшення попиту на системи через монетарні та інші економічні переваги, що пропонуються національними урядами, завдяки чому галузь отримає економічні переваги. Найбільша частка попиту в 2018 році склала понад 67%, монтаж даху, і на далі, зростатиме протягом прогнозного періоду через високий попит установок для житлових приміщень. Очікується, що попит на фасади зросте більш ніж на 16% з 2016 по 2024 рік. Крім того, передбачається, що легкість інтеграції таких модулів призведе до попиту на продукт протягом наступних восьми років, також очікується, зростання попиту на прозорі панелі, інтегровані у вікна. В листопаді 2016 року вступив в дію новий європейський стандарт EN 50583, що визначає параметри BIPV, інтегрованих в будівлі, посприявши значному зростанню кількості вбудованих фотоелектричних елементів. Проте, обмежена ефективність виробництва таких модулів, ймовірно, стримуватиме попит протягом наступних восьми років. Промисловість сегментується на основі технології виробництва C-Si, тонкої плівки та інших технологій, включаючи сонячні батареї (DSC) та органічні фотоелектричні (OPV). На ринку домінують інтегровані

фотоелектричні установки C-Si з сегментом, завдяки легкості доступності продукту. Цей сегмент, ймовірно, зростатиме через збільшення попиту на інтегрований модуль з більш високою ефективності.

Світовий ринок BIPV, за технологіями, 2017 (%)



Ринок України має потужні перспективи розвитку BIPV і BIOPV завдяки поєднанню - наукової бази, стрімко розвиваючим будівельним сектором, сприятливими державними законами та громадськими зусиллями, спрямованими на впровадження відновлювальної енергетики. Очікується, що зростаючі субсидії та зниження податків, запропоновані урядами, будуть стимулювати попит на будівництво інтегрованих фотоелектричних систем у регіоні. Однією з ключових перешкод для розвитку сонячної енергетики в Україні експертами галузевого ринку визначено високу вартість встановленої потужності

сонячних фотоелектричних перетворювачів і, відповідно, електроенергії, генерованої сонячною електростанцією. Хоча за останні роки вартість фотоелектричних модулів на світовому ринку опустилася до 0,3 долара за Вт, для України вона все ще залишається високою. Розрахунки для фотоелектричних станцій потужністю 50, 250 і 1000 кВт при поточному рівні цін на обладнання та будівельно-монтажні роботи показують, що окупність проектів сонячних електростанцій змінюється від 8 років для наземних сонячних електростанцій, побудованих на півночі України, до 4 років для сонячних електростанцій, розташованих на дахах будівель в південних областях [7]. А в випадку заміни дорогого енергоємного способу електрозабезпечення на базі дизельного генератора на сонячну електростанцію термін окупності не перевищує одного року. Основні інвестиції на ринку України зосереджені в сегменті великих та середніх наземних фотоелектричних станцій. В той же час в Україні сьогодні створені привабливі умови для будівництва електростанцій на дахах як промислових і муніципальних будівель, так і приватних будинків. У короткостроковій перспективі ринок сонячної енергетики України продовжить свій розвиток за рахунок великих та середніх наземних електростанцій, втім подальший розвиток галузі, за системами, що розташовуються на покрівлях будівель. Вже на сьогоднішній день існує законодавча норма з надання "зеленого" тарифу для приватних осіб на дахові установки потужністю до 10кВт. Розвиток сегмента невеликих побутових сонячних електростанцій і можливість отримання для них "зеленого тарифу" дозволить сформувати повноцінну індустрію сонячної енергетики, в яку будуть залучені українські виробники обладнання, проектні організації.

Висновки.

Результати дослідження мають як теоретичне так і практичне значення, та можуть бути використані в подальших дослідженнях вітчизняного ринку сонячної енергетики. Наукова новизна отриманих результатів полягає у визначенні та аналізі чинників, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики в Україні, та прогнозування його стану в найближчі роки. В результаті було визначено, що сонячна енергетика в Україні, як і в країнах Євросоюзу, в даний час прискорено розвивається. Українською владою було здійснено ряд кроків по стимулюванню альтернативної галузі енергетики, але існує ряд проблем, які потребують держаного врегулювання. Дуже важливо створити чіткі правила гри на ринку, налагодити механізми роботи та взаємодії у межах законодавчих норм у реальних проектах, і заручитися підтримкою населення. Вступивши в Європейське енергетичне співтовариство, Україна зробила свій політичний вибір на користь відновлюваних джерел енергії. Великі промислові сонячні електростанції були першими, які не тільки підтвердили, що це можливо, але і продемонстрували успішний досвід.

Література:

1. U.S. Department of Energy. Smart Grid / Department of Energy <http://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid>
2. Smart Grid Working Group. Challenge and Opportunity: Charting a New Energy Future, Appendix A: Working Group Reports
3. <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/rozumni-elektromerezhi-abo-shcho-take-smart-grid>
4. Council Directive 83/189/EEC of 28 March 1983 laying down a procedure for the provision of information in the field of technical standards and regulations. Official Journal of the European

Communities. April 26, 1983. This directive only recognises CEN and CENELEC as European standards institutions.

5. BIPV (prEN 50583 Photovoltaics in buildings) <http://www.constructpv.eu/wp2-standardisation-and-testing/>

6. <https://www.iea-shc.org>

7. Андерсон Б. Солнечная энергия. М.: Стройиздат, 1982.

8. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных домов с использованием возобновляемых источников энергии./ Учебное пособие. (МАРХИ) М., 2007.

9. Smart Grids and Renewables: A Guide for Effective Deployment http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/smart_grids.pdf

10. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики / В. П. Кожем'яко, В. Г. Домбровський, В. Ф. Жердецький, В. І. Маліновський, Г. В. Притуляк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — № 2(22). — 2011. — С. 142—157.

11. Солнечная электростанция: прибыльный бизнес или недешевая игрушка? / Матеріали компанії Rentechno [Електронний ресурс]. — Режим доступу : WorldWide Web: <http://rentechno.ua/articles/solnechnaya-energetika-pribilniy-biznes.html>

12. Проект Закону України про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії №2010д від 19.05.2015р. / Матеріали офіційного порталу Верховні Ради Ураїни [Електронний ресурс]. — режим доступу: WorldWideWeb: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=53806

УДК 621.311

ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШКОЛИ

Д.В. Гловацький¹, В.В. Дубровська², В.І. Шкляр³

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

044-204-96-90, e-mail: shklyar_vi@ukr.net

*Розглянуто використання сонячної
фотоелектричної системи для зменшення
електроспоживання з мережі.*

Ключові слова: сонячна фотоелектрична система,
зелений тариф, програмні продукти.

USE OF PHOTOELECTRIC SYSTEM FOR ENERGY PROTECTION OF SCHOOL

D. Hlovatskiy¹, V. Dubrovskaya², V. Shklyar³

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Institute of Energy Saving and Energy Management

*The use of a solar photovoltaic system to reduce
electricity consumption from the network is considered.*

Keywords: solar photovoltaic system, green tariff,
software products.

ORCID: ²0000-0003-4765-0484, ³0000-0001-6879-7501.

СШДС "Сяйво" була збудована в 1976 році, будівля
має 2 поверхи. Загальна площа всіх приміщень складає –
2700 м².

СШДС споживає: теплову енергію, електроенергію та водопостачання з водовідведенням.

Електроенергія, що споживається закладом, використовується для освітлення учбових приміщень, коридорів, роботи електричних приладів, комп'ютерної техніки, електроапаратури. Графік споживання електричної енергії наведено на рис. 1.

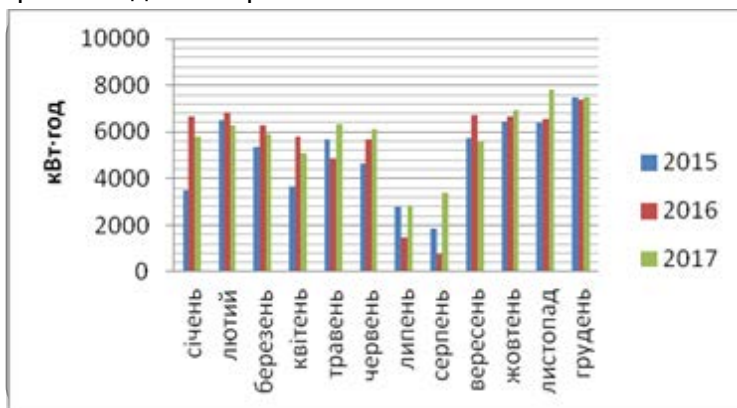


Рис. 1. Графік споживання електричної енергії

Споживання електричної енергії нерівномірне протягом року. Середньомісячна оплата за електроенергію становить 11437 грн.

Для зменшення залежності від зовнішньої електромережі пропонується встановити на даху сонячну фотоелектричну систему (ФЕС) для вироблення електричної енергії на власні потреби та продажу її надлишків в мережу.

Обираємо сонячну ФЕС загальною потужністю 60 кВт, яка складається з 223 панелей марки JAP6-60-270/4BB.

За допомогою програми "Розрахунок сонячної електростанції" від Envert™ [1] проведено розрахунок терміну окупності сонячних панелей.

Для комерційної мережевої сонячної електростанції ставка зеленого тарифу фіксується на момент введення в експлуатацію та залишається незміною до 2030 року. Проект може бути реалізованим за 197 днів у 2019 при ціні за 1 кВт·год виробленої електростанцією електроенергії у 0,163 €.

На рисунках 2 та 3 показано графіки генерації електроенергії та грошові надходження від її продажу за програмою Envert. Річна генерація електроенергії складає 72,511 кВт·год.



Рис. 2. Генерація електроенергії.

За результатами моделювання роботи сонячної електростанції середньорічний дохід від продажу електроенергії складає \$ 8000. Загальна вартість проекту дорівнює \$79382 тобто період повернення інвестицій складає біля 10 років.

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
Розділ 2. Сонячна енергетика



Рис. 3. Грошові надходження від продажу електроенергії.

При розрахунках ФЕС з використанням програми **PV*SOL** [2] річна генерація електроенергії складає 72528 кВт·год.

На рисунку 4 показано графік генерації електроенергії та споживання продажу за програмою PV*SOL.

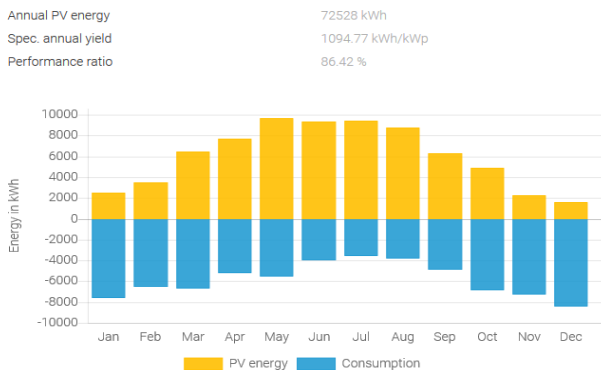


Рис. 4. Генерація та споживання електроенергії.

Література:

1. Розрахунок сонячної електростанції. Режим доступу: <https://www.envert.pro/ua/calculator/electricity>.
2. Калькулятор сонячної електростанції. Режим доступу: [https:// pvsol-online.valentin-software.com/#/](https://pvsol-online.valentin-software.com/#/)

УДК 631.365:621.31

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА СТРУКТУРИ ПОВІТРЯНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА

С.В. Коробка¹, Р.Є. Кригуль², С.В. Сиротюк³

Львівський національний аграрний університет

м. Дубляни, вул. В. Великого, 1, Жовківський р-н,

Львівська обл. 80381, тел.: +38(098)969-95-34,

e-mail: ¹korobkasv@ukr.net, тел.: +38(067)759-80-15,

e-mail: ²krroma@ukr.net, тел.: +38(067)939-62-46,

e-mail: ³ssyr@ukr.net

Розроблено нову конструкцію повітряного геліоколектора, виготовленого у вигляді нероздільного енергетичного блока, що включає в себе каркас з теплоізованими стінками, одинарним заскленням і селективною поверхнею на його дніщі.

Ключові слова: *сонячний тепловий повітряний геліоколектор, селективне покриття, повітряна сонячна система опалення.*

SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS AND STRUCTURE OF AN AIR SOLAR COLLECTOR

S. Korobka¹, R. Krygul², S. Syrotyuk³

Lviv national agrarian university

Volodymyra Velykoho str., 1, Dublyany, Ukraine, 80381

The research presents a new design of an air solar collector, which is made in the form of a non-separable power

unit, which includes a frame with heat-insulated walls, single glazing and a selective surface on its bottom.

Keywords: *thermal solar air collector, selective surface, solar air system of heating.*

ORCID: ¹0000-0002-4717-509X, ²0000-0002-3061-9176,
³0000-0001-9966-6299.

Повітряний геліоколектор (ПГК) – це пристрій, що призначений для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі і перетворення його в теплову енергію.

В лісовому комплексі України, зокрема в побутово-господарських столярних цехах ПГК, як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти, а саме у геліосушарці для сушіння пиломатеріалів, знайшов широке застосування в умовах помірного континентального клімату України. Наприклад, у зоні західного Полісся можна повноцінно застосовувати ПГК [1]. Зокрема, на кафедрі енергетики Львівського національного аграрного університету (м. Львів, Україна), було розроблено ряд різних конструкцій ПГК, що є активною системою використання сонячної енергії.

ПГК конструктивно виготовлений у вигляді нероздільного енергетичного блока, що включає в себе коробку з теплоізованими стінками, одинарним заскленням і селективною поверхнею на її днищі. Каркас ПГК розміром 1×1,5 м виконаний за класичним щілинним варіантом і складається з дерев'яної рами, що виготовлена з обрізної соснової дошки розміром 25×150×4000. В одній з сторін дошки була вибрана четверть глибиною 16 мм і товщиною 10 мм для кращої герметизації стін. Під час

теплоізоляції стін використали пінопластові плити розміром 985×1485 мм товщиною 12 мм з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,040$ Вт/м·К. Задню стінку ПГК закрили деревоволокнистою плитою розміром 985×1485 мм та оббили алюмінієвою фольговою теплоізоляційною плівкою з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,020$ Вт/м·К. Для міцності та геометричності корпусу по кутовим бокам дерев'яного каркасу геліоколектора були вмонтовані кутники довжиною 140 мм, які виготовлені із звичайного сталюого профільного кутника 60×60×5 мм. У нижній і верхній частині геліоколектора було висвердлено 18 отворів діаметром $d=55$ мм. В отвори було заведено і змонтовано круглий метало-поліетиленовий повітропровід діаметром $d=54$ мм та довжиною 10000 мм для кращого нагрівання та циркуляції повітря у середині колектора.

На вході у повітропровід вмонтовано нагнітальний малогабаритний вентилятор типу YM1217ANB1 потужністю 12,6 Вт та продуктивністю 348,3 м³/год. Вентилятор живиться постійною напругою 12 В від сонячної батареї типу Perlight PLM-020P/12 потужністю 20 Вт і розробленої автономної системи енергопостачання. Це дало змогу у два рази зменшити в повітропроводі гідравлічний опір циркулюючого повітря і тепловтрати у середині колектора. Відбирання нагрітого теплоносія з повітропроводу колектора, наприклад для потреб геліосушарки, здійснюємо відцентровим вентилятором типу TORNADO DE 100 1F потужністю 45 Вт та продуктивністю 240 м³/год.

Стабільний повітрообмін у колекторі забезпечити важко, тому що він залежить від зміни мінливих, різких, раптових режимів сонячного освітлення та типових (сезонних) метеорологічних умов. Зокрема рівень інсоляції впливає на роботу сонячної батареї і автономної системи

енергопостачання, а ті в, свою чергу на продуктивність вентиляторів.

Верхня частина ПГК виконана із одношарового прозорого покриття, а саме із скла з тепловідбиваючим покриттям твердого типу $0,02\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$ з коефіцієнтом випромінювання $\varepsilon=0,1\dots0,15$. Адсорбер виготовлений з тонкого мідного листа товщиною 0,9 мм, покритого з лицьової сторони селективною фарбою типу "Tinox" товщиною 4,5 мкм. Повітря подається повітропроводом через отвори між тильною частиною мідної підкладки ПГК та алюмінієвою фольгованою теплоізоляційною плівкою, яке одночасно служить нижнім покриттям ПГК. Виступи профілю розташовані поперек потоку повітря для його турбулізації з метою підвищення ефективності тепловіддачі адсорбера.

З метою збільшення ефективності тепловідводу від абсорбера повітряний потік турбулізували вибором перерізу щілин, швидкості потоку або додатковими конструктивними елементами. Таким чином, відпадає необхідність подвійного засклення, а невелике зменшення температури вихідного потоку компенсується збільшенням теплопродуктивності колектора. Для підвищення ефективності тепловіддачі тильного боку абсорбера також прикріплюють додаткові опори у вигляді гнутих тонколистових мідних швелерів висотою 20...30 мм. Вони підвищують жорсткість абсорбера і запобігають його коливанням при взаємодії з турбулізованим потоком повітря. Схематична будова ПГК наведена на рис. 1 та етапи монтажу на рис. 2.

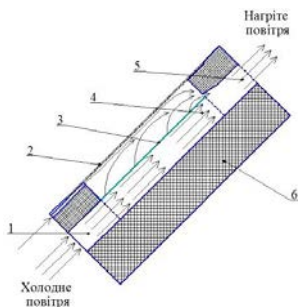


Рис. 1. Структурна схема будови повітряного геліоколектора: 1 – вхідний канал; 2 – одношарове прозоре покриття; 3 – абсорбер; 4 – повітропровід; 5 – вихідний канал; 6 – теплоізолююча стінка

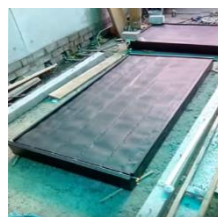
Для стаціонарного ПГК у два літні місяці максимальна чутливість приросту теплопродуктивності від зміни кута нахилу $\beta_{\text{опт}}$ до горизонту становить 20 %, а у два осінні місяці теплопродуктивність колектора залежить від кута нахилу несуттєво. Тому, оптимальний кут нахилу ПГК для м. Корець Рівненської області (Україна) до горизонту $\beta_{\text{опт}}$ вибираємо близьким до середньорічного оптимального, який за даними NASA [2] становить – 40,4°.



а



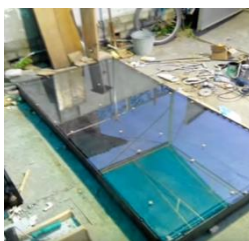
б



в



г



д



є

Рис. 2. Етапи складання елементів конструкції дослідного зразка повітряного геліоколектора: а – складання каркасу колектора; б –

перевірка геометрії корпусу колектора; в – закріплення абсорбера; г – розміщення повітряних каналів; д – встановлення одношарового скла з тепловідбиваючим покриттям твердого типу 0,02 % Fe₂O₃; є – монтаж та пусканалагодження дослідного зразка ПГК [3].

Плоский дзеркальний концентратор повертається навколо осі, паралельній довшій стороні ПГК. Ручною зміною кута нахилу в інтервалі від 0 до 120° відбиті промені додатково освітлюють сприймаючу поверхню ПГК зранку до полудня. Після полудня пристрій повороту перевстановлюється на протилежній боковій кромці колектора.

Таким чином, розроблено нову конструкцію та описано поетапне складання елементів дослідного зразка ПГК з герметичним та утепленим корпусом, що може використовуватися як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти для геліосушарки.

Література:

1. Korobka S., Babych M., Krygul R., Zdobyskyj A. Substantiation of parameters and operational modes of air solar collector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 3/8(93). P. 16 – 29. doi.org/10.15587/1729-4061.2018.132090
2. NASA Surface meteorology and Solar Energy [Електронний ресурс] // Available Tables. – Режим доступу: \www/URL:http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid/cgi?uid=3030. – 30.05.2018 р.
3. Boyarchuk V., Korobka S., Babych M., Krygul R. Results of research into thermal-technical characteristics of solar collector. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies* – 2018. – Vol. 5. Issue 8(95). – P. 23-33. doi : 10.15587/1729-4061.2018.142719

УДК 621.311

ПЛАВУЧА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

А.М. Гребенюк¹, Я.В. Ярошенко²

*Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", пр. Д. Яворницького 19, м. Дніпро, 49005,
Україна, тел.: +38(066)7746311,
e-mail: hrebeniuk.a.m@nmu.one*

У роботі розглянуто можливість створення наплавної сонячної електростанції в умовах Кам'янського водосховища.

Ключові слова: сонячна електростанція, земельні ресурси.

POWER SOLAR ELECTRICITY

A.M. Hrebeniuk¹, Ya. V. Yaroshenko

*National Technical University "Dniprovsk Polytechnic",
D. Yavornitskogo av. 19, Dnipro, 49005, Ukraine,
tel. : +38 (066) 7746311,
e-mail: hrebeniuk.a.m@nmu.one*

The possibility of creating a floating solar power station under the conditions of the Kamyansky reservoir is considered in the paper.

Keywords: solar power station, land resources.

ORCID: 10000-0002-6529-683X.

Відновлювана енергетика в Україні швидко перетворюється в бізнес, доступний кожному. Іноді навіть виявляється, що виробляти енергію вигідніше, ніж

займатися сільським господарством та багатьма іншими давно відомими видами діяльності. Фактично, кожен гігават нових сонячних станцій може принести українській економіці \$ 1 млрд інвестицій.

На території України існує безліч ймовірних місць для розташування сонячної електростанції (СЕС). Загалом, найчастіше під будівництво станції обирають непридатні для аграрної обробки ділянки земної поверхні: болотисту місцевість, землю насичену різними речовинами, що пригнічують її родючість, покинуті місця. Це звичайно йдеться про масштаби промислових станцій, для розташування яких треба гектари землі. Стандартна, класична сонячна електростанція зазвичай розташовується на поверхні землі на спеціальних опорах або трекарах. Це роками відпрацьована технологія, яка при масовому переході на сонячну енергетику загрожує забуттям багатьом тисячам гектарів родючої (або придатної для будівництва) землі. Даний аспект вже досить давно розглядається в державах з обмеженими земельними ресурсами, Японія, Великобританія тому у світі, плавучі сонячні електростанції вже давно не є новиною.

Розташовуючи СЕС на воді, в безпосередній близькості до промислових енергоприймачів, можна покращити якість напруги, оскільки відстань від джерела до приймача мінімізована. Для облаштування надводних сонячних електростанцій краще підходять внутрішні водойми, на які хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму. Таке місце було знайдено на території Кам'янського водосховища, Дніпропетровської області, України. Не зважаючи на розмір ця водойма здатна вмістити в собі, без шкоди навколишньому середовищу і

транспортним артеріям на воді, чималі додаткові конструкції. Для України, цей проект є дещо новітнім оскільки тут ще ніхто нічого подібного не робив.

Розташування СЕС на воді слугує додатковим джерелом електропостачання і має більший ККД ніж аналогічна СЕС на землі. Проте комплектуючі до даної станції більш коштовні у порівнянні із стандартною СЕС, але у випадку використання деталей випущених українською промисловістю можна розраховувати на відшкодування до 10% вкладених коштів державою.

З екологічної точки зору, саме розташування на Кам'янському водосховищі гратиме велику роль, адже так можна запобігти руйнації хвилями деякої ділянки берега. Також, сонячні електростанції у тандемі із ГЕС, розташованими на Дніпровському каскаді, здатні сильно знизити навантаження на мережу у період пікових годин. Так як станція буде знаходитись на мінімальній відстані до високовольтних ЛЕП, то це також допоможе локально покращити якість напруги у енергомережі, через мінімальну відстані до джерела вироблення електроенергії.

Загалом, такий вид конструкції, як плавуча сонячна електростанція, допоможе сильно зменшити вплив земельних ресурсів на сонячну енергетику і відкриє нові шляхи для інвестування подібних проектів.

УДК 621.311.25:621.039

СОНЯЧНІ МОДУЛІ «HALF CELL»: НОВИЙ СТАНДАРТ

В.В. Бодняк,

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул.

Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,

тел.: +38(067)736 72 44, e-mail: vasyl.bodniak@gmail.com

У роботі проведено огляд нового стандарту виготовлення фотомодулів по технології «Half cell». Наведені переваги використання фотомодулів «Half cell» в порівнянні з традиційними ФЕМ.

Ключові слова: *сонячне випромінювання, фотомодуль, «Half cell», струм, опір.*

SOLAR MODULES "HALF CELL": A NEW STANDARD

V.V. Bodniak,

Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094

An overview of the new standard for the production of PV-modules using the technology "Half cell" was conducted in the work. The advantages of using Half Cell modules in comparison with traditional PV are given.

Keywords: *solar radiation, PV module, "Half cell", current, resistance.*

ORCID: 0000-0002-5605-090X.

Зростання попиту на PV-продукцію зумовлює впровадження виробниками сонячних модулів інноваційних рішень щодо своєї продукції. До розумних PV рішень відносять модулі, зворотна частина яких, працює від

розсіяної та відбитої сонячної радіації (PERC). Ці нові продукти надають більше можливостей кінцевим користувачам оптимізувати свої PV-системи та прискорити повернення інвестицій.

Ще однією нещодавньою новинкою еволюції PV - технологій стало впровадження PV-модулів з навіпіл розрізаною клітинкою (cell). Ці інновації в PV-системах дають можливості для подальшого підвищення вихідної потужності і зниження загальних витрат [1].

У цій доповіді розглянуто технічні особливості, переваги та можливі недоліки сонячних фотоелектричних модулів з навіпіл розрізаними елементами, які в даний час виробляються такими виробниками, як REC Solar, Mitsubishi та Solarworld.

Традиційний фотоелектричний модуль складається з 60 і 72 клітинок, а «half cell» модулі мають 120 і 144 елементів відповідно. Сонячні елементи розрізані навіпіл, (Рис.1.) щоб зменшити втрати між елементами в процесі експлуатації. Втрати потужності зазвичай пропорційні квадрату поточного струму (Формула 1). Тому при розрізанні сонячного елемента навіпіл втрати потужності зменшуються в чотири рази.

$$Q = I^2 \times R. \quad (1)$$

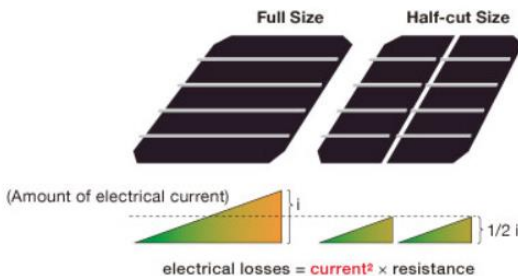


Рис. 1. «half cell» модулі від Mitsubishi

Виробництво «half cell» модулів включає в себе додатковий етап різання сонячних елементів за допомогою лазера і поділу їх на дві частини.

На менші клітинки діє менше механічне навантаження, тому зменшується ймовірність появи тріщин. Половинчасті модулі мають більш високу вихідну потужність і більш надійні, ніж традиційні панелі [2].

Дев'яте видання ITRPV прогнозує, що частка ринку «half cell» виросте з 5% в 2018 році до майже на 40% в 2028 році. (Рис. 2.)

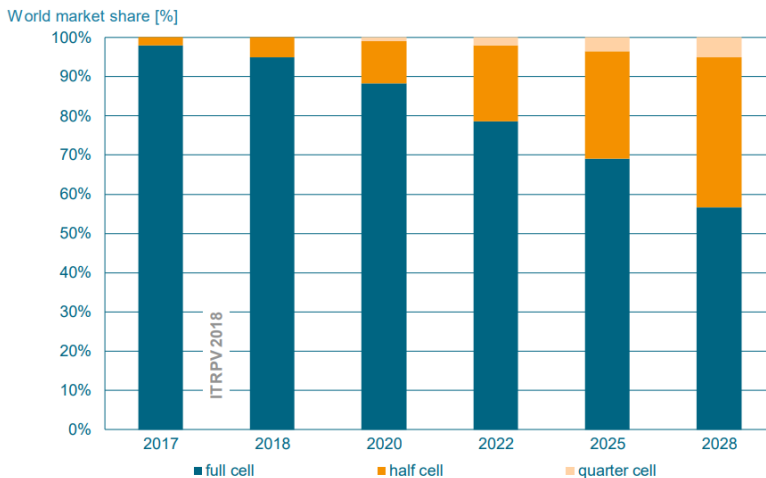


Рис. 2. Прогноз частки «half cell» модулів на ринку.

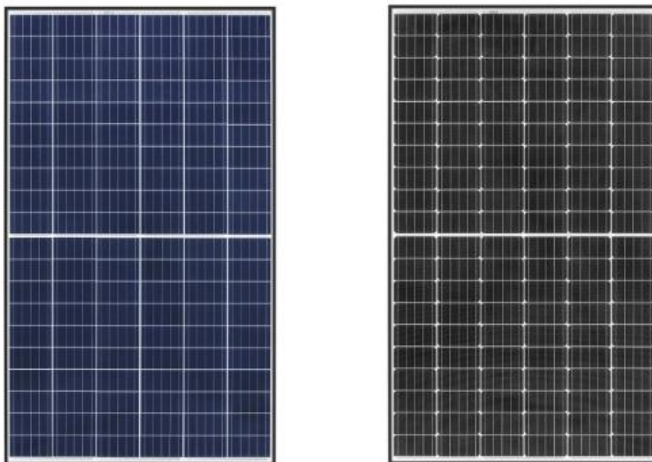


Рис. 3. Полікристалічний «half cell» модуль TwinPeak від REC (зліва) і монокристалічний «half cell» модуль N-Peak (праворуч).

Коли площа сонячного елемента зменшується вдвічі (Рис. 3.), величина електричного струму, який переноситься кожною шиною, також зменшується вдвічі. Зменшення електричного опору в збірних шинах призводить до загального збільшення ККД, особливо в періоди високої освітленості, що обумовлено значно вищим струмом короткого замикання (I_{sc}) і коефіцієнтом заповнення (FF).

Сонячні модулі з подвоєною напругою були б недоліком, так як більш висока напруга в стрінгу привела б до половини кількості модулів, які можуть бути підключені до інвертора на кожному стрінгу.

Тому більшість виробників використовують наступну схему шин для створення напруги (Рис. 4), аналогічних стандартним сонячним модулям: [3]

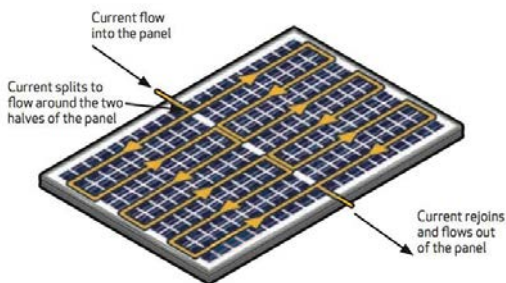


Рис. 4. Серія REC TwinPeak – Половинчасті сонячні елементи.

Половинчата схема серії REC TwinPeak, показана вище, також допомагає знизити внутрішній опір і забезпечити оптимальне вироблення енергії, коли сонячний модуль частково затінений (Рис. 5.):

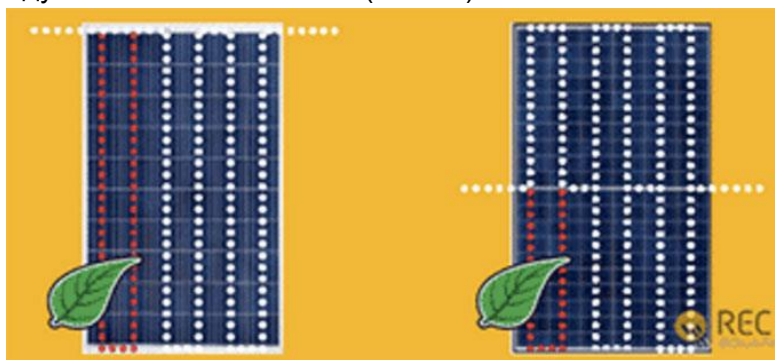


Рис. 5. Протікання електричного струму через звичайний модуль (зправа) та через «half cell» модуль (зліва) при затіненні

З точки зору якості, можуть бути потенційні недоліки, коли справа доходить до «half cell» модулів:

Вдвоє більше паяних з'єднань, що збільшує шанси поганих контактів, поділ сонячних елементів на дві частини може збільшити ймовірність дефектів.

Звичайно, погані контакти і дефекти, можуть бути попереджені під час виробництва з належним контролем якості.

Оскільки напівелементні модулі виробляють більше енергії і є більш ефективними і надійними, ніж їх повноелементні аналоги, їх використання може призвести до економії часу і грошей для установника.

У сукупності ці фактори сприяють зниженню загальних цін на сонячні фотоелектричні системи. Половинні сонячні елементи є частиною нового покоління фотоелектричних технологій, які працюють спільно, знижуючи ціну модуля.

У поєднанні з іншими новітніми сонячними рішеннями, такими як мульти-шинної технології або оптимізатори, новинки продовжують активно сприяти зниженню енерговитрат і одночасно підвищувати продуктивність системи.

Література:

1. E. Sosnina, A. Chivenkov, A. Shalukho, N. Shumskii. Power flow control in a virtual power plant LV network//*International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 8, No. 1, March, 2018.

2. M.J. Reno, R.J. Broderick, S. Grijalva. Formulating a Simplified Equivalent representation of Distribution Circuits for PV Impact Studies // SANDIA Report, SAND2013-2831, Unlimited Release, Printed April 2013.
<http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2013/132831.pdf>.

3. П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько. Вплив сонячних електричних станцій на напругу споживачів 0,4 кВ // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2015. № 3, с. 7 - 13.

УДК 697.329

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕЗОННОГО АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ В РІДКІЙ ФАЗІ

О.В. Хіменко¹, О.О. Хіменко²,

*Інститут відновлюваної енергетики (ІВЕ) НАН України, 02094,
м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20А, тел. +38(044)206-28-09
e-mail: avmkh87@gmail.com¹, noo.sk.ive@gmail.com²*

Розроблена схема експериментальної установки по дослідженню ефективності сезонного акумулювання теплоти в рідкій фазі з подальшим її використанням для опалення адміністративної будівлі.

Ключові слова: експериментальні дослідження, геліоколектор, водяний бак-акумулятор, вимірювання температури

STUDY OF THE EFFICIENCY OF SEASONAL HEAT STORAGE IN THE LIQUID PHASE

O. Khimenko¹, O. Khimenko²

*Institute renewable energy NAS of Ukraine, 02094, Kyiv,
st. Gnata Khotkevicha, 20A, tel. +38(044)206-28-09
e-mail: avmkh87@gmail.com¹, noo.sk.ive@gmail.com²*

The scheme of an experimental installation for studying the efficiency of seasonal heat storage in the liquid phase with its subsequent use for the heating of the administrative building is developed.

Keywords: experimental studies, solar collector, water storage tank, temperature measurements.

ORCID: ¹0000-0003-2612-969X, ²0000-0002-8422-2078.

Для проведення експериментальних досліджень ефективності акумулювання теплоти в рідкій фазі необхідно розробити схему експериментальної установки та методику проведення досліджень.

Були проаналізовані існуючі види систем теплопостачання з акумулюванням теплоти, що використовують сонячну енергію [1,2].

Мета. Дослідження ефективності сезонного акумулювання теплоти в рідкій фазі з подальшим її використанням для опалення 3-го поверху адмі будівлі.

Опис експериментальної установки. До складу експериментальної установки входить: 1. Існуюча система геліоколекторів в кількості 10 шт. загальною площею абсорбера 20 м^2 з максимальною витратою нагрітого теплоносія $40 \text{ л}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ та температурою на виході із геліоколектора $55\text{-}60 \text{ }^\circ\text{C}$; 2. Водяні баки-акумулятори $V = 1 \text{ м}^3$ розмірами $1530 \times 1300 \times 670 \text{ мм}$ у кількості 8 шт.; 3. Існуюча фотоелектрична система загальною потужністю $2,1 \text{ кВт}$ та системою акумулювання загальною ємністю $720 \text{ А} \cdot \text{год}$ для забезпечення роботи циркуляційних, занурюваного та нагнітального насосів; 4. Нагнітальна та видобувна свердловини глибиною 50 та 117 м відповідно.

Методика проведення експериментальних досліджень.

Перший етап. В теплий період року (з квітня по вересень) буде здійснюватися нагрів води в геліоколекторах та закачування нагрітого теплоносія у водяні баки-акумулятори для дослідження зміни температури теплоносія за вказаний період часу з вимірюванням температури на вході та виході із

бака-акумулятора (Т7, Т10) та температури теплоносія у самих баках-акумуляторах (Т8, Т9). Вимірювання температури будуть проводитись у декількох контрольних точках (див. рис. 1) за допомогою первинних перетворювачів температури – термодпар ТХА та термометрів спротиву ТСП Pt1000 (заміри температури води у баках-акумуляторах) і вторинних перетворювачів температури – восьми каналних пристроїв контролю температури УКТ.38.Щ4-ТП та трьохканальних логерів температури ЛГ-2-03. Схема експериментальної установки наведена на рис. 1.

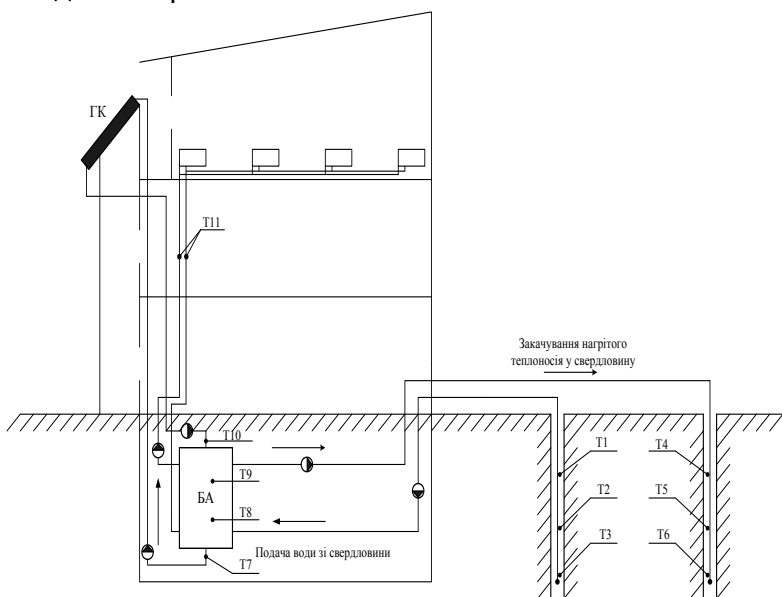


Рис. 1. Експериментальна установка по дослідженню ефективності акумулювання теплоти в рідкій фазі та схема закачування нагрітого теплоносія в експериментальну свердловину

Подача води для її нагріву у системі геліотеплопостачання буде відбуватися із видобувної свердловини глибиною 117 м за допомогою занурюваного та циркуляційних насосів. Прогнозний дебіт свердловини очікується не менше 0,5-1 м³/год.

Планується також в літній період закачувати воду із видобувної свердловини в ємності для акумулювання холодної води з послідуємим її використанням для кондиціонування повітря приміщень 1-го поверху громадської будівлі за допомогою трьох фанкойлів. Паралельно планується закачування нагрітого теплоносія у нагнітальну свердловину глибиною 50 м для дослідження фільтраційних властивостей ґрунту та акумулювання теплоти в підземних проникних шарах. Зміни рівня води у видобувній та нагнітальній свердловинах будуть контролюватись електронним рівнеміром. Витрати води – витратомірами. Кількість теплоти – тепловим лічильником. У нагнітальній та видобувній свердловинах будуть проводитись вимірювання температури води з метою дослідження динаміки її зміни протягом всього року (Т1-Т6).

Другий етап. В опалювальний період планується використання нагрітого теплоносія у сезонному тепловому акумуляторі для опалення 3-го поверху адміністративної будівлі за адресою м. Київ, вул. Метрологічна, 48, а також будуть проводитись роботи по закачуванню теплоносія із сезонних теплових акумуляторів у нагнітальну свердловину для дослідження динаміки нагріву води і ґрунту у експериментальній свердловині. Будуть проводитись вимірювання температури теплоносія в

подавальному та зворотному трубопроводах системи опалення 3-го поверху адміністративної будівлі (Т11), а також буде контролюватись температура в опалювальних приміщення цього поверху. Буде передбачено догрів води у баках-акумуляторах за допомогою ТЕН потужністю 3 кВт.

Література:

1. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / [Р.Р. Авезов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.]; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
2. Дж. Даффи, У. Бекман. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.

УДК 620.92 : 697.329 : 681.51

ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ГЕЛІОПАСИВНОЮ СИСТЕМОЮ МАЛОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Л.А. Кирнос¹, Т.В. Суржик²

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України*ул.

Гната Хоткевича, буд. 20а, м.Київ, 02094

¹e-mail: larakirnos@gmail.com

²e-mail: tamila.surzhuk@gmail.com

1. Розглянуті особливості використання автоматизації та управління геліопасивною системою фоклін-колектора, інтегрованого в геліогенеруючу оболонку малоповерхового житлового будинку

2. Виявлені резерви підвищення енергоефективності як малоповерхового житлового будинку в цілому, так і геліопасивної системи фоклін-колектора частково, за рахунок автоматизації технологічних процесів теплопостачання, що забезпечують оптимальні параметри мікроклімату приміщень.

Ключові слова: енергоефективність; геліопасивна система фоклін-колектора; геліогенеруюча оболонка будинку; малоповерховий житловий будинок.

FEATURES OF AUTOMATED MANAGEMENT OF THE PASSIVE SOLAR SYSTEM OF THE LOW HOUSE

L. Kyrnos¹, T. Surzhuk²,

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

¹e-mail: larakirnos@gmail.com

²e-mail: tamila.surzhyk@gmail.com

1. The application features of automation and management of the passive solar system for the solar concentrating collector, integrated in the heat-generating building envelope of a low house are considered.

2. Reserves of increase in energy efficiency of a low house in general, and the passive solar system of the solar concentrating collector, in particular, due to automation of the technological processes of heat supply providing optimum parameters of a microclimate of rooms are revealed.

Keywords: *energy efficiency; the passive solar system of the concentrating collector, heat-generating building envelope, a low house.*

ORCID: ¹0000-0003-2503-3071, ²0000-0001-1418-7748.

Вступ

Створення житлового середовища, яке функціонує за відсутності безпосередньої участі людини, але забезпечує комфорт та економічність, становить одним із напрямів управління технічними об'єктами. Ця система відома як «розумний будинок». Головна особливість системи «розумний будинок» - об'єднання окремих систем в один керований комплекс, який включає систему електроживлення, водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціювання, відеоспостереження, охорони та пожежної сигналізації, GSM / IP — моніторинг об'єкта, управління системами автоматизації [6].

Одна з найактуальніших проблем енергозбереження в житлово-комунальному комплексі — це підвищення енергоефективності малоповерхових житлових будинків, яка вирішується методами теплозахисту огорожуючої оболонки будинку, модернізації інженерного обладнання, застосування енергоустановок та систем на основі перетворення сонячної енергії. Існує багато концепцій «розумного будинку», які передбачають комплексне рішення окремих задач автоматизації функціонально-технологічних процесів, що забезпечують економію тепла та електроенергії, і в той же час, високий рівень комфорту в житловому середовищі.

Відомо, що системи автоматичного управління опаленням та вентиляцією, електропостачанням, освітленням малоповерхового житлового будинку дозволяють знизити енерговитрати на 5-7%, система управління кліматом приводить до економії енергоресурсів на 10-15% [2]. Таким чином, економія енергоресурсів в геліопасивному «розумному» будинку може досягти 15-22%.

1. Актуальність дослідження

Традиційні в світовій практиці пасивні сонячні системи розглядаються як частина зовнішньої огорожуючої оболонки, і тому беруть участь в теплообміні крізь теплоізоляційну оболонку. Пасивні системи такого типу розглядаються як інсольована частина зовнішньої стіни будинку із світлопрозорими огороженнями в прорізах, крізь які сонячне випромінювання потрапляє всередину будинку. Інший тип пасивної системи будинку – це багат шарова масивна стіна, яка складається із теплоінерційного матеріалу та світлопрозорого покриття (наприклад, стіна Тромба) та виконує теплогенеруючі та теплоакумуючі функції в полі сонячної радіації.

Внаслідок нестационарного режиму сонячного випромінювання пасивні системи опалення не мають можливості забезпечувати параметри комфортних умов в приміщеннях на протязі повного опалювального сезону в умовах помірного клімату. Під час зимових мінусових температур пікові навантаження на опалювальну систему будинку і величина сонячних теплонадходжень не співпадають. Виникає необхідність використання допоміжних засобів запобігання теплових втрат будинку – увімкнення теплогенеруючого дублера. В літній час, коли видбувається максимум сонячних надходжень, можливе значне перегрівання приміщень. Таким чином, застосування традиційних типів пасивних систем в умовах помірного клімату не дозволяє досягти нормованої енергоефективності житлового будинку і компенсації питомих теплових навантажень.

Вказані фактори вимагають моніторингу температурних параметрів геліопасивної системи та автоматизації управління її компонентами. Система збирання даних виводить на диспетчерський екран інформацію про температури, потім потрапляє в базу даних комп'ютера та обробляється для подальших розрахунків потреби в додатковій тепловій енергії, ефективності геліогенеруючої системи.

2. Основний зміст

Пропонується концептуальний підхід для рішення питання підвищення енергетичної ефективності малоповерхового житлового будинку за рахунок функціонально-просторової структури - геліо-генеруючої оболонки, яка обмежує буферний вентиляційний простір та максимально опромінюється сонячною радіацією. Геліо-генеруюча оболонка знаходиться ззовні теплозахисних огорожуючих конструкцій будинку та складається із

панелі модульних концентруючих геліопасток, відділена від стіни будинку термосифонно-вентиляційним буферним простором, призначеним для регулювання температури повітреобміну в приміщеннях

Інтегровані геліопасивні системи, наприклад, стіновий сонячний фоклін-колектор [3, 4], використовують енергію сонячного випромінення для перетворення її в теплову енергію, і тим самим, знижують теплове навантаження на опалення будинку. Геліопасивна система малоповерхового житлового будинку функціонує сумісно з системами опалення, вентиляції, охолодження, які стабілізують параметри мікроклімата в приміщеннях (температуру, вологість, повітреобмін) у відповідності зі змінними кліматичними умовами зовнішнього середовища. Оскільки геліопасивна система має непостійне (сезонний) та нестабільне (відносно потужності) джерело енергії – Сонце, то виникає конфліктна ситуація, яка витікає із протиріччя між клімато-географічними особливостями кількості сонячного випромінення в розглядуваній місцевості та нормативними вимогами до параметрів мікроклімата приміщень та питомих теплових навантажень.

Вплив геліопасивної системи сонячного теплопостачання на енергетичні характеристики житлового будинку [5] наступний:

- теплота, що направляється із системи сонячної теплогенерації в систему розподілення (опалення), знижує споживання будинком іншого виду теплової енергії (наприклад, яка генерується традиційними джерелами);
- повернені втрати системою сонячної теплогенерації (для опалення та гарячого водопостачання) знижують теплові потреби будинку;
- знижується час роботи традиційного теплогенератора

Використання автоматизованих систем моніторингу та управління житловими будинками приводить до підвищення енергоефективності. Ефект збереження енергії завдяки застосуванню автоматизації може бути посилений при врахуванні функції інтегрованого та комплексного управління та моніторингу. Крім того, рекомендується використовувати технічне управління процесами інженерних систем для отримання більш глибокої інформації про енергоспоживання будівлі та оптимізації роботи системи сонячної теплогенерації [6].

Інформаційно-аналітична система геліопасивного житлового будинку передбачає ряд системно-модульних задач:

- обробку інформації про стан технологічних процесів у реальному часі;
- оперативно оцінювати стан підсистем житлового будинку згідно показникам датчиків;
- автоматизація управління технологічними процесами в режимах окремих підсистем по заданому алгоритму;
- ведення бази даних про технологічний стан підсистем будинку, в тому числі, геліопасивної системи стінового фоклін-колектора.

3. Висновки

Використання систем автоматизації, контролю та управління геліопасивним малоповерховим житловим будинком передбачає наступне:

1. Підвищення енергетичної ефективності геліопасивної системи перетворення сонячної енергії в теплову, а також загальну енергоефективність будинку по витратам теплової енергії на опалення (приблизно 34-40%).

2. В результаті економії викопного палива на теплоспоживання геліопасивного житлового будинку знижується емісія вуглекислого газу CO_2 в атмосферу, і тим самим поліпшиться якість навколишнього природного середовища.

3. Знижує рівень опалювального навантаження геліопасивного житлового будинку і, в результаті, зменшуються витрати первинної енергії на опалення.

4. Оптимізує реагування геліопасивної системи на динамічні процеси зміни зовнішніх кліматичних та сезонних погодних умов.

Література:

1. У.Бекман, Дж.А.Даффи // Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 413с., ил.

2. М.Э. Сопер // Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Сопер М. Э. - М.: НТ Пресс, 2007. - 432 с..

3. Л.А. Кирнос, В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик // Базові принципи в сфері енергоефективності пасивних малоповерхових житлових будинків. – Матеріали конфер. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті. – Київ: 2017р. – 752с., іл.

4. Л.А. Кирнос, В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик // Аналіз факторів, впливаючих на ефективність стінового сонячного фоклін-колектора (ССФК), інтегрованого в геліоактивну оболонку пасивного будинку – Матеріали конфер. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті. – Київ: 2018р. – 752с., іл.

5. EN 15316-4-3:2007 // Теплоснабжение зданий — Метод расчета энергопотребности и эффективности системы — Часть 2-3, Теплогенерирующие системы, тепловые солнечные системы / (NEQ) - 34 с.

6. ДСТУ Б EN 15232:2011 // Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232: 2007, IDT) / Пер. с англ. - Київ, Мінрегіон України, 2012р. – 108с.

УДК 621.3

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНИХ СХЕМ
АКУМУЛЯТОРА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
ЖИВЛЕННЯ ВІД ФОТОЕЛЕМЕНТІВ**

Д.В. Бондаренко, канд. техн. наук
Ін-т відновлюваної енергетики НАН України,
тел: (050)972999,
mail: dima7007bond@gmail.com

В роботі показані різні еквівалентні схеми акумуляторів електричної енергії, для різного моделювання. Описані їх параметри та особливості застосування. Показано загальну еквівалентну схему заміщення акумулятора, яка основана на DP-моделі. Запропоновано еквівалентну схему заміщення системи фотоелемент-акумулятор-навантаження. Розписані її параметри.

Ключові слова: еквівалентні схеми, акумулятор, фотоелемент, моделювання

**USING OF EQUIVALENT CIRCUITS OF ACCUMULATOR
FOR SIMULATIONS SYSTEMS OF SUPPLYING BY PV-
ELEMENT**

D.V. Bondarenko,

*Institute of Renewable Energy, National Ukrainian Academy of
Science, 20A, Krasnogvardejskaya str., Kyiv, 02094, Ukraine
tel./Fax +380 44 206-28-09, e-mail: renewable@ukr.net*

Shows different equivalent circuits of accumulators of electrical energy. Described main parameters. Shown main equivalent circuit of accumulator, based on DP-model. Present equivalent circuit of system of pv-element-accumulator-load.

Keywords: *equivalent circuits, accumulator, pv-element, simulation.*

ORCID: 0000-0002-5629-930X.

Моделювання електричних систем за допомогою еквівалентних схем заміщення є ефективним інструментом аналізу та проектування систем з використанням відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних фотоелементів та батарей.

Треба зазначити, що різне застосування акумуляторів та різні режими роботи потребують різних схем заміщення. Так, при використанні акумулятора, в якості короточасної підтримки джерела живлення та згладжування пульсацій, можливо використати схему заміщення - звичайну ємність, підключену паралельно до джерела, в якості схеми заміщення. Але для оцінки кількості накопиченого та витраченого заряду, в схемах заміщення, вже використовується кероване джерело напруги з ємнісними та вольт-амперними характеристиками, які описують режим роботи конкретних типів акумуляторів.

Для більш розширеного моделювання використовують еквівалентні схеми з пасивними, паразитними елементами, які спотворюють ідеальні статичні та динамічні характеристики акумулятора, як джерела вторинного живлення. Найбільш простою є так звана Rint-модель, яка містить опір, який послідовно

підключений до ідеального джерела напруги [1]. В цій моделі напруга джерела напруги відповідає напрузі холостого ходу акумулятора, а опір відповідає внутрішньому опору акумулятора. Обидва параметри є функціями SoC, SoH та температури.

Розвитком схеми заміщення, як ємності, є RC-модель. В цій еквівалентній схемі до основної ємності, яка моделює накопичення заряду в акумуляторі, додаються ємність та три опори, які підключені послідовно та паралельно і моделюють внутрішні процеси та конструктивні елементи акумулятора [1].

Найбільш коректними є моделі які об'єднують Rint-модель та RC-модель. Це Thevenin-, PNGV-, DP-моделі [1]. В цих моделях використовуються керовані джерела напруги та RC-ланцюги для повного представлення процесів накопичення заряду та відображення внутрішніх та зовнішніх процесів в акумуляторі. З цих моделей, найбільш загальною є DP-модель, яка представлена на рис.1. В цій еквівалентній схемі кероване джерело струму I_{oc} відповідає напрузі на акумуляторі без навантаження, тобто холостого ходу, опір R_s це внутрішній омичний опір акумулятора. Паразитні елементи R_1 та R_2 представляють електрохімічні процеси в середині акумулятора, а ємності C_1 та C_2 є ефектиними ємностями які відповідають за перенос енергії в акумуляторі.

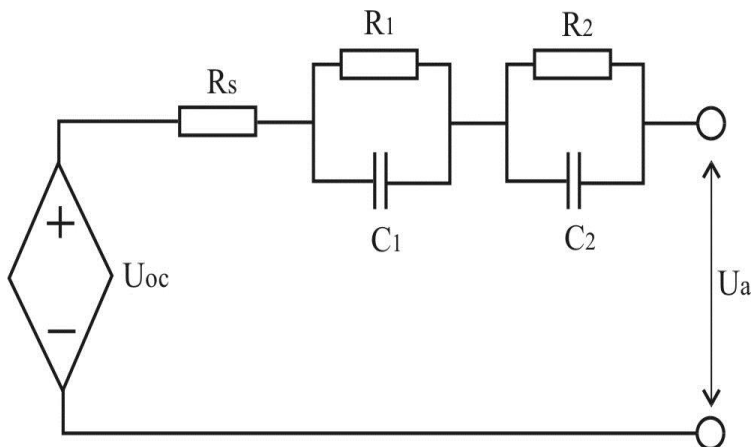


Рис.1.

Таким чином, маючи загальну еквівалентну схему акумулятора та еквівалентну схему фотоелемента [2] ми можемо створити модель системи фотоелемент-акумулятор-навантаження рис.2. Де крім вищеописаних параметрів додаються кероване джерело напруги U_{pv} , яке моделює генерацію струму в фотоелементі і залежить від рівня інсоляції, а також температури та конструктивних параметрів фотоелемента. Опір R_{pv} є внутрішнім опором фотоелемента, а ємність C_{pv} є паразитною і залежить від конструкції. Опір R_c є опором навантаження, а напруга U_c є напругою на навантаженні.

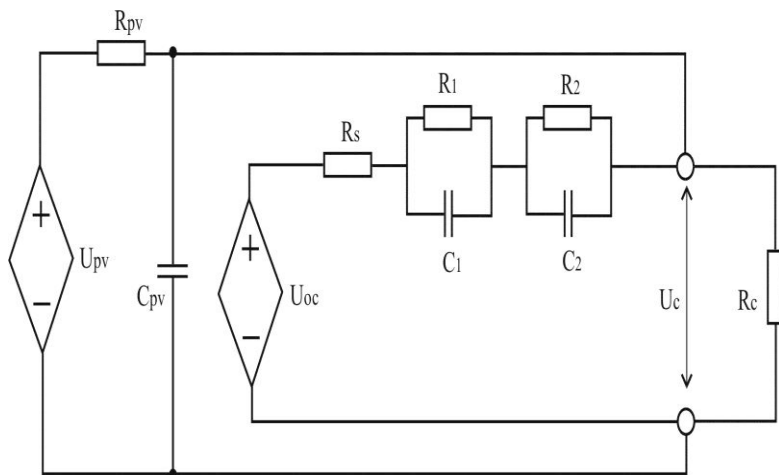


Рис.2.

Розглянувши отриману схему, можна зробити висновок про можливість застосування загальної еквівалентної схеми системи, в якій навантаження живиться від фотоелемента та акумулятора. Така схема дозволяє в одному обчислювальному процесі провести моделювання і аналіз таких систем.

Література:

1. Hongwen He , Rui Xiong, Jinxin Fan. Evaluation of Lithium-Ion Battery Equivalent Circuit Models for State of Charge Estimation by an Experimental Approach // *Energies* 2011, 4, 582-598.
2. Dmitry V Bondarenko Use of electrical equivalent circuits at simulation optoelectronic systems // *5th International Workshop on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling*, 2003. *Proceedings of LFNМ* 2003. P.72-74.

УДК 621.311

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ШКОЛИ

Д. Г. Ганжа , В.В. Дубровська, В.І. Шкляр

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

044-204-96-90, shklyar_vi@ukr.net

Розглянуто використання колекторів для зменшення витрат теплової енергії.

Ключові слова: *сонячний колектор, гаряче водопостачання, програмні продукти.*

USE SOLAR COLLECTORS FOR HOT WATER SUPPLY SCHOOL

Hanzha D., Dubrovskaya V., Shklyar V.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Institute of Energy Saving and Energy Management

The use of collectors to reduce the cost of heat energy is considered.

Keywords: *solar collector, hot water supply, software products.*

ORCID: 0000-0001-6879-7501, 0000-0003-4765-0484.

СШ №7 ім. М.Рильського була збудована в 1911 році, складається з 2 будівель, чотири і два поверхи відповідно. Загальна площа всіх приміщень складає – 3400 м².

СШ №7 споживає: теплову енергію, електроенергію та водопостачання з водовідведенням. Школа працює цілий рік, так як влітку в школі організована робота великої кількості гуртків та різних організаційних структур, тобто школа користується гарячою водою на протязом 12 місяців. Споживання холодної води становить 250 м^3 в місяць, на її нагрівання використовується 53 МВт теплової енергії в місяць, що становить близько 73500 грн. Для зменшення фінансових витрат вирішено встановити 6 сонячних колекторів VitoSol 100 5 m2 DI (рис.1) загальною площею $31,54 \text{ м}^2$ на даху школи.

Розрахунки фінансової доцільності даного рішення проведені у програмних середовищах T*SOL (рис. 2-4) та RETScreen (рис. 5-6).



Рис. 1 – Схема сонячного водопостачання

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
 "ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
 Розділ 2. Сонячна енергетика

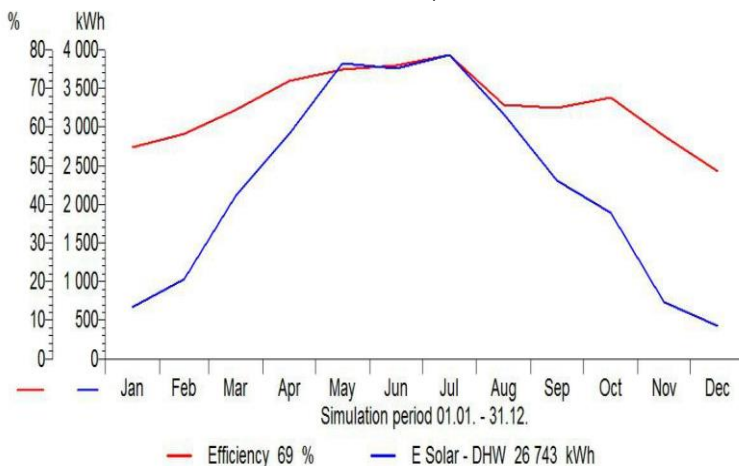


Рис. 2 – Ефективність СК

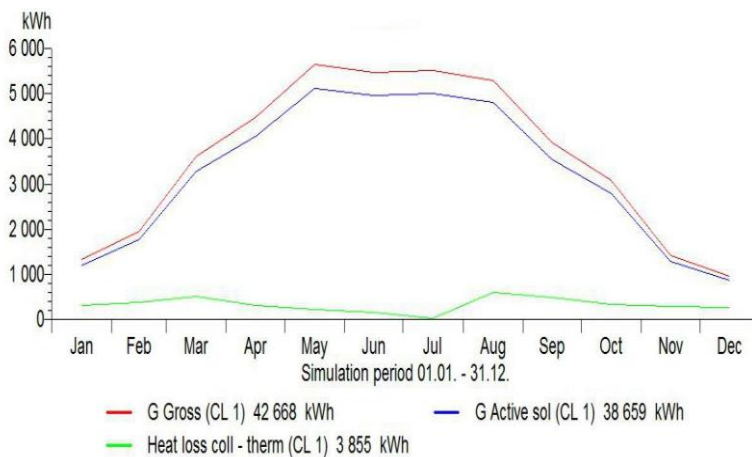


Рис. 3 – Втрати і отримання сонячної енергії

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
Розділ 2. Сонячна енергетика

Results of annual simulation

Installed collector power:		22,08 kW
Installed solar surface area (gross):		31,54 m ²
Irradiation on collector surface (active):	38 658,51 kWh	1 352,74 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	26 894,96 kWh	941,11 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	26 833,56 kWh	938,96 kWh/m ²
DHW heating energy supply:		140 301,71 kWh
Solar energy contribution to DHW:		26 742,74 kWh
Energy from auxiliary heating:		116 014,7 kWh
Natural gas (H) savings:		3 880,4 m ³
CO2 emissions avoided:		8 205,67 kg
DHW solar fraction:		18,7 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		19,9 %
System efficiency:		69,2 %

Рис. 4 – Фінансова складова розрахунку

	Единица	Базовый случай	Предлагаемый случай	
Тип нагрузки		Школа - с душевой		
Количество единиц	Студент	750		
Коэффициент занятости	%	100%		
Ежедневное потребление горячей воды - оценочно	л/день	5 100		
Ежедневное потребление горячей воды	л/день	3 500	3 500	
Температура	°C	60	60	
Кол-во рабочих дней в неделю	д	5	5	
□ Процент месяцев использования				
Метод подающей температуры		Заданный пользователем		
Температура воды - минимум	°C	15		
Температура воды - максимум	°C	15		
Отопительная нагрузка	Единица	Базовый случай	Предлагаемый случай	Экономленная энергия
	МВт·ч	53,2	42,6	20%
Оценка ресурсов				Дополнительные капитальные затраты
Режим слежения за солнцем		Глухое		
Уклон	°	45,0		
Азимут	°	0,0		
□ Показать данные				
Солнечный водонагреватель				
Тип	Плоский			\$ 24 000
Производитель	Vaisala			
Модель	Vsol 150 S m2 DI			
Общая площадь солнечного коллектора	м²	5,20		
Площадь раскрытия солнечного коллектора	м²	4,92		
Коэффициент F _r (α _{ра})		0,72		
Коэффициент F _r U _L	(Вт/м²)·°C	4,16		
Температурный коэффициент для F _r U _L	(Вт/м²)·°C²	0,000		
Количество коллекторов		6		
Площадь солнечного коллектора	м²	31,54		
Мощность	кВт	20,66		
Прочие потери	%			
Баланс системы и прочее				
Аккумуляирование		Да		
Емкость аккумуляторов / площадь солнечного коллектора	л/м²	60		
Емкость аккумуляторов	л	1 771,2		
Теплообменник		да/нет		
Прочие потери	%	1,0%		
Мощность насоса / площадь солнечного коллектора	Вт/м²	150,00		
Цена на электроэнергию	\$/кВт·ч	0,050		
Резюме				
Потребление электроэнергии - насос	кВт·ч	8,9		
Подогревное тепло	кВт·ч	16,1		
Доля солнечной энергии	%	38%		

Рис. 5 – Початкові дані та результати розрахунку у програмі RETScreen

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ХХІ СТОЛІТТІ"
Розділ 2. Сонячна енергетика

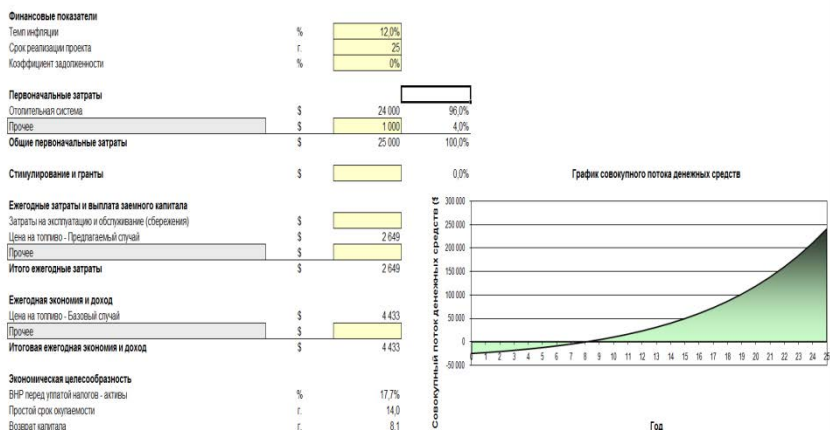


Рис. 6 – Фінансова складова розрахунку

З розрахунків видно, що частка сонячної енергії в покритті навантаження на гаряче водопостачання дорівнює 30-40% на рік, а економія становить більше 20% коштів. Простий строк окупності складає від 14 до 16,6 років в залежності від обраного програмного середовища.

Література:

- 1 Програмне середовище T*SOL: [електронний ресурс].- <https://www.valentin-software.com/en/products/solar-thermal/14/tsol>.
- 2 Програмне середовище RETScreen: [електронний ресурс].- <https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>.

УДК 621.311.24

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ – ЦІЛІ, ЗОБОВ'ЯЗАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИ І ПЕРСПЕКТИВИ

С.О. Кудря¹, Б.Г. Тучинський², І.В. Іванченко³
*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20А, 02094, Україна*

В доповіді представлено аналіз стану та перспективи виконання Україною Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 р. про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, вітрові електростанції, інвестиційна привабливість, ризики, державна підтримка.

WIND ENERGY UKRAINE – AIMS, LIABILITIES, RESULTS AND PROSPECTS

S. Kudria¹, B. Tuchynskyi², I. Ivanchenko³
*Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv
20A, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, 02094, Ukraine*

The report presents an analysis of the status and prospects of implementation by Ukraine of the Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources.

Keywords: renewable energy sources, wind power stations, investment attractiveness, risks, state support.

ORCID: ¹0000-0002-4798-6853, ²0000-0002-5180-6886,
³0000-0002-5083-4180.

В жовтні 2005 р. більшість країн Європи, з числа тих, що не увійшли до складу Європейського Співтовариства (ЄС), підписали договір про заснування Енергетичного Співтовариства, метою якого є узгодження цілей і виконання цими країнами основних стратегічних рішень ЄС в галузі енергетики. В лютому 2011 р. до цього договору приєдналась Україна.

Основним документом ЄС щодо переходу до відновлюваної електроенергетики стала і залишається Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 р. про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Ця Директива є обов'язковою до імплементації в Україні згідно з розпорядженнями Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2014 р. № 847-р «Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони».

Нижче наведені дані про стан виконання Директиви в Україні.

- Частина (13) вступної частини:

Враховуючи точки зору, висловлені Європейським Парламентом, Радою та Комісією, належить визначити обов'язкові національні цілі, що відповідають частці 20% енергії, що виробляється з відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії для Співтовариства, а також частці 10% цього типу енергії, що призначається для транспорту і все це – з цього часу і до 2020 року.

Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 року досягти рівня 11% споживання електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, що закріплено «Національним Планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» (далі – План дій). Це фактично найнижчий показник загального обсягу споживання для відновлюваної енергетики в ЄС (не рахуючи Мальти). До того ж, до нього входить обсяг електроенергії, вироблений ГЕС і ГАЕС на великих ріках, які давно побудовані і

стабільно виробляють приблизно 5.5% всієї електроенергії країни. Тобто, половину показника *Плану дій* Україна наперед забезпечила за рахунок вже діючих ГЕС і ГАЕС.

Середній же показник для країн ЄС становить 21%, тобто, Україна запланувала рівень використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, майже вдвічі (!) нижчий середнього по ЄС.

Середнє значення показника для європейських країн, що не входять до складу ЄС, в 2.5 рази перевищує значення, яке заплановано у *Плані дій*.

Ще більш заниженим є запланований показник потужності вітроелектричних станцій (ВЕС), побудованих до 2020 року - 2280 МВт, хоча цей же документ визначає, що *«потенційна економічно доцільна встановлена потужність вітроенергетики в Україні досягає 15 ГВт»*.

Зазначимо, що фактичні темпи будівництва ВЕС в Україні не додають оптимізму щодо виходу ВЕС навіть на гранично занижену загальну потужність 2280 МВт. За даними Європейської вітроенергетичної асоціації, на кінець 2018 р. загальна встановлена потужність українських ВЕС становила 533 МВт. За даними Української вітроенергетичної асоціації, на кінець 2018 р. в процесі будівництва в Україні було ВЕС загальною потужністю 893 МВт. Якщо всі ці ВЕС буде побудовано до кінця 2020 р. (що малоймовірно), сумарна встановлена потужність ВЕС становитиме лише $533+893=1426$ (МВт), що суттєво менше відповідного індикативного показника *Плану дій* 2280 МВт.

- Частина (14) вступної частини:

Обов'язкові національні цілі слугують головним чиним для того, щоб надати певні гарантії інвесторам та заохотити до тривалого розвитку технологій, шляхом використання яких виробляється енергія з усіх типів відновлюваних джерел.

Не виконання вимоги цього пункту щодо надання гарантій інвесторам не дозволяє залучити інвестиції до розвитку відновлюваної енергетики України. Гарантії, перш

за все, можуть бути надані шляхом прийняття законів, які забезпечать інвесторам роботу на недискримінаційному монополізованому ринку.

Необхідно забезпечити на законодавчому рівні гарантії інвесторам та стимули щодо розвитку відновлюваної енергетики.

- Частина (53) вступної частини:

Належить дозволити ринкам видобутої з відновлюваних джерел електроенергії, що перебувають на стадії становлення, сприяти побудові нових установок для отримання електроенергії з відновлюваних джерел. Отже держави-члени могли б бути в змозі вимагати від постачальників електроенергії, щоб вони повідомляли кінцевим споживачам їх структуру енергозабезпечення відповідно до частини 6 статті 3 Директиви 2003/54/ЄС, включати мінімальний відсоток гарантій походження установок, що були нещодавно побудовані та які виробляють енергію з відновлюваних джерел, за умови, що така вимога не суперечитиме праву Співтовариства.

Наразі електропередавальні організації не зацікавлені у приєднанні об'єктів відновлюваної енергетики до своїх електричних мереж та створюють їм при цьому штучні перешкоди, що відторгає інвесторів. Цю проблему можна вирішити з урахуванням відповідної норми права ЄС, тобто зобов'язавши у законодавчому порядку електропередавальні організації забезпечити постачання мінімального відсотку електроенергії, виробленої об'єктами відновлюваної енергетики.

- Частина (60) вступної частини:

Пріоритетний та гарантований доступи для електроенергії, що походить з відновлюваних джерел енергії є важливими для інтеграції відновлюваних джерел енергії у внутрішній ринок електроенергії відповідно до частини 2 статті 11 та поглиблення – відповідно до частини 3 статті 11 Директиви 2003/54/ЄС.

Від інвесторів надходять численні скарги, що також відзначається у звітах міжнародних організацій, щодо порушень з боку електропередавальних організацій законних прав інвесторів на доступ до електричних мереж об'єктів відновлюваної енергетики.

Необхідно встановити у законодавчому порядку пріоритет та гарантований доступ до електричних мереж об'єктів відновлюваної енергетики.

- Частина (61) вступної частини:

Директива має на меті стабільне збільшення обсягів транспортування та розподілу електроенергії, що була видобута з відновлюваних джерел енергії, не впливаючи на надійність або безпечність мережі. З цієї метою держави-члени повинні вжити належні заходи для того, щоб дозволити більш значне проникнення електроенергії, що видобувається з відновлюваних джерел, зокрема з урахуванням особливостей змінних ресурсів або ресурсів, що на цей час не підлягають зберіганню. В міру того, наскільки встановлені на підставі цієї Директиви цілі того вимагають, підключення нових установок з виробництва відновлюваної енергії повинно бути дозволено якомога скоріше. Для прискорення процедур підключення до мережі, держави-члени могли б передбачити пріоритетні підключення або зарезервовані канали підключення для нових установок, на яких виробляється електроенергія з відновлюваних джерел.

Цілком очевидно, що Україна конче потребує прискореного розвитку вітроенергетики, як єдиної галузі "великої" електроенергетики, що:

- має високу інвестиційну привабливість (величезний вітропотенціал, високий тариф, морські порти);
- має короткий будівельний лаг, що дає можливість в короткий термін здійснити великомасштабну реновацію вкрай зношеного енергетичного обладнання українських електростанцій;
- не потребує використання імпортованих енергоносіїв;

- забезпечує виконання Україною вимог Паризької кліматичної угоди;
- забезпечує дотримання європейських екологічних нормативів;
- має найнижчу собівартість електроенергії і стійку тенденцію до її зниження, що створює передумови для реального зниження тарифів на електроенергію;
- має інші вигоди для держави.

В Україні проведено значну кількість передінвестиційних і інвестиційних досліджень [1-3], результати яких підтверджено авторитетними спеціалізованими закордонними компаніями. Ці дослідження довели, що в Україні є значна кількість площадок, на яких побудовані ВЕС вироблятимуть електроенергії на 30-50% більше, ніж в Європі. Цей факт, разом з високим тарифом на електроенергію українських ВЕС, сприяє суттєвому перевищенню економічної ефективності відповідних інвестиційних проектів в Україні, ніж в Європі.

В той же час, не дивлячись на всі перелічені переваги і вигоди як для держави, так і для інвесторів, Україна не виконала жодного з вище перелічених пунктів Директиви, і залишається аутсайдером європейської вітроенергетики (рис. 1 за даними Європейської вітроенергетичної асоціації [4]).

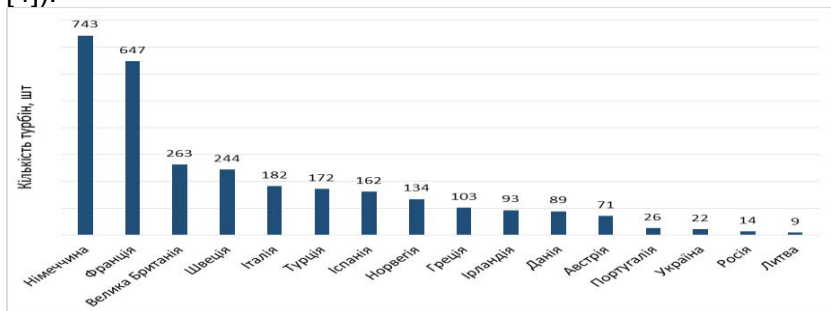


Рис. 1 Кількість встановлених турбін у 2018 році

Справа в тому, що, інвестори разом з дохідністю проектів оцінюють ризикованість їх зриву. Для України ці

ризика є дуже високими, неприйнятними для інвесторів. Для мінімізації цих ризиків органи державної влади України мають усвідомити свою відповідальність за суттєве підвищення рівня енергетичної і екологічної безпеки країни – коштів державного бюджету для цього не вистачає.

Інвестори мають відчувати сприяння держави розвитку вітроенергетичних проектів. Перш за все, держава має:

- демонополізувати ринок вітроенергетики в країні;
- зменшити кількість дозволів, скоротити терміни і унеможливити маніпулювання умовами їх отримання;
- ставити перед собою науково обґрунтовані цілі щодо розвитку вітроенергетики і нести відповідальність за їх досягнення;
- залучати досвідчених і незаангажованих іноземних експертів до реалізації наукових, технічних, юридичних і організаційних аспектів відповідних проектів.

Література:

1. *Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe.* – IRENA. – 2017. – 124 p.
2. Тучинский Б.Г., Точеный В.А., Иванченко И.В., Антон А.А. Анализ и моделирование затрат ветровой электростанции на производство электроэнергии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). – 2012. – № 7. – С. 68-76.
3. Точений В.А., Тучинський Б.Г., Іванченко І.В. Техніко-економічні наслідки нової державної податкової політики щодо інвестиційних проектів у відновлюваній енергетиці (на прикладі вітроенергетики) // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2012. – № 1. – С. 65–71.
4. <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf>

УДК 621.311

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗМУЛЬТИПЛІКАЦІЙНИХ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК

В.М. Головка¹, І.Я. Коваленко²

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Г. Хоткевича, 20А, м. Київ, 02094, Україна,
тел../факс: +38(044)206-28-09, t-mail: www.ive.org.ua*

В роботі наведені порівняльні характеристики генераторів вітроелектроустановок із мультиплікаторами та без мультиплікаторів. Проаналізовані переваги та недоліки даних вітроелектричних установок.

Ключові слова: вітроелектрична установка, генератор, мультиплікатор.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF BASMULTI- PLATING VETROELECTRIC INSTALLATIONS

V.M. Golovko¹, I.Ya. Kovalenko²

*Renewable Energy Institute of Sciences of Ukraine,
st. G. Khotkevycha 20A, Kyiv, 02094, Ukraine
Tel ../ Fax: +38 (044) 206-28-09, t-mail: www.ive.org.ua*

In the work comparative characteristics of wind turbine generators with multipliers and without multipliers are given. The advantages and disadvantages of data of wind power plants are analyzed.

Keywords: wind power plant, generator, multiplier.

ORCID: ¹0000-0003-0195-9654, ²0000-0003-1097-2041.

Різка підвищення цін на газ і складність його видобутку змушують багато держав задуматися про те, які джерела енергії могли б стати йому альтернативою. Аналіз показує, що за рахунок вітроенергетичних установок можна покрити до 40 - 50% потреби в електроенергії. Сучасна вітроустановка (ВЕУ) є одним з найбільш високотехнологічних агрегатів.

Закони аеродинаміки обмежують швидкість ротора до рівня нижче необхідних стандартними генераторами. Через різницю швидкостей часто виникає необхідність в мультиплікаторі, який збільшує швидкість для того, щоб установка працювала економічно. Однак, останнім часом все більше на ринку з'являються вітроустановки без мультиплікаторів. Вітроустановки із мультиплікатором мають меншу масу та вищу надійність. Це обумовлює їх попит на ринку. Технологія їх виробництва дозволяє тримати конкурентну ціну. Порівняльні характеристики генераторів вітроустановок із мультиплікаторами та без мультиплікаторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики генераторів вітроустановок

№ п/п	Технічні характеристики ВЕУ	ВЕУ з мультиплікатором		ВЕУ без мультиплікатора	
		2	5	1,5	5,1
1	Номінальна потужність генератора, кВт	2	5	1,5	5,1
2	Максимальна потужність генератора, кВт	2,75	6,65	2,6	8,5
3	Максимальні оберти ротора, об/хв.	400	200	330	260

4	Вихідна напруга, змінна	трифазна	трифазна	трифазна	трифазна
6	Кількість лопатей, штук	3	3	3	3
7	Початкова швидкість вітру, м/с	2,0	2,0	2,0	2,0
8	Номінальна швидкість вітру, м/с	9,0	10	10	10
9	Середня вартість (без перетворювача, контролера, АКБ), \$	1500	4200	1800	8900
10	ККД вітроустановки, %	33,25	33,78	35,0	35,36
11	Питома потужність, кВт/кг	10,8	13,5	12	15,9

Переваги ВЕУ з мультиплікатором:

- дозволяють отримувати великі моменти на одиницю маси;

- мають порівняно невелику вартість.

Недоліки ВЕУ з мультиплікатором:

- низький ККД;
- мають нижчий рівень надійності;
- створюють високий рівень шуму.

Переваги безмультиплікаційних ВЕУ:

- низький рівень шуму;
- можуть працювати при малих швидкостях вітру;
- довговічні;
- конструкція дозволяє уникнути втрат, які характерні для ВЕУ з мультиплікатором.

Недоліки безмультиплікаційних ВЕУ - висока ціна.

Механічні мультиплікатори мають досить простий принцип дії, але самі по собі досить складні пристрої. Вони служать механізмом для передачі і перетворення крутного моменту. Для перетворення обертання валу вітродвигуна використовується механічна передача. Мультиплікатори бувають з різним типом використовуваної передачі:

- циліндричні - надійні і мають тривалий ресурс експлуатації. Застосовуються при складних режимах роботи, для перетворення і передачі великих потужностей, ефективні при безперервних промислових процесах. ККД такого мультиплікатора може досягати 98%, це залежить від його передавального числа;

- черв'ячні - пристрої з механічною передачею від гвинта, або так званого «черв'яка», на зубчасте колесо. У таких мультиплікаторів високе передавальне відношення і відносно низький ККД. При значних навантаженнях такий тип мультиплікаторів не використовується;

- планетарні - вони мають велику навантажувальну здатність, невелику масу, люфт і порівняно малі габарити, а також дозволяють отримати великі передавальні числа;

- конічні - цей тип мультиплікаторів застосовують в тому випадку, якщо є необхідність в зміні напрямку кінетичної передачі, мають невелике передавальне відношення. Можуть безперервно працювати при високих оборотах;

- комбіновані - кілька передач, які перебувають в одному корпусі. Вони мають вигідне співвідношення технічних характеристик, габаритів і вартості.

Безмультиплікаційні ВЕУ передбачають установку електромагнітного підвісу ротора. Це вирішує ряд

проблем: знос робочих поверхонь, вібрації, гучність, витрати енергії на тертя, витрати на мастильні матеріали.

Після порівняння ВЕУ з мультиплікатором та без нього, можна зробити висновок, що, незважаючи на всі свої недоліки, ВЕУ з мультиплікатором ще не скоро будуть витіснені безмультиплікаційними, але і в силу своїх особливостей можуть залишитися конкурентоспроможними ще довгий час. Також, без мультиплікаційні вітроустановки, зважаючи на їх актуальність, мають інтерес з наукової точки зору як предмет дослідження.

УДК 621.548

**АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ РОТОРІВ ВІТРОУСТАНОВОК З
ВІДЦЕНТРОВИМ РЕГУЛЯТОРОМ**

***В.П. Коханєвич¹, М.О. Шихайлов², Ю.М. Пермінов³,
Н.В. Марченко⁴,***

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20А, 02094, Україна*

У роботі наведено основні результати експериментальних досліджень відцентрових регуляторів роторів вітроустановок, що дозволило співставити теоретичні та експериментальні статичні характеристики регулятора та підтвердити допущення, що закладені в математичні моделі даних регуляторів.

Ключові слова: вітроенергетика, відцентровий регулятор, статична характеристика.

**ANALYSIS OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL
RESEARCHES OF VITROINDUSTRIAL ROTORS WITH A
VASCULAR CONTROLLER**

***V. Kokhanievych¹, M. Shikhailov², Yu. Perminov³
N. Marchenko⁴***

*Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine
20A, Hnata Hotkevicha str., Kiev, Ukraine, 02094*

The paper presents the main results of experimental studies of centrifugal regulators of rotor wind turbines, which allowed to compare the theoretical and experimental static

characteristics of the regulator and to confirm the assumptions contained in the mathematical models of these regulators.

Keywords: *wind power, centrifugal regulator, static characteristics*

ORCID: ¹0000-0003-0033-1355, ²0000-0003-1845-9904,
³0000-0001-5604-8327, ⁴0000-0001-9921-9077

Одним з простих та надійних регуляторів, що набули широкого розповсюдження в системах регулювання вітроустановок (ВУ) малої потужності, є відцентрові регулятори. Теоретичні положення, що слугують для удосконалення методик розрахунку відцентрових регуляторів роторів ВУ [1, 2], потребують експериментальної перевірки. При цьому необхідно зауважити, що дослідження відцентрових регуляторів роторів вітроустановок вимагає врахування наступних специфічних вимог, таких як: необхідність проведення великої кількості замірів; необхідність проведення динамічних випробувань при різкій зміні швидкості повітряного потоку і при цьому немає необхідності точного визначення швидкості повітряного потоку, а потрібно визначати відносну швидкість його зміни.

В ДСТУ 7338:2013 визначено наступні способи проведення досліджень ВУ малої потужності: в натурних умовах; в аеродинамічній трубі; на рухомій платформі (автомобілі). Короткий аналіз показує, що проведення експериментальних досліджень в натурних умовах потребує обладнаного полігону та значного проміжку часу для проведення досліджень в потрібному обсязі за умов наявності достатнього діапазону швидкостей вітру. Проведення досліджень в аеродинамічній трубі потребує

значних фінансових витрат, а в технічному плані досить важко імітувати динамічні випробування при різкій зміні швидкості повітряного потоку. Аналогічні задачі, хоч і в меншій мірі, виникають при випробовуваннях при транспортуванні ВУ на рухомій платформі (автомобілі).

Враховуючи вищенаведені фактори, в Інституті відновлюваної енергетики був розроблений та виготовлений стенд для проведення експериментальних досліджень відцентрових та іншими типів регуляторів роторів вітроустановок [3], що наведений на рис. 1.

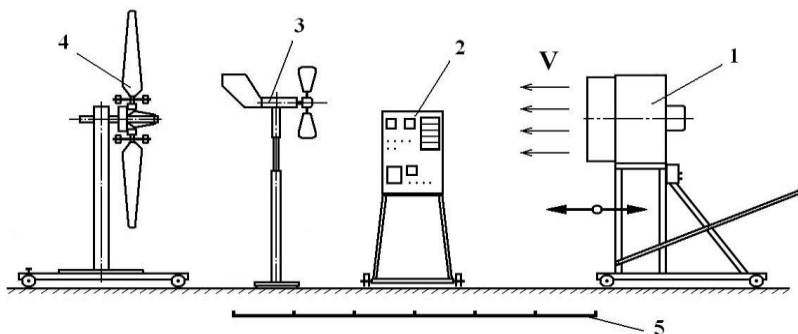


Рис. 1. Загальна схема дослідного стенду: 1 – пересувний вентилятор; 2 – блок вимірювань та навантажень; 3 – анемометр; 4 – ротор на опорі; 5 – лінія розмітки

Для дослідження системи регулювання ротора з відцентровим регулятором був спроектований та виготовлений ротор ВЕУ-1.01.20.00.000 СК (рис. 2), в склад якого входять: маточина, відцентровий регулятор та комплект лопатей. Основні технічні характеристики: діаметр ротора – 2м; кількість лопатей – 3 шт; профіль лопатей FX – 170K. Маточина ротора кріпиться на корпусі

синхронного генератора і являє собою несучу конструкцію в якій розміщений відцентровий регулятор та підшипникові вузли поворотних лопатей. Відцентровий регулятор дозволяє в широкому діапазоні змінювати параметри регулювання. При необхідності конструкція регулятора дозволяє переходити з флюгерного на антифлюгерне регулювання.



Рис. 2. Загальний вигляд ротора на опорі

В математичні моделі відцентрових регуляторів було закладено ряд допущень [1, 2]. Основним допущенням було прийнято допущення, про незначний вплив тертя в регуляторі, яке можливо визначити по різниці між

статичними характеристиками при збільшенні і зменшенні швидкості вітру. На рис. 3 наведені статичні характеристики ротора 1 - при збільшенні швидкості вітру; 2 –при зменшенні швидкості вітру. Як видно максимальна різниця між статичними характеристиками ротора 1 та 2 при $\bar{V}=1,5$ складає 0,28%, що практично не впливає на точність регулювання, тобто дане допущення в математичних моделях є правомірним.

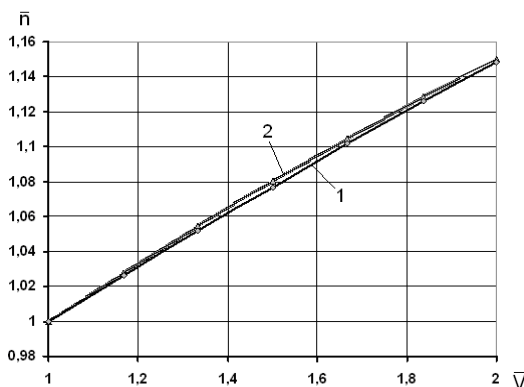


Рис. 3. Експериментальні статичні характеристики ротора при визначенні впливу тертя в відцентровому регуляторі

Наступним допущенням було прийнято, про незначний вплив аеродинамічного моменту в разі якщо центр обертання лопаті суміщається з центром аеродинамічного тиску. Дане допущення можна визначити по відхиленню експериментальної статичної характеристики від теоретичної, що наведені на рис. 4.

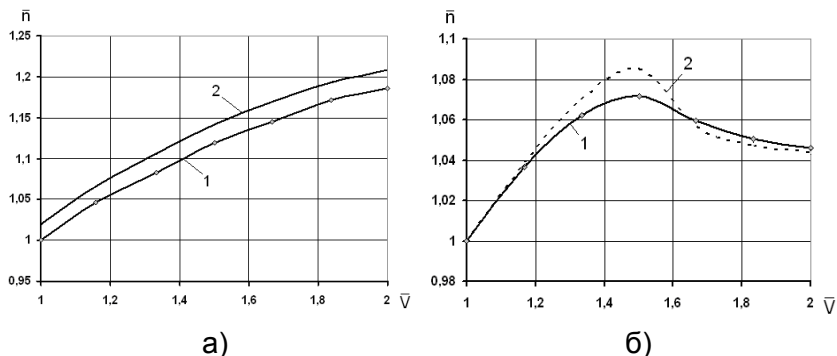


Рис. 4. Експериментальні та теоретичні статичні характеристики ротора при визначенні впливу аеродинамічного моменту

Співставлення експериментальних статичних характеристик ротора та теоретичних при флюгерному регулюванні (рис 4а) показує, що форми характеристик є подібними а відхилення обертів для одної та іншої статичної характеристики для даного діапазону зміни швидкості вітру складає: для теоретичної 1,1889; для експериментальної 1,1865, що в відносних одиницях складає 1,27%, а з урахування всього діапазону регулювання ($\bar{V} = 3 \div 4$) похибка буде складати 4÷5%. Аналогічне співставлення статичних характеристик при антифлюгерному регулюванні (рис 4б) показало, що найбільше відхилення між характеристиками знаходиться в точці перегину характеристик на швидкості вітру $1,5V_H$ і, відповідно, складає 1,29%. Крім цього необхідно вказати, що в процесі налагодження відцентрового регулятора початкові кути установлення лопаті неможливо виставити абсолютно однаково, крім цього є певні відхилення в довжині тяг та радіусі кривошипа. Це призводить до того, що лопаті в точці $\bar{V} = 1,5$ мають певну різницю в кутах

установлення, а це, в свою чергу, призводить до зміщення точок перегину статичних характеристик окремих лопатей одна відносно іншої по осі \bar{I} та є причиною того, що експериментальна статична характеристика ротора має більш плавний перегин, ніж теоретично розрахована, тобто реальне відхилення експериментальних статичних характеристик ротора та теоретичних при антифлюгерному регулюванні буде менше ніж 1,29%. Тобто можна констатувати, що допущення про незначний впливу аеродинамічного моменту є також правомірним.

Література:

1. Коханєвич В.П. Статичні характеристики відцентрового регулятора при флюгерному регулюванні ротора вітродвигуна // *Відновлювана енергетика*. – 2008. – №1(12). – С. 39–44.
2. Коханєвич В.П. Статика регулювання роторів вітродвигунів відцентровими регуляторами при антифлюгерному регулюванні // *Відновлювана енергетика*. – 2009. – № 3(18). – С. 18 – 24.
3. Коханєвич В.П., Головка В.М., Шихайлов М.О. Розробка стенду та методики дослідження відцентрових регуляторів для вітроустановок // *Відновлювана енергетика*. – 2017. – № 4(51). – С. 43 – 51.

УДК 621.548.4.001

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОБОТИ ВІТРОВОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ПУЛЬСАЦІЙ ВІТРОВОГО ПОТОКУ

С.Т. Пазич,

*Аспірант, Інститут відновлюваної енергетики НАН
України, вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094,
Україна, тел.: +38(044)206-28-09, e-mail: hydro@ive.org.ua*

*Розглянуто динаміку роботи швидкохідної
вітроустановки з відцентровим насосом за пульсацій
вітрового потоку та обмежень частоти обертання і
подачі води.*

Ключові слова: вітрова турбіна, відцентровий
насос, пульсації, частота обертання.

MODELING DYNAMICS THE WORK OF THE WIND PUMP INSTALLATION WITH A PULSATIONS OF THE WIND FLOW

S. Pazych

*Postgraduate, Institute of Renewable Energy, National
Academy of Science of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str.,
Kyiv, Ukraine, 02094*

*The dynamics of the operation of a high-speed wind
turbine with a centrifugal pump for wind flow pulsations for the
limitations of the speed of rotation and water supply is
considered.*

Keywords: wind turbine, centrifugal pump, pulsations,
frequency of rotation

ORCID: 0000-0002-6310-9842.

Моделювання динаміки обертового руху вітроводонасосної установки та її подачі здійснювалось в програмному пакеті Matlab Simulink. Моделювались вітровий потік, вітрова установка та відцентровий насос без використання однойменних типових блоків Matlab Simulink. Вітровий потік моделювався на основі двох ймовірнісних розподілів [1], вітроустановка та насос моделювались по заданим графічним механічним характеристикам. Досліджувалась сумісна робота швидкохідної вітроустановки та відцентрового насосу за умови прямого механічного зв'язку між обертовими частинами агрегатів. Імітаційна модель вітроводонасосної установки застосовувалась в повному діапазоні зміни робочих швидкостей вітру, зокрема на рис.1 наведені результати моделювання на 10-и хвилинному інтервалі часу для середнього значення швидкості вітру $v_{cp}=12$ м/с. Для простоти сприйняття результатів вимірів частоти обертання агрегатів і подачі насосу було перераховано в відносні одиниці, відносно їх номінального значення. Оскільки присутній жорсткий механічний зв'язок між обертовими частинами агрегатів, то їх частота обертання буде дорівнюватиме одна одному і в відносних одиницях рівнятиметься – 1, як і номінальна подача насосу. Конструкція насосу мала обмеження по подачі води від частоти обертання [2]. подача здійснювались в діапазоні обертів 0,871–1,13. За обертів менше нижньої границі діапазону подача була відсутня, тобто дорівнювала нулю.

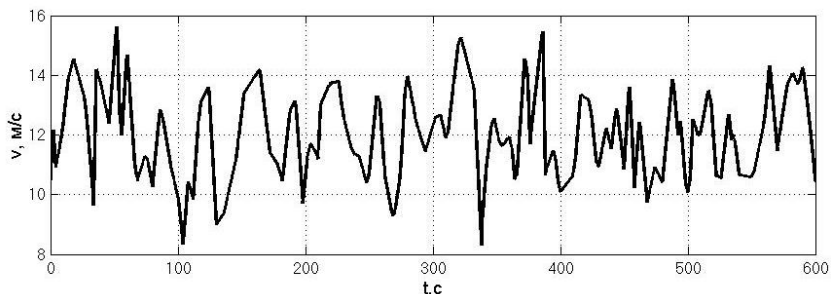


Рис. 1. Пульсуючий вітровий потік
 (v- миттєве значення швидкості вітру)

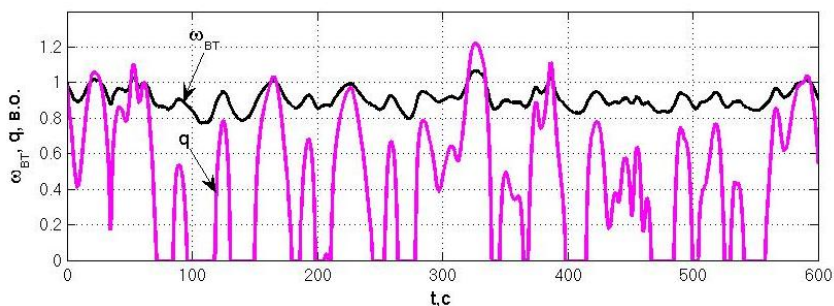


Рис. 2. Динаміка зміни частоти обертання і подачі насосу (ω_{BT} – частота обертання, q – подача води)

Результат динаміки зміни обертів і подачі води вітроводонасосної установки, за урахування пульсацій швидкості вітру, представлений на рис.2. Для забезпечення роботи насосу в вище зазначеному діапазоні зміни частоти обертання було реалізоване регулювання частоти обертання вітроустановки шляхом зміни кута повороту лопатей. Як видно з рис.2, середнє значення частоти обертання вітроустановки менше за 1, що в цілому дозволяє насосу працювати навіть за поривів вітру.

Даний спосіб моделювання динаміки роботи вітроводонасосної установки за наявності відповідного

розподілу вітрового потоку за рік надає можливості проведення оцінки енергетичної ефективності використання різних типів установок для різних регіонів.

Література:

1. П.Ф. Васько, А.П. Вербовий, С.Т. Пазич. Реалізація стохастичної двопараметричної моделі поздовжньої складової швидкості вітру для задач вітроенергетики // Відновлювана енергетика. – 2017. – №3(50). – с.54 – 61. – ISSN 1819–8058

2. Knapp, R. T., *Complete Characteristics of Centrifugal Pumps and Their Use in the Prediction of Transient Behaviour*, Trans. ASME, – 1937. – Vol. 59, pp. 683-689. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/040c/1c6d2402664250f84839fb380d32944cd049.pdf>. – (Дата звернення: 28.01.2019).

УДК 621.548

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛОПАТІ АЕРОДИНАМА

С. І. Корнелюк¹, Д. В. Тугай²

*Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова, вул. Маршала*

Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна, тел.:

+38(095)097-31-12, e-mail: seigerkornelyuk@gmail.com

*У роботі розглянуто результати експерименту
для математичної моделі вітроколеса, яка розроблена в
програмному комплексі «Аеродинама». Та виконано аналіз
отриманих даних щодо коректності алгоритму,
обраного для розрахунку моделі.*

Ключові слова: *Аеродинама, розрахунок лопаті,
математична модель, експеримент, вітроколесо.*

EMPIRICAL SUPPORT OF THE MATHEMATICAL MODEL BLADE AERODINAMA

S. Korneliuk¹, D. Tugay²

*Dept. of Alternative Power Engineering and Electrical
Engineering O.M. Beketov NUUEK harkiv, Ukraine, 61002*

*The paper describes the experimental results for the
mathematical model blade, developed a software package
"Aerodinama." And the analysis of the data concerning the
correctness of the algorithm chosen for the calculation model.*

Keywords: *Aerodinama, calculation of blade,
mathematical model, experiment, wind turbine.*

ORCID:¹0000-0001-9885-1724,²0000-0003-2617-0297.

Ключовими показниками роботи вітротурбіни, є коефіцієнт використання енергії вітру. Цей показник залежить як від аеродинамічних так и геометричних показників ВЕУ. Завдання теоретичного розрахунку вітротурбіни полягає в тому, щоб достатньо точно розрахувати аеродинамічні характеристики лопатей вітротурбіни, та оптимізувати їх геометрію для отримання заданого показника потужності.

Запропонована математична модель [1] дозволяє виконати таку оптимізацію з високою точністю за лічені секунди. Тому було прийнято рішення для перевірки алгоритму роботи програмного комплексу «Аеродинама» шляхом виготовлення фізичної моделі вітротурбіни, та перевірка її в реальних умовах експлуатації.

Для контролю показників ВЕУ, було розроблено логер на базі плати мікроконтролера Arduino Nano версії 3.0 та набору кількох датчиків. А саме датчика Хола KY-003 Hall, датчика ACS712 30A та датчика DS18B20. Швидкість вітру вимірювалась за допомогою аналогового анемометра з електромагнітною системою, та контролювалась за рівнем напруги на виході. Поточні дані накопичувались на карті пам'яті та дублювалися на дисплей. Крок вимірювання – 1 сек. Відстежувались такі дані: швидкість вітру, оберти робочого валу вітроколеса, напруга на виході блока випрямляча, струм на виході випрямляча, потужність та температура обмоток генератора.

Для перевірки математичної моделі, було взято ВЕУ з генератором на постійних неодимових магнітах потужністю 400 Вт та стартовим моментом 0,49 Н·м. ККД генератора прийнято 80%. Для вітроколеса обрано трилопатевий гвинт з профілем лопатей BRUXEL 36.

Середньорічну швидкість вітру взято як 3,5 м/с, а буремну, як 25 м/с.

В результаті розрахунків отримано вітроколесо [2] з діаметром 2,55 м, коефіцієнтом використання енергії вітру 0,46 та розрахунковими обертами 340 об/хв. Стартова швидкість вітру 1,5 м/с, розрахункова сило лобового тиску 170 Н та розрахунковий крутний момент на валу генератора 11,2 Н·м.

З набору отриманої, в результаті математичного моделювання, хмари точок, за допомогою програмного пакету SolidWorks було побудовано 3D модель лопаті, а далі виготовлено її фізичну модель та сконструйовано БЕУ.

В рамках захисту БЕУ від несприятливих умов, було використано механічний захист, що гарантував вивід вітроколеса з робочої площини в площину паралельну напрямку вітру. Захист налаштовано таким чином, щоб він починав діяти при досягненні швидкості вітру близько 8 м/с. Роботу електричного генератора було направлено на зарядку акумуляторних батарей через зарядний пристрій.

Зібрані дані було імпортовано в програмний комплекс MS EXCEL для обробки та побудування графіків. На рис. 1 ми можемо побачити фрагмент файлу з даними.

В приведеному прикладі видно, що значення швидкості вітру та обертів не мають чіткої та прямої залежності. Наприклад, ми можемо побачити, що значенню 150 об/хв в строках 207, 211, 213 та 214 відповідають різні показники швидкості вітру, а саме 2,54, 2,73, 3,22 та 2,83. Така різниця в показниках зумовлена інерційністю механічної системи БЕУ та впливом електричного навантаження.

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
Розділ 3. Вітроенергетика

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Turnovers	Wind	Voltage	Amperage	Watts	Temperat	Date	Time		
206	140	2,34	13,67	2,91	39,79	23,25	21.09.2016	17:49:28		
207	150	2,54	13,67	2,39	32,71	23,25	21.09.2016	17:49:30		
208	140	2,44	13,67	2,54	34,73	23,25	21.09.2016	17:49:31		
209	140	2,44	13,67	2,32	31,7	23,25	21.09.2016	17:49:32		
210	140	2,54	13,67	2,47	33,72	23,31	21.09.2016	17:49:33		
211	150	2,73	13,67	2,76	37,77	23,31	21.09.2016	17:49:34		
212	140	2,83	13,67	3,06	41,81	23,31	21.09.2016	17:49:35		
213	150	3,22	13,67	2,99	40,8	23,31	21.09.2016	17:49:37		
214	150	2,83	13,67	3,36	45,86	23,31	21.09.2016	17:49:38		
215	160	3,81	13,67	3,21	43,83	23,31	21.09.2016	17:49:39		
216	150	3,71	13,76	3,8	52,29	23,31	21.09.2016	17:49:40		
217	160	3,42	13,76	4,02	55,35	23,31	21.09.2016	17:49:41		
218	160	2,73	13,76	3,8	52,29	23,31	21.09.2016	17:49:42		

Рис. 1. Фрагмент файлу з даними

Тим не менше, варіювання показників, має незначний характер, що дозволяє побудувати графіки залежності обертів та потужності ВЕУ від швидкості вітру, в достатньо великому діапазоні.

Так, як при побудованні графіків розрахункової моделі, потужність задано як механічний параметр, а при логуванні даних це параметр електричний, то для порівняння результатів, нами обрано лише графік залежності обертів від швидкості вітру. В програмному комплексі MS EXCEL, було побудовано графік рис. 2.

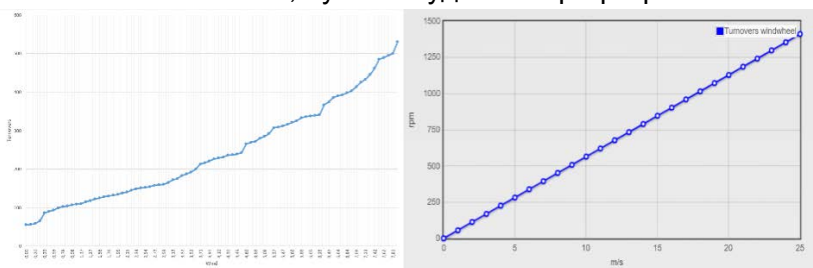


Рис. 2. Графіки залежності обертів вітроколеса від швидкості вітру, оброблений (ліво) та розрахунковий (право)

Незначна не лінійність графіка зліва зумовлена впливом системи управління зарядом акумуляторних батарей через електричне навантаження на роботу генератора, що в свою чергу дає додаткове навантаження на вітроколесо. Тим не менше, на графіках можна чітко відстежити, що отримані дані відповідають розрахунковим.

Проведений експеримент за допомогою ВЕУ потужності 400 Вт, підтвердив правильність математичної моделі, отриманої завдяки програмного комплексу «Аеродинама». Незначні відхилення математичної моделі від фізичної викликані з відсутністю врахування додаткових параметрів, що впливають на роботу ВЕУ. До таких параметрів можна віднести вплив споживача електричної енергії.

Література:

1. Корнелюк С.І. Аеродинама – Математичне моделювання вітроколеса ВЕУ «Світлотехніка та електроенергетика» №3(50) 2017. с 42 – 48.
2. Корнелюк С.І. Аеродинама [Електронний ресурс] – URL: <https://seiger.pp.ua/aerodinama/847ec82302afca5ffb262d0d38d63ff9>
3. Яковлев А.И. Расчет и проектирование ветроэлектрических установок с горизонтально-осевой ветротурбиной и синхронным генератором на постоянных магнитах / А. И. Яковлев, М. А. Затучная, В. Н. Меркушев, В. Н. Пашков. — Учеб. пособие по курсовому проектированию. — Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. — 125 с.
4. Кривцов В. С., Олейников А. М. Неисчерпаемая энергия Кн. 1 Ветроэлектрогенераторы / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. — Учебник. — Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. — 400 с.
5. Яковлев А.И., Затучная М.А. Построение мощностных характеристик ВЭУ с оптимальными профилями рабочих лопастей / Яковлев А. И., Затучная М. А., Пашков В. Н. // Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали 10-ї ювілейної міжнар. наук.-практ. конф., АР Крим, смт. Миколаївка, 14–18 верес. 2009 р. — [К.], 2009. — С. 255–260.

УДК 621.314

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ВСТАНОВЛЕНОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПОТУЖНОСТІ
НА ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЯХ**

В. І. Моссаковський¹, С. В. Казанський²

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
e-mail: ¹vadim_mossakovsky@ukr.net, ²elektropanorama@ukr.net*

*Наведено нормативну базу з перевантажувальної
здатності силових оливних трансформаторів. Показано
можливість підвищення ефективності роботи
трансформаторів на вітроелектричних станціях.*

Ключові слова: *силовий трансформатор,
встановлена потужність, вітроелектрична станція*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF THE
TRANSFORMER CAPACITY ON WIND POWER PLANT**

V. Mossakovskiy, S. Kazanskiy
Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute

*The article cites State Standarts which provided
overloading guidelines for oil-immersed power transformers. It
was shown the possibility of the transformer capacity rising
during its operational on the wind power plants.*

Keywords: *power transformer, capacity, wind power
plant.*

ORCID: ¹0000-0002-5096-5957, ²0000-0002-6113-2600.

Робота агрегатів вітроелектричних станцій (ВЕС) характеризується значним діапазоном змін швидкостей вітру. При цьому якщо швидкість вітру змінюється в два рази, то потужність змінюється у 8 разів. Тому вже на стадії проектування ВЕС під час визначення потужності силових трансформаторів, до яких приєднуються ВЕС, треба враховувати зазначені режимні особливості.

Статистичні дані щодо причин пошкоджень силових оливних трансформаторів наведено на рис. 1. Аналіз даних свідчить про те, що постійна динамічна зміна потужності трансформатора може бути причиною майже 50 % пошкоджень, пов'язаних погіршенням діелектричних властивостей чи термічним впливом.

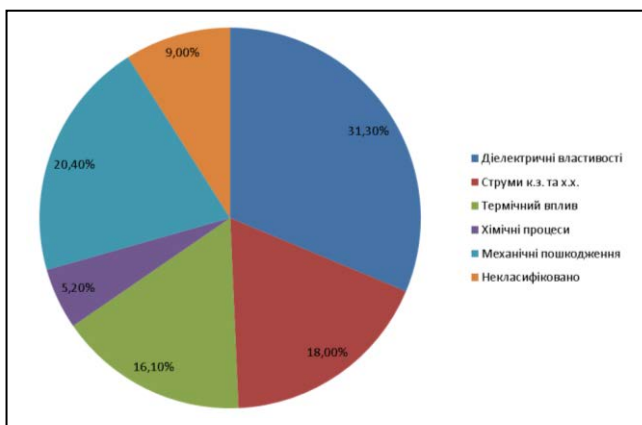


Рис. 1. Статистичні дані щодо причин пошкоджень силових оливних трансформаторів

Навіть незначне, всього на декілька відсотків, підвищення ефективності використання встановленої трансформаторної потужності дозволить істотно зменшити собівартість видачі потужності ВЕС в електричну мережу.

Перевантажувальна здатність силових оливних трансформаторів нормується стандартами [1-4] відповідно до класу напруги, потужності та типу системи охолодження:

1. ГОСТ 14209-97 (МЭК 354-91). Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.

2. IEC 60076-7:2005. Power Transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers.

3. IEEE C57.119-2018. IEEE Recommended Practice for Performing Temperature Rise Test on Liquid-Immersed Power Transformers at Load Beyond Nameplate Ratings.

4. IEEE C57.91-2011. IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers and Step-Voltage Regulators.

Зазначені стандарти містять вказівки щодо визначення режимів навантаження силових оливних трансформаторів з точки зору допустимих температур та термічного зношення ізоляції обмоток.

Результати порівняльного аналізу змісту стандартів дозволяють ґрунтовніше визначити діапазони допустимого перевантаження силових оливних трансформаторів ВЕС за умови різкої зміни потужності впродовж доби. На рис. 2 як приклад наведено діаграму розподілу температур оливи та ізоляції обмотки, яка дозволяє створити модель теплового стану та точніше визначати значення та тривалість перевантажень трансформаторів ВЕС.

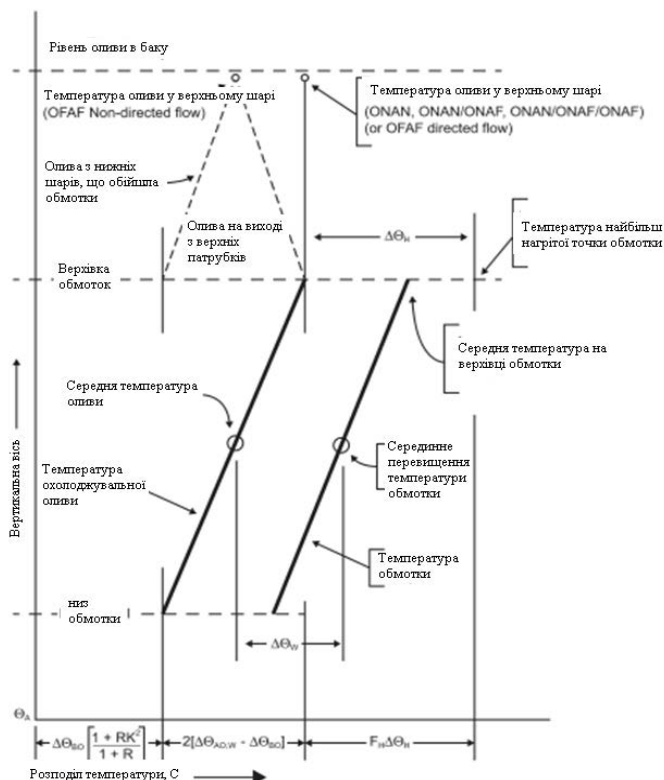


Рис. 2. Діаграма розподілу температур силових оливних трансформаторів

Література:

1. ГОСТ 14209-97 (МЭК 354-91). Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
2. IEC 60076-7:2005. Power Transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers.
3. IEEE C57.119-2018. IEEE Recommended Practice for Performing Temperature Rise Test on Liquid-Immersed Power Transformers at Load Beyond Nameplate Ratings.
4. IEEE C57.91-2011. IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers and Step-Voltage Regulators.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОФШОРНОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

М.М. Хворов

Європейський університет

*031115, Київ-115, бульв. Академіка Вернадського, 16 в
097 760 5477 m_khvorov@ ukr.net*

Проаналізовано основні переваги та стан розвитку в світі офшорної відновлюваної енергетики. Відмічено значний потенціал в Україні вітрових та сонячних енергетичних систем офшорного розташування.

Ключові слова: *офшорна відновлювана енергетика, водосховища України, комбіновані системи виробництва електроенергії.*

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF OFFSHORE ENERGY INVESTMENT IN UKRAINE

М.М. Khvorov

The main advantages and development of the offshore renewable energy industry are analyzed. Significant potential in Ukraine for offshore wind and solar power systems is noted.

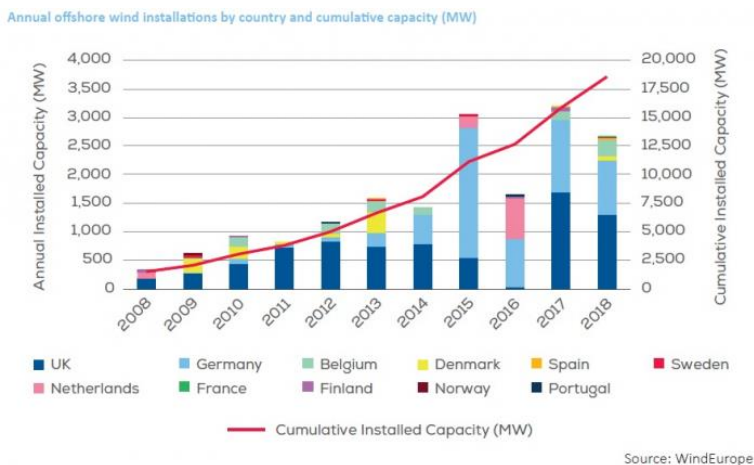
Keywords: *offshore renewable energy, water reservoirs of Ukraine, combined power generation systems.*

ORCID: 0000-0002-1883-3946.

Однією з головних проблем відновлюваної енергетики, особливо сонячної та вітрової, є займання значних земельних площ для розташування сонячних панелей, вітроагрегатів та супроводжуючої

інфраструктури. Офшорна відновлювана енергетика є основним способом вирішення цієї проблеми, в зв'язку з чим темпи її розвитку в усьому світі дуже великі [1]. Перевагою офшорного розташування є і те, що на відкритому водному просторі постійно присутні вітри високої швидкості та інтенсивні сонячні потоки. Лідерами за обсягами введення об'єктів вітрової офшорної енергетики є передові країни Європейського Союзу (рис.) Тільки в 2018 році в Європі ввели в експлуатацію 409 вітрових турбін на 15 офшорних вітрових електростанціях. У 11 країнах Європи офшорна вітроенергетика досягла 18,5 ГВт потужностей, які видаються 105 морськими вітровими електростанціями. Це 10% від загальної встановленої потужності вітроенергетики у Європі, решта вітрових установок знаходиться на суші. 85% потужностей прийшлося на Великобританію - 1,3 ГВт і на Німеччину – 969. Великобританія відкрила найбільшу в світі морську вітряну електростанцію - Walney 3 extension на 657 МВт і встановила найбільші у світі офшорні турбіни (8,8 МВт від MHI Vestas). Також Бельгія і Німеччина ввели в експлуатацію свої найбільші вітрові електростанції. Зараз у Європі будують шість офшорних електростанцій, включаючи першу в світі морську вітрову електростанцію потужністю понад 1 ГВт - Hornsea-1 у Великобританії. В даний час офшорна вітроенергетика виробляє близько 2% європейської електроенергії. [2]. Головним стримуючим фактором є зазвичай економіка, але зараз витрати знижуються, зокрема завдяки розвитку нових технологій та матеріалів і застосуванню сучасних інформаційних систем у конструюванні, підготовці супроводжуючої документації та логістиці. В теперішній час побудова нової офшорної

станції не дорожче ніж вугільних або газових об'єктів і набагато дешевше ніж модернізація , добудова або введення нових атомних станцій. Так, добудова двох блоків Хмельницької АЕС оцінюється щонайменше у 72,4 млрд грн., в тому числі вартість переважно імпортного обладнання – у 46, 3 млрд грн. [3].



Найбільш перспективними місцями розміщення об'єктів офшорної відновлюваної енергетики в Україні є штучні водосховища Дніпровського та Дністровського каскадів [4] (таблиця). Значний відсоток площ мілководдя дає можливість будувати платформи без значних витрат на глибинні роботи як для вітрових, так і для сонячних станцій та застосовувати плаваючі системи.

Важливою особливістю офшорної відновлюваної енергетики на водосховищах де розташовані ГЕС є можливість використання їх інфраструктури та електричного обладнання: електромереж, підстанцій, трансформаторів тощо, що значно зменшує

Таблиця морфометричних характеристик основних водосховищ України

Водосховище	Площа, км.кв	Об'єм км.куб	Довжина. Км	Найбільша ширина,км	Найбільша глибина,м	Мілководдя, % від площі
Київське	922	3,73	110	12,0	14,5	40
Канівське	675	2,62	123	8,0	21,0	24
Кременьчуцьке	2250	13,50	149	28,0	28,0	18
Дніпродзержинське	567	2,45	114	8,0	16,0	31
Дніпровське	410	3,30	129	7,0	53,0	36
Каховське	2155	18,20	230	25,0	24,0	5
Дністровське	142	3,20	194	3,0	54	12

Сучасні реальні зміни клімату призводять до збільшення кількості сонячних днів, що підвищує ефективність роботи сонячних електростанцій, в тому числі і офшорних, з одночасними негативними явищами, такими як посухи то падіння рівня річкових stokів. Об'єкти офшорної відновлюваної енергетики значно стабілізують роботу ГЕС, що сприяє суттєвому підвищенню енергоефективності і надійності функціонування енергетичної системи країни.

Література:

1. *Renewable capacity statsstics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. – 60 p.*
2. https://kosatka.media/uploads/content/novosti/News_Alternativa/february.2019/wind-europe-offshore-2018.jpg.pagespeed.
3. Рішення КМУ від 11.07. 2018 «Про затвердження ТЕО добудови Хмельницької АЕС».
4. *Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. — К.: Інтерпрес, 2014. — 164 с.*

УДК 551.553.5, 621.311.245

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ ШВИДКОСТІ ВІТРУ МЕТОДОМ РЕАНАЛІЗУ

Б.Г. Тучинський¹, К.В. Петренко², І.В. Іванченко³

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20А, 02094, Україна*

В доповіді представлено верифікацію результатів розрахунків швидкості вітру методом реаналізу.

Ключові слова: *реаналіз, похибка реаналізу, вітрова електростанція, метеорологічна станція.*

VERIFICATION OF THE WIND SPEED CALCULATIONS BY REANALYSIS METHOD

B. Tuchynskyi¹, K. Petrenko², I. Ivanchenko³

*Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv
20A, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, 02094, Ukraine*

The article presents the verification of the wind speed calculations by reanalysis method.

Key words: *reanalysis, reanalysis' error, wind power stations, meteorological station.*

ORCID: ¹0000-0002-5180-6886, ²0000-0002-2322-9030,
³0000-0002-5083-4180.

Будь-який інвестиційний проект, що отримує дохід від виробництва і продажу певних виробів, починається з прогнозування продуктивності виробництва. Продуктом, який виробляє і продає електростанція, є електроенергія.

Для оцінювання продуктивності роботи електростанції традиційного типу (ТЕС або АЕС) достатньо виконати прямі розрахунки, первісними даними для яких є параметри енергетичного обладнання і енергетичних ресурсів.

Для вітрових електростанцій (ВЕС) енергоресурсом є вітер, енергетичний потенціал якого прямими розрахунками оцінити неможливо через мінливий характер. Тим не менш, на кожній території вітер має довгострокову тенденцію, дослідження якої має першорядне значення для обґрунтування економічної ефективності інвестицій в ВЕС.

Для оцінки продуктивності ВЕС необхідні дані спостережень за швидкістю вітру безпосередньо на обраній площадці ВЕС на висоті осі ротора обраної вітрової електроустановки (ВЕУ). Оскільки термін корисної експлуатації ВЕУ становить 20-30 років, то вибірккові дані мають мати достатньо тривалі періоди спостережень. Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) для урахування довгострокових тенденцій рекомендує використовувати вибірки часових рядів швидкості вітру тривалістю не менше 10 років [1].

Але зрозуміло, що виконання вимірювання швидкості вітру протягом такого періоду не має рації. Тому було розроблено метод математичного моделювання горизонтального профілю вітру (так званий метод MCP – “measurement-correlation-prediction”) [2], який дозволяє без значної похибки замінити дані довгострокових спостережень швидкості вітру на площадці ВЕС на

відповідні фондові дані, виміряні (можливо, для інших цілей) на близько розташованій площадці.

Найдовші ряди інформації щодо швидкості вітру представлені рядами спостережень метеорологічних станцій (МС). В Україні функціонує близько 200 таких МС. Це означає, що середня щільність покриття території країни цими джерелами інформації становить приблизно одна МС на квадрат зі стороною 55 км. Для більшості території України така щільність є достатньою для просторової інтерполяції швидкості вітру методом МСР.

Але за останні роки (особливо, після 1990 року) достовірність даних МС щодо швидкості вітру суттєво погіршилась. Справа в тому, що землі в околі метеостанцій вийшли з-під державної власності, і їх власники стали розпоряджатись ними без урахування вимог МС щодо вимірювань характеристик вітру. Було створено перешкоди (дерева, будинки тощо) руху повітряних потоків, а анемометри і флюгери стали фіксувати викривлені дані.

В результаті значну кількість МС було вилучено з переліку валідних джерел довгострокових даних про характеристики вітру,

Оскільки покриття території України метеорологічними станціями стало досить нерівномірним, а відстані між МС тепер часом перевищують 100 км, виникла потреба у пошуку інших підходів до отримання довгострокових даних про вітровий режим території.

Відносно новим джерелом необхідної для вітроенергетичних розрахунків інформації стали так звані бази даних реаналізу. Ці дані є результатом математичного моделювання ряду взаємопов'язаних

метеорологічних параметрів. В якості первинної інформації використовують дані наземних і супутникових спостережень. Дискретизація здійснюється шляхом приведення до регулярної сітки даних з кроком $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ (NASA Surface meteorology and Solar Energy, E.S.R.A., METEONORM та інші). [3, 4]

Публікація результатів реаналізу, нажаль, не супроводжується публікацією оцінок похибок розрахунків (принаймні, авторам такі оцінки знайти не вдалось). Тому зацікавлені фахівці виконують відповідні дослідження самостійно, порівнюючи розрахункові дані реаналізу з даними валідних наземних вимірювань параметрів у відповідних локалізаціях.

Для оцінки точності даних реаналізу для території України, було обрано 11 МС із стабільними умовами вимірювань (МС не переносилися, закритість горизонту, висота і тип вітровимірювальних приладів суттєво не змінювалися впродовж періоду спостережень, вітровимірювальний прилад – анеморумбометр М63М-1). За вихідні дані бралися середньорічні швидкості вітру на висоті 10 м за 1981-2011 рр.

Порівняння середньорічних швидкостей вітру показало, що середня похибка становить 0,39 м/с (від -0,98 м/с – МС Маріуполь до 1,3 м/с – МС Полтава) (рис. 1). Середня відносна похибка дорівнює 17,31% (від 0,46% – МС Кривий Ріг до 43,19% – МС Полтава).

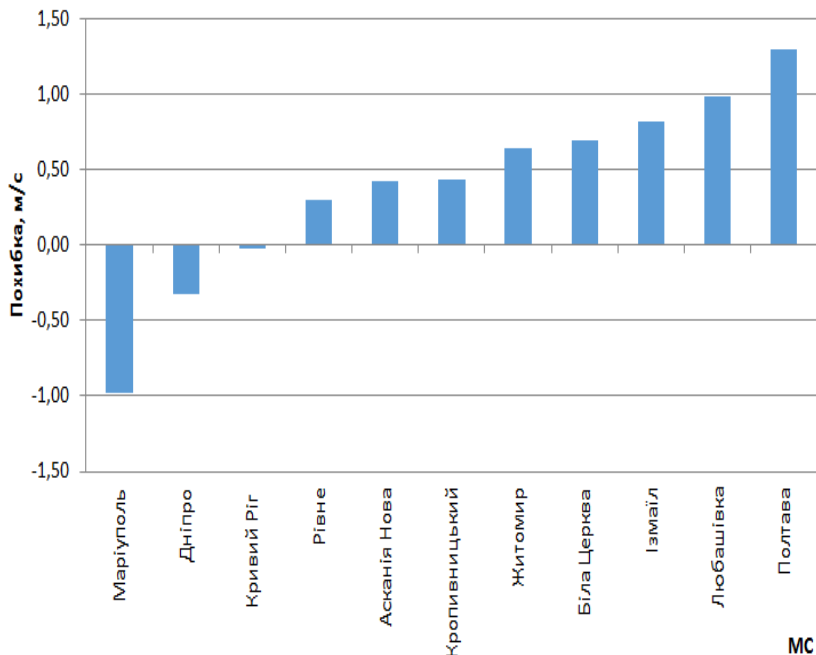


Рис. 1. Середні похибки середньорічних швидкостей вітру, розрахованих за відповідними даними реаналізу

Висновки.

1. Вибіркові розрахунки демонструють, що:

- середня похибка даних реаналізу для більшості вибраних МС перевищує 0,5 м/с, що унеможливорює їх використання в інвестиційних розрахунках:

- у переважній більшості випадків дані реаналізу завищують оцінки швидкості вітру.

2. Можливо, що за певних обмежень для певних цілей дані реаналізу можуть використовуватись у вітроенергетичних розрахунках. Тому дослідження даної проблеми потребує продовження.

Література:

1. *Руководство по климатологической практике. Изд. 2014 г. ВМО-№ 100.* – С. 82
2. *The World's Leading Software for Wind Energy Project Design and Planning.* – Режим доступу: <https://www.emd.dk/windpro/windpro-modules/energy-modules/mcp/>
3. *Global Modeling and Assimilation Office.* – Режим доступу: <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/>
4. *POWER Release 8.0.1 (with GIS Applications) Methodology Documentation Date December 12, 2018 Web Site Version 1.1.0).* – Режим доступу: https://power.larc.nasa.gov/documents/POWER_Data_v9_methodology.pdf
5. *Power Data Access Viewer.* – Режим доступу: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

УДК 620.91:004.852

ТИПОВІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ І ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДО ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

П.О. Левін,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут ім. І. Сікорського», пр. Перемоги
37, м. Київ, 03056, Україна, тел.: +38(063)955-41-50, e-mail:
levinpavlo@gmail.com*

*У роботі наведений загальний опис і методи
прогнозування швидкості вітру. Також розглянута
можливість застосування для прогнозування машинного
навчання і нейронних мереж.*

Ключові слова: вітер, машинне навчання,
прогнозування, нейронні мережі.

WIND SPEED PREDICTION TYPICAL METHODS AND APPLICATION OF THESE METODS TO WIND POWER STATIONS

P. Levin

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Pnstitute, 37 Peremogy Ave., Kyiv, Ukraine, 03056*

*The article presents general overview and methods of
wind speed forecasting. Also, overviewed ability of machine
learning and neural network application for these purpose.*

Keywords: wind, machine learning, forecasting, neural
networks.

ORCID: 0000-0002-8936-3830.

Двома основними категоріями методів прогнозування швидкості вітру є фізичні або метрологічні, а також статистичні. Перший тип методів, також відомі, як методи, що застосовують числові моделі погодного прогнозування. Вони базуються на відношенні між швидкістю вітру і потужністю, що виробляється. Ці методи намагаються спрогнозувати швидкість вітру і перетворити її прогнозування потужності.

Другий тип методів базується на ідеї аналізування попередніх даних, та на основі цього аналізу, прогнозування наступних даних. Саме до цих методів відносяться методи в яких застосовується машинне навчання і нейронні мережі. Штучні нейронні мережі – це паралельна обчислювальна модель з високорівневим зв'язком адаптивних елементів, які називаються нейронами[1].

Базова структура нейронної мережі складається зазвичай з шарів нейронів трьох типів: вхідний шар, який є вхідною точкою мережі, вихідний шар, який видає безпосередній результат, а також один або декілька прихованих шарів саме в яких і проводяться обчислення.

Кожне з'єднання між двома нейронами в мережі має відповідну вагу. Кожний нейрон зі структури штучної нейронної мережі обчислює зважену суму за всіх входжень і відфільтровує результати відповідно до активуючої функції. Вихідне значення i -го нейрону з n входами може бути записаний як:

$$y_i = f\left(\sum_{k=1}^n x_k w_{ki}\right) \quad (1)$$

Тут y_i , w_{ki} , f – відповідно вихідне значення i -го нейрона; вага, що відповідає об'єднанню між k -м нейроном з попереднього шару та i -тим нейроном; активуюча функція.

Дослідження на реальних енергосистемах показують, що моделі побудовані з використанням машинного навчання і з набором вхідних даних більше ніж 5 тис. точок може з достатньою точністю прогнозувати швидкості вітру і відповідно потужності з горизонтом до 4 годин.

Література:

1. P.C. Răzuși, M. Eremia, "Prediction o Intelligence Techniques", 16th Internatio System Applications to Power Systems (2011.09.25-2011.09.28)] 2011
2. N. A. Treiber, J. Heinermann, and O. Kramer. Wind power prediction with machine learning. In Computational Sustainability, page to appear. Springer, 2015
3. N. A. Treiber, S. Spath, J. Heinermann, L. von Bremen, and O. Kramer. " Comparison of numerical models and statistical learning for wind speed prediction. In ESANN 2015, 23th European Symposium on Artificial Neural Networks, under review.

УДК 621.112: 62-133.54

БАГАТОРОТОРНІ ТУРБОГЕНЕРАТОРНІ УСТАНОВКИ ВЗУ 3ТГ-45 МВт ТА 4ТГ-60МВт

М.С. Голубенко¹, В.І. Кувшинов²

КБ «ГОЛУБЕНКО» Дніпровська філія ТОВ «ЗГОДА»,
Адреса: вул. Б. Хмельницького, 38А, м. Дніпро, 49055, Україна, тел. +38(097)915-01-24, e-mail: kbgolubenko@ukr.net

В роботі описані особливості 3-х і 4-х роторних турбогенераторних ВЕУ потужністю 45 МВт та 60 МВт. Їх відмінності від зарубіжних аналогів..

Ключові слова: вітротурбіна, багатороторні ВЕУ, характеристики ВЕУ.

MULTI-ROTOR TURBO WIND-GENERATOR WET 3TG-45 MW AND WET 4TG-60 MW

N. Golubenko¹, V. Kuvshinov²

Design Bureau "Golubenko" Dnieper branch of LLC "Zgoda"
Address: 49055, 38A, B. Khmelniitsky Ave., Dnepr, Ukraine
Phone: +38 (097) 915 -01-24, E-mail: kbgolubenko@ukr.net

The paper describes the features of 3 and 4 rotor turbo-generator wind turbines with a capacity of 45 and 60 MW. Their differences from foreign analogues.

Keywords: wind turbine, multi-rotor wind turbines, characteristics of wind turbines.

ORCID: ¹0000-0002-7906-0756, ²0000-0003-3011-4933.

У статті розглядається загальний стан вітроенергетики в світі. Показано, що на кінець 2016 року загальна потужність ВЕУ перевищила потужність АЕС. До теперішнього

часу створені вітроустановки 8-10 МВт і в цьому році планується завершення будівництва ВЕУ потужністю 12 МВт з діаметром вітроколеса 220м. Основою будівництва нових ВЕС є вітротурбіни потужністю 2-4 МВт. Авторами даного проекту розроблено принципово нові конструктивні схеми ВЕУ з прямим приводом і аеродинамічною мультиплікацією обортів генератора, що дозволяє приблизно в 5 разів зменшити вагу генератора в порівнянні з прямим приводом, що застосовуються в сучасних класичних схемах ВЕУ.(генератори розташовані в гондолі)

Відомі багатороторні ВЕУ, в яких забезпечується тільки орієнтація на вітер. Так фірма "VESTAS" розробила ВЕУ потужністю 8 МВт, що складається з центральної опори і 4 роторів, які можуть орієнтуватися на вітер попарно в нижньому або верхньому ряду. Багатороторна установка фірми «VESTAS» має 2 ротора, розташовані на висоті більше 200 метрів. Що ускладнює монтаж важких роторів та гондoli. Ідея 3-х роторної ВЕУ, запропонована авторами принципово відрізняється тим, що 3-х і 4-х роторні ВЕУ, на відміну від зазначених вище прототипів, забезпечені маточиною і підшипниковим вузлом, який забезпечує крім орієнтації на вітер можливість повороту роторів під час монтажу та технічного обслуговування навколо вертикальної осі, забезпечуючи зниження висоти монтажу в кілька разів.

У даній роботі наведені принципові конструктивні



схеми і розрахунок основних характеристик трьох та чотирьох роторних безмультиплікаторних турбогенераторних ВЕУ потужністю 45МВт і 60МВт відповідно на базі роторів 15-ти мегаватного ВЕУ. Наводяться їх основні характеристики цих ВЕУ. Виготовлення таких ВЕУ в Україні дозволить приблизно в 2 рази скоротити вартість і терміни будівництва ВЕС.

Література:

1. Голубенко М.С. Аеродинамічні особливості безмультиплікаторної турбогенераторної схеми вітроелектричної установки великої потужності - Матеріали IV Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття». АР Крим, Гурзуф, 29 вересня - 3 жовтня 2003р
2. Голубенко М.С. Дослідження можливості створення вітроелектричних установок потужністю до 50 МВт на базі турбогенераторних ВЕУ, м. Дніпро, 2016 р
3. Голубенко М.С., Кувшинов В.І., Кувшинов К.В., Просвіряков О.В. Огляд зарубіжних ВЕУ мегаватного класу. м. Дніпро, 2018 р.

УДК 621.112: 62-133.54

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК ПОТУЖНІСТЮ ДО 50 МВт НА ОСНОВІ ТУРБОГЕНЕРАТОРНИХ ВЕУ

М.С. Голубенко¹, В.І. Кувшинов²,

*КБ «ГОЛУБЕНКО» Дніпровська філія ТОВ «ЗГОДА»,
Адреса: вул. Б. Хмельницького, 38А, м. Дніпро, 49055, Україна,
тел. +38(097)915-01-24,
e-mail: kbgolubenko@ukr.net*

В роботі описані особливості створення вітроелектричних установок великої потужності

Ключові слова: турбогенераторна схема, характеристики ВЕУ, вітроколесо, мультиплікатор

RESEARCH THE POSSIBILITY OF CREATING WIND-ELECTRIC TURBINES WITH A POWER UP TO 50 MW ON THE BASIS OF TURBO-GENERATOR WET

N. Golubenko¹, V. Kuvshinov²

*Design Bureau "Golubenko" Dnieper branch of LLC "Zgoda"
Address: 49055, 38A, B. Khmel'nitsky Ave., Dnepr, Ukraine
Phone: +38 (097) 915 -01-24, E-mail: kbgolubenko@ukr.net*

The work describes the features of the creation of wind power plants large power.

Keywords: wind turbine, multi-rotor wind turbines, characteristics of wind turbines.

ORCID: ¹0000-0002-7906-0756, ²0000-0003-3011-4933.

Вітроенергетика в світі до теперішнього часу це стрімко розвиваюча окрема галузь енергетики. Загальна потуж-

жність вітроелектростанцій в світі на 2016 рік вже перевищила потужність атомних електростанцій.

Для класичної схеми ВЕУ з мультиплікатором і ВЕУ з прямим приводом створення ВЕУ потужністю 12 МВт є в даний час межа, якою обумовлено дуже великою вагою мультиплікаторів і генераторів.

Метою даної роботи є дослідження масогабаритних і енергетичних параметрів турбогенераторних вітроустановок з генераторами на постійних магнітах і їх порівняння з класичними безредукторними вітроустановками для визначення можливості створення ВЕУ потужністю 30-50 МВт.

Турбогенераторна схема ВЕУ виключає необхідність застосування мультиплікатора і перетворювача частоти, дозволяє працювати зі змінними оборотами і максимальним коефіцієнтом потужності основного вітроколеса, починаючи з малих вітрів, а також в усьому робочому діапазоні вітрів. При цьому вага трьох генераторів в чотири-п'ять разів нижче ваги одного генератора, розташованого в гондолі за класичною схемою. При цьому вартість турбогенераторних ВЕУ приблизно на 30% нижче від вартості ВЕУ з класичним центральним приводом.

Сутність турбогенераторної схеми полягає в тому, що розташування генераторів в середній частині лопатей ВЕУ забезпечує аеродинамічну мультиплікацію обертів.

При цьому оберти турбогенераторів в 10-15 разів більше обертів основного ротора.



Література:

1. Голубенко М.С. Аеродинамічні особливості безмультіплікаторної турбогенераторної схеми вітроелектричної установки великої потужності - Матеріали IV Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття». АР Крим, Гурзуф, 29 вересня - 3 жовтня 2003 р

2. Голубенко М.С. Дослідження можливості створення вітроелектричних установок потужністю до 50 МВт на базі турбогенераторних ВЕУ, м. Дніпро, 2016 р

3. Голубенко М.С., Кувшинов В.І., Кувшинов К.В., Просвіряков О.В. Огляд зарубіжних ВЕУ мегаватного класу. м. Дніпро, 2018 р.

УДК 621.311.13

**МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ З ВІТРОВИМИ
ЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИ НА ОСНОВІ
АСИНХРОННИХ МАШИН**

П.Л. Денисюк¹, В.І. Будько², І.С. Шевченко³

^{1,3}КПІ ім. Ігоря Сікорського, e-mail: dpl@bigmir.net

²Інститут відновлюваної енергетики НАН України

Режим роботи вітрової електричної станції визначається характером вітрового потоку на лопатях вітротурбіни, який носить змінний характер, що вимагає вибору відповідних моделей як для моделювання асинхронних генераторів, так і споживачів електричної енергії розподільної мережі електроенергетичної системи, якими являються асинхронні двигуни.

Ключові слова: асинхронний генератор, асинхронний двигун, вітрова електрична станція, розподільна мережа електроенергетичної системи

**MODELING OF THE MODES OF DISTRIBUTIONAL
NETWORKS OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM WITH
WIND ELECTRIC STATION BASED ON ASYNCHRONAL
MACHINES**

P. Denysyuk¹, V. Budko², I. Shevchenko³

*¹ Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,
e-mail: dpl@bigmir.net*

² Institute of renewable energy NAS of Ukraine

The mode of operation of the wind power plant is determined by the nature of the wind flow on the blades of the

wind turbine, which is of variable nature, requiring the choice of appropriate models for both simulation of asynchronous generators and consumers of electrical energy of the distribution network of the power system, which are asynchronous motors.

Keywords: *asynchronous generator, asynchronous motor, wind power station, distribution network of the electric power system*

ORCID: ¹0000-0003-3181-8799, ²0000-0002-6219-4221.

Впровадження в розподільну мережу електроенергетичної системи (ЕЕС) вітрових електричних станцій (ВЕС), режими роботи яких визначаються характеристикою вітрового потоку на лопатях вітротурбіни, максимально наближає джерело електричної енергії до споживача, що вимагає додаткового аналізу впливу ВЕС як на роботу самої розподільної мережі так і на режими роботи споживачів, одними з яких являються асинхронні двигуни.

Змінний характер вітрового потоку на лопатях вітротурбіни призводить до коливання механічного і електромагнітного моменту на валу генератора і тим самим напруги в вузлах розподільної мережі ЕЕС, що вимагає для моделювання режимів ВЕС та споживачів електричної енергії, якими являються асинхронні двигуни, вибору відповідних моделей.

В якості моделі асинхронного генератора (АГ) ВЕС і двигуна використана модель асинхронної машини в формі *EPC* з двома короткозамкненими контурами на роторі [2, 3].

Механічний момент вітротурбіни на роторі

асинхронного генератора описується рівнянням

$$m_T = \frac{K_{sy} \cdot v(t)^3}{\theta \cdot (1 + s)}, \quad (1)$$

де: $v(t)$ - швидкість вітрового потоку на лопатях вітроколеса; K_{sy} - коефіцієнт, що враховує конструкцію вітротурбіни та властивості повітряного потоку; θ – кут повороту лопаті вітроколеса, s - ковзання ротора асинхронної машини.

Модель вітрового потоку задається в вигляді графіку швидкості вітру $v(t)$ [1]

Динаміка регулятора повороту лопатей вітротурбіни описується рівнянням

$$T_k \frac{d\theta}{dt} = -s_0 + s, \quad (2)$$

де: T_k - стала часу системи автоматичного регулювання кута повороту лопатей вітроколеса.

Ковзання ротора асинхронного двигуна описується рівнянням:

$$T_j \frac{ds}{dt} = m_e - m_c, \quad (3)$$

де: m_e - електромагнітний момент двигуна, $m_c = f(s)$ – момент опору асинхронного двигуна визначений по характеристиці механізму.

Модель мережі ЕЕС має вигляд:

$$\dot{U}_i = \frac{\dot{E}_i \dot{y}_i + \dot{U}_j \dot{y}_{ij}}{\dot{y}_i + \dot{y}_{ij} + \dot{y}_{inav}}, \quad (4)$$

де: \dot{E}_i - еквівалентна ЕРС i -го вузла ; \dot{y}_i - еквівалентна провідність i -го вузла; \dot{U}_j — напруга j -го вузла, з яким зв'язаний i -й вузол; \dot{y}_{ij} — провідність мережі між вузлами i і j ; \dot{y}_{inav} — еквівалентна провідність статичного навантаження i -го вузла.

Статичне навантаження вузла енергосистеми може задаватися в вигляді $P, Q = const$, або $P, Q = f(U)$.

З використанням запропонованих моделей було розроблено комплекс програм аналізу режимів ВЕС на основі асинхронних машин в розподільній мережі ЕЕС з навантаженням в вигляді асинхронних двигунів з відповідними характеристиками приводних механізмів.

Для схеми на Рис. 1 для порівняння з результатами [4] був проведений розрахунок режиму втрати зв'язку розподільної мережі з ЕЕС на шинах 110 кВ на протязі $\Delta t = 36$ с. Результати розрахунку показані на Рис. 2.

Номінальна потужність АГ $P_{НАГ} = 1.6 \text{ MBm}$, асинхронного двигуна $P_{НАД} = 100 \text{ кВт}$.

Сумарна потужність статичного навантаження розподільної мережі ЕЕС складає: $P_{\Sigma} = -1.9 \text{ MBm}$, $Q_{\Sigma} = -1.2 \text{ MVar}$. Довжина лінії між вузлами 3-4 $L_{3-4} = 3.3$ км.

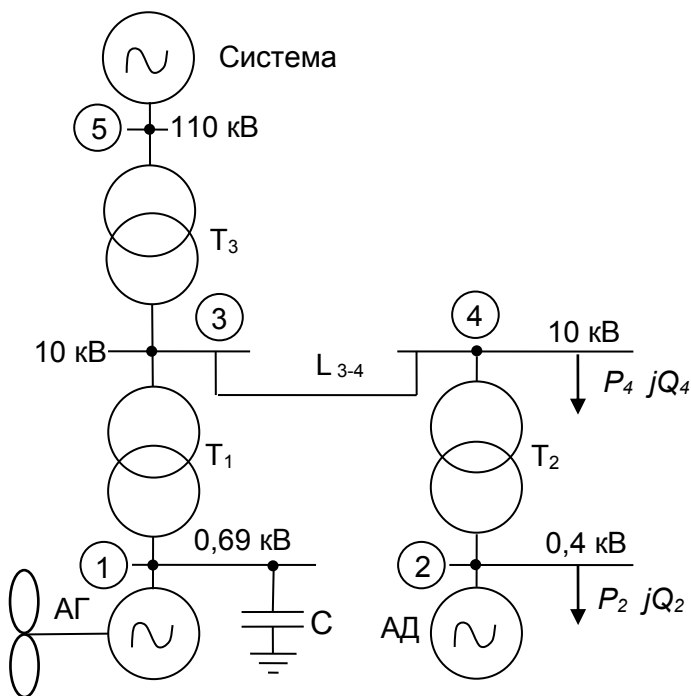


Рис. 1. Схема досліджуваної розподільної мережі ЕЕС з ВЕС на основі асинхронної машини.

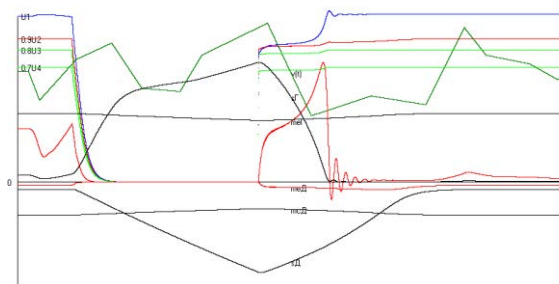


Рис. 2. Результати розрахунку перехідного режиму розподільної мережі ЕЕС з ВЕС на основі асинхронної машини.

На Рис. 2 показано: $v(t)$ – швидкість вітру; $m_eГ$ – електромагнітний момент асинхронного генератора; $m_eД$ – електромагнітний момент асинхронного двигуна; $nД$ – швидкість двигуна; $sГ$ – ковзання ротора асинхронного генератора; $sД$ – ковзання ротора асинхронного двигуна; $mсД$ – момент опору асинхронного двигуна; U_1, U_2, U_3, U_4 – напруга відповідного вузла.

Висновки. Розроблений на основі запропонованих моделей комплекс програм дозволяє більш повно враховувати характер вітрового потоку на лопатях вітротурбіни ВЕС, змінний характер якого суттєво впливає на роботу споживачів розподільної мережі ЕЕС, основними з яких являються асинхронні двигуни.

Модель асинхронного двигуна враховує властивості механічного моменту на його валу в залежності від режиму роботи механізму.

В якості вихідної інформації для моделювання асинхронних машин використовувалися найбільш доступні паспортні дані.

Аналіз результатів розрахунку показує повну електромагнітну сумісність розподільної мережі ЕЕС з ВЕС на основі асинхронних машин.

Література:

1. Пекур П.П. Стохастичне моделювання динаміки повітряного потоку в приземному шарі атмосфери за довільної функції розподілу швидкості вітру// *Відновлювана енергетика*. 2005.- №3-4. – С. 29-33.
2. Костерев Н.В. Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме./ К.: Вища шк., 1986. – 168 с.
3. Костерев Н.В., Денисюк П.П. Оценивание параметров асинхронной машины//*Моделирование и расчет на ЦВМ режимов энергетических систем*./ К.: Наукова думка, 1977. – С. 66-75.
4. Денисюк П.П., Корнага Н.П. Паралельна робота вітрової електричної станції в розподільній мережі електроенергетичної системи з асинхронними двигунами // *Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті*. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції. Київ 2017 р. – С. 234-237.

УДК 621.548

ТИПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВІТРОВИХ ТУРБІН

К. Левочка,

*Факультет електроенерготехніки та автоматики
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», вул. Політехнічна, 37, навчальний корпус 20
м. Київ 03056, Київ, Україна*

*У роботі наведені типи та особливості
конструкцій найбільш популярних вітроустановок.*

Ключові слова: *вітроенергетика, відновлювані
джерела енергії, енергоефективність, вітрова
установка.*

TYPES AND PROBLEMS OF WIND TURBINES

K. Levochka,

*Faculty of Electric Power Engineering and Automatics,
NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Politechnichna street, 37, Kyiv, Ukraine*

*The article presents types and features of designs of the
most popular wind turbines.*

Keywords: *wind power, renewable energy, energy
efficiency, wind turbine.*

Wind power is a form of energy conversion in which turbines convert the kinetic energy of wind into mechanical or electrical energy that can be used for power. But not all the kinetic energy of the wind can be extracted, because there must be a finite velocity as the air leaves the blading [5].

There are two main types of wind turbines: horizontal axis (figure 1) and vertical-axis wind turbines (figure 2).



Figure 1. Horizontal axis turbine.



Figure 2. Vertical-axis wind turbine.

Horizontal axis turbine consists of a rotor, which may have up to 20 essentially flat sheet-metal blades and a tail vane that keeps the rotor facing the wind by swiveling the entire rotor assembly. Governing is automatic and overspeeding is avoided by turning the wheel off the wind direction, thus reducing the effective sail area while keeping the speed constant. A typical pump can deliver about 38 litres (10 gallons) per minute to a height of 30 metres at a wind velocity of 6.7 metres per second (15 miles per hour)[1]. Vertical-axis wind turbine consists of semicircular blades that can be constructed from little more than the two sections of an

oil drum, cut in half along its vertical axis and welded together with an offset from the axis[3].

The maximum of an attainable efficiency (energy extracted divided by energy available in the captured wind area) is about 59 percent, although actual wind turbines extract only a portion of this amount. Currently, the maximum efficiency obtainable with a propeller-type windmill is roughly 47 percent; this occurs when the propeller-tip speed exceed the wind velocity five to six times. The power obtainable varies as the square of the rotor diameter and the cube of the wind velocity. Thus the theoretical maximum energy obtainable from a rotor with a diameter of 30 metres in a wind with a speed of 14 metres per second would be about 690 kilowatts. If the wind speed decreases to 7 metres per second, the theoretical maximum decreases to about 86 kilowatts. At this lower wind speed, it would require more than 17,000 wind turbines (with rotors of 30 metres across) operating at an efficiency of 40 percent to match the output of a single large one-million-kilowatt central power station. When these limitations are coupled to the need for suitable sites with steady winds, it is apparently that wind turbines by themselves will not play a major role in meeting the power demands of an industrialized nation[2].

To sum up, I am confident, that with the development of technologies, wind power will eliminate many problems and modernize existing turbines. Over a span of last decades we can observe considerable achievements in the field of technical equipment design, that is why I trust that scientific community will take measures to get new developments in renewable energy sources.

References:

1. J.M.O'Briena T.M.Younga D.C.O'Mahoneyb P.C.Griffina.
Horizontal axis wind turbine research: A review of commercial CFD, FE codes and experimental practices.
Access mode:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042116301579>.
2. L.E.M.Lignaroloa, D.Ragnia, C.Krishnaswamia, Q.Chenab,
C.J.Simão Ferreira, G.J.W.van Bussel. *Experimental analysis of the wake of a horizontal-axis wind-turbine model.*
Access mode:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114000494>.
3. Craig Stoutaa, Benjamin Birda. *Efficiency Improvement of Vertical Axis Wind Turbines with an Upstream Deflector.*
Access mode:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217325584>.
4. Gerald Müller, Mert Chavushoglu, Mark Kerri. *A resistance type vertical axis wind turbine for building integration.*
Access mode:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117304020>.
5. Noelle Eckley Selin. *Wind Power Energy. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA.* Access mode:
<https://www.britannica.com/science/wind-power>.

УДК 621.311.245

РОЗРАХУНОК ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ ДЛЯ БАГАТОЛОПАТЕВОГО РОТОРУ САВОНІУСА

**Д.В. Ципленков¹, Ф.П. Шкрабець²,
І.О. Борщ, Н.В. Юревич,**

*Національний технічний університет "Дніпровська
політехніка", пр. Д. Яворницького 19, м. Дніпро, 49005,
Україна, тел.: +38(066)7746309,
e-mail: Tsyplenkov.d.v@nmu.one*

*У роботі наведено результати моделювання
багато лопатевого ротора Савоніуса з різною кількістю
лопатей.*

Ключові слова: *ротор Савоніуса, обертовий
момент.*

CERTAIN MOMENT CALCULATION FOR ROLLER TYPE ROTORS

**D.V. Tsiplenkov¹, F.P. Shkrabets², I.O. Borsch,
N.V. Iurevych,**

*National Technical University "DniprovskPolytechnic",
D. Yavornitskogo av. 19, Dnipro str., 49005, Ukraine,
tel .: +38 (066) 7746309, e-mail: Tsyplenkov.d.v@nmu.one*

*The results of simulation of a multi-blade rotor of
Savonius with different number of blades are presented in the
work.*

Keywords: *rotor Savonius, torque.*

ORCID: ¹0000-0002-0378-5400, ²0000-0003-1650-6017.

Головна особливість ротора Савоніуса – можливість самозапуска при низьких швидкостях вітру. Ротор Савоніуса звичайно має декілька лопатей ($n = 2 \dots 3$), рідше зустрічаються багатолопатеві ($n = 4 \dots 8$ та більше). Лопаті можуть бути розташовані безпосередньо біля осі обертання або рознесені на значну відстань R від осі обертання (рис. 1).

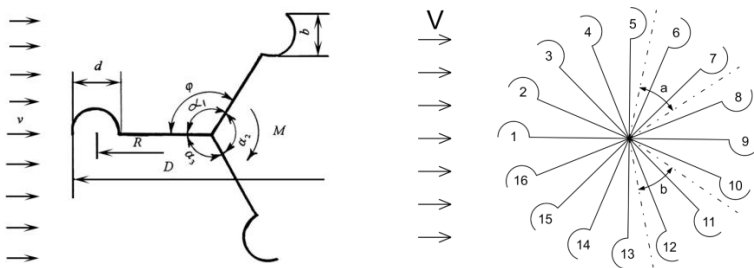


Рис.1 – Розрахункова схема ротора Савоніуса при $n = 3$ (а) та $n = 16$ (б) лопатей

Відомо, що обертовий момент, що виникає за рахунок аеродинамічних сил на кожній із лопатей, дорівнює

$$M_i = 0.5C_i\rho S_i V^2 L_i, \quad (1)$$

де S_i – площа проекції лопаті, m^2 ; L_i – плече сили тиску, м, C_i – коефіцієнт опору напівциліндричної лопаті [1].

Виражаючи площу проекції і плече сили лопаті ротора Савоніуса через кут φ , отримаємо на кожній з лопатей момент M

$$M = 0.125\rho V^2 dH(D - d)C(|\sin\varphi| + |\sin^2\varphi|), \quad (2)$$

і відносний обертовий момент

$$M^* = \frac{M}{M_{max}} = \frac{0.5C(|\sin\varphi| + |\sin^2\varphi|)}{C_{max}}, \quad (3)$$

де d – діаметр лопаті; H, D – висота і діаметр ротора; φ – кут між площиною, що проходить через кромки лопаті і напрямком повітряного потоку.

Було проведено розрахунок для вітроколес з 2, 3, 4, 6, 8, 12 та 16-ма лопатями. Встановлено, що у випадку 12 та 16 лопатей з'являється "мертва зона". Для кожного з випадків (12 або 16 лопатей) лопаті в деяких секторах (а та б) не приймають участь у створенні обертового моменту. Для 12-ти лопатевого колеса це сектори ($90^\circ - 120^\circ$) і б ($240^\circ - 270^\circ$), а для 16-ти лопатевого – ($101.25^\circ - 146.25^\circ$) і б ($213.75^\circ - 258.75^\circ$) – рис. 1, б. Поява "мертвої зони" пояснюється тим, що ці лопаті затіняються попередніми лопатями. Саме через це графік відносного обертового моменту стає пульсуючим.

Зведений графік з розрахунками відносного обертового моменту та середнього його значення для вітроколес з 2, 3, 4, 6, 8, 12 та 16-ма лопатями (рис. 2).

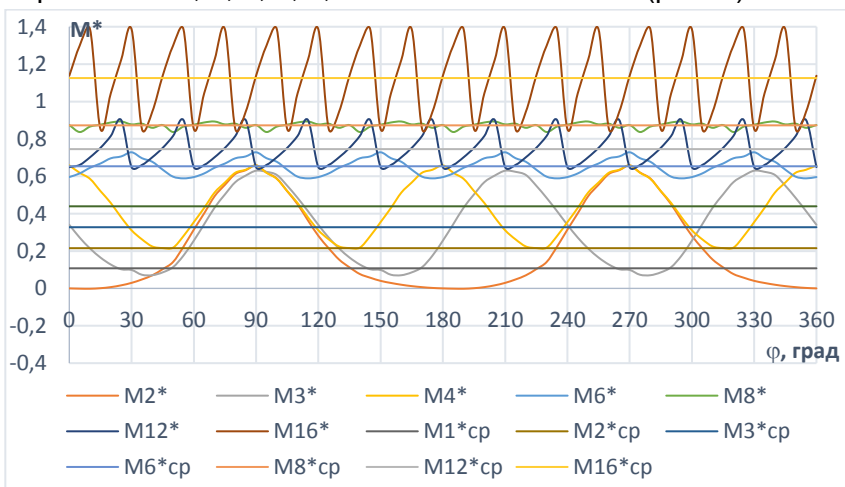


Рис. 2. Графік залежності відносного обертового моменту вітроколес з різною кількістю лопатей M^* від кута повороту вітроколеса φ

На рис. 3 наведено зовнішній вигляд вітроколеса з багатолопатевим ротором Савоніуса, який було створено студентами на кафедрі відновлюваних джерел енергії в НТУ "Дніпровська політехніка".

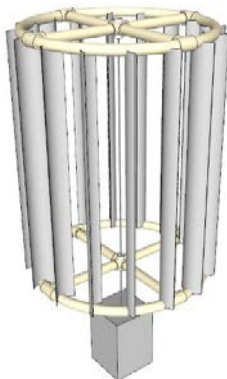


Рис. 3. Зовнішній вигляд зовнішній вигляд вітроколеса з багатолопатевим ротором Савоніуса, створеного студентами на кафедрі відновлюваних джерел енергії в НТУ "Дніпровська політехніка"

Література:

1. Шишкин Н. Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного теплоснабжения различных объектов: моногр. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. 208 с.

УДК 621.311.24

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОПАТЕЙ ВІТРОТУРБІН МЕГАВАТНОГО КЛАСУ

В.Є. Терехов¹,

*Інститут проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України, вул. Генерала Наумова 15, м.
Київ, 03164, Україна, тел.: +38(093)402-42-33, e-mail:
vl.terekhov86@gmail.com*

У роботі визначені аналітичні функції розподілів товщини, хорди перетину та кута скрутки лопаті відносно величини радіусу ротору турбіни.

Ключові слова: відносна товщина лопаті, хорда перетину лопаті, кут скрутки лопаті.

MULTIMEGAWATT WIND TURBINE BLADES DESIGN INVESTIGATION

V. Terekhov¹,

*Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, National
Academy of Science of Ukraine, 5, General Naumov Str. Kyiv,
03164, Ukraine*

The article presents the functions of the thickness-to-chord ratio, baseline chord and blade twist distribution to the radius of the turbine rotor.

Keywords: thickness-to-chord ratio distribution, baseline chord distribution, blade twist distribution.

ORCID: 0000-0003-1080-0119.

Пріоритетною задачею для забезпечення сталого розвитку української вітроенергетики є відбір найефективніших вітротурбін (ВЕУ) під конкретні вітрові умови розміщення. Однією з методик оцінки ефективності є зіставлення результатів теоретичних розрахунків виробітку ВЕУ із фактичними паспортними або експлуатаційними даними. Вітроколесо (ВК) є невід'ємною частиною будь-якої ВЕУ, ефективність роботи якого є визначальною.

Розрахунок потужності ВК, у тому числі і за допомогою математичного моделювання, стає ключовим завданням при оцінці ефективності ВЕУ. Але основною проблемою для дослідника стає брак доступної та повної інформації щодо геометричних характеристик досліджуваних лопатей, особливо сучасного виробництва, так як такі дані є комерційною таємницею заводів-виробників.

Метою даної роботи став пошук, аналіз та узагальнення наявної у відкритому доступі інформації по сучасним лопатям промислових ВЕУ мегаватного класу наземного розташування за такими параметрами: відносна товщина лопаті, довжина хорди перетину та кут скрутки лопаті.

Основою вхідних даних дослідження стали роботи [1,2,3,4,5] та технічна специфікація [6], таким чином був охоплений діапазон потужностей ВЕУ від 2,2 до 13,2 МВт та діаметр ВК від 92 до 200 м, що відповідає сьогоdnішньому стану промислового вітрокористування.

Узагальнюючим параметром, за яким можна класифікувати всі існуючі профілі є величина відношення максимальної товщини профілю до довжини хорди перетину t/c , або максимальна відносна товщина. Умовно профілі можна розділити на вісім груп у порядку зростання

t/c : 0,12; 0,15; 0,18; 0,21; 0,25; 0,30; 0,35 та 0,40. Лопать має відносну товщину від 1,0 в місці приєднання до маточини, до 0,12 – 0,21 на кінцівці в залежності від моделі. Актуальним питанням стає визначення розподілу величини t/c вздовж радіусу ВК R , який в рамках розглянутих джерел показав досить високу кореляцію даних, що дало змогу апроксимувати їх функцією у вигляді поліному 3-го (2-го) ступеню із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,98$ ($R^2 = 0,97$):

$$t/c = -0,5901\left(\frac{r}{R}\right)^3 + 1,5931\left(\frac{r}{R}\right)^2 - 1,4507\left(\frac{r}{R}\right) + 0,6265,$$

$$t/c = 0,5289\left(\frac{r}{R}\right)^2 - 0,8837\left(\frac{r}{R}\right) + 0,5417,$$

де r – відстань від центру ВК до місця, що розглядується.

Хордовий розподіл перетинів лопатей є параметром, що залежить як від її конструктивних особливостей моделі, так і від розміру лопаті, тому логічно перейти від абсолютних значень довжини хорди перетину c до відносної до радіусу ВК величини c/R . Тоді апроксимуюча функція у виді поліному 3-го (2-го) ступеню із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,95$ ($R^2 = 0,94$) буде мати наступний вигляд:

$$c/R = -0,138\left(\frac{r}{R}\right)^3 + 0,195\left(\frac{r}{R}\right)^2 - 0,148\left(\frac{r}{R}\right) + 0,1,$$

$$c/R = -0,055\left(\frac{r}{R}\right)^2 - 0,013\left(\frac{r}{R}\right) + 0,08.$$

Дослідження кутів скрутки лопатей α також показало досить високу кореляцію даних, хоча і з більшою величиною дисперсії, що дає змогу апроксимувати їх

поліноміальною функцією 2-го з коефіцієнтом детермінації
 $R^2 = 0,93$:

$$\alpha = 16,03 \left(\frac{r}{R} \right)^2 - 34,284 \left(\frac{r}{R} \right) + 18,974.$$

Отримані рівняння дають можливість оцінити ефективність роботи ВК сучасної промислової ВЕУ, у тому числі і його теоретичну потужність, при умовах відсутності геометричних та аеродинамічних даних лопатей.

Література:

1. Christian Bak. *The DTU 10-MW Reference Wind Turbine*. 2013. http://orbit.dtu.dk/files/55645274/The_DTU_10MW_Reference_Turbine_Christian_Bak.pdf – с. 8–10.
2. Pietro Bortolotti, Carlo L. Bottasso, Alessandro Croce. *Combined preliminary–detailed design of wind turbines*. 2016. <https://www.wind-energy-sci.net/1/71/2016/wes-1-71-2016.pdf>. – с. 79.
3. Dayton A. Griffin. *Blade System Design Studies Volume II: Preliminary Blade Designs and Recommended Test Matrix*. 2004. <https://prod-ng.sandia.gov/techlib-noauth/accesscontrol.cgi/2004/040073.pdf> – с. 23.
4. H.J.T. Kooijman et al. *DOWEC 6 MWPRE-DESIGN*. 2003. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.457.1123&rep=rep1&type=pdf> – с. 12 – 14.
5. D. Todd Griffith and Thomas D. Ashwill. *The Sandia 100-meter All-glass Baseline Wind Turbine Blade: SNL100-00*. 2011. <https://energy.sandia.gov/wp-content/gallery/uploads/113779.pdf> – с. 34.
6. *Technical Blade Specification for LM 48.8 P rotor blade*. 2009. https://d3icht40s6fxmd.cloudfront.net/sites/default/files/w0402-b02-08-dash-304-il3-001-2-e-lm48.8p_bs-00081_a2_1.pdf

УДК 626/627 ; 504.05

ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

Д. В. Стефанишин¹, Ю. С. Власюк², Д. Е. Бенатов³

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, м. Київ*

¹м. Рівне, Відінська вул., 1 кв. 23

+38 067-356-67-53, d.v.stefanyshyn@gmail.com

²Рівненська обл., Гощанський р-н, с. Іллін, вул.

Молодіжна, 24, +380 068-763-06-95,

y.s.vlasiuk@nuwm.edu.ua

³п.с. 62, м. Київ, 04116, +380503828157,

daniel@benatov.kiev.ua

*Проаналізовано проблеми практичної реалізації
Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» щодо
будівництва та експлуатації малих
гідроелектростанцій.*

Ключові слова: *малі гідроелектростанції, оцінка
впливу на довкілля*

ABOUT ENVIRONMENT IMPACT ASSESSMENT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS IN UKRAINE

D. Stefanyshyn¹, Yu. Vlasiuk², D. Benatov³

*Institute of Telecommunications and Global Information Space
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

*The problems of practical implementation of the Law of
Ukraine "On Environmental Impact Assessment" concerning
the construction and operation of small hydropower plants are
analyzed.*

Keywords: *small hydropower plants, environmental impact assessment*

ORCID: ¹0000-0002-7620-1613, ²0000-0002-6359-733X,
³0000-0001-9626-6759

З 23 травня 2017 р. в Україні діє Закон «Про оцінку впливу на довкілля» [1], з прийняттям якого пов'язувалися надії на можливість ефективного розв'язання складних проблем раціоналізації природокористування в країні на цивілізованому рівні, зокрема при обґрунтуванні планів будівництва та експлуатації малих гідроелектростанцій (МГЕС). Одним з найважливіших завдань цього Закону була практична реалізація підписаної Україною 25 червня 1998 р. Орхуської Конвенції [2], яка зобов'язує країни, що є її учасницями, забезпечувати вільний доступ населення до екологічної інформації, сприяти участі громадськості в процесі прийняття рішень та доступі до правосуддя з питань, що стосуються довкілля.

Згідно з Законом [1] оцінку впливу на довкілля (ОВД), за результатами якої має прийматися рішення про провадження планованої діяльності і надаватися на це дозвіл (частина 4 статті 3 Закону), мають проходити не усі проекти, а лише ті, «які можуть мати значний вплив на довкілля». Закон [1] містить вичерпний перелік видів планованої діяльності та об'єктів, які підлягають ОВД (частини 2 і 3 статті 3 Закону, де в статті 3, частина 3 «Друга категорія видів планованої діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають оцінці впливу на довкілля», виділено і «гідроелектростанції на річках незалежно від потужності»).

Законом [1] визнано, що і «малі гідроелектростанції» (потужністю до 10 МВт включно [3]) здатні негативно впливати на довкілля і мають вважатися екологічно і соціально небезпечними, допоки протилежне не буде встановлено за результатами ОВД. Тобто, іншими словами, на законодавчому рівні наразі знято будь-які дискусії щодо «абсолютної» безпечності для довкілля та місцевого населення об'єктів малої гідроенергетики, незважаючи на малу потужність гідроустановок.

Саме через малу потужність гідроустановок в численних публікаціях різних авторів (наприклад, [4, 5]), сформувалася і відстоюється думка, що МГЕС в принципі не можуть негативно впливати на довкілля, на якісні та кількісні показники водних ресурсів малих річок, наносити шкоду місцевому населенню, іншим водокористувачам.

Втім, єдине, що по суті відрізняє вітчизняну малу гідроенергетику від великої в контексті обґрунтування доцільності будівництва та експлуатації гідроенергетичних об'єктів з врахуванням їх впливу на довкілля, це те, що мала гідроенергетика, на відміну від великої, має державну підтримку у вигляді всіляких послаблень, зокрема і за рахунок «зеленого» тарифу. Багато в чому ця підтримка недалекоглядна, необґрунтована та навіть шкідлива для раціоналізації та екологізації природокористування, в тому числі і для розвитку вітчизняної гідроенергетичної галузі, на що ми вказували, наприклад, в [3]. Підтримка малої гідроенергетики не сприяє прийняттю раціональних рішень щодо використання водних ресурсів, хоча б тому, що приватні інвестори в малу гідроенергетику не зацікавлені у розвитку інших, зазвичай конкурентних для себе, сфер водного господарства. Можливо тому в «повідомленнях про плановану діяльність», в звітах з ОВД, представлених

в єдиному Реєстрі [6], жодним чином не згадуються і не аналізуються технічні альтернативи, які б передбачали комплексне використання водних ресурсів, використання альтернативних технологій відновлюваної енергетики. В якості технічних альтернатив розглядаються гідроагрегати від різних виробників, «будівництво та експлуатацію ТЕС» або «нових атомних енергоблоків» (як, наприклад, для Коростишівської МГЕС, потужністю до 199 кВт, на р. Тетерів, пропонувало ТОВ «Свободна енергія») тощо. З метою мінімізації затрат на будівництво та максимізації прибутків пропонуються проекти МГЕС лише з одним агрегатом, зі встановленою потужністю станцій до 199 кВт або до 999 кВт, з вигідним для забудовника розміщенням (безпосередньо в населеному пункті, близько до автомобільних доріг, ліній електропередач).

Література:

1. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України № 2059-VIII від 23.05.2017. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.
2. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015.
3. Стефанишин Д.В. Соціально-екологічні проблеми відновлення та модернізації малих гідроелектростанцій в Україні. Гідроенергетика України. № 1-2. 2015. С. 18-22.
4. Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики / за ред. В.М. Клименко, Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал. 2013. 399 с. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/section-2/2-8>.
5. Поп С.С. Гідроенергетичний потенціал Закарпаття: стан та перспективи його раціонального використання. Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування. Ужгород : Говерла. Вип. 2. 2013. С. 98-111.
6. Оцінка впливу на довкілля. Єдиний реєстр. URL: <http://eia.menr.gov.ua/search>.

УДК 626/627 ; 504.05

ПРО РИЗИКИ БУДІВНИЦТВА ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ДНІСТРОВСЬКОМУ КАНЬЙОНІ

Д. В. Стефанишин¹, В. М. Корбутяк², Я. В. Ходневич³

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, м. Київ*

¹м. Рівне, Відінська вул., 1 кв. 23

+38 067-356-67-53, d.v.stefanyshyn@gmail.com

²м. Рівне, вул. Марка Вовчка, 42

+38 097-650-97-42, v.m.korbutiak@nuwm.edu.ua

³м. Рівне, вул. Р. Шухевича, б. 12, кв. 44

+38 097-0808-949, jvhodnevich@ukr.net

*Проаналізовано соціально-екологічні ризики
будівництва та експлуатації каскаду
гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні.
Виділено ризики, пов'язані з повеневою небезпекою.*

Ключові слова: *каскад гідроелектростанцій,
Дністровський каньйон, повенева небезпека, ризик*

ABOUT RISKS OF CONSTRUCTION OF HYDROPOWER PLANTS IN THE DNIESTER CANYON

D. Stefanyshyn¹, V. Korbutiak², Ya. Khodnevich³

*Institute of Telecommunications and Global Information Space
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

*The social and ecological risks of construction and
operation of the cascade of hydroelectric power plants in the
Dniester canyon are analyzed. Risks associated with flood
hazard are highlighted.*

Keywords: *cascade of hydroelectric power plants, Dniester canyon, flood hazard, risk*

ORCID: ¹0000-0002-7620-1613, ²0000-0002-8273-2306,
³0000-0002-5510-1154.

Старі підходи до розвитку гідроенергетики будь якою ціною, незважаючи на значні соціально-екологічні виклики, проявлялися в різній мірі у всіх ініціативах, програмах та законодавчих актах з розвитку гідроенергетики в Україні [1, 2]. Знайшли вони своє відображення і у схваленій в 2016 р. Урядом Програмі розвитку гідроенергетики України до 2026 р. [3], особливо в планах будівництва каскаду з шести нових ГЕС на Дністрі в межах Дністровського каньйону.

Серед ключових соціально-екологічних ризиків експлуатації каскаду ГЕС у Дністровському каньйоні слід виділити планований піковий режим роботи ГЕС з добовим регулюванням. Такий режим надзвичайно ускладнить використання Дністра в інших цілях (рибне господарство, іригація, водопостачання, рекреація, водний туризм).

Втім в ПАТ «Укргідроенерго» і ПАТ «Укргідропроєкт» піковий режим з добовим регулюванням на ГЕС каскаду розглядають як позитивний фактор [4], крок назустріч місцевому населенню, екологам, туристам.

Будівництво у Дністровському каньйоні нанесе значну шкоду заповідній справі. Будівництво каскаду ГЕС на ділянці ріки в сотні кілометрів – це масштабне логістичне будівництво, яке пошириться далеко за межі будівельних площадок з екстериторіальними екологічними ризиками. Це будівництво під'їзних доріг, використання важкого автотранспорту, розробка кар'єрів будівельних матеріалів, робота бетонних господарств та іншої інфраструктури,

підготовка водосховищ з вирубкою лісу, кущів, вивозом деревини та її спаленням, перенесення сіл і кладовищ тощо. Без значної екологічної шкоди довіллю здійснити таке будівництво в межах національних парків чи по сусідству з ними принципово неможливо.

При заповненні водосховищ рівні води в каньйоні, які відповідатимуть рівням постійного затоплення територій, де розташовуються населені пункти, будуть вище рівнів, що спостерігаються на Дністрі при регулярних паводках, які не приносять значних збитків. Місцеві жителі не лише не отримають захист від повеней, навпаки, частині поселень при паводках загрожуватиме форсування рівнів води у водосховищах у додаткових протипаводкових ємностях, призначених для боротьби з паводками.

Особливо неприйнятним в цій ситуації є те, що «захист» від паводків одних населених пунктів в каньйоні планується здійснювати за рахунок інших. Виглядає так, що насправді мова йде про захист від паводків об'єктів, що розташовані на берегах Дністровського водосховища.

Що стосується озероподібного розширення долини Дністра перед каньйоном, то геопросторовий аналіз та аналіз гідрологічних рядів на водопостах «Галич» і «Заліщики», досвід експлуатації гідровузлів в подібних умовах, показують, що експлуатація каскаду ГЕС у каньйоні здатна спровокувати для цієї території значні додаткові повеневі ризики. По-перше, паводки на Дністрі практично повністю формуються на вході до каньйону. По-друге, вони природним чином затримуються перед ним завдяки ефекту трансформації паводку широкою долиною ріки. Каскад гребель в каньйоні може посприяти ще й штучному стримуванню паводкових вод. По-третє, не виключається, що, з часом, завдяки водосховищам і

сповільненню швидкості проходження паводків в каньйоні, в долині перед ним, в устях численних приток Дністра, стік яких формується в Карпатах, більш інтенсивно почнуть відкладатися наноси, що посилить повеневу небезпеку й поширить її на нові території. Подібна ситуація сталася на водосховищі Роксбург у Новій Зеландії [6], де за 35 років максимальний рівень води на ділянці виклинування водосховища біля м. Олександра піднявся над проектним рівнем на 3,5 м і повені почали спостерігатися при проходженні регулярних паводків на тих територіях, які раніше ніколи не затоплювалися і не підтоплювалися.

Література:

1. *Стан і перспективи розвитку відновної енергетики в Україні.* За ред. О.М. Суходолі. Київ : НІСД, 2013. 104 с.
2. *Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року.* Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/paran2#n2>.
3. *Програма розвитку гідроенергетики на період до 2026 року.* Схвалено розпорядженням КМ України від 13.07. 2016 р. № 552-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/552-2016-%D1%80#n7>.
4. Ландау Ю.О., Сташук І.В. *Перспективи створення верхньодністровського каскаду ГЕС.* Гідроенергетика України. 2016. № 1-2. С. 2-6.
5. Стефанишин Д.В. *Про перспективи розвитку вітчизняної гідроенергетики в контексті планів будівництва каскаду гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні. Екологічна безпека та природокористування.* 36. наук. праць. Вип. 23 (№ 1-2). Київ: ІТГІП НАНУ, КНУБА, 2017. С. 5-19.
6. *Environmental experience gained from reservoirs in operation.* Trans. of the 18-th Int. Cong. on Large Dams. Vol. 2. Q.69. Durban-South Africa, 1994. 780 p.

УДК 621.311.21.001.2

ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ МАЛИХ ГЕС НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ПРИРОДООХОРОННИХ ОБМЕЖЕНЬ

П.Ф. Васько¹, А.В. Мороз², А.О. Бриль³, Л.В. Сахно⁴

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, м. Київ

Визначено значення технічних показників малої гідроенергетики на основі експрес методу оцінки потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок України згідно з вимогами чинної нормативно-правової бази в природоохоронній та енергетичній сферах, що дозволяє отримати об'єктивну інформацію для розробки програм будівництва малих гідроелектростанцій на сучасному етапі розвитку альтернативної енергетики.

Ключові слова: *гідроенергетика, екологія, електроенергія, мала річка, потужність, технічний потенціал.*

POTENTIAL FOR DEVELOPMENT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS IN THE TERRITORY OF UKRAINE WITH CONSIDERING OF ENVIRONMENTAL RESTRICTIONS

P.F Vasko¹, A.V. Moroz², A.O. Bril³, L.V. Sahno⁴

*Institute of Renewable Energy of the National Academy of
Sciences of Ukraine, Kyiv*

Has been defined the value of technical indicators of small hydropower engineering based on the express method of estimation of the potential of hydropower resources of small

rivers of Ukraine in accordance with the requirements of the current regulatory framework in the environmental and energy spheres, which allows to obtain objective information for the development of programs for the construction of small hydroelectric power plants at the present stage of development of alternative energy.

Keywords: *capacity, ecology, electricity, hydropower, small river, technical potential.*

ORCID: ¹0000-0001-8807-7173, ²0000-0002-9284-3624,
³0000-0002-5134-0393, ⁴0000-0003-4961-5826.

В даний час частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні становить близько 4%, а в електрозабезпеченні - 6%, в основному за рахунок великої гідроенергетики, потенціал якої практично вже використаний. Згідно з рішенням Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства D/2012/04/MC-EnC Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 року досягти рівня 11 відсотків енергії, виробленої з відновлювальних джерел енергії в загальній структурі енергопостачання країни.

В Інституті відновлюваної енергетики НАН України розроблено експрес метод оцінки потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням вимог чинної нормативно-правової бази в природоохоронній сфері, який дозволяє отримати об'єктивну інформацію для розробки програм будівництва малих гідроелектростанцій (ГЕС) на сучасному етапі розвитку альтернативної енергетики.

Визначено природоохоронні обмеження для подальшого розвитку малої гідроенергетики, які ґрунтуються на критеріях екологічної цінності території і принципах

збереження різноманітності іхтіофауни річок. Обмеження на використання води для виробництва електроенергії малої ГЕС враховують санітарний попуск, безперервне функціонування рибоходів, межень, повені та паводки, оперативні заходи з регулювання водного потоку через гідроспоруди, регулювання потужності ГЕС по водотоку. Обмеження на використання території для будівництва малих ГЕС враховують наявність національних природних парків, заповідників, пам'яток природи, місць покладів корисних копалин і мінеральних вод, історико-культурних спадщин, земельних ділянок спеціального призначення.

Дослідження ґрунтувалось на основних теоретичних положеннях гідроенергетики з використанням значень витрат стоку та перепаду висот ділянки річки. Розрахункові дослідження виконувалися з використанням гідрологічної інформації по 320 пунктам вимірювання середньорічних витрат стоку малих річок, а кількість досліджуваних річок склало 166 одиниць. Досліджувались ділянки річок з витратами води в межах (2-150) м³/с і ухилом більше 0,12 м/км, що в залежності від типу конструкції ГЕС (гребельна, дериваційна) відповідає потужності станцій в межах 50 кВт - 10 МВт. Перепад висот вертикального профілю річки та площі відповідних басейнів визначались на основі цифрових топографічних карт геоінформаційної системи, а гідрологічні параметри стоку - згідно останнього узагальнення результатів спостережень. Вся територія країни була умовно розділена, згідно з основними положеннями гідрології, на 6 гідрологічних зон, в які входили річки зі схожими гідрографічними та орографічними показниками.

Значення технічного потенціалу гідроенергетичного ресурсу всієї річки визначалось як сума складових характерних ділянок річки вздовж течії:

$$E_m = gT\eta \sum_{j=1}^M \left[k_{ej} \cdot k_{Hj} \cdot H_j \int_{Q_{jmin}}^{Q_{jmax}} \left(\frac{1}{L_j} \int_{l_{jn}}^{l_{jk}} Q'_j dl_j \right) f(Q'_j) dQ'_j \right],$$

$$\text{за умов } Q_{jmax} > Q'_j > Q_{jmin},$$

$$k_{ej} = 1 \text{ або } 0, \quad k_{Hj} = 1 \text{ або } 0,$$

де g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$; T – кількість годин у році, $год$; η – коефіцієнт корисної дії станції; M – кількість ділянок відносно витоку, на які розділено вертикальний профіль; k_{ej} , k_{Hj} – значення критеріїв екологічної цінності території та критеріїв нахилу вертикального профілю; l_j , L_j , H_j – координати протяжності на ділянці, довжина ділянки, перепад висот на ділянці; Q_{jmin} , Q_{jmax} – мінімальне та максимальне значення витрат води для виробництва електроенергії, $м^3/с$; Q'_j – витрати води за результатами строкових спостережень на j -ій ділянці річки $м^3/с$; $f(Q'_j)$ – диференційна щільність річного імовірнісного розподілу витрат води.

Виконані розрахункові дослідження технічного потенціалу на всій території країни дозволили визначити його значення на рівні 1270 млн. кВт·год/рік (375 МВт встановленої потужності малих ГЕС). Розподіл потенціалу по гідрологічним зонам показано на рис.1.

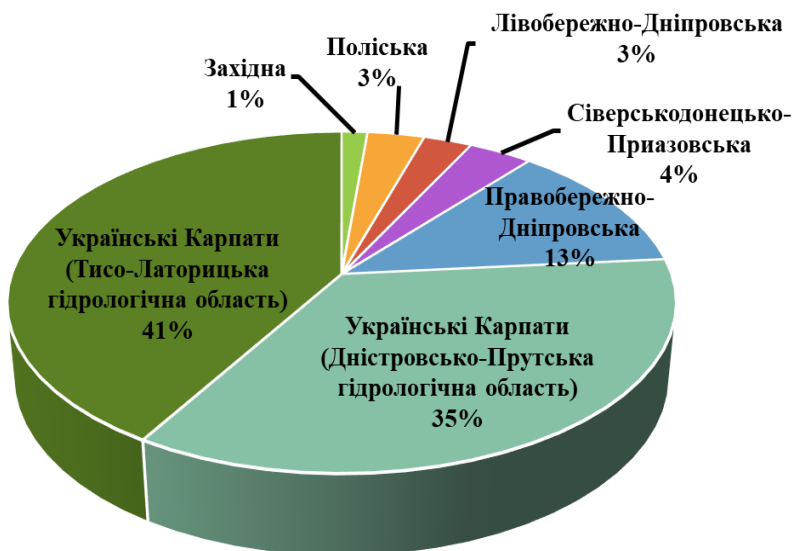


Рис. 1. Розподіл технічного гідроенергетичного потенціалу малих річок за гідрологічними зонами

Найбільший технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок зосереджений в Карпатському регіоні (76%). Другою є Правобережно-Дніпровська гідрологічна зона (13%). На лівобережній частині країни потенціал становить 7%. До малоперспективних територій для розвитку малої гідроенергетики належать Західна і Поліська гідрологічні зони (разом 4%). Отримані результати є істотними для розробки сучасної концепції регіональних програм розвитку малої гідроенергетики та реалізації заходів Національного плану дій з відновлюваної енергетики України.

УДК 621.22

ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МІНІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАЦІЯХ

М. М. Фіцай¹, В. І. Шкляр², В. В. Дубровська³

КПІ ім. Ігоря Сікорського

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
044-204-96-90, shklyar_vi@ukr.net, Шкляр Віктор Іванович*

Розглянуто процес отримання електроенергії на міні-гідроелектростанції, визначені параметри та тип гідротурбіни.

Ключові слова: *гідротурбіна, деривація, каскад, лопать.*

PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY AT THE MINI HYDROELECTRIC POWER PLANT

M. Fitsay¹, V. Shklyar², V. Dubrovskaya³

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Institute of Energy Saving and Energy Management

The process of obtaining electric power at the mini-hydroelectric power plant is considered, parameters and type of the hydro turbine are determined.

Keywords: *hydro turbine, derivation, cascade, blade.*

ORCID: 0000-0001-6879-7501, 0000-0003-4765-0484

Україна має значний запас ресурсів малих річок (в основному завдяки річкам західної частини країни), який

складає в середньому біля 28% від загальної кількості річок України.

Закарпаття має найбільший гідроенергетичний потенціал в Україні саме тому що тут є найгустіша річкова мережа. Потенціал розвитку гідроенергетики зосередився на малих річках і потоках. Розглядаючи сучасні системи міні-ГЕС можна побачити, що за рахунок оптимального режиму роботи можна зменшити шкоду на довкілля до мінімальних показників. Серед основних переваг є також малий термін окупності проектів, який в середньому складає від 2 до 5 років.

Об'єктами досліджень стали дериваційні міні-ГЕС нового зразка «Брустурянка 1» потужністю 1 МВт довжиною деривації 750 м та «Брустурянка 2» потужністю 1,2 МВт довжиною деривації від першої міні-ГЕС 820 м, які працюють за каскадною системою з 2015-го року в гірських районах Закарпатської області. За приклад візьмемо дериваційну міні-ГЕС «Брустурянка 1» (рис. 1), де напір води створюється напірним дериваційним водоводом.

До складу міні ГЕС входить поворотно-лопатева турбіна Каплана типу S110 та гідрогенератор EN-CO (Італія) потужністю 1 МВт. Турбіна типу "Каплан" обрана за графіком застосування гідротурбін за показниками: витрата води $Q=7,65 \text{ м}^3/\text{с}$ та напору H_p :

$$H_p = \frac{2 \cdot H_{MAX} + H_{MIN}}{3} = \frac{2 \cdot 12,673 + 12,095}{3} = 16,5 \text{ м.}$$

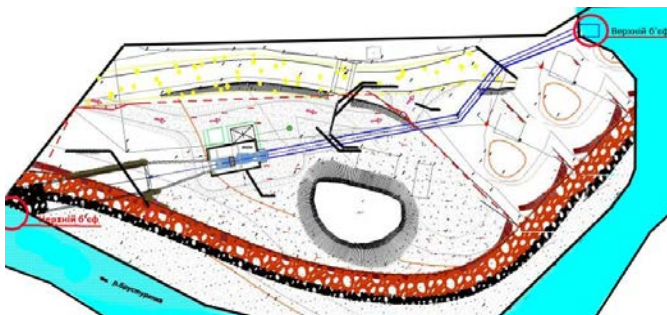


Рис. 1. План розташування міні-ГЕС «Брустурянка 1»

Діаметр робочого колеса гідротурбіни визначаємо за залежністю [1]:

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_T (\text{кВт})}{9,81 \cdot Q_{1P} \cdot H_p \cdot \eta_T \cdot \sqrt{H_p}}} = \sqrt{\frac{1000}{9,81 \cdot 7,65 \cdot 0,916 \cdot 16,5 \cdot \sqrt{16,5}}} \approx 2,4 \text{ м.}$$

Частоту обертання вала гідротурбіни:

$$n = \frac{n'_{1P} + \sqrt{H_p}}{D_1} = \frac{500 + \sqrt{16,5}}{2,4} = 210,02 \approx 210 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Перерахунок ККД турбіни при меншому діаметрі її колеса $D_{1м} = 0,46 \text{ м}$:

$$\eta = 1 - (1 - \eta'_1) \cdot \sqrt[5]{\frac{D_{1м}}{D_1}} = 1 - (1 - 0,916) \cdot \sqrt[5]{\frac{0,46}{2,38}} = 0,95.$$

При виборі устаткування дериваційної гідроелектростанції було розраховано: тип та клас турбіни (Каплана), кількість гідроагрегатів, параметри (частота обертання, потужність) та розміри робочого колеса гідротурбіни (діаметри).

Підведення води до турбіни здійснюється через турбінні камери, які за формою і конструкцією бувають дуже різноманітні.

При розрахунках діаметрів турбін показники були округлені до номенклатурних розмірів, де враховувалась ефективність турбіни від витрати води (табл. 1).

Таблиця 1. Залежність ефективності турбіни від витрати води

Витрата води, м³/с	7,65	6,12	4,59	3,06	1,53
Ефективність, %	91,6	92,6	92,4	90,5	81,5

Направляючий апарат турбіни, в залежності від складності місцевості та витрати води на турбіну - регулює її потужність. Технічні характеристики турбіни Каплан показані в таблиці 2.

Таблиця 2. Технічні характеристики турбіни Каплан

Характеристика	
Механічна потужність, кВт	1000
Номінальна швидкість обертання, об/хв	500
Максимальна витрата води, м³/с	7,65

Параметри гідрогенератора наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Параметри гідрогенератора

Характеристика	
Номінальна потужність, кВт	996
кВА	1200
ККД	0,95
Номінальна напруга, В	690
Коефіцієнт потужності	0,83

Кількість виробленої електричної енергії на міні-ГЕС за місяцями року наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Кількість виробленої електричної енергії на міні-ГЕС, кВт· год

Місяць		Місяць	
Січень	401,09	Липень	438,86
Лютий	359,69	Серпень	397,56
Березень	417,29	Вересень	432,68
Квітень	392,24	Жовтень	437,39
Травень	392,24	Листопад	679,87
Червень	407,92	Грудень	403,90
		Разом за рік	5 202,05

Станція забезпечує річну потребу в електроенергії більше 2000 домогосподарств.

Література

1. В.В. Парла. Гідравлічні турбіни. -М.: 1987 - 328 с.

УДК 621.311.21

МІКРОГІДРОТУРБІНА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ РІЧКОВИХ ТА МОРСЬКИХ ПОТОКІВ

В. П. Каян¹, О. Г. Лебідь²

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, бул. Чоколовський 13, м.Київ,
Україна, тел.+38(044)244-78-13, e-mail:
o.g.lebid@gmail.com*

*У роботі показано перспективність використання
роторів Дар'є в якості гідротурбін у річкових та
морських течіях, наведено результати
експериментальних випробувань таких роторів у
повітряному та водному потоці.*

Ключові слова: *відновлювана енергетика,
гідроенергетика, енергоефективність, ротори Дар'є,
управління лопатями.*

MICRO HYDRO TURBINE FOR UTILIZATION OF RIVER AND SEA FLOWS ENERGY

V. Kayan¹, O. Lebid²

*Institute of telecommunications and global information
space, National Academy of Science of Ukraine, 13
Chokolovsky av., Kyiv, Ukraine,*

*In work it is shown prospects of using of Darrieus rotors
as water-turbines in river and sea currents, results
experimental tests of such rotors are given in an air and water
stream.*

Keywords: *renewable energy, water power, energy efficiency, Darrieus turbines, blades control.*

Зміна клімату нашої планети стала очевидним фактом, засвідченим Паризькою угодою 2015 р., яка закликає усі країни вжити зусиль для обмеження підйому середньорічної температури Землі не більш ніж на 2°C протягом цього століття. Основною причиною цих змін на Землі є надмірна емісія парникових газів, головними емітентами яких є енергетика, промисловість та транспорт, перш за все внаслідок спалення викопного палива.

Тому нагальною стала необхідність переходу світової енергетики на чисті джерела енергії. Найбільше таким вимогам відповідають такі відновлювані (чи інакше - «зелені») джерела як вітер і сонце. На сьогодні до чистої енергетики відносять і велику гідроенергетику, що використовує потенціальну енергію води. Цей вид енергетики потребує будівництва високих гребель, щоб перегородити річки, що призводить до утворення великих штучних водойм. І хоча такі гідроелектростанції забезпечують стабільне постачання електрики, зрошення прилеглих сільськогосподарчих земель і полегшення боротьби з повеннями, вони ж призводять до безповоротних втрат затоплених сільгоспугідь, необхідності переселення місцевого населення, передислокації промислових і інших об'єктів.

Крім того, великі штучні водойми перед греблями ГЕС є джерелом метану, вторинного парникового газу, який в 20 разів шкідливіший за вуглекислий газ, хоча і менш довговічний. Його емісія спричинена розкладанням відмерлої рослинності на затоплених землях. Фактично, особливо у південних широтах, така ГЕС може емітувати

стільки ж, а може і більше парникових газів, як і тієї ж потужності електростанція, що працює на вугіллі. Науковці підрахували, що від майже мільйона водойм зі штучними греблями у всьому світі кожного року емітується метан у кількості майже 1 мільярд тонн, що складає біля 1,5% від глобальної емісії парникових газів.

В той же час потоки води, що рухаються з відносно невеликою швидкістю плинучі течії, містять в собі величезний запас кінетичної енергії. Установки для утилізації цієї енергії можуть суттєво допомогти в отриманні екологічно чистої енергії, що вже робиться у деяких країнах (Норвегія, Австралія, Великобританія, Канада та інші). Як правило, в таких установках використовують турбіни, аналогічні турбінам, що використовуються у вітроенергетиці – з горизонтальною віссю обертання (пропелерного типу) та з вертикальною віссю обертання (вертикально розміщені лопаті обертаються довкола вертикального центрального вала). В останньому випадку це, як правило, ротори Дар'є з прямими лопатями, які жорстко закріплені на горизонтальних траверсах.

Дослідження авторів, виконані за останнє десятиліття, показали що при оптимальних законах управління положенням (кутом атаки) лопаті впродовж її кругової траєкторії можна більш ніж в 1,5 рази підвищити ефективність такої гідротурбіни. За цей час авторами були розроблені та досліджені в водних та повітряних потоках п'ять роторів різної конструкції та розмірів.

Ротор, що показав найкращі результати, мав наступні параметри: кількість лопатей – 3, довжина лопаті $l_{\text{лоп}} = 1,6$ м, довжина хорди лопаті $b = 0,25$ м, подовження лопаті $\lambda = l_{\text{лоп}}/b = 6,4$, радіус кругового обертання лопаті $R = 0,7$ м,

робоча площа ротора $S = I_{\text{лоп}} 2R = 2,24\text{м}^2$, коефіцієнт заповнення $\sigma = 3b/2R = 0,54$, механізм управління положенням лопатей діаметром $D = 0,4$ м. Лопаті були зроблені з вуглепластику, кожна лопать мала вагу 2,7кг.

Максимальну потужність на валу ротора в діапазоні зміни швидкості повітряного потоку $V=3\text{--}11$ м/сек отримано при малих значеннях частоти обертання. Керування положенням лопатей в кожній точці кругової траєкторії дозволило отримати на валу обертовий момент в три рази більший ніж за жорстко фіксованих лопатів, хоча при цьому майже вдвічі зменшилась частота обертання ротора. Ротор самостійно запускався вже при швидкості вітрового потоку 1,8-2,2 м/сек. Зменшена модель цього ж ротору успішно працювала у гідролотку навіть при швидкості водного потоку 0,3 м/сек. Значення коефіцієнта використання енергії потоку, яке отримано при випробуваннях, сягало $C_p=0.45$.

Література:

1. Washington State University. "New global warming culprit: Methane emissions jump dramatically during dam drawdowns." ScienceDaily, 8 August 2012. [//www.sciencedaily.com/releases/2012/08/120808081420.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2012/08/120808081420.htm)
2. Emissions Gap Report 2018. United Nations Environment Programme. Nairobi. Nov.2018. 112p.
3. A New World - The Geopolitics of the Energy Transformation. IRENA and Global Commission on the Geopolitics, 2019. 93p. www.geopoliticsof Renewables.org
4. Kayan V. Darrieus Turbine with Controlled Blades: The Perspective Converter of Hydrokinetic Energy // Open Journal of Renewable Energy and Sustainable Development, CA, USA. – 2014. – v.1. – No.2. – P.9-23.
5. Гринченко В. Т., Каян В. П. Оптимизация характеристик ветроротора Дарье с прямыми управляемыми лопастями // Доповіді НАН України. – 2015. - № 6. – С.37-45.
6. Каян В. П., Лебедь А. Г. Ветророторы Дарье с прямыми управляемыми лопастями: опыт создания, испытания, оптимизации характеристик // Відновлювальна енергетика. – 2015. - №.3. – С.40-48

УДК 621.311.21.001.2

**КОНЦЕПЦІЯ ПІЛОТНОГО ПРОЕКТУ ПОБУДОВИ
МОРСЬКОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА АЗОВО-
ЧОРНОМОРСЬКОМУ УЗБЕРЕЖЖІ УКРАЇНИ**

П. Ф. Васько¹, А. В. Мороз²

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, м. Київ

Розглянуто потенційні можливості створення морської гідроакумулювальної електростанції для відновлюваних джерел енергії та запропоновано декілька варіантів реалізації пілотного проекту на Азово-Чорноморському узбережжі України. Проведено розрахункові дослідження щодо проектної потужності і обсягу накопичення енергії з використанням морської води.

Ключові слова: акумулювання енергії, відновлювані джерела, гідроакумулювальна станція, електроенергія, морська вода.

**CONCEPT OF THE PILOT PROJECT CONSTRUCTION
PROJECT OF THE SEAWATER PUMPED-STORAGE
HYDROELECTRIC STATION FOR RENEWABLE ENERGY
SOURCES ON THE AZOV-BLACK SEA COASTLINE OF
UKRAINE**

P. F. Vasko¹, A. V. Moroz²

*Institute of Renewable Energy of the National Academy of
Sciences of Ukraine, Kyiv*

Has been considered potential opportunities of creating a seawater pumped-storage hydroelectric station for renewable energy sources and has been proposed several options for implementing a pilot project on the Azov-Black sea coastline of Ukraine. Has been carried out calculation researches regarding the design power and volume of energy accumulation using seawater.

Keywords: *capacity, ecology, electricity, hydropower, small river, technical potential.*

ORCID: ¹0000-0001-8807-7173, ²0000-0002-9284-3624.

Інтегрування енергії вітро- та фотоелектричних станцій (ВЕС, ФЕС) в локальні системи електрозабезпечення об'єктів потребує вирішення технологічних та організаційних задач, зумовлених наступними факторами:

- графік виробництва енергії ВЕС та ФЕС має імовірнісний характер і не збігається з графіком споживання енергії в електроенергетичній системі;
- процес виробництва енергії ВЕС та ФЕС характеризується нестабільністю параметрів електроенергії, зумовленою пульсаціями швидкості вітру і зміною інтенсивності сонячного випромінювання.

Ефективність і надійність електропостачання на основі ВЕС та ФЕС може бути досягнута в результаті застосування резервних джерел та накопичувачів енергії, що компенсують нестабільність та непередбачуваність зміни потужності генерувальних установок внаслідок нерівномірності надходження енергії відновлюваних джерел.

Прийнятна технологія акумулювання електроенергії ВЕС і ФЕС визначається окремо для кожної локальної електросистеми в залежності від потужності відновлюваних джерел та особливостей графіка навантаження. Найменшою питомою вартістю характеризується технологія на основі гідроакумулювальних електростанцій (ГАЕС).

Міжнародне енергетичне агентство (IEA, 2014) в своїй Дорожній карті з акумулювання енергії також надає перевагу використанню ГАЕС за потреби акумулювання електроенергії в значних обсягах та за наявності відповідних гідрологічних і топографічних умов (рис.1). Так як переважна частка потенціалу ВЕС та ФЕС зосереджена на приморських територіях то додаткові можливості для розширення географії застосування технології ГАЕС полягають у використанні морської води в якості робочого тіла. Одним з перспективних регіонів України, де наявний великий потенціал відновлюваних джерел енергії, є Азово-Чорноморське узбережжя.



Рис. 1. Поточний рівень розвитку технологій акумулювання

Найближчим аналогом ідеї морської ГАЕС є припливна станція, яка досить широко використовується в різних країнах світу, що розташовані на узбережжі морів та океанів. Відштовхуючись від схемних рішень припливних станцій, запропоновано для подальшого дослідження два варіанти реалізації гідроакумулювальної електростанції: використання традиційного перепаду висот між берегом і поверхнею моря для спорудження басейну-акумулятора з використання морської води в якості робочого тіла; та створення станції прямо у морі, коли море являє собою верхній б'єф, а викопаний резервуар в морі - нижній б'єф.

Досліджено декілька варіантів реалізації пілотного проекту будівництва морської гідроакумулювальної станції на Азово-Чорноморському узбережжі в районі розташування Ботієвської ВЕС з використанням територій біля неї, або у морі. Зроблено оцінку технічних параметрів басейну-акумулятора морської ГАЕС, розташованого на мілководній акваторії моря. Створення резервуару передбачається шляхом заглиблення в морське дно, коли вибраний ґрунт використовується для спорудження дамби. Така конструкція передбачає утворення кільцевої дамби, де море слугує верхнім б'єфом, а дно резервуара - нижнім. Проектні параметри даного варіанту побудови станції наведені в табл.1.

Таблиця 1. Проектні параметри викопного резервуара в морі

Параметри	Глибина моря (H_m), м			
	5	10	15	20
Глибина резервуара відносно дна моря (h), м	15			
Повна глибина (H_n), м	20	25	30	35
Радіус резервуара (r), м	95	171	268	385
Об'єм накопиченої води, млн m^3	0,58	2,47	7,39	17,88
Об'єм вибраної землі (V_p), млн. m^3	0,42	1,38	3,4	7,01
Запас енергії, МВт·год	11,77	62,1	222,28	626,98

Можливо також застосування дамби з примиканням до берега. Функціональна схема ГАЕС для відновлюваних джерел енергії з розташуванням басейну-акумулятора біля берега зображена на рис.2.

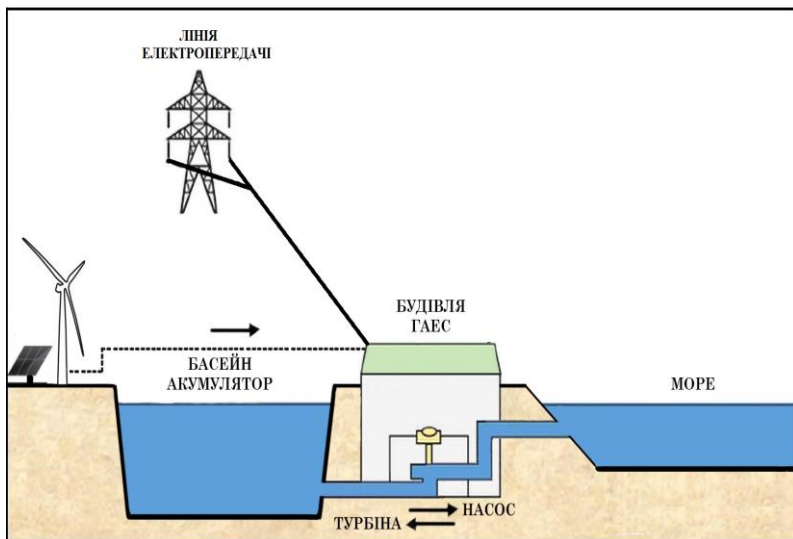


Рис. 2. Функціональна схема морської ГАЕС для накопичення енергії ВЕС та ФЕС з розташуванням басейну-акумулятора біля берега

Принципова технологічна особливість функціонування морської ГАЕС полягає в тому, що процеси заряду та розряду басейну-акумулятора відбуваються за діапазону зміни напору води від нульового до максимального значення. Тому потужність гідроагрегатів також буде змінною як в насосному, так і в турбінному режимах. Прогнозується застосування технології змінної частоти обертання гідроагрегатів. Керування режимами роботи станції в складі локальної електросистеми повинно здійснюватись під управлінням єдиної Smart-grid. Практична реалізація даної технології функціонування морської ГАЕС потребує проведення наукових досліджень та розробки відповідних схемотехнічних рішень.

Створення ГАЕС на морській воді вимагає вирішення нових технічних і екологічних завдань в порівнянні з використанням прісної води. Впродовж будівництва необхідно вживати спеціальні заходи для пом'якшення впливу на навколишнє середовище: захист довкілля, запобігання виходу брудної води в море, зменшення шуму і вібрації важкого будівельного обладнання, відновлення і рекультивація зони будівництва.

Чинних міжнародних документів, щодо розроблення та будівництва морських ГАЕС, на сьогодні не існує. Тому, при реалізації пілотного проекту морської ГАЕС необхідно керуватись вітчизняними державними нормативно-правовими положеннями законодавства з урахуванням загально-світових засад аналогічних міжнародних актів.

УДК 621.311.21.001.1

СТРУКТУРНА СХЕМА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АВТОНОМНОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

А. П. Вербовий

*Канд. техн. наук, Інститут відновлюваної енергетики
НАН України, вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094,
Україна, тел.: +38(044)206-28-09, e-mail: andver@ukr.net*

*Запропонована схема імітаційної моделі
гідроакумулювальної електростанції, для її реалізації і
дослідження в сучасних прикладних математичних
пакетах.*

Ключові слова: *схема, модель, блок, енергія,
система.*

STRUCTURAL SCHEME OF THE IMITATION MODEL OF STANDALONE PUMPED STORAGE POWER PLANT

A. Verboviy

*Cand. of techn. sciences, Institute of Renewable Energy,
National Academy of Science of Ukraine, 20a Hnata
Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

*The proposed scheme of the simulation model of the
pumped storage hydro station, for implementation in modern
applied mathematical packages.*

Keywords: *scheme, model, block, energy, system.*

ORCID: 0000-0003-2838-6032.

Переривчасте виробництво електроенергії сонячними та вітроелектростанціями не дозволяє автономній системі енергопостачання бути повністю надійною і ефективною. Сонячні і вітроелектростанції можуть виробляти занадто мало енергії або не виробляти зовсім в певні періоди часу, коли попит на енергію зростає. А може виробляти надлишкову енергію при низькому споживанні, і вона може бути не прийнята в мережу та втрачена. По мірі збільшення встановлених потужностей відновлюваних джерел енергії на основі сонячних та вітроелектростанцій – збільшується необхідність у маневрових (резервних) джерелах потужності. Таким джерелом маневрової потужності може бути гідроакumuлювальна електростанція (ГАЕС) [1]. В силу особливостей роботи ГАЕС, необхідна досить повна імітаційна модель, яка представляла її як об'єкт управління, тобто відображала всі необхідні керуючі, вихідні та збурюючі впливи, враховувала всі особливості об'єкта і давала досить глибоке уявлення про реальні динамічні процеси, що протікають в ньому. За допомогою імітаційної моделі можна ефективно досліджувати існуючі і проєктовані системи. Імітаційна модель може бути реалізована сучасними прикладними математичними програмами, такими, як MATLAB та його додатком Simulink. В моделі необхідно визначити всі найважливіші основні та допоміжні елементи системи, а також зв'язки між ними. На початковій стадії створення імітаційної моделі була розроблена структурна схема автономної ГАЕС рис. 1.

Структурна схема ГАЕС складається з наступних блоків: ВТ – вітротурбіна; Г – генератор (синхронний, або асинхронний); СП – сонячні панелі; К – контролер;

І – інвертор; СЕ – споживачі електроенергії; Д – двигун (синхронний, або асинхронний); ВН – відцентровий насос; НР – нижній резервуар; ВР – верхній резервуар; ГТ – гідротурбіна.

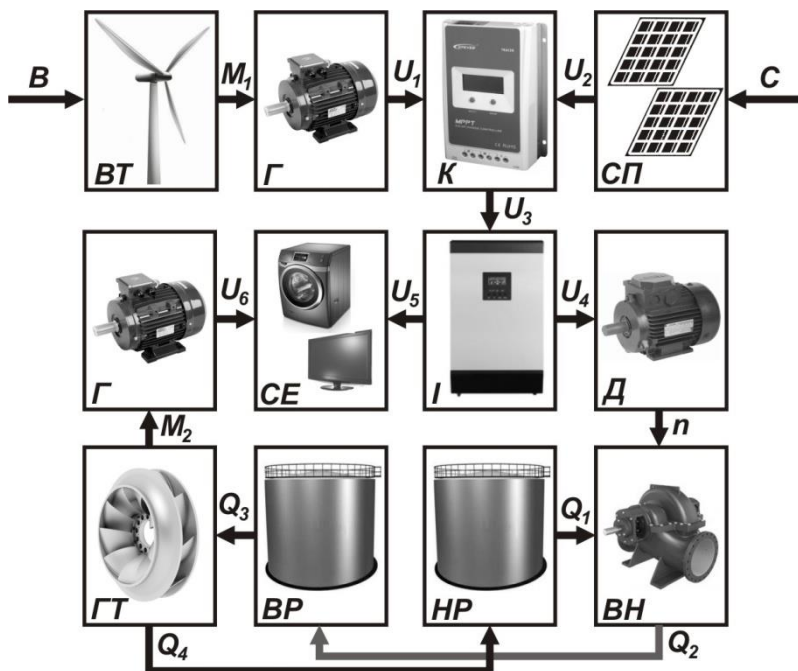


Рис. 1. Структурна схема ГАЕС

В структурній схемі ГАЕС застосовані наступні сигнали які надходять, або виходять з відповідних блоків: V – швидкість вітру; C – сонячна радіація; M_1, M_2 – моменти; $U_1 \dots U_6$ – напруги; n – швидкість обертання; $Q_1 \dots Q_4$ – витрати води.

Електроенергія з вітротурбіни і сонячних панелей надходить на контролер, і далі через інвертор до споживачів. В періоди, коли виникає надлишок енергії, він

надходить до двигуна відцентрового насоса, який починає закачувати воду з нижнього резервуару до верхнього. В періоди коли навантаження зростає, і електроенергії, яка виробляється сонячною та вітроелектростанціями недостатньо, вода з верхнього резервуару надходить на гідротурбіну і далі в нижній резервуар. Напір води, спрямований на лопаті гідротурбіни, обертає її, а гідротурбіна в свою чергу, будучи з'єднана з генератором, обертає генератор. Генератор виробляє електроенергію, яка надходить до споживачів.

Імітаційна модель ГАЕС може складатися з звичайних математичних блоків Simulink та фундаментальних блоків додатку Simscape і його розширень: Sim Driveline, Sim Electronics, Sim Hydraulics, Sim Mechanics и Sim Power Systems [2]. Якщо стандартні блоки з якихось причин не влаштовують розробника імітаційної моделі, вони можуть створюватись самостійно по знову створеними математичним моделям.

Стандартні блоки додатку Simscape не дозволяють застосувати в імітаційній моделі ГАЕС двомашинну схему, що складається з зворотньої турбіни (турбіна-насос) і генератора-двигуна. В даному випадку блок двигуна розширення Sim Power Systems не може працювати в генераторному режимі. Для цього необхідно використовувати блок генератора тієї конструкції та з тими же параметрами, що і блок двигуна. Також при моделюванні роботи блоку відцентрового насосу необхідно врахувати таке обмеження: не дозволяється рух рідини через насос у «зворотньому» напрямку, тобто він не може працювати в турбінному режимі. Блок гідротурбіни необхідно або створити, або взяти з додатку і додати до імітаційної моделі.

Імітаційні моделі дозволяють досить просто враховувати такі фактори, як наявність дискретних і безперервних елементів, нелінійні характеристики елементів системи та інші, які часто створюють труднощі при аналітичних дослідженнях.

Література:

1. П.Ф. Васько, А.П. Вербовий, М.Р. Ібрагімова, С.Т. Пазич. *Гідроакумулявальні електростанції – технологічна основа інтеграції потужних вітро- та фотоелектричних станцій до складу електроенергетичної системи України // Гідроенергетика України. – 2017. – №1-2. – С.20-25.*
2. Вербовий А.П., Пазич С.Т. *Моделювання динамічних і квазістатичних режимів роботи вітроводонасосної установки з урахуванням стохастичної складової швидкості вітру // Відновлювана енергетика. – 2018. – №4. – С.25-33.*

УДК 620.92

ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛИВНОЇ ЕНЕРГІЇ

Є.О. Цурик,

студент групи ЕД-81мп,

*Факультет електроенерготехніки та автоматики,
Національний Технічний Університет України «Київський
Політехнічний Інститут»,
e-mail: yevhenii.tsuryk@gmail.com*

У роботі описана технологія приливної енергетики, основні переваги та недоліки, всесвітній досвід використання приливних електростанцій, та потенціал водних ресурсів України, щодо будівництва приливних електростанцій.

Ключові слова: *відновлювальна енергетика, приливна енергія, приливна електростанція.*

THE TECHNOLOGY OF TIDAL ENERGY USING

Eugene Tzurik

student of ED-81mp academic group,

*Faculty of Electric Power Engineering and Automatics,
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute ", e-mail: yevhenii.tsuryk@gmail.com*

The article describes the technology of tidal energy, the main advantages and disadvantages, the world experience of using tidal power stations, and the potential of water resources of Ukraine, in relation to the construction of tidal power plants.

Keywords: *energy industry, tidal energy, electric power tide.*

ORCID: 0000-0003-2291-7031.

Великий інтерес до використання джерел відновлюваної енергії останнім часом привів до підвищення уваги до потенціалу сильних приливних течій. В даний час технологія приливної енергетики використовується в США, для виробництва електроенергії [1].

Метою даного дослідження є розгляд технології, а також переваг і недоліків використання приливних електростанцій.

Перш за все, приливна електростанція (ПЕС) - це певний тип гідроелектростанції, який використовує кінетичну енергію приливів. Будівництво ПЕС доцільно на морському узбережжі, рельєф якого дозволяє будувати великомасштабні водозабірні басейни, а також в затоках і гирлах річок, де рівень приливних хвиль перевищує 4 метри. Під час припливів вода тече через шлюзи ПЕС в закритий водозабірний басейн і обертає ротори гідротурбін, з'єднаних з електрогенераторами. Коли рівень води в басейні збігається з рівнем морської води, шлюзи автоматично закриваються (Рис. 1) [4].

Переваги ПЕС полягають в наступному:

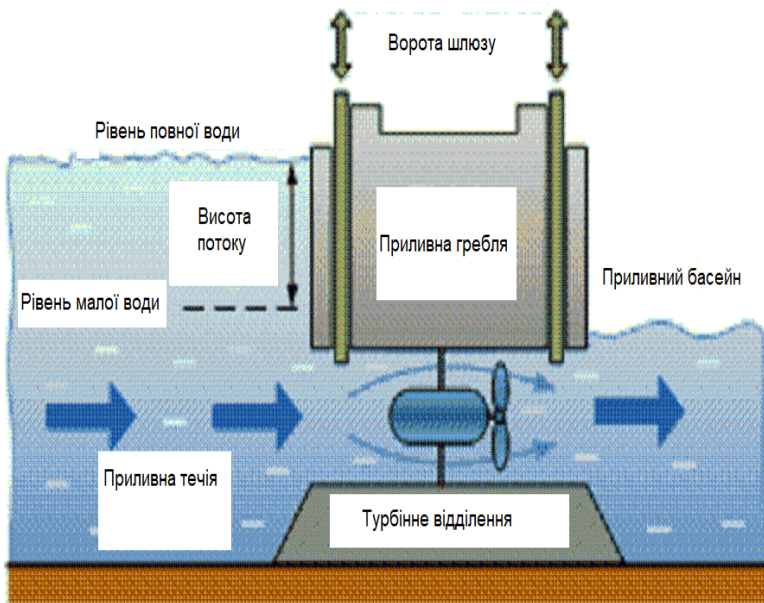


Рис. 1. Принцип роботи енергоблоку ПЕС

На додаток до цього, перевагами ПЕС є:

- відсутність шкідливих викидів в атмосферу;
- можливість точного прогнозування обсягів виробництва електричної енергії (приливи і відливи є добре вивченим явищем);
- спорудження приливних станцій не потребує значних змін ландшафту прибережної зони;
- тривалий термін служби (більше 100 років);
- відновлювальна здатність водних ресурсів;
- відсутність ризику затоплення прилеглих територій.

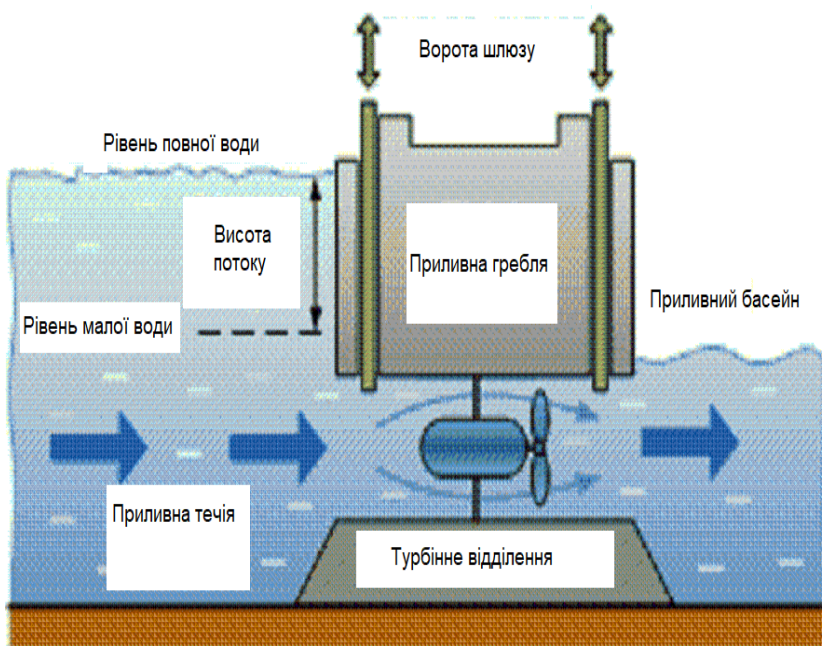


Рис. 1. Принцип роботи енергоблоку ПЕС

Проте, існують і серйозні недоліки, які уповільнюють розвиток ПЕС, зокрема, необхідність виділення значної площі прибережної зони для організації басейну [5]. Крім того, для будівництва станції потрібні значні інвестиції, які не окупаються протягом тривалого часу через відносно низьку ефективність станції (20 - 24%), а вартість одного гідроагрегату ПЕС в два рази перевищує вартість блоку аналогічної потужності для традиційних гідроелектростанцій [2].

Зважаючи на зазначене, розвиток приливної енергії на сьогодні знаходиться на ранніх стадіях і не може конкурувати з використанням викопного палива [3]. Проте,

якщо людство зосередиться на відновлюваних джерелах та потребі у чистій енергії, то це посприятиме швидкому розвитку припливної електроенергетики.

Література:

1. Васько П. Ф. Актуальные вопросы развития малой гидроэнергетики в Украине на современном этапе / П. Ф. Васько, Ю. А. Вихорев // *Відновлювана енергетика*. – 2012. – №3. – С.60-65. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vien_2012_3_12

2. Энергия приливов и отливов. НЕК-НПО: Новая энергетика [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nek-npo.ru/novaya-energiya/prilivnaya-energiya/Page-8.html>

2. Bernshtein, L. B. (1995). Tidal power development-a realistic, justifiable and topical problem of today. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 10(3), 591-599. DOI: 10.1109/60.464887.

https://www.researchgate.net/publication/3269449_Tidal_power_development-a_realistic_justifiable_and_topical_problem_of_today

3. Garrett, C., & Cummins, P. (2005). The power potential of tidal currents in channels. *Proceedings of the royal society A: mathematical, physical and engineering sciences*, 461(2060), 2563-2572. DOI:10.1098/rspa.2005.1494. Режим доступу: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspa.2005.1494>

4. Hydropower explained. Tidal Power. (2018, August 28). U.S. Energy Information Administration. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.eia.gov/Energyexplained/index.cfm?page=hydropower_tidal

5. Tidal energy. (2019). National Geographic [Electronic resource]. Режим доступу: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/tidal-energy>

УДК 620.97; 338.512.

ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ ВДЕ В УКРАЇНІ

О. А. Дячук¹, Г. С. Трипольська², Р. З. Подолець³

*ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН
України», вул. Мирного, 26, к.1209, м. Київ, Україна, 01011,
тел. +38(096)797-25-70, email: g.trypolska@gmail.com*

*У роботі наведено дані про можливу економію води,
перш за все у енергетиці, у випадку використання 60%
відновлюваних джерел енергії та заходів
енергоефективності в Україні до 2050 р.*

Ключові слова: 60% ВДЕ, енергоефективність,
економія води

OPTIMISATION OF ENERGY AND WATER RESOURCES CONSUMPTION DUE TO USE OF RES IN UKRAINE

O. Diachuk¹, G. Trypolska², R. Podolets³

*SO "Institute for Economics and Forecasting, UNAS", P.
Myrnogo str., 26, off. 1209, Kyiv, Ukraine, 01011*

*The article provides information on potential water
saving primarily in energy sector due to use of 60%
renewables and energy efficiency measures in Ukraine by
2050.*

Ключові слова: 60% renewables, energy efficiency,
water saving

ORCID: ¹0000-0002-3281-6536, ²0000-0002-8830-7036,
³0000-0002-3276-5505.

Зараз все більше країн стикаються з нестачею води: станом на 2017 р. у 700 млн осіб не було доступу до питної води, а через 10 років доступу до питної води не буде вже у 1,8 млрд осіб [1]. З нестачею води стикаються не лише країни, що розвиваються, а й розвинені, такі як Сінгапур, США, Австралія, країни Близького Сходу.

Прогнозується, що потреба у воді в майбутньому зросте в усіх секторах, в середньому на третину до 2050 р. Прогнози та сценарії використання води в майбутньому містять багато невідомих через зміну клімату [2] та непрогнозовані засухами. Використання водних та енергетичних ресурсів надзвичайно пов'язане. У енергетиці США сектори, пов'язані з водою, використовують 4% первинної енергії, а енергогенерація є сектором, який потребує найбільше води. Подібні частки можна спостерігати в більшості розвинених країн світу. Дуже багато води використовується для процесів охолодження термоелектричного обладнання (для виробництва електроенергії) [1], і є багато «побічного» продукту - пари. *Для виробництва 1 кВт*год. електроенергії в середньому потрібно близько 25 л води* [1].

Україна знаходиться серед аутсайдерів по економічній продуктивності використання прісної води. У країнах, де основна частина електроенергії виробляється ТЕС і АЕС, на теплоенергетику припадає до 50–80% водоспоживання промисловості, наприклад у США – 68%, в Японії – 57%, у ФРН – 54%, а в Україні – до 80% [3].

ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України» було проведено дослідження в рамках проекту USAID "Муніципальна енергетична реформа в Україні" при підготовці Стратегії низьковуглецевого розвитку України до

2050 р. разом із Міністерством екології та природних ресурсів України. Було розроблено Базовий сценарій (Business as Usual), сценарій «Енергоефективність» (EE), сценарій «Відновлювана енергетика» (BE).

Згідно результатів моделювання загальне первинне постачання енергії за Базовим сценарієм невпинно зростатиме, де найбільшу роль відіграватиме постачання вугілля та газ. За Базовим сценарієм, витрати води при видобутку енергетичних ресурсів, що поставлені були на енергетичні ринки України, оцінюються на рівні 124 млн м³. У разі відсутності енергоефективної політики витрати води, що використовуватимуться для виробництва енергетичних ресурсів, зростуть на більш як 50% до 2035 року і майже на 80% до 2050 року. За Базового сценарію, який не передбачає декарбонізації та екологізації електроенергетики, виробництво електроенергії зростатиме за рахунок вугільних технологій, без ВДЕ-технологій. Витрати води будуть суттєво зростати за Базовим сценарієм, приблизно на 35% до 2035 року та 65% до 2050 року порівняно з 2012 роком.

У разі проведення дієвої політики низьковуглецевого розвитку енергетики України, загальне постачання первинної енергії може стабілізуватися на рівні нижчим від 2012 р. За низьковуглецевої політики суттєво і знижуватиметься потреба в воді для енергетики. При реалізації низьковуглецевої політики зростатиме частка відновлюваних джерел енергії, особливо в електрогенерації. Так, в 2035 р. частка ВДЕ може становити більше 30%, а в 2050 – близько 60%. За низьковуглецевим сценарієм, використання води при виробництві електроенергії буде суттєво скорочуватися впродовж всього прогнозного періоду і в 2035 році може

скоротитися на 43%, а в 2050 році на 60% порівняно з 2012 роком. Більше того, 76% спожитої води припадатиме на ті ж вуглецеємні вугільні технології і 18% на АЕС.

Отже, згідно результатів моделювання, загальне первинне постачання енергії зростатиме, а найбільшу роль відіграватиме постачання вугілля та газу. За відсутності енергоефективної кліматичної політики витрати води для виробництва енергії зростуть на більш як 50% до 2035 р. і майже на 80% до 2050 р. У разі проведення політики низьковуглецевого розвитку енергетики України, загальне постачання первинної енергії може стабілізуватися на рівні 2012 р. та знижуватиметься потреба в воді для енергетики.

Література:

1. Urban, J.J. *Emerging Scientific and Engineering Opportunities within the Water-Energy Nexus* Joule 1, 665–688, December 20, 2017
2. Proskuryakova, L.N., Saritas, O., Sivaev, S. *Global water trends and future scenarios for sustainable development: The case of Russia* Journal of Cleaner Production 170 (2018)
3. *Комплексне використання та охорона водних ресурсів // Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – Київ, 2012 – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/60-entsiklopediya/rozvitok-teploenergetiki-ta-gidroenergetiki/chastina-2-gidroenergetika/rozdil-2-gidroenergetichni-resursi-jikh-vikoristannya-printsipovi-skhemi-parametri-rezhimi-roboti-ges-i-gaes/171-2-9-kompleksne-vikoristannya-ta-okhrona-vodnikh-resursiv>*

УДК 661.961; 661.931

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Ю.П. Морозов¹, Н.В. Ніколаєвська², І.О. Кушнір³,

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

02094, м. Київ, вул. Г.Хоткевича, 20А,

тел./факс 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net

Розглянуто тенденції розвитку геотермальної енергетики на підставі світового досвіду та напрямки розвитку цієї галузі за гідрогеологічних умов України.

Ключові слова: *геотермальна енергетика, теплові насоси, верхні шари Землі, системи тепло-холодопостачання, виробництво електроенергії і отримання водню*

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GEOTHERMAL ENERGY

Y. Morozov¹, N. Nikolaievskaya², I. Kushnir³,

Institute of renewable energy of NAS of Ukraine

G. Khotkevych str., 20A, 02094, Kyiv, Ukraine

Phone/fax: +38-044-206-28-09 e-mail: geotherm@ukr.net

The trends of development of geothermal energy on the basis of world experience and directions of development of this industry in the hydrogeological conditions of Ukraine are considered..

Keywords: *geothermal power engineering, heat pumps, the upper layers of the earth, heat and cooling systems, power generation and hydrogen generation*

ORCID: ¹0000-0003-1632-9735, ²0000-0002-9997-4627,
³0000-0002-7763-7080.

Зі зростанням дефіциту викопного палива та зростанням турботи про довкілля, використання відновлюваних джерел енергії, скоріш за все, буде збільшуватись та диверсифікуватись. Геотермальна енергія є потенційним рішенням серед інших відновлюваних джерел енергії

Тенденції розвитку геотермальної енергетики проаналізуємо на підставі даних всесвітнього геотермального конгресу за останні 10 років та за результатами патентних досліджень, які стосуються видобування та використання геотермальних ресурсів.

Найбільший розвиток за останнє десятиліття набуло використання верхніх шарів Землі із застосуванням теплових насосів.

Аналіз даних імпорту теплових насосів усіх типів в Україну за останні п'ятнадцять років дозволяє орієнтовно оцінити їхню акумульовану теплову потужність на рівні 1500-1600 МВт [1, 2].

Одинична потужність геотермальних об'єктів в основному становить 20 кВт. Найбільша потужність впроваджених установок дорівнює 350 кВт.

Потужність теплових установок у світі на 2010 рік становить близько 70 ГВт, при чому потужність цих установок збільшилася на 45% протягом останніх 5-ти років. Рівень продажів теплових насосів в Австрії, Німеччині та Швейцарії за останні 5 років зросли в 5-7 разів. В Україні 14 фірм займаються геотермальними тепловими насосами.

На підставі дискусій, які були проведені на Міжнародному геотермальному конгресі [3], можна зробити висновок, що основним напрямком технології видобування геотермальних ресурсів рекомендована технологія зі зворотним закачуванням термальних вод, тобто геотермальна циркуляційна система (ГЦС). Ця технологія освоєна в Україні з 1986 року. В Україні побудовано 15 ГЦС, з них 12 в АР Крим, дві – в Закарпатській і одна – в Херсонській областях.

В Україні є довгостроковий досвід використання термальних вод на основі застосування геотермальних циркуляційних систем [4]. Практичне застосування імпортного обладнання геотермальних теплових насосів здійснюється на 14 підприємствах.

Аналіз патентних досліджень показує, що високими темпами геотермальна енергія використовується з застосуванням водневих технологій.

При проведенні патентних досліджень знайдено ряд патентів [5-7], які пропонують виробництво водню шляхом електролізу пари з використанням теплоти від геотермального джерела. В патентах США описано винаходи, в яких запропоновано застосування геотермальних джерел енергії для виробництва водню, коли геотермальний теплоносіє має температуру, яка забезпечує виробництво електроенергії та дає змогу безперебійної роботи геотермальної електростанції та електролізера.

Наприклад, система и метод для виробництва водню шляхом електролізу пари, [5] призначена для виробництва водню з використанням тепла від джерела геотермальної енергії.

Система для виробництва водню з використанням геотермальних джерел енергії [6] передбачає використання геотермального тепла для виробництва водню і кисню з використанням електролізного пристрою.

Система використання водню для підвищення енергетичних показників геотермальної електростанції [7].

В системі за допомогою електролізера відбувається отримання водню, який використовується для стимулювання дебету геотермальної свердловини з застосуванням ефекту «газліфту», який забезпечує інтенсифікацію дебету свердловини та дає можливість підвищити енергетичні показники геотермальної електростанції.

Геотермальна енергія забезпечує доступний, чистий спосіб генерації електроенергії та забезпечення теплової енергії. У цьому відношенні використання геотермальної енергії для виробництва та скраплення водню може бути ефективним варіантом в майбутній структурі водню.

Література:

1. Басок Б., Дубовской С. *Методологические особенности оценки располагаемой мощности тепловых насосов в Украине* / Б. Басок, С. Дубовской // *Насосы и оборудование*. – 2017. – №3 (104). – С. 42–44.
2. Морозов Ю.П., Величко В.В., Кушнір І.О. *Оцінка теплового потенціалу верхніх шарів Землі* // *Відновлювана енергетика*. – 2018. – № 4. – С. 84-92.
3. L. Rybach, 2010 (<http://www.wgc2010.org>).
4. *Добыча геотермальных ресурсов и аккумуляирование теплоты в подземных горизонтах* / Морозов Ю.П. – К. : Наукова думка, 2017. – 197 с.
5. *System and method for production of hydrogen*/ Balan Ch.,Bowman M.J., Smith D.P., Byrd CH.M., Patent N: US 7331179 B2;Date of Patent:Feb.19, 2008
- 6 *Geothermal hydrogen production facility and method* / Monostory E., Kandefer J.M., Patent N:US 7448214 B2; Date of Patent:Nov.11,2008
7. Патент 125824 Україна, МПК (2018.01) F03G 7/00, F03B 13/10, C25B 1/04. Система використання водню для підвищення енергетичних показників геотермальної електростанції / Морозов Ю.П., Ніколаєвська Н.В., Кушнір І.О.; заявник та патентовласник Інститут відновлюваної енергетики НАН України - № и 2017 12664; заявл. 20.12.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10.

УДК 620.9:621.482

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ У ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТАХ

А.А. Барило,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Червоногвардійська, 20А,
тел./факс 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

Розроблено технологічну схему експериментальної установки щодо видобування і акумулювання теплоти у водоносних горизонтах та визначені види і методика експериментальних робіт для оцінки ефективності системи акумулювання.

Ключеві слова: водоносний горизонт, нагнітальна і видобувна свердловини, акумулювання теплової енергії

EXPERIMENTAL STUDY OF THE AQUIFER THERMAL ENERGY STORAGE EFFICIENCY

A.A. Barylo,

*Institute of renewable energy of NAS of Ukraine
G. Khotkevych str., 20A, 02094, Kyiv, Ukraine
Phone/fax: +38-044-206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

The technological scheme of the experimental installation for the extraction and accumulation of heat in aquifers is developed and the types and methods of experimental work are determined.

Keywords: aquifer, injection and extraction wells, accumulation of thermal energy

ORCID: 0000-0001-7981-6464.

На прибудинковій ділянці, розташованій за адресою вул. Метрологічна буд. 50, створено експериментальну геотермальну установку із визначення ефективності акумулювання теплоти у водоносних горизонтах.

У геологічному відношенні ділянка дослідження розташована в межах північно-східного пологого схилу Українського щита, що занурюється під Дніпровсько-Донецьку западину. Геологічна структура має двоповерхову будову: нижній поверх - кристалічний фундамент, що складається з кристалічних і метаморфічних порід докембрію, верхній - потужна (до 400 м) товща палеозойських, мезозойських і кайнозойських осадових порід, яка характеризуються сприятливими умовами для формування водоносних горизонтів.

Від поверхні землі залягають такі водоносні горизонти:

1. Алювіально-делювіальні відкладення першої надзаплавної тераси – кварцові піски з лінзами та промерстками суглинків. Цей горизонт має сезонний характер і безпосередньо залежить від кліматичних умов. Залягає на глибині від 8 до 12 м.

2. Водоносний горизонт у відкладах межигірської, берекської та новопетрівської світ олігоцен-міоцену (полтавська і харківська серії). Залягає на глибині від 32 до 50 м. Складається з дрібно-зернистих пісків, що перекриті потужною (до 20 м) товщою строкатих глин неогену. Статичні рівні встановлюються на глибині кривлі горизонту, тобто горизонт напірно-безнапірний.

3. Бучаксько-канівський водоносний горизонт залягає на глибині від 90 до 117 м, складається з мілких

та дрібно-зернистих пісків. Горизонт сильно виснажений через активне використання його для водопостачання і господарських цілей. Статичні рівні встановлюються на відмітках 96 м, тобто верхня частина горизонту «суха». Горизонт безнапірний.

Дослідження з акумулювання тепла пропонується проводити в другому (полтавському) водоносному горизонті, тому що цей горизонт має відносно невисоку глибину залягання та стабільні параметри.

Установка складається з семи свердловин. На теперішній час пробурені три свердловини (№ 1,7,8). Свердловини № 1,2,3,4 і 5 – спостережні. Свердловина № 2 додатково розглядається як резервна для видобутку або закачування підземних вод. Схема розташування свердловин і гідрогеологічний розтин ділянки дослідження зображено на рис. 1. і на рис. 2.

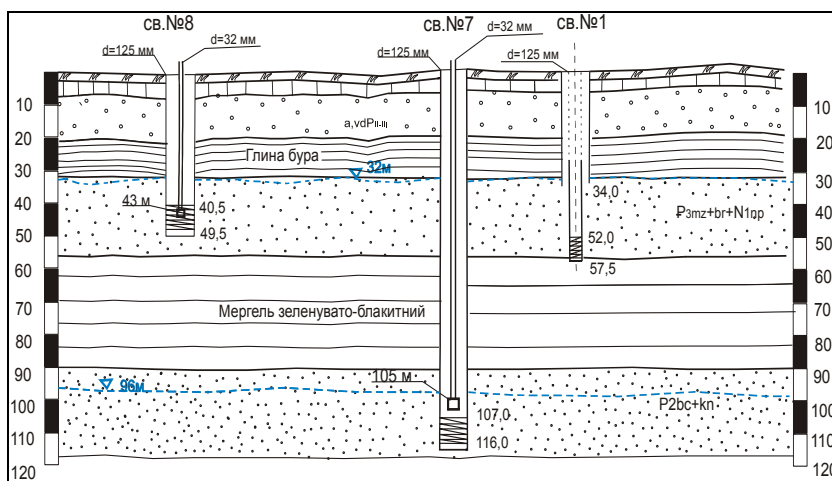


Рис. 1. Гідрогеологічний розріз ділянки дослідження та технічні характеристики свердловин

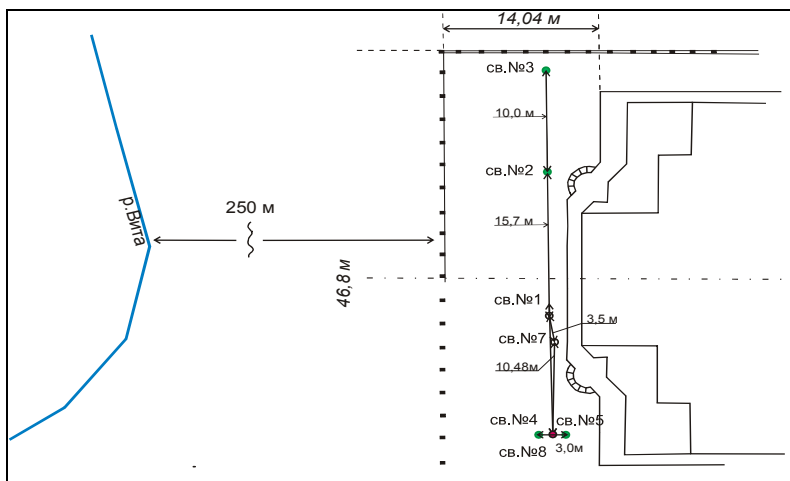


Рис. 2. Схема розташування свердловин на ділянці дослідження

Передбачається, що у літній період року (з квітня по вересень) видобута із свердловини № 7 підземна вода бучакського водоносного горизонту з температурою 12 °С нагрівається у геліоколекторах до температури 55-60 °С та нагнітається в полтавський горизонт свердловини № 8 для збереження.

В опалювальний сезон здійснюється відкачка нагрітої води із свердловини №8, яка була закумульована у полтавському водоносному горизонті, та використання її з метою теплопостачання приміщень будинку. Після використання охолоджена підземна вода закачується назад в бучакський горизонт через свердловину №7.

Для визначення ефективності акумулювання теплоти у водоносному горизонті необхідно знати параметри водоносного горизонту (розміри, пористість, проникність), максимальні витрати закачки і видобування, при яких система буде працювати стабільно протягом усього

терміну експлуатації, та параметри системи акумулювання.

Тому експериментальні дослідження повинні включати такі види випробувань:

- сумісне проведення дослідної відкачки з свердловини №8 і наливу у свердловину № 7 з метою визначення фільтраційних параметрів продуктивного горизонту та оптимальних дебітів видобування і нагнітання теплоносія [1].

- визначення параметрів системи акумулювання теплоти, що забезпечує необхідне навантаження, та коефіцієнту відновлювання теплової енергії водоносного горизонту [2].

Параметрами дослідження є зниження рівня та зміна температури підземних вод у всіх свердловинах, які вимірюються за допомогою трьох переносних електронних рівнемірів - термометрів марки UniWell Dolphin.

Висновки: 1. Вибрано продуктивний горизонт, в якій буде здійснюватися акумулювання теплової енергії.

2. Розроблено технологічну схему геотермальної установки щодо визначення ефективності акумулювання теплоти у водоносних горизонтах та визначені види і методика експериментальних робіт.

Література:

1. Бореvский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М. Недра. . – 1973. – 304 с.
2. Шетцле С., Бретт С., Грабс Д., Сеппонен М. Аккумуляция тепловой энергии в водоносных горизонтах: Устройство и практическое применение. Пер. с англ. – М. Энергоатомиздат. – 1984. – 208 с.

УДК 504.43; 621.577.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ЗЕМЛІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОСИФОННИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

В.В. Величко,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Г.Хоткевича, 20А,
тел./факс 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

Запропоновано з метою збільшення терміну експлуатації системи видобування теплоти з верхніх шарів Землі виконувати відновлення природного температурного поля за рахунок використання накопиченої теплоти в системах кондиціонування повітря із застосуванням випарникові-конденсаційних термосифонів в міжопалювальний та літній періоди.

Ключові слова: *поверхневі шари Землі, термосифон, теплові труби.*

UPPER LAYER ENERGY EFFICIENCY RESEARCH AND APPLICATION OF THERMOSYPHON HEAT PIPES

V. Velychko,

*Institute of renewable energy of NAS of Ukraine
G. Khotkevych str., 20A, 02094, Kyiv, Ukraine
Phone/fax: +38-044-206-28-09 e-mail: geotherm@ukr.net*

For increase the lifetime of the extraction system from the upper layers of the earth is proposed to carry out the restoration of the natural temperature field by using the

accumulated heat in air conditioning systems with the use of evaporator-condensation thermosyphons in the inter-heating and summer periods.

Keywords: *upper layer of the Earth, thermosyphon, heat pipes.*

ORCID: 0000-0001-9979-0994.

Поверхневі шари Землі можна використовувати в якості джерела теплової енергії шляхом застосування теплових насосів, які набувають розповсюдження в Україні, стаючи звичним видом тепłodжерел для систем теплопостачання. За дослідженнями [1] запропоновано прогнозу оцінку енергетичного потенціалу видобування теплоти за рахунок енергії верхніх шарів Землі на об'єктах нового будівництва, цей потенціал становить 26,8 млн. т у.п.

При використанні теплоти верхніх шарів Землі за допомогою теплових насосів у випадку втрати герметичності можуть забруднюватись ґрунтові води, а при змішуванні вод з різних горизонтів вздовж трубопроводів, можуть забруднюватись і більш глибокі водоносні горизонти. Ефективним і екологічно безпечним рішенням охорони навколишнього середовища є використання геотермальних зондів на основі випарникові-конденсаційних термосифонів.

Переваги геотермальних зондів на основі випарникові-конденсаційних термосифонів:

- кращі характеристики теплопередачі ґрунтового зонда;
- менша вартість;

- екологічна безпека (в якості низькокип'ячого робочого тіла замість гліколів використовується вуглекислий газ);

- підвищення показника сезонної ефективності SPF (Seasonal Performance Factor) теплового насоса на 15-20%.

Метою дослідження є вивчення процесів фазових перетворень для підвищення енергоефективності використання теплоти поверхневих шарів Землі за допомогою випарникові-конденсаційних термосифонів в існуючій системі тепlopостачання громадської будівлі. Схема експериментальної установки з дослідження процесів фазових перетворень та системи «реверсивний термосифон (процес відновлення температурного режиму свердловини)» наведено на рис.1.

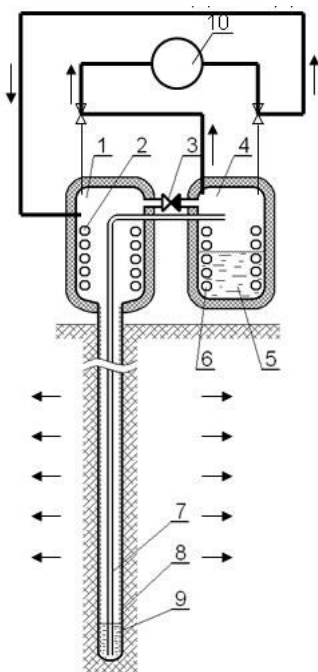


Рис. 1. Схема експериментальної установки з дослідження процесів фазових перетворень та системи «реверсивний термосифон (процес відновлення температурного режиму свердловини): 1 – оголовок, 2 – теплообмінна поверхня, 3 – зворотній клапан, 4 – паровий простір додаткової ємності, 5 – скраплений теплоносі, 6 – теплообмінна поверхня, 7 – конденсатопровід, 8 – нижня частина корпусу теплової труби, 9 – теплоносі, 10 – компресор.

Висновок: З метою збільшення терміну експлуатації системи видобування теплоти з верхніх шарів Землі пропонується здійснювати її роботу шляхом відновлення природного температурного поля. Відновлення природного температурного поля можливо здійснити за рахунок використання накопиченої теплоти в системах кондиціонування повітря із застосуванням випарникові-конденсаційних термосифонів в міжопалювальний та літній періоди.

Література:

1. Морозов Ю.П., Величко В.В., Кушнір І.О. Оцінка теплового потенціалу верхніх шарів землі на території України / В. В. Величко // *Відновлювана енергетика*. – 2018. – № 4(55). – С. 84 – 92.
2. Пат. 125076 UA, Гравітаційна теплова труба та спосіб її роботи : Пат. 125076 UA, МПК (2018.01), F 28D 15/00; F 28D 15/02 (2006/01); Заявл. 14.12.2017; Опубл. 25.04.2018, Бюл.№8, 2018 р. (Морозов Ю.П., Чалаєв Д.М., Величко В.В.)
3. Морозов Ю.П., Чалаєв Д.М., Величко В.В. Децентрализованное теплоснабжение с помощью геотермальных тепловых насосов. Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2017;(4-6):70-79. DOI:[10.15518/isjaee.2017.04-06.070-079](https://doi.org/10.15518/isjaee.2017.04-06.070-079)

УДК 504.43; 621.577.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ СУМІСНО З ГЕЛІО- ТА ГЕОТЕРМАЛЬНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

В. Г. Олійніченко¹, І. О. Кушнір²

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Г.Хоткевича, 20А,
тел./факс 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

Установка для дослідження ефективності використання аеротермальної енергії сумісно з геліо- та геотермальною енергією дозволить визначити доцільність сумісного використання різних джерел відновлюваної енергії.

Ключові слова: *геотермальна енергія, сонячні колектори, акумулювання теплоти.*

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF USE OF AEROTHERMAL ENERGY COMPLETELY WITH HELIUM AND GEOTHERMAL ENERGY

V. Olijnichenko¹, I. Kushnir²

*Institute of renewable energy of NAS of Ukraine
G. Khotkevych str., 20A, 02094, Kyiv, Ukraine
Phone/fax: +38-044-206-28-09 e-mail: geotherm@ukr.net*

An installation for studying the efficiency of aerothermal energy, combined with solar energy and geothermal energy, will make it possible to determine the feasibility of the joint use of different sources of renewable energy.

Keywords: *geothermal energy, heliosystem, heat accumulation.*

ORCID: ¹0000-0003-1632-9735; ²0000-0002-7763-7080.

Для дослідження ефективності використання аеротермальної енергії сумісно з геліо- та геотермальною енергією створена експериментальна установка (рис. 1).

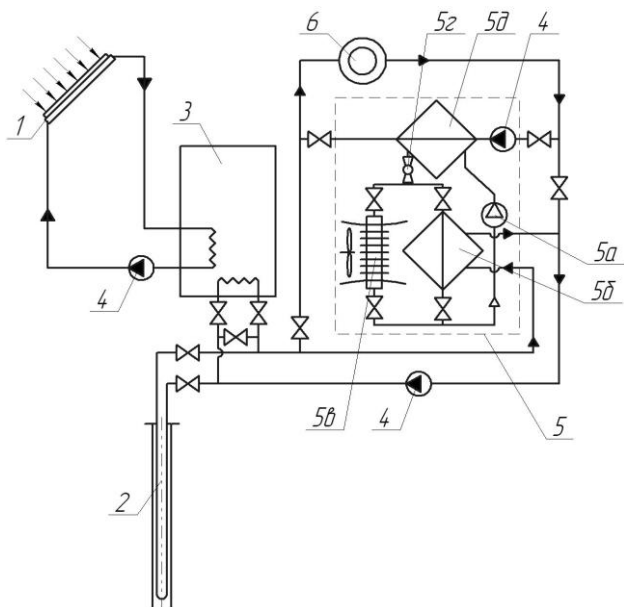


Рис. 1. Експериментальна установка по дослідженню ефективності використання аеротермальної енергії в комбінації з геліо- та геотермальною енергією: 1 - сонячний колектор; 2 – свердловина; 3 – бак-акумулятор; 4 – циркуляційні насоси; 5 – тепловий насос: 5а – компресор, 5б – випарник-конденсатор для контуру рідина-рідина, 5в - випарник-конденсатор для контуру рідина – повітря, 5г – реверсивний клапан, 5д – конденсатор-випарник; 6 – споживачі

Експериментальна установка складається з підземного ґрунтового акумулятора теплоти, системи сонячних колекторів, теплового насоса. Сонячна енергія, що акумулювалась в ґрунтовому масиві протягом шести місяців, використовується в холодну пору року на опалення і гаряче водопостачання.

Експериментальна установка може працювати в декількох режимах:

1. Сезонний акумулятор теплоти за рахунок сонячної енергії.
2. Використання енергії довкілля із застосуванням теплового насосу типу «повітря – вода».
3. Використання закумульованої енергії сонця взимку із застосуванням теплового насосу типу «вода – вода».

Сезонний акумулятор сонячної енергії працює в період з кінця опалювального сезону до початку наступного – з квітня по жовтень.

Нагріта сонячними променями вода закачується в свердловинний теплообмінник впродовж всього міжсезоння з квітня по жовтень. Ґрунтові води нагріваються і їх тепловий потенціал використовується в опалювальний період із застосуванням теплового насосу типу «вода–вода» з більш високим коефіцієнтом перетворювання за рахунок зменшення різниці температур між температурою теплоносія на вході в випарник і температурою теплоносія на виході з конденсатора, ніж у тому випадку коли використовується природній тепловий потенціал ґрунтових вод.

Використання енергії довіклля із застосуванням теплового насосу типу «повітря–вода», доцільне при температурі довіклля не нижче мінус 15°C.

При температурі довіклля нижче мінус 15°C тепловий насос типу «повітря–вода» працює з дуже низьким коефіцієнтам перетворювання, що приводить до перевитратам електричної енергії.

При більш низьких температурах доцільно використати накопичену за літо сонячну енергію із застосуванням теплового насосу типу «вода–вода».

Висновок: За рахунок сумісного використання аеротермальної енергії з геліо- та геотермальною енергією з'являється можливість одержувати тепло та холод в залежності від пори року зі значно меншими витратами електроенергії, ніж при використанні існуючих засобів опалення та кондиціювання приміщень.

Література:

1. Экспериментальный модуль гелиогеотермальной установки для теплоснабжения / Б.И. Басок, А.И. Накорчевский, Т.Г. Беляева, Д.М. Чалаев, А.Н. Недбайло, И.С. Голуб // Промышленная теплотехника. — 2006. — Т. 28, № 1. — С. 69-78.

УДК 658.264

АНАЛІЗ МЕТОДИК МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

О.В. Лусак

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20А,
тел./факс +38 (044) 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

Проведено огляд робіт, присвячених вивченню методів математичного моделювання теплообміну геотермальних свердловин. Також надано інформацію по факторам, що визначають необхідну точність даного моделювання.

Ключові слова: геотермальні свердловини, геотермальне теплопостачання.

THE ANALYSIS OF MODERN METHODS OF HOW TO CHOOSE DISTRICT HEATING SYSTEMS

O.V. Lysak

*Institute for Renewable Energy, 20A Hnat Khotkevych str.,
Kyiv, Ukraine, 02094, Tel./Fax: +38 (044) 206-28-09, e-mail:
geotherm@ukr.net*

It was carried out the works which examine the study of heat transfer model of geothermal boreholes. Also, the information is given about factors which define the required accuracy of the heat transfer model.

Keywords: geothermal heating, geothermal borehole.

ORCID: 0000-0002- 4934-0685.

Зараз в енергетичному секторі України набуває актуальності застосування відновлювальних технологій для зниження залежності від традиційних енергоресурсів. Причинами цього слугують як заходи по зменшенню імпорту традиційних енергоресурсів, так і зниження викидів вуглекислого газу. Одним з можливих напрямків для цього є впровадження систем геотермального теплопостачання, зокрема з використанням свердловин.

Існують різноманітні математичні моделі для розрахунку зміни температури ґрунту та температури теплоносія, що циркулює по свердловинам (теплообмінникам). Методи відрізняються точністю та відповідно, кількістю та складністю розрахунків [1], і так само межами, в яких ті чи інші методи можуть використовуватись.

У випадку аналітичних моделей існують два підходи до математичного моделювання. В першому свердловина розглядається як лінія, в другому – як циліндр. Дані методи можуть використовуватись лише за сталого теплового потоку протягом певного часу. Якщо такі умови розглядати з технологічної точки зору, то мова йде про геотермальні свердловини, які слугують для забезпечення технологічних потреб в теплоті, і така потреба є постійною у часі.

Альтернативними методами є використання чисельних методів. Дані методи забезпечують більшу точність, проте вимагають значних витрат часу на проведення розрахунків. І тому, навіть за наявності значних обчислювальних потужностей, використання

чисельних методів може виявитись недоступним внаслідок значної кількості обчислювальних параметрів.

Тому активно провадиться пошук методів, які б дозволили порівняно точно і водночас без значних витрат на обчислення відтворювати значення розподілення температури в просторі акумулятору протягом заданого періоду часу. Зокрема, в [1] пропонувалось використовувати метод суперпозицій, в [2] було запропоновано поділяти свердловину на n -кількість ділянок та послідовно їх розраховувати.

Проте саме по собі підвищення точності моделювання теплообміну потрібно розглядати і в тому сенсі, з якою саме точністю потрібно визначити теплообмін під час здійснення експериментальних досліджень. В [3] наводилась схема досліджень свердловини, яка була наповнена підземною водою. Ці дослідження є досить важливими з тих позицій, що там представлено розрахунок похибки проведеного експерименту. Зокрема, похибка визначення критерію Нуссельта Nu складала близько 30%. Хоча автори й висловлювали бажання щодо проведення більш точного експерименту, його проведення було б занадто дорогим, й тому, видається малоімовірним. Окрім того, навіть за такої похибки отриманні рівняння забезпечували точність, яка є достатню для практичного впровадження геотермальних свердловин.

Таким чином, незалежно від точності розробленої математичної моделі, необхідно враховувати й можливість відмінності прийнятих показників середовища (теплофізичних характеристик ґрунту, теплофізичних характеристик теплоносія тощо) від їх реальних значень та закладати певний коефіцієнт запасу.

Література:

1. Spitler, J.D. *Vertical borehole ground heat exchanger design methods* / J.D. Spitler, M. Bernier // *Advances in Ground-Source Heat Pump Systems*. Elsevier, 2016. – P. 29–61. – doi: 10.1016/B978-0-08-100311-4.00002-9
2. Monz?, P.M. *Comparison of different line source model approaches for analysis of thermal response test in a U-pipe borehole heat exchanger: Master's thesis [Online document]* / Patricia M. Monz? // KTH School of Industrial Engineering and Management. 2011. Url: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.114037.1397144175!/Menu/general/column-content/attachment/EGI%202011-017%20MSC%20-%20Patricia%20Monzo%20-%20Final%20report.pdf. Date of application: 14.11.2018.
3. Spitler, J.D. *Natural convection in groundwater-filled boreholes used as ground heat exchangers* / J.D. Spitler, S.J. Randi, K. Ramstad // *Applied Energy*. 2016. – Vol. 164. – P. 352–365. – ISSN 0306-2619. – doi: 10.1016/j.apenergy.2015.11.041

УДК 692+644.1

ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНО - ГРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ В СИСТЕМІ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

***Б.І. Басок¹, О.М. Недбайло², М.В. Ткаченко³,
І.К. Божко⁴,***

*Інститут технічної теплофізики Національної академії
наук України, вул. Булаховського, 2, Київ, Україна, тел.
+38(063)3252220, e-mail: nan_sashulya@ukr.net*

В роботі представлені результати серії експериментальних досліджень теплообміну при проходженні атмосферного повітря через повітряно – ґрунтові теплообмінники в квазістаціонарних умовах експлуатації.

Ключові слова: відновлювана теплота ґрунту, повітряно - ґрунтовий теплообмінник.

USE OF AIR – SOIL HEAT EXCHANGERS IN THE GEOTHERMAL VENTILATION SYSTEM

B. Basok¹, O. Nedbailo², M. Tkachenko³, I. Bozhko⁴,
*Institute of Technical Thermophysics of the National Academy
of Sciences of Ukraine, st. Bulakhovskogo, 2, Kyiv, Ukraine,
tel. +38(063)3252220, e-mail: nan_sashulya@ukr.net*

The paper presents the results of a series of experimental studies of heat exchange during atmospheric air passing through air - soil heat exchangers in quasi - stationary operating conditions.

Keywords: *renewable heat of soil, air - soil heat exchanger.*

ORCID: ¹0000-0002-8935-4248, ²0000-0003-1416-9651,
³0000-0001-8345-1613, ⁴0000-0001-7458-0835.

Вельми актуальними наразі є комплексні дослідження енергоефективних технологій із вилучення відновлюваної теплоти ґрунту для потреб цілорічного теплозабезпечення будівель різного призначення [1, 2]. Необхідність розробок в цій області обумовлена зростаючими енергетичними витратами суспільства на створення теплового комфорту для перебування людей в приміщеннях.

Метою роботи є дослідження основних теплотехнічних параметрів повітряно – ґрунтового П – подібного теплообмінника системи геотермальної вентиляції енергоефективного будинку.

В Інституті технічної теплофізики НАН України було створено повномасштабний експериментальний стенд для дослідження теплофізичних процесів при експлуатації геотермальної системи вентиляції [3 - 5].

Експериментальний стенд складається з основних частин:

1. Приймальний пристрій зовнішнього повітря (розташований в захищеному від прямого впливу сонячної радіації).

2. Теплообмінник повітря - ґрунт П - подібної конфігурації (горизонтальний трубопровід Ø110 мм із полівінілхлориду) довжиною 43 м погонних, що заглиблений на 2,5 м (показаний на рис. 1).

3. Осьовий вентилятор Вентс ТТ 200 для прокачування повітря по теплообміннику.

4. Вимірювальна система: термоанемометр Testo 405-V1, напівпровідникові датчики ВМЕ280, що реєструють температуру, відносну вологість і тиск атмосферного повітря із вторинним приладом на основі мікропроцесора.

При використанні вентилятора по теплообміннику прокачувалось повітря із різною швидкістю, що складала 4,4 м/с та 5,5 м/с на виході в ядрі потоку (на осі труби). При цьому, в режимі реального часу, проводились вимірювання значень швидкості та температури, вологості та тиску повітря у приймальному пристрої та вихідному каналі теплообмінника (на ділянці після гідродинамічної і теплової стабілізацій потоку) термоанемометром і напівпровідниковими комбінованими датчиками із наступною обробкою значень.

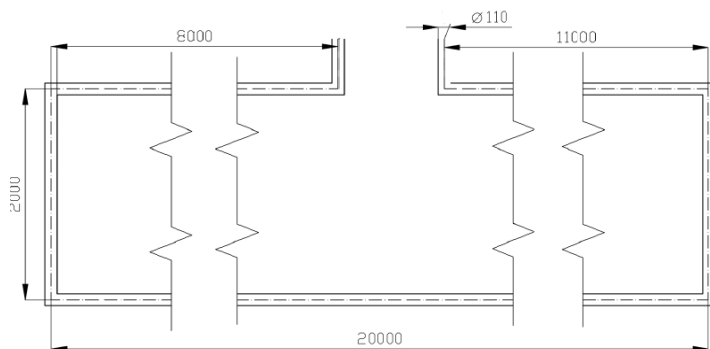


Рис. 1. Схема повітряно - ґрунтового теплообмінника

На рис. 2 представлені результати експериментальних досліджень при безперервному проходженні повітря через ґрунтовий теплообмінник

протягом шести діб.

В літній період існують значні добові перепади температури зовнішнього повітря (до 17°C) в діапазоні від 14°C до 31°C, при цьому слід відмітити стабільну температуру повітря на виході з теплообмінника - в межах $18^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, ґрунтовий теплообмінник забезпечує охолодження припливного повітря вдень та нагрівання вночі, тобто ґрунтовий масив, із майже сталою температурою близько 8°C, стабілізує температуру вентиляційного повітря.

Розрахувавши витрату повітря і різницю температури на вході і виході теплообмінника можна визначити теплове навантаження даного теплообмінника при охолодженні повітря, що склало 804 Вт (при приблизному значенні загальної поверхні теплообміну 14,8 м²).

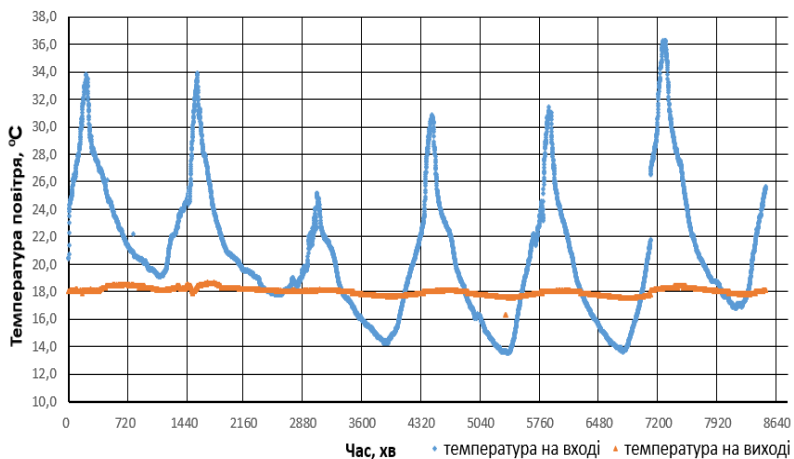


Рис. 2. Графік зміни температури повітря на вході та виході повітряно – ґрунтового теплообмінника протягом 6 діб

При цьому усереднена густина теплового потоку на внутрішній поверхні сягає приблизно 54 Вт/м^2 .

Відносно велике значення розрахункового питомого теплового потоку на стінці теплообмінника можна пояснити тим, що в нічний період відбувається охолодження стінки трубопроводу так як температура повітря на вході знижується нижче температури на виході і, відповідно, теплообмінник працює в режимі добового регенератора.

Після проходження припливного повітря через ґрунтовий теплообмінник воно має подаватися по повітропроводах до системи припливно - витяжної вентиляції з рекуператором для отримання відповідних параметрів його подачі до приміщень.

У холодний період року зовнішнє повітря надходить до повітряно - ґрунтового теплообмінника, де підігрівається та надалі поступає до рекуператора припливно-витяжної установки.

Висновки:

1. В теплий період року при значних добових коливаннях температури зовнішнього повітря розглянутий теплообмінник працює в режимі регенератора.

2. На ефективність теплообміну в повітряно - ґрунтових теплообмінниках можуть впливати такі параметри, як глибина розміщення теплообмінника, його геометричні розміри і конструкція, значення температури ґрунту і повітря, теплофізичні властивості ґрунту і матеріалу, із якого виготовлено власне теплообмінник, витрата повітря через систему, а також кліматичні особливості місцевості тощо.

3. Створення методики розрахунку і проектування таких технічних пристроїв для кліматичних умов України є необхідним кроком на шляху підвищення загальної енергоефективності будівель.

Література:

1. S. Amara, B. Nordell, B. Benyoucef Using Fouggaras for Heating and Cooling Buildings in Sahara. *Energy Procedia* 6 (2011). P. 55 – 64.
2. A. Sehli, A. Hasni, M. Tamali The potential of earth-air heat exchangers for low energy cooling of buildings in South Algeria. *Energy Procedia* 18 (2012). P. 496 – 506.
3. Басок Б.І., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Божко І.К., Новіцька М.П. Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення. *Пром. теплотехника*. 2013. Т. 35. №1. С. 50 – 56.
4. Божко І.К., Калинина М.Ф., Гончарук С.М., Недбайло А.Н. Теплофизическая лаборатория для исследования особенностей энергоэффективности зданий. *Керамика: наука и жизнь*. №3(24). 2014. С. 74 – 83.
5. Басок Б.И., Божко И.К., Недбайло А.Н., Лысенко О.Н. Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома на основе возобновляемых источников энергии. *Инженерно-строительный журнал*. №6. 2015. С. 32 – 43. DOI: 10.5862/MCE.58.4

УДК 532.576

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ ФАЗ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ВОД

І.К. Лебедь,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094, м. Київ, вул. Г.Хоткевича, 20А,
тел./факс 206-28-09, e-mail: geotherm@ukr.net*

Експериментальна установка моделює процеси, які протікають в свердловині ГеоТЕС та слугує для отримання нових експериментальних даних гідродинамічних процесів руху повітряно-водяної суміші у вертикальних каналах.

Ключові слова: *геотермальна свердловина, двофазний потік, закручений потік.*

INSTALLATION FOR THE PROCESS STUDY OF PHASE SEPARATION GEOTHERMAL WATERS

I. Lebed,

*Institute of renewable energy of NAS of Ukraine
20a Hnata Khotkevycha str., Kyiv, Ukraine, 02094,
Phone/fax: +38(044)206-28-09 e-mail: geotherm@ukr.net*

The experimental installation simulates the processes that occur in the wells of geothermal power stations and serves to obtain new experimental data on the hydrodynamic processes of air-water mixing in vertical channels.

Keywords: *geothermal well, two-phase flow, twisted flow.*

ORCID: 0000-0002-6079-8742.

Представлена пропозиція дослідно-експериментальної установки (рис. 1) на базі перспективних свердловин (на території корпусу ІВЕ НАН України по вулиці Метрологічній, 50). Задля симуляції роботи глибинної геотермальної свердловини в данній схемі використаний примусовий принцип підйому робочої рідини (за допомогою занурювального насосу).

В верхній частині свердловини розташована дослідна ділянка, яка являє собою сепараційний пристрій. Дослідна ділянка складається з розширювача та звужувала потоку (дифузор та конфузоз відповідно); корпусу типу труба-в-трубі; шнеку-завіхрювача та відвідних патрубків по воді та газу. Повітряно-водяна підводиться знизу. За допомогою шнекового завіхрювача здійснює закручування потоку в вертикальній трубі. Ціллю проведення експерименту являється визначення оптимальних параметрів руху двофазної рідини при яких буде здійснюватись стала сепарація суміші.

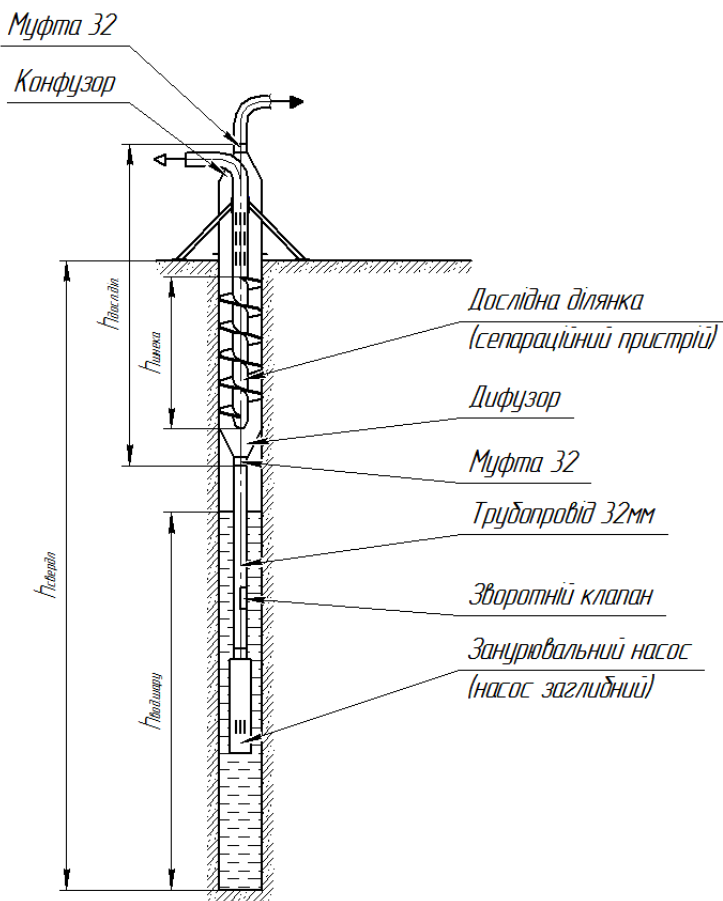


Рис. 1. Схема установки

Література:

1. Бузников Е.Ф. Циклонные сепараторы в паровых котлах / Энергия, М. – 1969. – С. 55-57.
2. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. - М. : Высш. Шк., 1986. — С. 142-160.

УДК 621.92

**СУМІСНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ТА
ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ**

**М.Ф. Малхозов¹, д.т.н., М.І. Проскура²,
О.В. Білолипецька³, к.т.н., Ю.В. Шишко⁴, к.т.н., доцент,
О.В. Бурмістров⁵,**

¹ТОВ «Когенерація УТГ», директор; 34, кв.21,
вул. Костянтинівська, м.Київ, 04071, Україна,
тел.: +38 067 4420144,

²ТОВ «ЛС Профіль», заступник директора; 76-А,
вул. Миронівська, м.Київ, 03061, Україна,
тел.: +38 068 5726715, e-mail: prmi31211@gmail.com

³ТОВ «ЛС ПРОФИ», власник; 136, вул.Виноградна,
м.Вишгород, Київська обл., 07301, Україна,
тел.: +38 067 2353080,

⁴Національна металургійна академія України,
пр. Гагарина, 4, м. Дніпро, 49600, Україна,
тел.: +38 067 4567331,

⁵незалежний експерт, пр. Вернадського 83, кв.16, м.Київ,
03142, Україна. тел.:+38 067 7000177.

Система енергозабезпечення складається, окрім всього, із геотермального теплового насоса, перетворювача сонячної енергії, який виробляє теплову енергію, підсистеми розподілу теплової енергії та холоду, що, в тому числі, забезпечує реверсну подачу теплової енергії в ґрунт, причому перетворювач сонячної

енергії одночасно виробляє теплову і електричну енергію.

Ключові слова: *система енергозабезпечення, геотермальний тепловий насос, перетворювач сонячної енергії, тепла і електрична енергія.*

SOLAR AND GEOTHERMAL TECHNOLOGIES CO-UTILIZATION FOR FACILITIES' ENERGY SUPPLY

***M. Malkhozov, M. Proskura, O. Bilolypetska, Y. Shyshko,
O. Burmistrov,***

The energy supply system consists, among other things, of a geothermal heat pump, a solar energy converter that generates thermal energy, a subsystem of distribution of thermal energy and cold, which also provides a reverse flow of heat energy into the soil, and the solar energy converter simultaneously produces thermal and electric energy.

Keywords: *energy supply system, geothermal heat pump, solar energy converter, thermal and electric energy.*

Представлена Система енергозабезпечення складається із геотермального теплового насоса, перетворювача сонячної енергії, який виробляє теплову енергію, підсистеми розподілу теплової енергії та холоду, що, в тому числі, забезпечує реверсну подачу теплової енергії в ґрунт, причому перетворювач сонячної енергії одночасно виробляє теплову і електричну енергію (Патент №123388).

Відомі системи забезпечення тепловою енергією та гарячою водою, що складаються з геотермальних

теплових насосів та сонячних колекторів [1]. Спільна робота теплового насоса та сонячного колектора в цій системі забезпечення об'єкта тепловою енергією та гарячою водою. Коли основні завдання виконані, тепла енергія, вироблена сонячними колекторами, перенаправляється через зонди теплового насоса в контур джерела низькопотенційного тепла, а саме в ґрунт, де і акумулюється.

Недоліком цієї системи є те, що вона не виробляє електричну енергію і при наявності потреби в електричній енергії виникає необхідність в установці сонячних батарей.

Відомі системи забезпечення об'єкта тепловою енергією та гарячою водою, що складаються із сонячних панелей з тепловідводами [2]. Система, що розглядається, об'єднує в собі фотоелектричні елементи і теплові трубки і в результаті їх роботи на виході продукується, як електроенергія, так і гаряча вода. Недоліком цієї системи є те, що вона конструктивно і технологічно складна, а також в системі не передбачена акумуляція надлишкової теплової енергії.

Представлена Система енергозабезпечення може відрізнитися і тим, що перетворювач сонячної енергії виконаний на основі сонячного колектора, на який нанесена будь-яким чином прозора фотоелектрична плівка, яка перетворює частину енергії сонячного випромінювання в електричну. Перетворювач сонячної енергії може бути виконаний на основі сонячної панелі, як елемента покрівлі даху чи стіни споруди, до якої приєднано (виконано сумісно) тепловідвід теплової енергії в підсистему розподілу теплової енергії, або на основі

сонячної геліотермальної електростанції, до якої приєднано тепловідвід теплової енергії в підсистему розподілу теплової енергії.

Література:

1. Комбинированное использование тепловых насосов и солнечных коллекторов. Н.А. Котов, С.К. Марков, А.А. Дуранов, ООО "Велес-ГринХит",

<http://www.velesgh.ru/files/kombinirovannoeispolazovanieteplovahnasosovisolnehnahkollektorov59597611.pdf>

2. Гибридная солнечная установка использует фотоэлементы совместно с тепловыми 30 трубками улучшая эффективность на 15%

<https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/300-gibridnava-solnechnaya-ustanovka-ispolzuets-fotoelementy-sovmestno-s-teplovymi-trubkamiuluchshaya-effektivnost-na-15>.

УДК 658.012.011.56:658.512, 662.987

СЕЗОННЕ ВИКОРИСТАННЯ ТИМЧАСОВО-НЕЗАДІЯНИХ НАФТОГАЗОПРОВІДНИХ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ В ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

М. Х. Аббуд¹, аспірант, **М. І. Фук²**, доцент, к.т.н.
НТУ «Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, вул. Кірпичова 2, 61002.
mfyk@ukr.net, тел.: +380503033331

Авторами роботи пропонується сезонне використання тимчасово-незадіяних магістральних ділянок для регіональних геотермальних систем, зроблено оцінку набутої теплової потужності, показано перспективу такого підходу в розбудові когнітивних технологій в регіонах з високими сезонними перепадами температурами. Акцентована увага на можливості тимчасового використання трубопроводів в якості геотермальних теплообмінників з вуглеводневим теплоносієм.

Ключові слова: геотермальна система, нафтогазопроводи, сезонні чинники, потужність теплопротоку, когнітивні технології.

SEASONAL USE OF REDUNDANT OIL AND GAS PIPELINES IN GEOTHERMAL REGIONAL SYSTEMS

Mohammed Abbood (postgraduate), **Mikhailo Fyk** (PhD)
National Technical University (Kharkiv Polytechnic Institut)¹

The authors of the work proposed the season of the use of temporary unoccupied main sections for regional

geothermal systems, an assessment of acquired thermal power, the perspective of such an approach in the development of cognitive technologies in regions with high seasonal temperature variations is shown. The research emphasis was made on the possibility of temporary use of pipelines as geothermal heat exchangers with hydrocarbon coolant.

Keywords: *geothermal system, oil and gas pipelines, seasonal factors, powerful heat transfer, cognitive technologies.*

ORCID: ¹0000-0003-4187-9966, ²0000-0001-5154-6001.

Вступ

Магістральні газо- та нафтопроводи з часом можуть ставати менш затребуваними з різних сезонних причин, зокрема, економічних чи політичних. Побудовані за значні кошти магістральні ділянки сталевих контрукцій, які заглиблені в ґрунт та облаштовані системами автоматики та антикорозійного захисту, диспетчеризації та насосно-компресорними станціями, сезонного зберігання, можуть мати великі терміни простою і відповідне збільшення упущеної вигоди [1-4]. Авторами даної роботи пропонується раціональне додаткове сезонне використання окремих ділянок як частини (технологічного елемента) геотермальних систем [5].

Математична модель, результати досліджень

Критерій Шухова S_{hu} (Shuchov criterion) – критерій, який характеризує співвідношення теплоти, що передається від потоку в довкілля, до теплоти, яка переноситься потоком, і виражається формулою [1]:

$$S_{hu} = \pi KDL / GpC_p \quad (1)$$

де K – повний коефіцієнт теплопередачі від потоку в довкілля, Вт/(м²·К); D , L – внутрішній діаметр і довжина трубопроводу, м; G , ρ , C_p – відповідно об'ємна витрата (м³/с), густина рідини (кг/м³) і питома теплоємність рідини при постійному тиску, Дж/(кг·К).

З принципа зворотності законів теплопередачі Фур'є та Ньютона [2] віддача тепла (теплової потужності – P_w) від потоку або притік тепла до потоку буде визначатись різницею (перепадом) температур на ділянці ΔT , а при однаковій різниці ΔT за модулем величина теплового притоку або розсіювання тепла P_w також буде однаковою за модулем:

$$P_w = G\rho C_p \Delta T = \pi KDL(T_o - T_{av}) \quad (2)$$

де T_o – температура прилеглого гірського масиву, ґрунтів, повітря (зовнішнього середовища) (К), T_{av} – температура середня для ділянки трубопроводу (К); $\Delta T = T_e - T_s$ – перепад температур на ділянці від початкового до кінцевого перерізу (К).

Із формул (1)-(2) можна зробити висновок, що повздовжнє збільшення температури ($\Delta T > 0$) можливе лише при $(T_o - T_{av}) > 0$. В даному математичному записі довжина L не може бути меншою від нуля, оскільки направлення руху теплоносія по трубопроводу задано однозначно параметром $\Delta T = T_s - T_e$. Таким чином, формула (2) може бути використана безпосередньо для оцінки притоку геотермального тепла до трубопроводу (від зовнішнього середовища до теплоносія).

Параметр Шухова добре досліджений для заглиблених на 1-2 м в ґрунт газо- та нафтопроводів, зокрема, його величина складає 0.1-0.8 для магістральних газо-провідних систем [3].

Взявши середнє значення $S_{hu} = 0.45$, можна оцінити приток низькопотенційного тепла до магістрального трубо-

проводу (із вуглеводневим теплоносієм пропан-бутанової суміші $C_p = 2000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$), $\rho = 1,92 \text{ кг/м}^3$, $G = 10 \text{ м}^3/\text{с}$), наприклад, при літній теплій погоді $(T_o - T_{av}) = 20 \text{ K}$ за формулою побудованою авторами із залежностей (1) та (2):

$$P_w = S_{hu} G \rho C_p (T_o - T_{av}) = \\ = 0.45 \cdot 10 \cdot 1,92 \cdot 2000 \cdot 20 = 0,5 \text{ МВт} \quad (3)$$

Висновок: недіючі чи вивільнені нафтогазопроводи (тимчасово незадіяні для магістрального транспортування нафти та газу, міжнародного транзиту) можна використовувати для опалення та кондиціювання приміщень за рахунок залучення окремих ділянок в геотермальну схему в якості теплообмінного пристрою після заповнення вуглеводневим чи іншим спеціалізованим теплоносієм із реальною потужністю до 0,5 МВт на кожні 20-30 км.

Література:

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
2. Бойко В.С., Бойко Р.В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Тт. 1-2, 2004-2006 рр. 560 + 800 с.
3. M. Fyk at al. (2018) THEORETICAL AND APPLIED ASPECTS OF USING A THERMAL PUMP EFFECT IN GAS PIPELINE SYSTEMS *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 1 (8 (91)), 39-48.
4. Mykhailo Fyk, Volodymyr Biletskyi and Mokhammed Abbud (2018) Resource evaluation of geothermal power plant under the conditions of carboniferous deposits usage in the Dnipro-Donetsk depression // *E3S Web of Conferences. Volume 60, 00006. Ukrainian School of Mining Engineering. Berdiansk, Ukraine, September 4–8, 2018.*
5. Фук М.І., Фук І.М. До питання обрання базових стратегій технічного переоснащення газотранспортних підприємств спрямованих на енергозощадження / І. М. Фук, М. І. Фук // *Нафтогазова енергетика*. - 2008. - № 3. - С. 34-40.

УДК 622.27:005.336.1:622.34.012

**ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ГЕОТЕХНОЛОГІЙ НА ГІРНИЧОРУДНИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ**

С. М. Стовпник¹, О. А. Темченко²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», вул. Борщагівська, 115/3, Київ, 03056, Україна, тел.: +38 (067) 848 59 77 e-mail: stansto@i.ua

²Криворізький економічний інститут ДВНЗ «Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана», вул. Медична, 16, Дніпропетровська обл., Кривий Ріг, 50000, Україна, тел.: +38 (097) 889 37 30, e-mail: temchenko_oa@kneu.dp.ua

Розглянуто проблеми низької енергоефективності на гірничорудних підприємствах та перспективи впровадження конкурентоспроможних геотехнологій виробництва залізовмісткої продукції на Україні. Наведено науково-технічні проблеми видобутку залізних руд підземним способом, що впливають на економічну доцільність подальшої розробки родовищ корисних копалин. Запропоновані пріоритетні напрями досліджень щодо впровадження стратегій підвищення енергоефективності вітчизняних гірничорудних підприємств в умовах невизначеності.

Ключові слова: енергоефективність, геотехнології, гірничорудні підприємства.

THE PROBLEM OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF GEOTECHNOLOGY IN MINING COMPANIES

S. Stovpnyk¹, O. Temchenko²

*¹Dep. «Geochemistry and Mining Technologies», National
Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kiev
Polytechnic Institute», 115/3 Borschagivska St., Kyiv, Ukraine,
03056*

*²Kryvyi Rih Economic Institute of SHEE «Kyiv National
Economic University named after Vadym Hetman», 16,
Medical av., Dnipropetrovsk region, Krivyi Rih, Ukraine, 50000*

The research considers the problems of low energy efficiency in the mines and prospects of implementation of competitive geotechnologies production iron-containing products in Ukraine. The paper presents the scientific and technical problems of underground mining of iron-ore, affecting the economic feasibility of further development of mineral deposits. The article proposes the priority directions of research on the implementation of strategies to improve the energy efficiency of mining enterprises in the conditions of uncertainty.

Keywords: *energy efficiency, geotechnologies, mining enterprises.*

ORCID: ¹0000-0001-5664-8680; ²0000- 0003- 0020 – 2430.

Сучасні тенденції збільшення споживання енергоресурсів призводять до вражаючих негативних наслідків з одночасним ускладненням екологічного навантаження на довкілля. Виконані дотепер дослідження

показують, що незважаючи на певні досягнення в області енергозбереження [1-4] є значний нереалізований потенціал науковообґрунтованого управління енергетичними ресурсами на підземних гірничих роботах для підвищення їх енергоефективності [5-9]. Тому, в умовах зростаючого дефіциту енергоресурсів вирішення проблеми підвищення економічного потенціалу України можливо шляхом розробки і широкого впровадження енергозберігаючих технологій із застосуванням інтелектуальних інформаційних систем. Досягнення поставленої мети пропонується вирішити шляхом прогнозування впливу конструктивних елементів та геометричних параметрів систем розробки при випуску і доставці залізної руди на надійність основних технологічних процесів з використанням інтелектуальних інформаційних систем в контексті впровадження заходів з енергозбереження електроенергії, стислого повітря та інших допоміжних ресурсів, при проведенні підземних гірничих робіт на глибоких горизонтах шахт (понад 1500 м).

Отже, визначальними факторами низької енергоефективності на гірничорудних підприємствах України в теперішній час є:

а) недостатній контроль над процесом споживання енергетичних ресурсів, а саме: облік витрат енергоресурсів не враховує всі їх види, що не дозволяє скласти відповідні баланси енергоспоживання; при цьому такий облік зазвичай не інтегровано з показниками, що характеризують обсяги гірничого виробництва; режими управління енергоспоживаючим устаткуванням на окремих

технологічних процесах видобутку руди не забезпечують мінімізації витрат енергоресурсів;

б) планування, оперативне управління та звітність практично не враховують витрати енергетичних ресурсів відносно виконаних обсягів гірничого виробництва та умов технологічного процесу, що змінюється за звітний період;

в) управління енергоресурсами на гірничорудних підприємствах з підземним способом видобутку руди в недостатньому ступеню використовує як технічні (коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт потужності, коефіцієнт завантаження спеціалізованого обладнання), так і управлінські (організація, мотивація, інформаційне, маркетингове, інвестиційне забезпечення) чинники. При цьому майже не проводиться якісний енергоаудит поточної оцінки стану управління енергоресурсами;

г) основні засоби, і власне технологічні процеси шахт і рудників характеризуються високою енергоємністю на фоні застосування фізично та морально спрацьованного гірничого устаткування (понад 70 %);

д) недостатнє інвестування енергоефективності, що не дозволяє широко впроваджувати на підземних гірничих роботах енергозберігаючі заходи, а також поліпшувати екологічну ситуацію у навколишньому середовищі регіону;

е) програми підвищення енергоефективності на гірничорудних підприємствах недостатньо враховують сучасні концепції управління енергоресурсами, що повинні базуватися на положеннях і методах енергетичного менеджменту, без відповідного техніко-економічного обґрунтування, що суттєво ускладнює подальший стійкий розвиток вітчизняних промислових компаній, особливо за

складних умов господарювання, економічної нестабільності та невизначеності перспектив діяльності;

Рівень енерговитрат на гірничорудних підприємствах (електроенергії, енергії буро-вибухових робіт, стислого повітря, технічної води, теплової енергії при обігріву стовбурів взимку) обумовлюється, насамперед, властивостями гірських порід, технологічними можливостями застосовуваного устаткування і організацією гірничого виробництва. Тому проблему енергозбереження необхідно вирішувати з використанням сучасних інтелектуальних інформаційних систем, розглядаючи основні технологічні процеси видобутку і переробки залізної руди в єдиній організаційній сукупності.

Для підвищення енергоефективності підземних гірничих робіт в мінливих умовах економічної нестабільності та невизначеності цінових характеристик товарної продукції необхідно встановити об'єктивні закономірності та взаємозв'язки між параметрами підземних виробок, послідовністю їх формування, технологічними процесами гірничих робіт з позиції зниження їх енергоємності, екологічної безпеки та економічної доцільності подальшого вилучення корисних копалин із надр на глибоких горизонтах шахт і рудників в складних гірничо-геологічних умовах. З урахуванням вищезазначеного, основні напрямки фундаментальних досліджень в галузі перспектив ефективного застосування підземних геотехнологій для подальшого освоєння родовищ пов'язан з наступними проблемами:

- створення підземних рудників багатofункціонального призначення, що забезпечують

раціональне використання і своєчасне відтворення георесурсу надр різного призначення;

- розробка комбінованих ресурсо та енергозберігаючих геотехнологій реконструкції підземних рудників, спрямованих на збереження і розвиток їх виробничого потенціалу в нових складних макроекономічних і екологічних умовах та невизначеності цінових характеристик вітчизняної продукції на ринках мінеральної сировини;

- наукове обґрунтування стратегії збалансованого функціонування і розвитку гірничорудної і машинобудівних галузей, та гірничо-металургійного комплексу України.

Література:

1. Бережний Є.О. *Енергоефективність України: виклики часу* / Є.О. Бережний та ін. // *Вісник Національної академії наук України*. — 2013. — № 7. — С. 61—69.
2. Давидова Ю.В. *Досвід Європейського Союзу у сфері підвищення енергоефективності* / Ю.В. Давидова, В.О. Струк // *Ефективність державного управління*. — 2013. — Вип. 34. — С. 165—172.
3. Денисенко Л.О. *Система енергетичного менеджменту як основа ефективного управління енергоспоживанням* [Електронний ресурс] / Л.О. Денисенко, Р.Л. Малогловець. // *Технології та дизайн*. — 2013. — № 3. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2013_3_19.
4. Домбровський З.І. *Напрями удосконалення управління проектами енергоефективності* / З.І. Домбровський // *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. — 2012. — № 6. — С. 54—57.
5. Розен В.П. *Режими, параметри та ефективність функціонування систем електропостачання підземних рудників* / В.П. Розен, Р.О. Пархоменко, К.Д. Казембе // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. - 2018. - № 1.- С. 86 -91.

6. Ляхомский А.В. Управление энергетическими ресурсами горных предприятий / А.В. Ляхомский, Г.И. Бабокин. - М.: Горная книга, 2011. - 232 с.

7. Ляхомский А.В. Энергетические показатели и критерии оценки энергоэффективности технологических процессов горного производства / А.В. Ляхомский, А.В. Пичуев, Е.Н. Перфильева // Труды международного научного симпозиума «Неделя Горняка-2014». Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала), 2014. - С. 450–459.

8. Троицкий-Марков Т.Е. Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности. / Т.Е. Троицкий-Марков, Д.В. Сенновский // Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. - Т. 4. - С. 34-39.

9. Новиков В.В. Интеллектуальные измерения на службе энергосбережения / В.В. Новиков // Энергоэксперт. – 2011. – № 3. – С. 68-70.

УДК 620.92

НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОГО И РОССИЙСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В.А. Бутузов,

*Кубанский государственный аграрный университет им.
И.Т. Трубилина, 350042, г. Краснодар, ул.
Садовая, 223, тел. 8(861)251-77-67,
e-mail: ets@nextmail.ru*

*В статье выполнен анализ столетнего советского и
российского опыта реализации научных и инженерных
решений геотермального теплоснабжения.*

Ключевые слова: геотермия, скважины,
геотермальные циркуляционные системы,
петрогеотермия, обустройство месторождений,
реинжекция, геотермальные электростанции и системы
теплоснабжения.

SCIENTIFIC CONCEPTS AND DEVELOPMENT RESULTS OF SOVIET AND RUSSIAN GEOTHERMAL HEATING SUPPLY.

V. A. Butuzov,

*Kuban state agrarian university of I.T. Trubilin,
350042, Krasnodar, 223 Sadovayast. 7(861) 254-16-19, 251-
77-67; ets@nextmail.ru.*

*The article analyzes the centenary Soviet and Russian
experience in the implementation of scientific and engineering
solutions for geothermal heating supply.*

Keywords: *geothermy, wells, geothermal circuit systems, petrogeothermy, field development, geothermal power plants and heat supply systems.*

ORCID: 0000-0003-2347-9715

Использование геотермальной энергии для теплоснабжения в мире на втором месте из всех видов возобновляемых источников энергии после солнечного теплоснабжения. По данным последнего Всемирного геотермального конгресса в 2015 г, установленная тепловая мощность геотермальных систем теплоснабжения в мире составила 70,3 ГВт при выработке тепловой энергии 163 ТВт·ч/год. В 42 странах мира с 2010 по 2014 гг. было пробурено 2218 геотермальных скважин, в том числе 38,7% для теплоснабжения и 8,6% для комбинированного теплоэлектроснабжения. /1/.

Россия обладает огромными запасами геотермальной энергии и полувековым опытом ее использования, в том числе для теплоснабжения. В 1972 г прогнозные запасы геотермальных вод Предкавказья, Сахалина, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, Камчатке, Курильских островах оценивались в 218м³/сек. /2/, в том числе для теплоснабжения. В 11 регионах России (Дагестан, Чечня, Краснодарский, Ставропольский края, Адыгея, Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария, Камчатка, Сахалин, Чукотка, Магаданская область) разведано 66 геотермальных месторождений, с температурами на устьях скважин от 40°C до 300°C с эксплуатационными запасами 315,23 тыс. м³/сутки при добыче 52,6 тыс. м³/сутки /3/. Карты поверхностных (до 400 м) и глубинных геотермальных

ресурсов современной России представлены в книге /4/. Геотермальные месторождения исследуют геологи, гидрологи, геохимики, горные теплофизики. Создание систем геотермального теплоснабжения имеет свою специфику. В составе секций WGA(Всемирного геотермального конгресса) 15 специалистов. В глубинной геотермии принято выделять петрогеотермию – науку образования подземных котлов в сухих горячих горных породах.

История российской геотермии /5/ отсчитывается с 1905 г, когда Л.Я. Ячевский опубликовал свою первую статью и стал членом Международной геотермальной комиссии. В 1945 г. в составе министерства геологии СССР был создан отдел геотермии. Практическое использование геотермальных ресурсов было начато в 1949 г. с переоборудованием нефтяной скважины в г. Махачкала (Дагестан), а в 1951 г. там же была пробурена первая в СССР геотермальная скважина. С 1954 г. были развернуты широкомасштабные геотермические исследования в крупнейших геологических центрах АН СССР с созданием специализированных лабораторий (Институт вулканологии в г. Петропавловске – Камчатском, Институт геологии, Институт физики Земли, Институт геологии Дагестанского отделения). Исследования геологических, гидрогеологических и теплофизических вопросов геотермии осуществлялось в четырех научных школах: московской, ленинградской, киевской, дагестанской. При конкуренции ленинградской (Ю.Д. Дядькин) и киевской (О.А. Кремнев) научных школ петрогеотермии, последней удалось создать адекватные модели горной теплофизики для организации геотермальных циркуляционных систем (ГЦС). Всего в СССР проблемы геотермии исследовались

60-ю организациями. Результаты советских исследований по технологиям разработки геотермальных месторождений, электрогенерации и геотермального теплоснабжения обобщены в статье /6/. Разведкой, бурением, обустройством геотермальных месторождений, добычей и реализацией геотермальной воды с 1963 г. занималось министерство газовой промышленности СССР, в составе которой было научно- производственное объединение «Союзбургеотерм» в г. Махачкала, и 5 региональных Управлений по использованию глубинного тепла Земли, буровые организации, научно – исследовательский проектный институт. В 1966 г. на Камчатке была построена первая в СССР Паужетская геотермальная электростанция (ГеоЭС) мощностью 5 МВт, а в 1967 г. там же на Камчатке была введена в эксплуатацию первая в мире бинарная Паратунская ГеоЭС мощностью 600 кВт с фреоновой турбиной. В настоящее время самая мощная российская ГеоЭС с 2003 г работает на Камчатке – Мутновская станция мощностью 50 МВт. Установленная мощность всех эксплуатируемых в России ГеоЭС составляет 80 МВт /7/.

Методология создания геотермальных систем теплоснабжения была разработана в семидесятые годы прошлого века московским институтом ЦНИИЭПИО с созданием норм проектирования ВСН 56-87 «Геотермальное теплоснабжение жилых и общественных зданий» /8/. Примеры построенных объектов приведены в /9-11/. Результаты исследований поверхностной геотермии в России представлены в книгах /4,12,13/, в Украине – в книге /14/. Задача создания геотермальных циркуляционных систем решена в работах /3,4,14/ и реализована в России на Ханкальском

месторождении в г. Грозном /15/ и в Крыму в селе Медведевка Джанкойского района, на котором впервые в СССР было выполнено использование отсепарированного из геотермальной воды метана для выработки электроэнергии и пикового догрева /14/.

Комбинированные геотермально – солнечные системы теплоснабжения были построены в пос. Розовом Краснодарского края /16/ и г. Махачкала /12/.

В настоящее время в РАН геотермальными исследованиями занимается Институт проблем геотермии в Махачкале /12/. Разработку технологий геотермальной электрогенерации, в том числе бинарной выполняет ООО «Геотерм» в Москве./7/. Исследованием теплофизики поверхностной геотермии и разработками теплонасосных геотермальных систем теплоснабжения занимается ООО «Инсолар» в Москве /13/. Разработку геотермальных систем теплоснабжения, в том числе геотермально - солнечных выполняет ООО «Энерготехнологии-Сервис» в Краснодаре /11/.

Литература

1. Бутузов В.А., Амерханов Р.Р., Григораиш О.В. Геотермальное теплоснабжение в мире и в России: состояние и перспективы//Теплоэнергетика. 2018 г № 5.С. 45-49.
2. Маврицкий Б.Ф., Локшин Б.А., Вольфельдфельд А.В. Прогнозные запасы термальных вод СССР и возможные объемы внедрения геотермального теплоснабжения/Изучение и использование глубинного тепла Земли. М: Наука 1973.С. 87-97.
3. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М:Физматлит.2008 376с.
4. Богуславский Э.И. Освоение тепловой энергии недр. М: Спутник 2018. 448 с.

5. Бутузов В.А. Геотермальное теплоснабжение: российские научные и инженерные школы//Сантехника, отопление, кондиционирование (СОК). 2018 № 11.С. 52-61.

6.Васильев В.А., Поваров О.А., Разаренков В.Л. Состояние и перспективы развития геотермальной энергетики в России / Проблемы развития геотермальной энергетики в странах СНГ и деятельность международного Геофонда. Материалы семинара 25-26 ноября 2003 г. ЭНИН им. Кржижановского. М. С. 95-104.

7. Томаров Г.В. Никольский А.Н., Семенов В.Н., Шипков А.А. Геотермальная энергетика. М: Теплоэнергетик 2015 303с.

8. Нормы проектирования ВСН 56-87. Геотермальное теплоснабжение жилых и общественных зданий. М: Стройиздат. 1989. 50с.

9.Локшин Б.А. Использование геотермальных вод для теплоснабжения. М: Стройиздат 1974. 107с.

10. Геотермальное теплоснабжение / А.Г. Гаджиев, Ю.И. Султанов, П.Н. Ригер и др. –М: Энергоатомиздат. 1984. 120.с.

11. Бутузов В.А., Томаров Г.В. Геотермальное энергоснабжение южного региона России. Ресурсы, использование, перспективы. Saar-Br?cken/ Deutschland.LambertAcademiePublishing 2012.242с.

12.Алхасов А.Б. Освоение низкопотенциального геотермального тепла. М: Физматлит 2012.280с.

13. Васильев Г.П. Теплоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. М: ООО «Печатный салон Граница» 2006 г. 176с.

14. Морозов Ю.П. Добыча геотермальных ресурсов и аккумулярование теплоты в подземных горизонтах. Киев. Наукова Думка 2017 г. 197.с.

15. Результаты разработки технического проекта пилотной геотермальной станции на Ханкальском месторождении Чеченской республики / Ш.М. Заурбеков, М.М. Минцаев, М.М. Лабазанов, С.В. Черкасов, В.В. Бутузов.// Материалы международной научно – практической конференции Gtoenergo/Грозный. 19-21 июня 2015 г.

16. Брянцева Е.В. Исследования комбинированной системы теплоснабжения на основе геотермальной и солнечной энергии. Дис. канд. техн. наук по спец.05.14.08. М: 2016. 107.с.

УДК 662.76:662.71:661.183.2

ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА БІОМАСИ

В.П. Ключ, к.т.н., доц.

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича, 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел./факс +38(044)206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

Розглянуто актуальне питання щодо використання надлишкової біомаси для виробництва біовугілля. Біовугілля може використовуватися як висококалорійне паливо, як адсорбент та для підвищення родючості ґрунту.

Ключові слова: біовугілля, рослинна біомаса, окиснювальний піроліз, торефікація.

THE HEATING TRANSFER OF BIOMASS

V. Klius, PhD

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science
of Ukraine, 20a, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094,
tel./fax: +38(044)206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

The urgent issue concerning the use of surplus biomass for the production of bio-coal is considered. The bio-coal can be used as a high-calorie fuel, as an adsorbent and for increasing of soil fertility.

Keywords: bio-coal, plant biomass, oxidative pyrolysis, torrefication.

ORCID: 0000-0001-8536-3211.

Постановка завдання. Проблема дефіциту власних енергоносіїв в Україні слід вирішувати за рахунок збільшення використання місцевих видів палива (біомаси, торфу, бурого вугілля). Проте біомаса має низьку енергетичну щільність, внаслідок чого транспортування необробленої біомаси на значні відстані є економічно недоцільним.

Основні матеріали дослідження. Одним з напрямків енергетичного перетворення біомаси, зокрема, рослинних відходів, є термічна переробка шляхом торефікації та карбонізації. При торефікації за температури 160–340 °C з біомаси виділяються волога, вуглекислий газ, а вміст вуглецю підвищується до 70 %. Вихід торефікованої біомаси становить 50–60%.

Сучасним напрямком карбонізації біомаси з вологістю до 50 % є метод окиснювального піролізу за температури 500–800 °C. При цьому виробляється біовугілля з вмістом вуглецю до 93 %, а також малосмольний горючий газ. Вихід біовугілля становить 20–30%, теплота згоряння 25–27 МДж/кг. Вихід горючого газу – 1,0–1,6 м³/кг, теплота згоряння 5,4–7,6 МДж/м³. На рис. 1 наведено схему процесів фотосинтезу біомаси і виробництва з неї біовугілля. В залежності від сорбційних характеристик біовугілля поділяється на 2 групи: звичайне і активоване.

Звичайне біовугілля рекомендується брикетувати і використовувати як висококалорійне бездимне паливо для промисловості і побуту. Пріоритетним напрямком використання активованого біовугілля є вилучення з атмосфери вуглекислого газу для боротьби з глобальним

потеплінням. Це вилучення можна зробити шляхом внесення виробленого біовугілля у верхній родючий шар ґрунту.

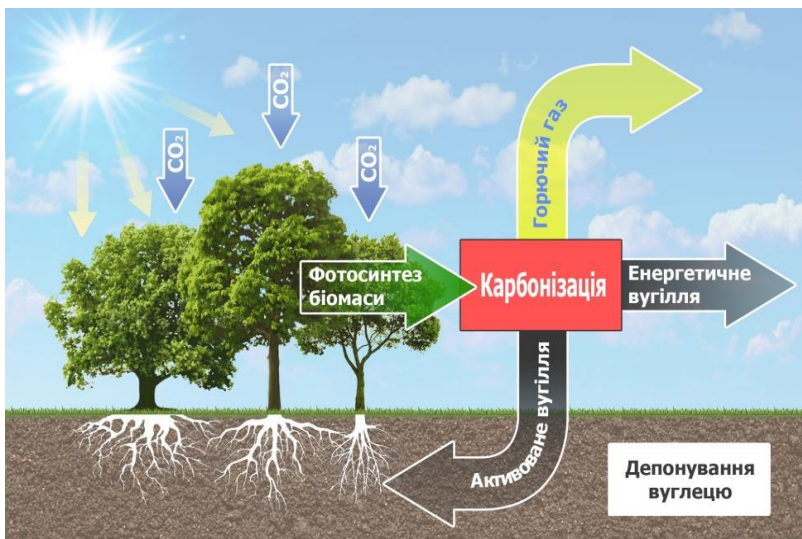


Рис 1. Схема фотосинтезу і карбонізації біомаси

Сутність дії біовугілля в ґрунті полягає в сорбції рідких і газоподібних речовин, а також покращенні структури ґрунту.

Для виробництва біовугілля можна використовувати соломі ріпака, стебла кукурудзи та соняшнику, загальна кількість яких становить від 23 до 30 млн. тонн щорічно [1,2].

Висновок. В Україні є значні ресурси рослинної біомаси, придатної для виробництва біовугілля. Сучасні технології термічної переробки біомаси дають змогу

виробляти біовугілля як для енергетичних потреб, так і для вирішення питань екології та підвищення родючості ґрунту.

Література:

1. *Енергоефективне перетворення біомаси в горючий газ і біовугілля в газогенераторах щільного шару палива: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.08 / С.В. Клюс. – Київ, 2016. – 22 с.*
2. *Експериментальні дослідження процесів енерготехнологічного перетворення біомаси в реакторах щільного шару палива/ С. В. Клюс // Відновлювана енергетика №3(42), 2015. – С. 85-92*

УДК 620.952:662.62

ВИКОРИСТАННЯ БІОВУГІЛЛЯ, ОТРИМАНОГО ШЛЯХОМ ЧАСТКОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ

С.В. Ключ¹, Н.О. Маслова²,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел.: 044 206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

Проаналізовано можливості використання біовугілля з місцевих джерел твердої біомаси та рослинних відходів.

Ключові слова: *тверда біомаса, рослинні відходи, біопаливо, біовугілля.*

APPLICATION OF BIOCHAR PRODUCED BY PARTIAL GASIFICATION PROCESSR

S. Klyus¹, N. Maslova²

*Institute of Renewable Energy of National Academy of Science
of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

The possibilities of using bio-coal from local sources of solid biomass and vegetable waste are analyzed.

Keywords: *solid biomass, vegetable waste, biofuels, bio-coal.*

ORCID: ¹0000-0002-5804-4925, ²0000-0003-1465-1886.

Постійно зростаюча вартість викопних енергоносіїв та необхідність зменшення викидів парникових газів від традиційної енергетики роблять актуальним збільшення

використання місцевих видів палива (біомаси, торфу, бурого вугілля). Проте необроблена біомаса має низьку енергетичну щільність, внаслідок чого транспортування такої біомаси на значні відстані для переробки та використання часто є економічно недоцільним.

Одним з напрямків енергетичного перетворення біомаси, в тому числі рослинних відходів, є термічна переробка шляхом торефікації та карбонізації. За технологією карбонізації виробляється піролізний газ і біовугілля, при цьому важливим завданням є покращення їх енергетичних та технологічних характеристик (теплоти згоряння газу, енергетичної щільності біовугілля).

Біовугілля, в залежності від сорбційних характеристик, поділяється на 2 групи: звичайне і активоване.

До активованого вугілля, яке вноситься в ґрунт, відносять вугілля, у якого питома внутрішня поверхня $S \geq 150 \text{ м}^2/\text{г}$ [1]. Відповідно біовугілля з меншою питомою поверхнею є звичайним.

Звичайне біовугілля з середнім розміром фракції до 15 мм рекомендується брикетувати з додаванням в'язучих речовин і використовувати як висококалорійне бездимне паливо.

Активоване біовугілля є хімічно інертним матеріалом, стійким до біодеградації [2]. Вуглець при звичайній температурі не вступає в реакції з киснем повітря з утворенням CO_2 . Активоване біовугілля, яке вноситься в ґрунт для покращення його структури і підвищення врожайності, також називають біочар (biochar) [3].

Пріоритетним напрямком використання активованого біовугілля є вилучення з атмосфери вуглекислого газу для боротьби з глобальним потеплінням. Це вилучення можна зробити шляхом карбонізації біомаси і внесення виробленого біовугілля у верхній родючий шар ґрунту [4].

В Інституті відновлюваної енергетики НАНУ було розроблено обладнання для виробництва біовугілля, яке може працювати в режимі часткової газифікації з отриманням горючого газу та біовугілля [5]. Процес часткової газифікації триває кілька годин, а полум'я горіння піролізного газу містить значно менше сажі, ніж при звичайному горінні біомаси. Після завершення стадії часткової газифікації біовугілля вивантажується з реактора та його можна запускати знову.

В Україні в біовугілля можна переробляти як відходи деревини, так і рослинні відходи, які не використовуються на енергетичні чи господарські потреби. Серед рослинних відходів для отримання біовугілля доцільно використовувати солому ріпаку, стебла кукурудзи та соняшнику, загальна кількість яких становить від 23 до 30 млн. тон щорічно [6]. Якщо в Україні щорічно переробляти у біовугілля надлишкові 30 млн. тон рослинної біомаси, то можна отримати приблизно 7,5 млн. тон вуглецю. При спалюванні або розкладанні біомаси з 1 кг вуглецю утворюється 3,67 кг CO_2 . Це означає, що якщо внести 7,5 млн. тон біовугілля в ґрунт, то з атмосфери буде вилучено 27,5 млн. тон CO_2 без врахування побічного скорочення викидів метану та закису азоту.

Література:

1. Verheijen F., Jeffery S., Bastos A.C., van der Velde M., Dias I. *Biochar Application to Soils. A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions*; JRC Scientific and Technical Reports; European Commission: Luxembourg, 2010 <http://dx.doi.org/10.2788/472>
2. Jan Hollan, Vojtech Klusak. *Biouhel, nase steblo nadeje. Veronica: casopis pro ochranu prirody a krajiny. Brno: Regionalni sdruzeni CSOP, 2009 – str. 9*
3. Lehmann J. *Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environ.* 2007. V.5 (7). P.381-387
4. Gaunt J and Lehmann J. *Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. J. Environ. Sci. Technol.* 2008. V.42. pp. 4152-4158.
5. Klius V.P., Klius S.V., Zhovmir N.M., Didkovska A.G. *BIOMASS GAS GENERATOR STOVES. Alternative Energy and Ecology (ISJAEE).* 2018;(25-30):60-72. <https://doi.org/10.15518/isjaee.2018.25-30.060-072>
6. Ключ С. В. *Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України. Відновлювана енергетика.* 2012. №. 3. С.71-79

УДК 661.961:661.352.1

БІОМАСА – НЕВИЧЕРПНЕ ЕНЕРГЕТИЧНЕ І СИРОВИННЕ ДЖЕРЕЛО

***В.О. Євдокименко¹, Т.В. Ткаченко², Д.С. Каменських³,
М.А. Білецька⁴, М.Д. Аксilenко⁵, В.І. Кашковський⁶***

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря
НАН України, Мурманська 1, Київ, 02094, Україна, тел.
+38(097)356-66-16, e-mail: ttv13ttv@gmail.com*

У роботі представлено комплексну безвідходну технологію переробки біомаси з одержанням ліквідних продуктів: високоенергетичного газу, високочистих речовин, паливних композитів, органо-мінеральних добрив тощо.

Ключові слова: біомаса, високотемпературний терморозклад, висококалорійний газ, зольний залишок

BIOMASS – INEXHAUSTIBLE SOURCE OF ENERGY AND RAW MATERIAL

***V.O. Yevdokymenko¹, T.V. Tkachenko²,
D.S. Kamenskyh³, M.D. Aksylenko⁴, V.I. Kashkovsky⁵***

*V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and
Petrochemistry of the NAS of Ukraine, Murmanskaya str, 1,
Kyiv-94, 02094, Ukraine*

The paper presents a comprehensive non-waste technology for the processing of biomass with the production of liquid products: high-calorific gas, high-purity substances, fuel composites, organo-mineral fertilisers, etc.

Keywords: *biomass, high-temperature thermal decomposition, high-calorific gas, ash residue*

ORCID: ¹0000-0001-6567-2527, ²0000-0002-1295-0084,
⁶0000-0001-8413-7132.

На сьогоднішній день набувають значного розвитку технології із застосуванням біомаси, як відновлювального джерела. Генерація горючих газів із органовмісних відходів має значні перспективи як в народному господарстві так і в низці хіміко-технологічних процесів. Відходи сільського господарства, які в більшості випадків не використовуються, створюють низку екологічних проблем чи просто перегнивають. Зрозуміло, що лише реалізація радикальних кроків могла б суттєво змінити ситуацію. Одним з таких кроків повинна стати глибока переробка накопичених відходів, спрямована не лише на зменшення їх об'ємів, але й на максимальне залучення енергетичного та ресурсного потенціалу таких відходів. Термопереробка біомаси є одним із ефективних способів одержання електричної та теплової енергії.

У якості вуглеводневої сировини використано тирсу сосни, рисову лузгу та просо лозовидне. Високотемпературний піроліз здійснено на дослідній установці Linn High Them. Перед подачею сировини реактор виводили на температурний режим у потоці азоту. Для уникнення умов створення гримучої суміші верхня частина реактора продувалася азотом, а для зниження можливості потрапляння кисню повітря в генерований газ, останній пропускався після сепаратора через гідрозатор, з наступним спалюванням на пальнику. При проведенні досліджень контролювався параметр дозування сировини,

наявність інертної атмосфери створеної азотом, а також розділення продуктів терморозкладу на газову фракцію та зольний залишок з вуглецем. Проаналізовано склад газової фракції (табл. 1) та кількість утвореного газу з 1 кг сировини та оцінено його теплотворну здатність (табл. 2), що дозволяє його використовувати як для генерації теплової, електричної енергії, так і, як сировину для нафтохімічного синтезу.

Таблиця 1. Аналіз утвореного газу при високотемпературному піролізі сировини (1000 °С)

Компонент газу	Вміст у газовій фазі, %		
	Рисова лузга	Просо лозовидне	Тирса сосни
H ₂	33,45	34,47	32,54
N ₂	5,02	4,63	4,26
CO	32,30	31,84	33,04
CH ₄	4,73	6,43	6,68
Вуглеводні C ₂ – C ₇	1,02	0,92	0,95
CO ₂	20,08	20,46	21,23
H ₂ O	1,40	1,25	1,30
Σ:	100	100	100

Таблиця 2. Характеристики отриманого газу

Сировина для одержання газу	Вища теплота згоряння газу, кДж/м ³	Кількість газу, м ³ /кг
Рисова лузга	10784	0,350 – 0,380
Соснова тирса	11035	0,420 – 0,460
Просо лозовидне	10928	0,425 – 0,450

Вуглецевий залишок, що отримали після процесу, є цінною сировиною. Такий продукт із проса та сосни є малозольною речовиною (2-8 %(мас.)), що важливо для металургії, де кокс використовується як відновник. У свою чергу кокс із рисової лузги не бажано отримувати для

прямого використання як палива через високий вміст золи (37-39 %(мас.)) і основного її компоненту діоксиду кремнію. Такий матеріал можна використовувати як компонент органо-мінеральних добрив [1, 2], а після доочистки [3] є цінною сировиною, або прекурсором для синтезу таких матеріалів як карбід та нітрид кремнію [1, 2, 4].

Література:

1. *Rice husk as an initial raw material for the production of chemicals* / Yevdokymenko V.O., Kamenskyh D.S., Tkachenko T.V., Matviychuk D.A., Aksylenko M.D., Filonenko M.M., Vakhrin V.V., Kashkovsky V.I. // XVI Ukrainian-Polish Symposium "Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and their Technological Application" - Lublin 2018. – P. 165.
2. *Complex technology for processing some organomineral waste* / Kashkovsky V.I., Yevdokymenko V.A., Kamensky D.S., Tkachenko T.V., Vakhrin V.V. // *Science and Innovation*. – 2017. – V.13, № 3. – 51-61.
3. Пат. UA 117881 Спосіб одержання аморфного діоксиду кремнію з рисового лушпиння. В.І. Кашковський, В.О. Євдокименко, Д.С. Каменських, В.В.Вахрін Подано 19.06.2017. Номер заявки и 2017 06242. Опубл. 10.10.2018. Бюл. № 19.
4. *Переробка відходів агропромислового комплексу* / Ткаченко Т.В., Євдокименко В.О., Каменських Д.С., Філоненко М.М., Вахрін В.В., Кашковський В.І. // *Наука та інновації*. – 2018. – Т.14, № 2. – С. 51-66.

Роботу виконано за фінансової підтримки НАН України в рамках Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з розроблення наукових засад раціонального використання природно-ресурсного потенціалу та сталого розвитку на 2015-2019 рр., проект 14.

УДК 631.371: 620.92

ПОТЕНЦІАЛ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ ЗА 2018 РІК

**Я.Д. Ярош¹, В.Р. Білецький²,
С.М. Кухарець³, М.М. Кухарець⁴,**
*Житомирський національний агроекологічний
університет, Старий бульвар, 7, Житомир,
Житомирська область, 10002, Україна,
тел.: +38(067)758-05-97,
e-mail: biletскийvictor@ukr.net*

Аграрне виробництво має унікальний ресурсний потенціал для забезпечення виробничого процесу альтернативними джерелами енергії, проте для ефективного використання рослинної біомаси в якості сировини, необхідно спершу виконати аналіз наявного потенціалу побічної продукції рослинництва та провести оцінку кількості біомаси, яку можна використати на енергетичні потреби.

Ключові слова: біомаса, умовне паливо, рослинництво, потенціал, оцінка.

POTENTIAL OF RAW MATERIALS OF PLANT ORIGIN FOR THERMAL NEEDS IN UKRAINE FOR 2018

Y. Yarosh¹, V. Biletskyi², S. Kukharets³, M. Kukharets⁴,
*Zhytomyr national Aero-ecological University, the old
Boulevard, 7, Zhitomir, Zhitomir region, 10002, Ukraine
tel.: + 38 (067) 758-05-97, e-mail: biletскийvictor@ukr.net.*

Agrarian production has a unique resource potential to ensure the production process of alternative energy sources, but for the effective use of plant biomass as a raw material, it is necessary to first perform an analysis of the existing potential of by-products of crop production and assess the amount of biomass that can be used for energy needs.

ORCID: ¹0000-0001-6590-7058, ²0000-0002-9431-6350,
³0000-0002-5129-8746, ⁴0000-0002-2863-190X.

Невпинне зростання цін на традиційні види палив та їх дефіцит спонукають до пошуку шляхів підвищення рівня енергетичної безпеки держави. Ефективне використання рослинної біомаси в якості енергоресурсу в різних регіонах України потребує виконання аналізу ресурсного потенціалу у виробництві біомаси для встановлення доступного коефіцієнту її використання на теплові та енергетичні потреби [1, 2, 3].

Проведений аналіз інформації станом на 1 листопада 2018 року, дозволив встановити в контексті областей України потенціал біомаси рослинного походження по основних енергетичних культурах [4].

За інформацією Мінагрополітики, сумарний валовий збір культур, які можуть бути джерелом біомаси по країні станом на 1 листопада становить 79892,0 тис.т, що більше попереднього року на 11412,0 тис.т чи на 16,7%. За даними державної служби статистики рослинницькі культури зібрано більше ніж з 97% посівних площ.

Використання біомаси для енергетичних потреб, вимагає ретельного розрахунку харчового, кормового та

енергетичного балансів, в контексті продовольчої безпеки та дотримання екологічної рівноваги.

В розрахунках було використано відповідні коефіцієнти перерахунку технічної доступності біомаси на прикладі соломи зернових культур [1, 2], із врахування коефіцієнтів, загальний обсяг доступної побічної продукції рослинництва наведено на рис.1.

Використання для енергетичних потреб соломи у порівнянні з іншими видами рослинної біомаси на сьогодні є найбільш перспективним. Енергетична цінність соломи залежить від її вологості, а також хімічного складу. Важливими характеристиками біомаси для енергетичного використання є також собівартість її заготівлі, а також переробки у певний вид палива: солом'яна січка, тюки, пелети (гранули) або брикети [3].

Враховуючи теплоту згоряння різних видів побічної продукції зернових культур [1, 2, 3] розраховано потенціал побічної продукції рослинництва для отримання теплової енергії у т. ум. п., при цьому виконавши оцінку станом на 1 листопада 2018 року отримано, що потенціал побічної продукції який доступний для енергетичних потреб знаходиться на рівні 17249 тис.т умовного палива. Із врахування коефіцієнтів технічної доступності біомаси, розраховано загальний обсяг умовного палива в розрізі регіонів та по Україні в цілому (рис.2).

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ХХІ СТОЛІТТІ"
Розділ 6. Біоенергетика

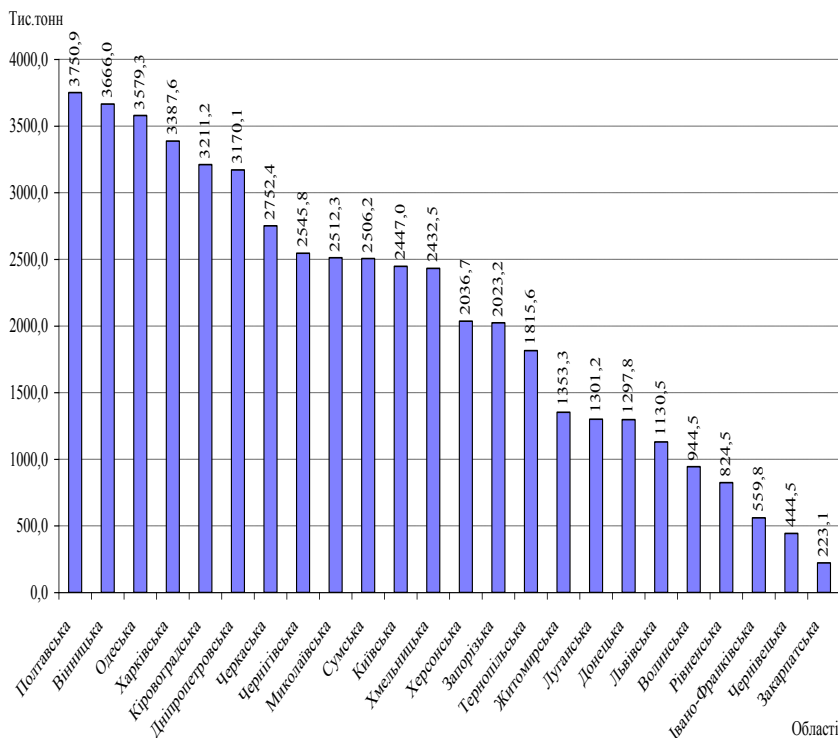


Рис.1. Загальний обсяг доступної побічної продукції придатної для енергетичних потреб по областях за 2018 рік*, тис.т

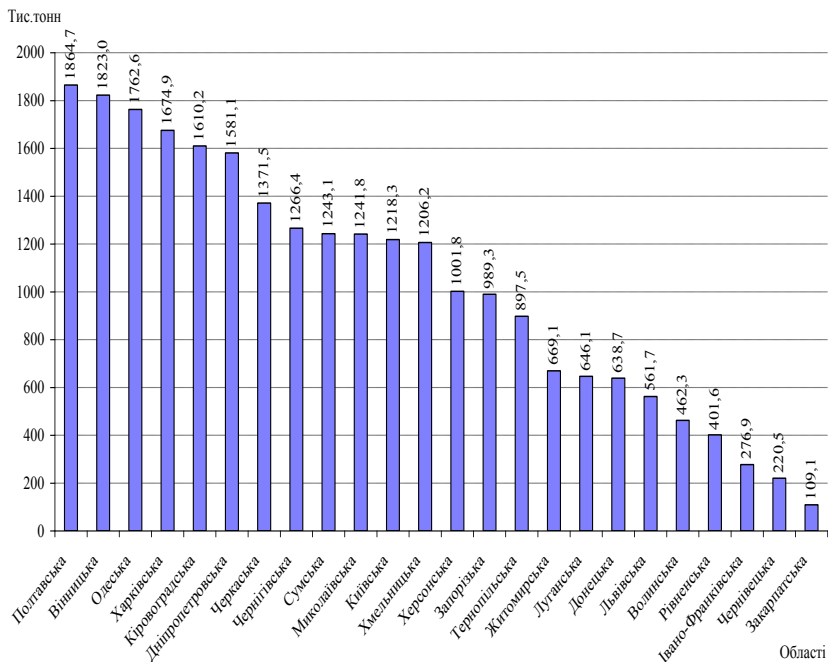


Рис.2. Загальний обсяг умовного палива з доступної побічної продукції придатної для виробництва енергії по областях за 2018 рік*, тис.т

Питання енергетичного майбутнього України вбачаємо у використанні рослинної біомаси в якості альтернативного енергоресурсу. Сільськогосподарські культури, побічна продукція яких придатна для отримання теплової енергії, повинні стати джерелом додаткових енергетичних ресурсів для подолання проблеми енергозалежності та підвищити частку альтернативних джерел енергії в енергетичному балансі України.

Висновок. Розрахунки показали, що обсяг умовного палива з теплою згоряння 29,3 МДж/кг отриманого з побічної продукції рослинництва становить 24738,3 тис.т. Такий обсяг палива здатний замінити чи 26845,6 тис.т кам'яного вугілля, чи 16036,1 м³ скрапленого газу, чи 17848,6 тис.л мазуту.

Перспективою подальших досліджень є визначення загального обсягу умовного палива з доступної побічної продукції придатної для потреб біоенергетики з урахуванням екологічної та соціальної обстановки певних регіонів.

Література:

1. Гелетука Г.Г., Жовмір М.М., Олійник Є.М., Радченко С.В. Біомаса як паливна сировина. Промислова теплотехніка. 2011. Т.33, № 5. С. 76-84.
2. Голуб Г.А., Кухарець С.М., Марус О.А. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. К.: НУБіП України, 2016. 229с.
3. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков – К: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326с.
4. www.ukrstat.gov.ua. Сайт Державної служби статистики України.

УДК 669.187.2.001.7

ТЕРМОДИНАМІКА ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ СУМІШЕВОЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**В.А. Жовтянський¹, Е.П. Колеснікова²,
М.В. Остапчук-Якимович³,**

^{1,3} Інститут газу НАН України, 03113, м. Київ-113,
вул. Дегтярівська, 39, e-mail: zhovt@ukr.net,

²НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»

Визначені показники енергетичної ефективності процесу газифікації сумішевої відновлювальної сировини з використанням плазмових технологій на прикладі суміші донних мулів і гумового кришива зношених автомобільних шин. Отримані результати свідчать на користь перспектив комерціалізації технологій переробки небезпечних відходів, якими є донні мули, та одночасно екологічно чистої утилізації зношених автомобільних шин.

Ключові слова: енергоефективність, плазмо-парокиснева газифікація, синтез-газ, плазмотрон, мулові осади станцій аерації, зношені шини, вітрифікація.

THERMODYNAMICS OF MIXED RENEVABLE RAW MATERIAL GASIFICATION PROCESS WITH USING PLASMA TECHNOLOGIES

**V. Zhovtyansky¹, E. Kolesnikova², M. Ostapchuk-
Yakumovych³**

^{1,3} Institute of Gas, NAS of Ukraine, 39 Degtyarivska St., 03113
Kyiv, Ukraine, e-mail: zhovt@ukr.net,

²NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Indicators of the gasification process energy efficiency of renewable raw materials mixture, for example, a mixture of sewage sludge and rubber debris of old tires using plasma technologies, are determined. The obtained results testify to the prospects of processing technologies commercialization of hazardous waste, such as sewage sludge, while at the same time environmentally friendly recycling of old tires.

Keywords: *energy efficiency, plasma-steam-oxygen gasification, synthesis gas, plasma torch, sewage sludge of water treatment plants, old tires, vitrification.*

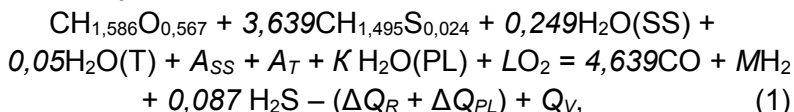
ORCID ¹0000-0002-9532-423X, ²0000-0001-8835-0504,
³0000-0003-2331-5737.

Особливістю технологій спалювання твердих відходів є неможливість одночасного забезпечення оптимальних умов горіння для всіх їхніх численних компонент. Зовнішньою ознакою цього є неприємний запах в місцях розташування сміттєспалювальних заводів, наприклад, заводу «Енергія» в Києві. Для його усунення слід улаштовувати додаткове опалювання продуктів згорання [1].

На відміну від цього, для процесів газифікації небезпечних хлорвмісних відходів характерним є тривале (понад 2 с) перебування продуктивних газів в області високих температур (понад 1100 °C). Воно є необхідним для хімічного розкладання діоксинів та фуранів, які утворюються в області проміжних відносно низьких температур, характерних для процесів горіння [2, ч. 1]. Таким чином, майже всі компоненти в області реактора виходять на рівноважний режим. Винятком є тільки оксиди азоту NO_x, які утворюються в нерівноважно надлишковій кількості, якщо в процесі газифікації використовується повітряний плазмотрон [2, ч. 3].

Проте їхня роль з точки зору енергетики процесу є незначною, що дозволяє майже беззастережно користуватись припущенням термодинамічної рівноваги.

Розглядається така реакція плазмо-паро-кисневої газифікації сумішевої відновлювальної сировини:



де 1-й і 2-й члени відповідають брутто-формулам донних мулів і гумового кришива, 3-й і 4-й – їхній вологості, а 5-й і 6-й – їхній зольності, відповідно; 7-й – кількості пари, яка вводиться в процес плазмотроном, 8-й – кількості кисню, який додатково вводиться в реактор; ΔQ_R – теплова енергія, яка виділяється в реакторі за рахунок хімічної реакції (1), а ΔQ_{PL} – додаткова енергія, яка вводиться в реактор для досягнення заданої температури процесу газифікації.

У реакції (1) ураховані також додаткові енерговитрати на вітрифікацію. Їх можна оцінити на основі феноменологічного співвідношення

$$Q_V \text{ (кВт·год)} = 0,35m_A \text{ (кг)}, \quad (2)$$

де m_A – зольна маса.

Показником енергетичної ефективності процесу газифікації є співвідношення

$$\eta = (P_{\text{PL}}^J + P_{\text{O}_2}) / \eta_{\text{EE}} W_{\text{CG}}, \quad (3)$$

де ураховані витрати електричної енергії P_{PL}^C на продукування плазмового струменя з ККД плазмотрона на рівні $\sim 0,8$, тобто: $P_{\text{PL}}^J = \Delta Q_{\text{PL}} / 0,8$, P_{O_2} – енерговитрати на виробництво кисню, $\eta_{\text{EE}} \sim 0,3$ – ККД виробництва електроенергії, W_{CG} – енергія отриманого в процесі синтез-газу.

Використовуючи значення калорійності донного мулу $Q_{\text{SS}} = 22,6$ МДж/кг, а для гумового кришива – $Q_{\text{T}} = 42,26$ і, відповідно, їхні зольності 60,6% і 23,34% та вологість 6,5%

і 1,5%, визначаємо, що показник енергетичної ефективності процесу газифікації складає у випадку реакції (1) $\eta_m = 0,17 - 0,58$ для значень K від 0 до 3,77. Якщо ж розглядати цей процес у відсутність гумового кришива, то $\eta_{ss} = 0,29 - 0,39$ для значень K , які відповідають стехіометричному режиму в цьому випадку. Дальшого поліпшення показника енергетичної ефективності процесу газифікації суміші донних мулів та гумового кришива слід очікувати при переході до нестехіометричного режиму газифікації.

Література:

1. Сігал І.Я. Приватне повідомлення.
2. Жовтянський В.А., Орлик В.М., Петров С.В., Якимович М.В. Загальні принципи переробки відходів з вилученням їхнього енергетичного потенціалу на основі плазмових технологій. Ч. 1 – 3 // *Енерготехнологии и ресурсосбережение*. – 2015. – № 4. – С. 24 – 46; 2016. – № 3. – С. 25 – 42; 2018. – № 2. – С. 16 – 31.

УДК 669.187.2.001.7

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПЛАЗМОПАРОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ СУМІШІ ДОННИХ МУЛІВ ТА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН

В.А. Жовтянський¹, М.В. Остапчук-Якимович²,
*Інститут газу НАН України, 03113, м. Київ-113,
вул. Дегтярівська, 39, e-mail: zhovt@ukr.net*

Проведені експериментальні дослідження плазмопарової газифікації суміші донних мулів і гумового кришива зношених автомобільних шин. Результати свідчать про відсутність ризиків спікання сировини в реакторі та високу ефективність процесу. Це створює передумови для комерціалізації технологій переробки небезпечних відходів, якими є донні мули, та одночасно екологічно чистої утилізації зношених автомобільних шин.

Ключові слова: Альтернативні газові палива, плазмопарова газифікація, синтез-газ, плазмотрон, мулові осади станцій аерації, зношені шини, вітрифікація.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE PLASMA-STEAM GASIFICATION PROCESS OF THE MIXTURE OF SEWAGE SLUDGE AND OLD TIRES

V. Zhovtyansky¹, M. Ostapchuk-Yakumovych²
*Institute of Gas, NAS of Ukraine,
39 Degtyarivska St., 03113 Kyiv, Ukraine,
e-mail: zhovt@ukr.net*

Experimental studies of plasma-steam gasification of the mixture of sewage sludge and rubber debris of old automobile tires have been carried out. As the results obtained show, there is no risk of the raw materials sintering in the reactor, and the process is of high efficiency. This is a good precondition for the commercialization of hazardous waste recycling technologies, such as sewage sludge, while at the same time environmentally friendly recycling of old tires.

Key words: *alternative gas fuels, plasma-steam gasification, synthesis gas, plasma torch, sewage sludge of water treatment plants, old tires, vitrification.*

ORCID ¹0000-0002-9532-423X, ²0000-0003-2331-5737.

Традиційні методи переробки стічних каналізаційних вод призводять до утворення великої кількості твердих відходів, які відкладають на мулових полях. Значною небезпекою характеризуються донні мули ще радянського періоду, накопичені на Бортницькій станції аерації м. Києва в обсязі близько 9 млн. т. Вони дуже переобтяжені значним вмістом токсичних важких металів. Нині карти мулових полів заповнені втричі більше проектної норми, що створює високий ризик для довкілля на випадок їхнього прориву, в першу чергу – забруднення Дніпра.

Виключною перевагою плазмових технологій газифікації є високі термодинамічні параметри процесу, які, зокрема, в умовах високих температур не мають обмежень щодо якості вуглецевмісної сировини, яка підлягає конверсії в газове паливо. Ці переваги дозволяють також здійснювати переробку найбільш небезпечних хлорвмісних відходів, а у випадку переробки донних мулів – забезпечувати

вітрифікацію (капсулювання в склоподібній масі охолодженого розплаву шлаку) важких металів, які є істотним екологічним ризиком при їх переробці.

Основною проблемою щодо ефективності їхньої переробки є відносно низька теплотворна здатність (на рівні 20 МДж/кг на суху беззольну масу) та висока зольність донних мулів, яка може досягати 60%. Для підтримання високої теплотворності сировини для процесу газифікації доцільним є домішування до донних мулів висококалорійної компоненти, наприклад, зношених автомобільних шин, проблема переробки яких теж залишається не вирішеною. Найбільш вагомими перевагами їхнього застосування можуть розглядатись, як мінімум, дуже низькі вологість і зольність та висока теплотворна здатність на рівні 40 МДж/кг.

Експериментальна установка складається з серійного плазмотрона «Мультиплаз-3500» потужністю до 3,5 кВт, робочим тілом якого є водяна пара, високотемпературного реактора газифікації твердого палива, внутрішній об'єм якого футерований високоякісною тепловою ізоляцією, охолоджувача синтез-газу, парогенератора, пальника, хроматографа та термопари [1].

Результати експерименту наочно свідчать, що при домішуванні до донного мулу гумового кришива в реакторі розвивається значно більша температура, ніж у випадку газифікації донних мулів, про що свідчить відносна однорідність отриманого розплаву зольного залишку (рис. 1, г) порівняно з оплавленим залишком донних мулів (рис. 1, в).

Проте найбільш важливим результатом стала відсутність спікання сумішевої сировини в об'ємі реактора, яка могла б узагалі зупинити процес газифікації внаслідок низької газопроникності області спікання.



Рис. 1. Основні тверді інгредієнти процесу газифікації: сировина – донні мули (а) та гумове кришиво (б) і охолоджений розплав зольного залишку донних мулів (в) і сумішевої сировини (г)

Таким чином, газифікація донних мулів сумісно з гумовим кришивом зношених шин забезпечує додаткове енерговиділення в реакторі, що сприяє мінімізації енергії, яка вводиться в його робочий об'єм з плазмою, а відтак – високу енергоефективність процесу їхньої переробки.

Література:

1. Дослідження процесів сумісної газифікації різних видів небезпечних відходів з використанням плазмових технологій. Звіт про НДР (Інститут газу НАН України). ДР № 0118U001799. Обл. № 0218U003990. ІК № 0718U006078 від 08.10.18., наук. кер. М.В.Якимович. Київ, 2018. – 79 с.

УДК 662.951.22:662.6/9:662.614.2(043.2)

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АТМОСФЕРНОГО ПАЛЬНИКА ПОБУТОВОЇ ГАЗОВОЇ
ПЛИТИ «WHIRLPOOL»**

***Б.С. Сорока¹, В.В. Горупа, В.С. Кудрявцев,
В.П. Демчина,***

*Інститут газу НАН України, Київ вул. Деягтірівська 39,
03113 Київ, Україна, e-mail: boris.soroka@gmail.com*

У роботі наведено екологічні характеристики атмосферного пальника побутової газової плити при спалюванні природного газу. Представлені залежності викидів оксидів азоту та монооксиду вуглецю від коефіцієнту надлишку первинного повітря в умовах варіювання потужності пальника (тиску перед соплом).

Ключові слова: *атмосферний пальник, монооксид вуглецю, оксиди азоту, природний газ, продукти згоряння, побутова газова плита.*

**TESTING THE ENVIRONMETNTAL OF
CHARACTERISTICS OF ATMOSPHERIC BURNER FOR
DOMESTIC GAS COOKER "WHIRLPOOL"**

***B.S. Soroka¹, V.V. Horupa, V.S. Kudryavtcev,
V.P. Demchyna,***

*Gas Institute of NAS of Ukraine, Kyiv, 39, Dehtiarivska Str.,
03113 Kyiv, Ukraine, e-mail: boris.soroka@gmail.com*

The presentation concerns the experimental data on environmental characteristics of an atmospheric burner by its operation with natural gas. The dependences of emission the nitrogen oxides and carbon monoxide on primary air excess

factor by variation the operating parameters of the burner are considered.

Keywords: *atmospheric burner, domestic gas cookers, natural gas, combustion products, nitrogen oxides, carbon monoxide.*

ORCID: 10000-0001-9174-0992.

Проблема сталого розвитку енергетики передбачає посилення уваги до екологічних аспектів горіння. Разом з тим протягом останніх десятиріч в Україні було фактично призупинено вивчення спалювання газу в атмосферних пальниках газових плит, що призвело до відсутності обґрунтованої інформації щодо утворення шкідливих викидів газового обладнання такого типу.

В Інституті газу НАН України останнім часом поновлені дослідження атмосферних пальників з енергетичних та екологічних позицій. Відповідні дослідження виконуються на спеціально розробленому та виготовленому комп'ютеризованому вогневому стенді. Стенд забезпечує дві схеми збору та відведення продуктів згоряння від пальника, який досліджується, та обладнаний спеціальним пристроєм, що забезпечує контрольоване спалювання газоповітряної суміші в умовах фіксованого первинного надлишку повітря λ_{pr} та заданого загального надлишку λ_{Σ} . Значення λ_{Σ} для стенду з огляду на реальний процес ($\lambda_{\Sigma} \rightarrow \infty$) вибирається значним, $\lambda_{\Sigma} \geq 5-12$.

Проведені систематичні експериментальні дослідження утворення основних шкідливих речовин – оксидів азоту NO, NO₂ та вуглецю CO, що потрапляють в атмосферу при спалюванні газу в побутових приміщеннях. З цих речовин найбільш токсичним компонентом з найменшим ГДК є NO₂.

Зазвичай основним компонентом з числа NO_x в факелі є моно оксид азоту NO , який в подальшому під дією світла перетворюється на NO_2 . Дослідження, проведені Національною лабораторією ім. Лоуренса (США) підтверджують пряме утворення діоксиду азоту NO_2 , в продуктах згоряння при спалюванні природного газу, в атмосферних пальниках побутових газових плит [1]. Оскільки продукти згоряння побутових газових плит формуються в внутрішньому просторі помешкання людини існує велика небезпека впливу викидів на неї безпосередньо.

Запропонована методологія узагальнення характеристик викидів у вигляді трансформованої концентрації шкідливих компонентів (NO , NO_2 , CO). Згадана процедура забезпечується по результатах вимірів складу продуктів згоряння шляхом визначення концентрацій компонент, зведених до концентрації $[\text{O}_2] = 3\%$ в складі продуктів.

На утворення шкідливих речовин в продуктах згоряння впливають конструктивні характеристики пальників, системи «пальник ємність» номінальні та фактичні режимні параметри роботи пальника. До конструктивних характеристик належать тип та особливості пальника, а саме принцип підводу вторинного повітря, периферійне або одночасно периферійне та центральне підведення, а також відстань від пальника до робочої ємності, що нагрівається. До фактичних режимних параметрів належать коефіцієнт надлишку первинного повітря, відносне теплове навантаження та тиск газу перед соплом. В побутових газових плитах використовується природний або скраплений газ.

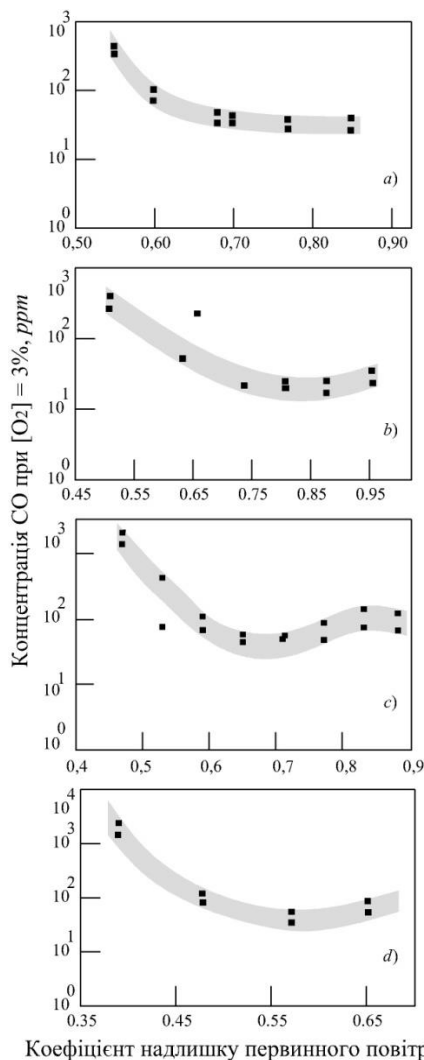
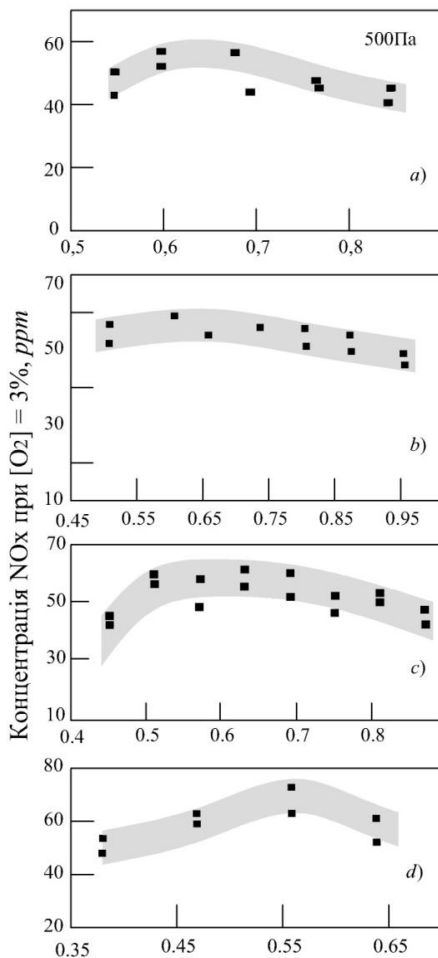


Рис 1. Залежність концентрації CO від коефіцієнту надлишку первинного повітря. Паливо – природний газ. Пальник побутової газової плити «WHIRLPOOL», досліди а – 500, б – 1000, в – 1500, г – 2500.



Коефіцієнт надлишку первинного повітря, λ_{gr}

Рис 2. Залежність концентрації NOx від коефіцієнту надлишку первинного повітря. Паливо – природний газ. Пальник побутової газової плити «WHIRLPOOL», досліди при зміні тиску природного газу перед соплом Δp_g , Па: а – 500, b – 1000, c – 1500, d – 2500.

Особливістю роботи атмосферних пальників є попереднє приготування паливної-повітряної суміші. Завдяки конструктивним особливостям ежекційного пальника паливний газ змішується з повітрям. Горюча суміш виходить через вогневі отвори, запалюється та формує язики полум'я, що контактують з поверхнею робочої ємності. На виході з вогневих отворів до язиків полум'я надходить вторинне повітря, яке в залежності від конструкції пальника може надходити з периферії або одночасно з периферії та центру.

В пальниках побутових газових плит у випадку їх роботи на природному газі коефіцієнт первинного надлишку повітря знаходиться в межах $0,4 \div 0,6$. Цьому діапазону відповідає зона стійкої роботи пальника. Зменшення коефіцієнту надлишку повітря призводить до появи жовтих язиків полум'я, що свідчить про процеси неповного згоряння. Наявність жовтих язиків полум'я завжди підтверджується підвищеною концентрацією оксиду вуглецю CO. Збільшення первинного коефіцієнту повітря може призвести до повисання полум'я та його відриву.

Ежекційний пальник побутової плити «WHIRLPOOL» має конструкцію типу «rap sake», вторинне повітря підводиться тільки периферійно. Схожі конструкції ежекційних пальників за вторинним підводом повітря використовуються в побутових водонагрівачах (США).

Дослідження викидів CO та NO_x для атмосферних пальників водонагрівачів [2] вказують, що максимальні концентрації викидів NO_x відповідають діапазону $\lambda_{pr} = 0,35 \div 0,45$. Значення [CO] монотонно скорочуються при зростанні $\lambda_{pr} \in \{0,15 \div 0,45\}$.

На рис 1 та рис 2 представлені результати наших експериментальних досліджень (шкідливих викидів при роботі пальників «WHIRLPOOL». Дослідження проводилися на природному газі для чотирьох значень надлишкового тиску Δp_g перед соплом (Па): 500, 1500, 2000, 2500.

Концентрації $[CO]$ наведена на рис 1, причому значення CO наведені в логарифмічних координатах з огляду на високі концентрації при невеликих λ_{pr} . З представлених графіків можна зробити висновок, що $[CO]$ мають значення більше 1000 ppm в умовах мінімальних λ_{pr} і скорочуються до 30 ppm в області фактичного використання пальників в плитах. Проведені дослідження на експериментальному вогневому стенді якісно підтверджують результати роботи [2], проте максимальні концентрації NO_x в діапазоні $\lambda_{pr} \in \{0,4 \div 0,6\}$ зафіксовані при $\lambda_{pr} \approx 0,5$.

Література:

1. Wendee N. Cooking Up Indoor Air Pollution [Online resource]. – Access mode: <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/1/ehp.122-A27.pdf>.
2. Hao Wang The Effect of Primary Air Distribution on Emissions from a Natural Gas Water Heater [Online resource]. – Access mode https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1167&context=theses_open.
3. Сорока Б.С., Горупа В.В. Сучасний стан та напрями удосконалення пальників побутових газових плит. Частина 1. Науково-технологічні засади ефективного використання палива та екологічно чистого спалювання газу в кухонних плитах // Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2017, №3. – С 3 – 19.

УДК 662.613.13+621.18.08

ЗМЕНШЕННЯ ЕМІСІЇ ЧАСТОК ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОМАСИ

М.М. Жовмір¹, Н.О. Маслова², М.О. Будько³,

^{1,2}*Інститут відновлюваної енергетики НАН України*

³*КПІ ім. Ігоря Сікорського,*

вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,

e-mail: biomassa@ukr.net, mykola.zhovmir@gmail.com

Зменшення емісії твердих часток при спалюванні біомаси є важливим завданням стратегії розвитку теплопостачання країн ЄС. Вимірювання емісії часток з їх диференціацією на органічні та мінеральні може стати основою обґрунтованого вибору первинних чи вторинних заходів для забезпечення необхідних екологічних показників котлів.

Ключові слова: *біомаса, спалювання, частки, емісія.*

DECREASING OF PARTICLES EMISSION AT BIOMASS BURNING

M. Zhovmir¹, N. Maslova², M. Budko³,

^{1,2}*Institute for Renewable Energy of NAS of Ukraine,*

³*Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,*

Decreasing of particulate matter emission at biomass combustion is an important task of EU strategy on heating. Measurement of particulate matter emission with differentiation of organic and mineral particles can be a background for selection of primary and secondary means to reach environmental parameters of biomass fired boilers.

Keywords: *biomass, burning, particulate matter, emission.*

ORCID: ¹0000-0001-6514-7474, ²0000-0003-1465-1886,
³0000-0003-0928-1657.

При спалюванні біомаси забруднення атмосферного повітря спричиняється головним чином викидами оксидів азоту та твердих часток, причому присутні частки мікронного та субмікронного розмірів, уловлення яких є проблематичним.

За статистичними даними у 2016 р. в країнах ЄС споживання первинної енергії становило 1543 млн. т н.е. В 2012 р кінцеве енергоспоживання систем тепло- та холодопостачання становило 546 млн. т н.е., з них 18% забезпечено відновлюваними джерелами енергії (11% - біомаса, 7% - енергія вітру, ФЕ, сонячна та геотермальна). "EU Strategy on Heating and Cooling" (2016) на період до 2050 р. намічено скоротити споживання енергії на тепло- та холодозабезпечення на 42-56%, при цьому викиди парникових газів зменшити на 70%, а викиди забруднюючих речовин у атмосферу зменшити на 90% [1].

Майже половина будівель в країнах ЄС мають опалювальні котли встановлені до 1992 р., а їх енергетична ефективність 60% і менше. Продовжується експлуатація застарілих котлів понад їх технічний строк служби – 22% індивідуальних газових котлів, 34% електричних нагрівачів, 47% котлів на рідкому паливі, 58% котлів на вугіллі. Експлуатація застарілого обладнання призводить до того, що в ряді країн Європи 75% викидів малих твердих часток в повітрі відносяться до викидів побутових опалювальних котлів зі спалюванням вугілля та біомаси, а в окремих випадках використання біомаси в

побути спричиняє більше 50% національних викидів малих часток [1]. Аналогічні проблеми характерні і для систем опалення та теплопостачання в Україні.

Масовий перехід до опалення дровами, біомасою, торфом з застосуванням неефективного обладнання зумовлює утворення смогу у містах України, провокує протести населення. Аналіз вимог міжнародних та національних нормативних документів щодо обмеження емісії забруднюючих речовин при спалюванні біомаси наведено в роботі [2].

При реновації будівель дієвим заходом зменшення емісії забруднюючих речовин розглядається заміна систем опалення з переходом до широкого застосування теплових насосів, використання сонячної та геотермальної енергії, скидної теплоти. Проте для багатьох країн, і для України особливо, зменшення використання твердих палив, зокрема біомаси, є неприйнятним, а тому необхідно поліпшувати екологічні показники котельного обладнання.

Вимірювання вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та їхньої емісії зі скидними газами енергетичних установок здійснюється відповідно до 17 міжнародних стандартів, які регулюють різні аспекти таких вимірювань. Вимірювання емісії твердих часток здійснюється ваговим методом, який полягає у вловлюванні твердих часток із відібраного потоку запилених газів на фільтрі, визначенні маси вловлених часток зважуванням фільтра, знаходження відношення маси вловлених часток до об'єму газів, відібраних з потоку, в перерахунку на сухі гази з заданим референтним вмістом кисню при нормальних умовах.

Вимірювання масового вмісту твердих часток у запилених газових потоках, що викидаються від

стаціонарних джерел, здійснюється відповідно до вимог стандартів ISO 9096:2003 та ISO 12141:2002 [3, 4]. Вимірювання масового вмісту твердих часток, що диференційовані за розміром 10 мкм та 2,5 мкм, здійснюється згідно зі стандартом ISO 13271:2012 [5]

Спостереженнями за роботою реальних котельних установок зі спалюванням біомаси (дров, тріски, соломи, гранул) нами виявлено, що емісія твердих часток може змінюватися у широких межах від 100 до 1200 мг/м³. Характер димових газів та відкладів на поверхнях нагріву свідчать про присутність у газах часток золи, часток палива, вуглистих часток та смол.

Нами запропоновано визначати емісію твердих часток при спалюванні біомаси з їхньою диференціацією за хімічним складом, тобто поділом на мінеральну та органічну частини (органічна частина паливних та вуглистих часток, смол). Вимірювання ґрунтуються на підходах, викладених у ISO 9096:2003 [3] у варіанті зовнішньої фільтрації з обігрівом. Виміряли вміст часток у продуктах згорання деревних пеллет у водогрійному котлі, що відповідає 3 класу за стандартом EN 303-5:2012 [6]. Виявлено, що при зміні режиму роботи котла вміст часток органічного походження становив 27 - 84 % від маси всіх уловлених часток.

Режими роботи з переважанням викиду часток органічного походження свідчать про умови несприятливі для їх вигорання. В такому випадку доцільно, перш за все, реалізовувати первинні заходи зменшення емісії твердих часток, до яких можна віднести належну організацію теплового режиму топки для покращення умов вигорання палива, зокрема летких речовин.

Висновок. Вимірювання емісії твердих часток з їх диференціацією на органічні та мінеральні може застосовуватися для діагностування режимів роботи котельного обладнання для спалювання біомаси та біопалив з метою обґрунтованого вибору первинних та вторинних заходів для забезпечення необхідних екологічних показників.

Література:

1. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An EU Strategy on Heating and Cooling – COM (2016) 51 final.*

2. Жовмир Н.М. Анализ нормативных требований к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы // *Промышленная теплотехника* – 2012, т.34, №1. – С.77-86.

3. *Stationary source emissions –Manual determination of mass concentration of particulate matter. International standard ISO 9096:2003.*

4. *Stationary source emissions – Determination of mass concentration of particulate matter (dust) at low concentrations – Manual gravimetric method: International standard ISO 12141:2002.*

5. *Stationary source emissions – Determination of PM10/PM2,5 mass concentration in flue gas – Measurement at higher concentrations by use of virtual impactors. International standard ISO 13271:2012.*

6. *Heating boilers for solid fuels, manually and automatically stoked, nominal heat output of up to 500 kW. Terminology, requirements, test methods and marking: EN 303-5:2012.*

УДК 662.636; 662.99; 620.9

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ДЕРЕВИНИ ТА СОЛОМИ В ПОБУТОВОМУ ПАЛЬНИКУ

***Б.І. Басок¹, Б.В. Давиденко², Л.М. Кужель³,
С.М. Гончарук⁴, В.Г. Новіков⁵, В.П. Приємченко⁶,
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ,
Україна, тел.: 424-96-44. e-mail: kuzhel_liliya@ukr.net***

Наведено результати експериментальних досліджень процесу спалювання пелет з деревини та соломи. За результатами досліджень визначено закономірності процесу спалювання пелетного палива в побутовому пальнику. Досліджено процеси горіння одиночних гранул біопалива з соломи та деревини. Проведено експериментальні дослідження процесів горіння гранул біопалива в насипному шарі в пелетному пальнику, що приєднаний до побутового водогрійного котла. Знайдено залежності від часу температури в топковій камері котла при різних режимах подачі пелетного палива з бункера.

Ключові слова: біопаливо, пелети, солома, деревина, горіння, пальник.

FEATURES OF COMBUSTION PROCESS OF WOOD AND STRAW PELLETS IN A DOMESTIC BURNER

***B. Basok¹, B. Davydenko², L. Kuzhel³, S. Goncharuk⁴,
V. Novikov⁵, V. Priemchenko⁶
Institute of Engineering Thermophysics of the National
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine***

The results of experimental studies of the combustion of wood and straw pellets are presented. From the results of research, the features of the process of burning pellet fuel in a domestic burner are determined. The combustion processes of single biofuel pellets from straw and wood are investigated. Experimental studies of the combustion of biofuel pellets in the bulk layer in a pellet burner, which is attached to a domestic hot water boiler, have been carried out. The time dependences of the temperature in the combustion chamber of the boiler are found for different modes of supplying pellet fuel from the bunker.

Keywords: *biofuel, pellets, straw, wood, combustion, burner.*

ORCID: ¹0000-0002-5481-4566, ²0000-0001-8738-7612,
³0000-0002-5481-4566, ⁴0000-0002-5609-7337,
⁵0000-0003-1062-7336, ⁶0000-0003-4785-4815.

Україна має високий потенціал для виготовлення та застосування пелет з рослинної сировини аграрного походження в якості палива. За своїм складом і теплотворною здатністю це біопаливо наближається до таких традиційних видів палива, як деревина та торф. Тому воно вважається перспективним і таким, що може застосовуватися в комунальній теплоенергетиці [1]. При термічному розкладанні соломи утворюється значний об'єм горючих газоподібних речовин. Тому процес горіння активно протікає в газовій фазі. Але висока зольність та порівняно низька температура розм'якшення і плавлення золи, що утворюється при спалюванні солом'яних пелет, призводить до суттєвих ускладнень організації цього

процесу та до неможливості застосування існуючих традиційних пальників.

Успішна технічна реалізація процесу спалювання солом'яних пелет залежить від вибору раціональних технічних рішень та режимних параметрів роботи котла і пальника. Для визначення оптимальних конструктивних та режимних параметрів пристроїв, призначених для спалювання пелет з соломи та з дерева, в Інституті технічної теплофізики НАН України були проведені відповідні експериментальні дослідження.

За результатами експериментальних досліджень було визначено закономірності процесу горіння поодиноких гранул біопалива з соломи та з деревини. До характеристик процесу спалювання гранул, що визначалися з експерименту, відносяться: момент спалаху летючих газів після початку розігріву гранули; термін закінчення виходу летючих газів з гранули; максимальна температура всередині гранули під час горіння; момент максимального підвищення температури всередині частинки; термін вигорання вуглецевого залишку та момент завершення процесу горіння частинки палива. Експерименти проводилися з гранулами різної довжини та маси. Було визначено, що зі збільшенням довжини та маси пелет зазначені характеристики також збільшуються.

Для визначення закономірностей процесу спалювання пелет в пальнику та теплотехнічних характеристик роботи побутового котла з пелетним пальником виконувалися дослідження температурного режиму в об'ємі котла при різних режимах роботи пальника. Вимірювання температури здійснювалися за допомогою восьми термопар з відкритим спаєм, що розташовувалися на різних висотах та різних відстанях від

вихідного перетину пальника. За результатами цих досліджень визначалися характеристики температурного режиму побутового водогрійного котла з пелетним пальником. Порівнювалися варіанти використання палива з агропелет та з деревини. Показано, що більш високу температуру в об'ємі котла забезпечує пелетне паливо з деревини. Тобто процес горіння пелет з деревини в цілому протікає інтенсивніше, ніж горіння агропелет. Крім того, після горіння солом'яних пелет утворювалися агломерати з золи після її розплавлення та спікання, що ускладнює їх спалювання у традиційному пальнику.

Було також проведено аналіз хімічного складу димових газів. Визначався процентний вміст кисню, вуглекислого газу, оксиду вуглецю та окислів азоту. Визначено залежність цих показників від температури в камері згоряння.

Література:

1. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник за ред.. Г. Гелетука. К.: 2015. 72 с.

УДК 662.66/74:621.662.61

СПАЛЮВАННЯ ДРІБНО ФРАКЦІЙНОЇ БІОМАСИ В РЕЖИМІ САМОЗАЙМАННЯ

В.М. Чмель¹, І.П. Новікова²,

*Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії
Капніст 2а, м.Київ, 03052, Україна,
тел.: +38(066)780-00-07, (044) 453-28-65,
e-mail: chmel.valerii@gmail.com*

*У роботі наведені результати досліджень
спалювань дрібно фракційної біомаси, з метою
використання в якості альтернативного палива.*

Ключові слова: біомаса, горіння, самозаймання.

BURNING BIOMASS PETTY FACTIONAL MODE SELF IGNITION

V.N. Chmel¹, I.P Novikova²,

*Institute of Engineering Thermophysics of National Academy
of Science of Ukraine, 2a Marii Kapnist str., Kyiv, Ukraine,
03052, e-mail: chmel.valerii@gmail.com*

*The paper presents the results of research on
combustion of finely fractional biomass, for use as an
alternative fuel.*

Keywords: biomass, combustion, self ignition.

ORCID: ¹0000-0003-1394-7239, ²0000-0001-9612-286X.

Як показують дослідження при використанні біомаси якості альтернативного палива – вугілля, нафті та газу, які є головними складовими паливно-енергетичного балансу

країни, вимагає враховувати їх паливні характеристики [1,2].

З цією метою в ІТТФ НАНУ провадились дослідження, які дозволили вивчати факел дрібно фракційної біомаси: затоплений та в супутніх струменях окислювача, при самозайманні, яке досягалось підвищенням реакційної здатності палива доведенням його до температури самозаймання.

В якості палива використовувались лузга проса, тирса дуба, солома (пшениця), костриця льону та відходи меблевого виробництва, для якого за методиками розробленими в ІТТФ були визначені температури самозаймання.

Як показали результати досліджень, факел дрібно фракційного твердого палива, яке горить в режимі самозаймання, відрізняється від звичайного твердопаливного факелу. В той час як крупні частки палива в звичайному факелі, в наслідок зменшення кількості кисню, не догоряють і створюють так званий механічний недопал. В твердопаливному факелі – затопленому та в системі струменів, коли процес горіння відбувається при температурі самозаймання, хімічна реакція, в наслідок високих температур, відбувається зі швидкістю, яка наближається до безкінечності. Тому процес горіння в цьому випадку відбувається подібно процесу в горящому пограничному шарі. Вуглець часток палива взаємодіє з діоксидом вуглецю, який дифундує з фронту полум'я в шарі, а від часток до фронту дифундує оксид вуглецю. Таким чином можна констатувати, що тверде паливо в струмені високотемпературного газу носія під час горіння виступає як струмінь газового палива.

При організації спалювання дрібно дисперсної біомаси – в затопленому факелі та факелі в системі паралельних струменів, при каналах з потовщеними стінками, які викликають потовщення пограничного шару, до 60% палива вигоряє в межах початкової ділянки, що майже те саме, що і в газовому факелі.

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. При дослідженні факелу горіння в режимі самозаймання дрібно фракційного твердого палива в струменевій системі паливо-окислювач (затоплений факел та факел в супутніх струменях окислювача) показано, що загальний процес горіння наближається до процесу горіння газоподібного палива.

2. Встановлено вплив товщини стінки сопла на структуру факелу та вигоряння дрібно фракційної біомаси.

3. Створений шарово-факельний спосіб спалювання дрібно фракційного твердого палива.

Результати досліджень були використані при створенні теплогенератора для спалювання дрібно фракційного твердого палива – деревинних гранул, продукти згоряння якого були джерелом сушильного агенту для барабанної сушарки.

Література:

1. Чмель В.М., Новікова І.П. Дослідження паливних характеристик відходів біомаси.// *Відновлювана енергетика*. 2006. - №4(7) –с.107-113.

2. В.Н. Чмель. Использование биомассы в качестве альтернативного топлива. *Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»*//*Альтернативная энергетика и экология*. - 2012. - № 08 (112) - С. 60 - 65. - ISSN 1608-8298 .

УДК 664.8.047.014

ЕФЕКТИВНА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТОРФУ НА ПАЛИВО ТА ДОБРИВО

Ю.Ф. Снежкін¹, Ж.О. Петрова², Д.М. Корінчук³,
*Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії
Капніст 2а, м. Київ, 03057, Україна,
тел.: +38(050)355-16-10, e-mail: bergelzhanna@ukr.net*

*У роботі наведено комплексна теплотехнологія
переробки торфу на добрива, а твердий залишок торфу
на створення паливних брикетів або гранул.*

Ключові слова: торф, торфогранули, гумінові
речовини, екстракція.

EFFECTIVE HEAT TECHNOLOGY OF PROCESSING OF PEAT ON FUEL AND FERTILIZER

Yu.F. Sniezhkin¹, Zh.O. Petrova², D.M. Korinchuk³,
*Institute of engineering thermophysics, National Academy of
Sciences of Ukraine, 2a Maria Kapnist str., Kyiv, Ukraine,
03057, e-mail: bergelzhanna@ukr.net*

*The complex heat technology processing over of peat
is in-process brought on fertilizers, and a hard remain of peat
is on creation of fuel preforms or granules.*

Keywords: peat, pepperflies, humic substances,
extraction.

ORCID: ¹0000-0001-7871-8774, ²0000-0001-7752-4345,
³0000-0001-7385-8495.

Сьогодні актуальним є питання переходу від
традиційних джерел енергії до комплексного

впровадження нових альтернативних джерел енергії, таких як торф та біомаса.

Торф має значний енергетичний та агрохімічний потенціал і використовується як місцевий вид палива, а також як сировина для виробництва парникових та споживчих ґрунтів і органічних добрив. Торф'яне паливо є найдешевшим і ефективним при транспортуванні на невеликі відстані. Вартість одиниці енергії отриманої з торфу в 3 рази дешевше ніж вартість тієї ж енергії отриманої з природного газу.

Торф також є важливим джерелом гумінових речовин і це обумовлює його широке використання в якості органічного добрива.

Торф'яники - це природні біологічні системи, які знаходяться в стадії безперервного росту. Кожен рік в світі утворюється майже 3 млрд. тонн торфу, що приблизно в 120 разів більше його використання. Згідно резолюції Генеральної асамблеї ООН № 33/148 від 1978р. торф віднесено до поновлюваних джерел енергії.

Такі корисні властивості торфу є причиною того, що енергетики його вважають ефективним місцевим видом палива, а аграрії навпаки наполягають на використанні його тільки як добриво.

Нами розроблена комплексна теплотехнологія переробки торфу на добрива шляхом екстракції гумінових речовин з нього, а отриманий після екстракції твердий залишок торфу змішується з біомасою і гранулюється в паливні брикети або гранули. Таким чином ми отримуємо якісні гумінові добрива і композиційні торфобрикети або торфогранули.

На рисунку 1 представленні торф'яний брикет (а): тиск пресування 120 МПа; вологість 15%; міцність на згин 3,2 МПа; зольність 18-20%; теплота згорання 16 МДж/кг та композиційний торфобрикет (б): тиск пресування 100 МПа; вологість 12%; вміст наповнювача 40%; міцність на згин 5,5 МПа; зольність 10%; теплота згорання 18,4 МДж/кг.

Виготовлення композиційних торф'яних брикетів з вологістю в межах 10 – 15%, вмістом наповнювача до 40%, при тиску брикетування 100 МПа дозволяє зменшити енергетичні витрати на пресування 1 кг брикетів на 12,7 % в порівнянні з існуючими технологіями.



а)



б)

Рис. 1. Торфобрикет: а) торф'яний брикет; б) композиційний торфобрикет

Виходячи із попередніх даних, дослідження по екстрагуванню гумусових та гумінових речовин проводили із зміною концентрації лугу. На рисунку 2 представлені результати дослідження впливу концентрації лугу на вихід гумусової складової у розчин. Із зміною концентрації

розчину лугу 3 % та 5 % відбувається інтенсифікація екстрагування гумусових речовин в 1,2 рази в порівнянні з 1 %. В сухому торфі цей процес проходить інтенсивніше, ніж у фрезерному торфі. Концентрація лугу при екстрагуванні гумусових речовин 3 % та 5 % відрізняються несуттєво. Але із підвищенням концентрації до 5 % потрібно більше гідроксиду натрію, що змінює рН середовища та збільшує вартість виробництва. Тому доцільно при екстрагуванні гумусових речовин, в залежності від цілей використання, екстрагувати гумусову складову від 1 до 3-х % лугу.[1]

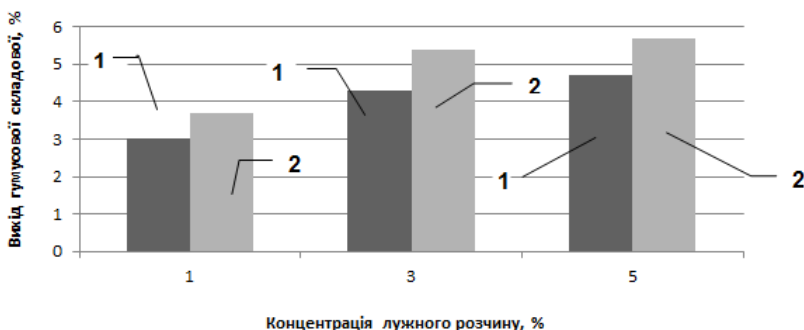


Рис. 2. Вплив концентрації лужного розчину на вихід гумусової складової: 1 – фрезерний торф при температурі 20°C; 2 – «сухий» торф при температурах 20°C

Після проведення досліджень за традиційною технологією із зміною температури, часу та концентрації лугу були визначені оптимальні параметри екстрагування.

Склад функціональних груп і структура молекулярних фрагментів гумінових кислот залежить від способу їх отримання.[2]

Класична технологія добування гумінових речовин з використанням хімічних методів базується на високих температурах суміші, вимагає великих витрат електроенергії.

Нами запропоновано використання замість традиційних гідромеханічних пристроїв, пульсаційних апаратів дискретно імпульсний введення енергії (ДІВЕ).[3]

Розроблена технологія дозволить максимально витягти гумінові речовини з торфу з істотним зменшенням температури і часу екстракції з подальшим застосуванням рідкої фракції в якості добрива, а твердого залишку - після екстракції для виробництва дешевого палива.

Використання кавітації в технологіях отримання гумінових препаратів дає можливість досягнення їх високої фізіологічної активності, великого виходу водорозчинних органічних речовин.

Теплотехнологія передбачає інтегрування технології екстракції гумінових речовин з торфу у виробничий цикл торфобрикетного заводу для виробництва композиційного біопалива. Вилучена гумусова складова компенсується внесенням в паливо рослинної біомаси до 40 %.

Використання гуматів в аграрному секторі підвищує врожайність від 50 до 250 %, а також активізує обмін речовин в живих організмах.

На створену теплотехнологію розроблені і затверджені технічні умови.

Література:

1. Петрова Ж.О. Дослідження режимів екстрагування гумусових та гумінових речовин // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – вип. 47, том 2. – С. 190-194.
2. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах.– К.: Наук. думка, 2008.– 381 с.
3. Чайка О.І., Гоженко Л.П., Іваницький Г.К., Корінчук Д.М. Інтенсифікація процесу диспергування низинного торфу із застосуванням пульсаційного диспергатора // Пром. теплотехніка 2013, т. 35, № 5, с. 22-28.

УДК 664.8.047:621.577

ТЕПЛОНАСОСНА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА

**Ю.Ф. Снежкін¹, Д. М. Чаласєв², Н. О. Дабіжа³,
Р.О. Шапар⁴, Н.С. Малащук⁵,**

*Інститут технічної теплофізики НАН України
вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164
тел.: (+38)044-424-57-03; E-mail: ittf_ntps@ukr.net*

Підвищення ефективності роботи сушильного обладнання можливо вирішити шляхом застосування теплогенеруючих агрегатів теплонасосного типу, в яких здійснюється утилізація теплоти відпрацьованого сушильного агента. Застосування теплових насосів в конвективних сушарках з замкненим контуром циркуляції теплоносія дозволяє скоротити витрати первинної енергії на вилучення вологи в 1,5-2 рази в порівнянні з традиційними конвективними сушарками.

Ключові слова: теплові насоси, сушіння, енерго-ефективність.

HEAT PUMP DRYER

**Yu. Snezhkin¹, D. Chalaev², N. Dabizha³, R. Shapar⁴, N.
Malashchuk⁵**

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine
2, Bulakhovskogo Str, Kyiv, Ukraine, 03164*

Improving the efficiency of operation of drying units can be obtained by applying heat generating units of heat pump type, in which the waste heat drying agent is utilized. The use

of heat pumps in convective dryers with a closed-loop circulation of the heat carrier allows to reduce primary energy consumption for moisture removal in 1,5-2 times in comparison with conventional convective dryers.

Keywords: *heat pump, drying, energy efficiency.*

ORCID: ¹0000-0001-6448-8760, ²000-0002-5154-4257,
³0000-0001-6124-1981, ⁴0000-0001-6448-8760.

Сушіння відіграє важливу роль в багатьох галузях промисловості, таких як деревообробна, текстильна, паперова, харчова та фармацевтична. Також сушіння широко використовується для збереження сільськогосподарської продукції, такої як фрукти, овочі, трави, зерно, насіння. Реалізуються ці процеси основному в конвективних сушильних установках. В той же час сушіння є одним з найбільш енергоємних технологічних процесів, на проведення якого витрачається в середньому 12 % енергії, споживаної в промисловому секторі.

Традиційні конвективні сушильні установки вирізняються низькою енергетичною ефективністю, що пов'язана з великими (до 30 %) втратами теплоти. Основна частина (до 70 %) теплоти втрачається з відпрацьованим сушильним агентом, що йде з сушарки. В цьому випадку рекуперацію тепла відпрацьованого вологого теплоносія доцільно здійснювати за допомогою теплового насоса (ТН).

За результатами досліджень конвективного низькотемпературного процесу зневоднення термолабільних матеріалів в ІТТФ НАНУ розроблена енергоефективна технологія сушіння з змінюваним вологовмістом сушильного

агента та створена теплонасосна сушильна установка камерного типу з такими технічними характеристиками:

Температура сушильного агента	40°–60 °C
Кількість вологи, видаляється з продукту	до 2 л/год
Кількість висушуваного продукту	до 40 кг/доба
Установлена електрична потужність	1,0 кВт
Питомі витрати електроенергії на випаровування вологи	0,3...0,7 кВт-год/л

Конвективна сушарка з теплонапосною системою підготовки теплоносія та процес сушіння в $H-d$ діаграмі показані на рис. 1. Сушарка являє собою шафу, в верхній частині якої знаходиться сушильна камера 2 з піддонами 4 для зневоднюваного матеріалу, а в нижній – агрегатний відсік 3, де розташований теплонасосний агрегат 6.

Робота сушарки здійснюється таким чином. Нагріте у конденсаторі ТН сухе повітря (точка a) надходить до сушильної камери, де обдуває піддони із продуктом і, відбираючи вологу від продукту, адіабатично зволожується (процес $a-b$). Після цього зволожене повітря розділяється на два потоки, один із яких повертається на рециркуляцію, а другий подається в ТН на осушення. Осушуване повітря частково охолоджується в рекуператорі 7 (процес $b-c$), після чого доохолоджується у випарнику ТН (процес $c'-c-d$). При цьому частина вологи, що міститься в повітрі, конденсується, і вода виводиться з об'єму сушильної камери. Після проходження через випарник ТН охолоджене й осушене повітря підігрівається в рекуператорі 7 (процес $d-e$) і змішується з вологим рециркулюючим повітрям (процеси $e-f$ і $b-f$). Змішане повітря (точка f) підігрівається в конденсаторі ТН (процес $f-a$), і цикл повторюється.

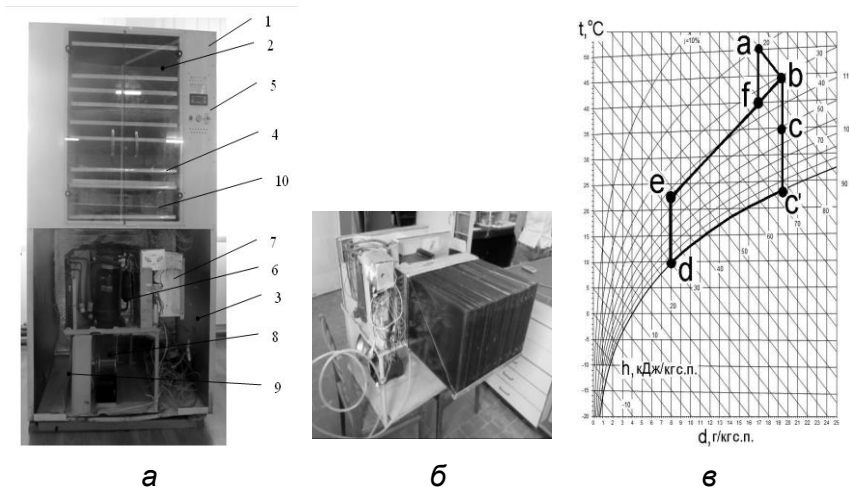


Рис. 1. Експериментальна теплонасосна сушильна установка (а), рекуперативний теплообмінник (б) та процес теплонасосного сушіння в $h-d$ діаграмі (в):

1 – корпус сушарки; 2 – сушильна камера (технологічний відсік); 3 – агрегатний відсік; 4 – піддон; 5 – пульт керування; 6 – теплонасосний агрегат; 7 – рекуператор; 8 – циркуляційні вентилятори; 9, 10 – стативний електронагрівач.

Висновки. Оснащення конвективної сушильної установки теплогенеруючим теплонасосним агрегатом дозволяє створити контрольовані тепловологісні умови сушіння та за рахунок утилізації теплоти відпрацьованого теплоносія знизити в 1,5-2 рази величину питомих енерговитрат на видалення вологи з матеріалу.

Дослідження проводяться в рамках цільової програми наукових досліджень НАН України “Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд” (Ресурс-2) (проект Р 5.8).

УДК 536.62 : 66.099.2

ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ З БІОМАСИ

Є.В. Склярєнко, Л.Й. Воробйов,

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул.

Желябова, 2а, 03057, Київ, тел. (044)456-63-65

¹тел. 068-510-99-02, e-mail: SklyarenkoEV@Nas.gov.ua,

²тел. (044) 453-28-42, e-mail: teplomer@ukr.net

Представлено результати досліджень теплотехнічних характеристик паливних сумішей на основі лушпиння соняшника, соломи пшениці та деревинної тирси із відходами сільськогосподарського виробництва. Запропоновані емпіричні формули для розрахунку нижчої робочої теплоти згоряння композиційних палив у залежності від масового вмісту їх складових. Такі композиційні палива можуть допомогти у розв'язанні проблеми утилізації відходів, вирішуючи як паливну проблему на місцевому рівні, так і проблему забруднення довкілля цими відходами.

Ключові слова: біомаса, композиційне паливо, теплота згоряння, бомбова калориметрія.

THERMAL ENGINEERING ANALYSIS OF BIOMASS FUEL MIXTURES

E.V. Sklyarenko, L.Y. Vorobiov,

Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, Kyiv,

Zhelyabov str. 2a, 03057

¹e-mail: SklyarenkoEV@Nas.gov.ua,

²e-mail: teplomer@ukr.net

The results of thermal characteristics investigations of fuel mixtures that based on husk of sunflower, wheat straw and wood sawdust with agricultural waste are presented. The proposed empirical formulas for calculating the low heating value of composite fuels that depending on the mass content of their constituent. Such composite fuels can help solve the problem of waste disposal, solving both the fuel issue at the local level and the problem of pollution of the environment by these wastes.

Keywords: *biomass, compositional fuel, heat of combustion, bomb calorimetry.*

ORCID: ¹0000-0003-3952-6520, ²0000-0001-7958-6996.

Вступ. Одним з дієвих шляхів вирішення паливно - екологічної проблеми в Україні вбачається в раціональному використанні всіх енергоресурсів, а також у впровадженні нових технологій використання відновлюваних джерел енергії.

Серед відновлюваних джерел енергії біомаса є найбільш ємним і доступним паливним джерелом, основу якого складає біомаса рослинного і тваринного походження сільського і лісового господарства, в силу їх доступності, універсальності мінімального впливу на довкілля, можливості транспортування, накопичення та зберігання і, що головне, її відновлюваності.

Разом з тим, основною перепоною до широкого використання біомаси в енергетиці, є її специфічні теплотехнічні характеристики: широкий фракційний склад, низька насипна і енергетична щільність та висока вихідна вологість, а часто і зольність.

Одним із ефективних способів покращення теплотехнічних характеристик біомаси є її сушіння і

пресування в паливні брикети чи пелети, що дає можливість утилізувати значну кількість відходів сільськогосподарського виробництва, які безпосередньо не можуть бути використані для енергетичних цілей, але які є значним джерелом забруднення довкілля. Ці відходи пресують в суміші з біомасою рослинного походження, утворюючи композиційні палива, енергетичну цінність яких контролюють по теплоті згоряння.

Метою роботи є оцінка можливості використання органічних відходів сільськогосподарського виробництва в суміші із біомасою рослинного походження, при виробництві паливних брикетів чи пелет, шляхом калориметричного та технічного аналізу їх основних теплотехнічних характеристик: теплоти згоряння, вологості та зольності, у відповідності з вимогами існуючих державних і міжнародних стандартів.

Результати досліджень. Об'єктом дослідження були паливні суміші на основі лушпиння соняшника і соломи пшениці з гноєм ВРХ, курячим послідом та шламом полів зрошення, у масовому співвідношенні 60:40 і 40:60, а також суміші деревинної тирси з свинячим гноєм. В ході досліджень проведені вимірювання теплотехнічних характеристик як складових композиційних палив з біомаси, так і їх сумішей.

За результатами прямих калориметричних вимірювань визначалася питома теплота згоряння аналітичної проби палива в калориметричній бомбі. За результатами вимірювань розраховують вищу і нижчу теплоту згоряння аналітичної, сухої і робочої проби палива із врахуванням поправок на створення та розчинення сірчаної та азотної кислоти, а також теплоти конденсації вологи, що міститься в паливі та утворюється при його згорянні.

Зроблено аналіз залежності нижчої теплоти згоряння сухих сумішей від масового вмісту M_i (у %) кожного з компонентів та запропоновано емпіричну формулу для розрахунку, (МДж/кг):

$$q^c_n = 0,141 \times M_{\text{шлам}} + 0,178 \times M_{\text{сол}} + 0,192 \times M_{\text{лушп}} + \\ + 0,199 \times M_{\text{гній}} + 0,114 \times M_{\text{послід}} + 0,161 \times M_{\text{гній_св}} + 0,166 \times M_{\text{тирса}}$$

Аналіз отриманих даних свідчить, що різниця між експериментально виміряними значеннями теплоти згоряння та значеннями отриманими розрахунком за емпіричною формулою не перевищує 11%.

Загалом, для більшості з обстежених компонентів палив (окрім курячого посліду) значення визначеної теплоти згоряння приблизно (із відхиленнями до 15...20%) співпадають з даними, наведеними в технічній літературі. Такі розходження пояснюються різним походженням речовин, їх неоднорідністю, а також різною вологістю, яка не завжди наводиться в літературі. Найбільші розходження характерні для сумішей, до складу яких входить курячий послід, що може бути викликано протіканням біохімічних процесів у посліді під час зберігання, або частковим змішуванням посліду з негорючим підстилаючим ґрунтом.

Висновки. На підставі проведених експериментальних досліджень та розрахунків показана можливість утилізації відходів тваринництва та птахівництва шляхом виробництва композиційних палив, в суміші з біомасою рослинного походження, що дозволить вирішувати на місцевому рівні не тільки паливну проблему, але й проблему щодо зменшення забруднення довкілля такими відходами. Для ефективного використання таких композиційних палив технологія має передбачати попереднє сушіння, сепарацію і подрібнення компонентів, їх змішування та брикетування, зберігання, застосування відповідних топкових пристроїв, видалення та утилізацію золи.

УДК 692+644.1

ТЕПЛООБМІННИЙ АПАРАТ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СТІЧНОЇ ВОДИ ДОМОГОСПОДАРСТВА

Б.І. Басок¹, М.П. Новицкая², М.В. Мороз³,

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул.

Булаховського 2, м. Київ, 03164, Україна, тел.:

+38(044)424-98-80, e-mail: mmarina@ukr.net

В роботі розглянута можливість вилучення теплового потенціалу «сірої» стічної каналізаційної води. Наведено приклад числового розрахунку теплообмінного апарату для утилізації теплоти стічної води домогосподарства. Отримано, що домогосподарство зможе відновлювати частину теплоти, що регулярно втрачається.

Ключові слова: *Енергозбереження, теплообмінник, рекуперація.*

HOUSEHOLD DRAIN WATER HEAT RECOVERY UNIT

B. Basok¹, M. Novitska², M. Moroz³,

Institute of Engineering Thermophysics National Academy of Science of Ukraine, 2 Bulakhovskoho str., Kyiv, Ukraine, 03164

In this article the possibility of energy recuperation from waste water is considered. The example of numerical simulation drain water heat recovery unit in household is represented. It is obtained that household can recuperate some heat that usually consider as a loss.

Keywords: *heat exchanger, recuperation, energy saving.*

ORCID: ¹0000-0002-8935-4248, ²0000-0003-2867-101X.

Нагрівання води для потреб гарячого водопостачання складає 20-25% від загального споживання енергії домогосподарства. Додатково енергія витрачається на нагрівання води в пральних та посудомийних машинах. Витрати на гаряче водопостачання, зазвичай займають друге місце в витратах жилих приміщень, поступаючись по вартості лише опаленню. Утилізація та повторне використання хоча б частини цієї енергії стічної («сірої» каналізаційної) води, дозволить знизити загальне споживання енергії домогосподарства, а також затрати на приготування гарячої води.

В літературі описані різні можливості для вилучення теплового потенціалу стічної води. Однією із можливостей є пристрої, що можуть бути встановлені безпосередньо у споживача. Концепція такого пристрою базується на вилученні теплоти цієї так званої «сірої» води. Ця теплота може бути використана для попереднього підігріву холодної води.

Існує наступна класифікація теплообмінників для утилізації теплоти стічної води: трубні (вертикальні та горизонтальні) та об'ємні. Дані щодо вертикальних трубних теплообмінників є в роботах [1,2,4-7], а про горизонтальні - в [3,4]. Об'ємний теплообмінник також описано в роботі [4].

В теперішній час багато квартир в багатоповерхових або приватних будівлях обладнано електричними бойлерами або газовими котлами для нагріву гарячої води. В такому випадку холодна вода підводиться до джерела теплоти (бойлер або газова колонка) підігріває її до

температури 50-70 °С, а після цього подається до змішувача, де перемішується із холодною водою. Після використання така вода із температурою 38-40 °С просто зливається в каналізацію

Пристрій, що розробляється, горизонтального типу, може бути розташований, під ванною або душовою кабіною та підігрівати воду холодного контуру, що подається в бойлер, а також воду що подається безпосередньо на пристрій, що змішує воду перед подачею в душову рис. 1. Це призведе до зменшення витрати електричної енергії або газу на підігрів води, та загальну витрату гарячої води, та буде сприяти зменшенню затрат енергії.

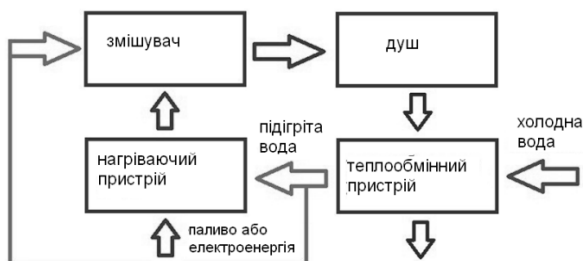


Рис. 1. Схема руху рідини при використанні пристрою для утилізації теплоти стічної води

При використанні душа або ванної цей пристрій для утилізації наповнюється теплою стічною покриваючи труби теплообмінника, в яких протікає холодна вода. Після наповнення до рівня зливного отвору «сіра» стічна вода починає уходити в систему водовідведення. При цьому бак наповнено теплою «сірою» водою. В то же самий час, як тільки починається розбір гарячої води, бойлер починає наповнюватись холодною водою, що попередньо протікає

через труби теплообмінника з іншого боку та нагрівається від «сірої» води. Крім цього можливо також робити попередній підігрів холодної води перед подачею на змішувач, що дає можливість скоротити кількість гарячої води, що використовується і причому зберегти комфортні умови прийняття гігієнічних процедур

Література:

1. А. Обидный, Э. Малкин, А. Яценко. Анализ существующих устройств и систем отбора низкопотенциальной теплоты сточных вод систем канализации // *Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym*. – 2015. – Vol. 1., N 15. – P. 143-151.
2. L.T. Wong, K.W. Mui, Y. Guan. Shower water heat recovery in high-rise residential buildings of Hong Kong // *Applied Energy*. – 2010. – Vol. 87. – P. 703–709.
3. J. Vaičiūnas, V. Geležiūnas, R. Valančius, A. Jurelionis, T. Ždankus. Analysis of Drain Water Heat Exchangers System in Wellness Center // *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. – 2016. – Vol. 4. – P.15-23.
4. Daniel Sty's, Sabina Kordana. Financial analysis of the implementation of a Drain Water Heat Recovery unit in residential housing // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 71. – P. 1–11.
5. D. Picard, V. Delisle, M. Bernier, M. Kummert. On the combined effect of wastewater heat recovery and solar domestic hot water heating // *Canadian Solar Buildings Conference, Montreal, August 20-24, 2004*.
6. Kamyar Tanha, Alan S. Fung, Rakesh Kumar. Performance of two domestic solar water heaters with drain water heat recovery units: Simulation and experimental investigation // *Applied Thermal Engineering*. – 2015. – Vol. 90. – P. 444-459.
7. Daniel Sty's, Sabina Kordana. Financial analysis of the implementation of a Drain Water Heat Recovery unit in residential housing // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 71. – P. 1–11.

УДК 620.92

ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ЗА ДОПОМОГОЮ БУРИХ ВОДОРОСТЕЙ

Н.Б. Голуб¹, І.І. Левтун²,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут ім. І.Сікорського»*

¹тел.0442049779 e-mail: golubnb@ukr.net

Запропоноване технологічне рішення підвищення ліпідної фракції в бурих водоростях за допомогою дії ультразвукового опромінення частотою 20 кГц з потужністю 5 Вт/м². Використання ультразвукового опромінення підвищує вміст ліпідів удвічі. Використання опромінення частотою 50 кГц дозволяє підвищити вилучення ліпідної фракції з клітин у 3 рази.

Ключові слова: *бурі водорості, ультразвукове опромінення, ліпіди, біодизель, культивування.*

OBTAINING BIODIESEL USING BROWN ALGAE

N.B. Golub¹, I.I. Levzun²,

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute",*

¹tel.: 0442049779, e-mail: golubnb@ukr.net

Technological solution for lipid fraction content increase in brown algae using ultrasound treatment at a frequency of 20 kHz with a power of 5 W / m² is proposed. The use of ultrasound irradiation increases the lipid content by half. The application of ultrasonication at a frequency of 50 kHz can increase the efficiency of lipid fraction extraction from cells by 3 times.

Keywords: *brown algae, ultrasound, lipids, biodiesel, cultivation.*

ORCID: ¹0000-0003-1448-1872, ²0000-0003-2498-035X.

На сьогоднішній день в усьому світі активно переходять на використання альтернативних джерел енергії через зменшення запасів викопних енергоносіїв та необхідність зменшити негативний вплив на довкілля при його використанні.

Біодизельне паливо є стійкою альтернативою дизелю, одержаному з нафти. Але біодизель одержаний з вищих рослин має суттєвий недолік оскільки такі культури використовують землі сільськогосподарського призначення, і також призводять до виснаження та ерозії родючих ґрунтів. Біодизель, одержаний з водоростей, немає такого недоліку оскільки їх можна вирощувати на непридатних для землеробства ґрунтах, як у відкритих водоймах, так і в закритих системах. Водорості також мають більшу продуктивність і, як наслідок, мають більший вихід палива з 1 м² поверхні. Потенційно високопродуктивними продуцентами ліпідів являються бурі водорості.

Метою роботи є підвищення вмісту ліпідної фракції в бурих водоростях за допомогою дії фізичних факторів.

Бурі водорості мають подібний до інших класів водоростей жирно-кислотний склад ліпідної фракції, та однакові метаболічні шляхи їх синтезу. Найбільш високопродуктивними видами є морські форми, для культивування яких необхідна вода з підвищеною солоністю.

Зміна метаболізму бурих водоростей відбувається під впливом стресових факторів. Підвищений вміст ліпідів характерний для клітин, що вирощують в умовах недостатньої кількості нітрогену та сульфору, але за таких умов знижується приріст біомаси і такі методики не є ефективними для промислового виробництва. Одним з факторів, що впливає на метаболізм клітин, є їх опромінення різними довжинами хвиль звукового та ультразвукового спектру, раціональні значення яких необхідно визначити.

Найбільш інтенсивно на розвиток клітин зелених мікроводоростей впливає дія ультразвукового опромінення (20 кГц). Під дією такої частоти збільшується біосинтез хлорофілу, і, відповідно, інтенсивність фотосинтезу.

Клітинна стінка бурих водоростей має дво- або тришарову структуру. Внутрішній шар містить переважно волокна з целюлози, зовнішній пектиновий шар містить альгінову кислоту, її натрієву сіль, фукоїдан та інші сульфатовані полісахариди. Розчинні альгінати входять до складу матриксу клітинної стінки, іноді на їх частку припадає до 40% сухої ваги водоростей.

Опромінення ультразвуком бурих водоростей призводить до підвищення інтенсивності синтезу ліпідів та приросту біомаси. Зміна метаболізму бурих водоростей в бік підвищеного біосинтезу триацилгліцеролів без зменшення швидкості приросту біомаси залежить від інтенсивності опромінення. Показано, що для одноклітинних мікроводоростей висока інтенсивність опромінення небезпечна оскільки резонансні коливання в мембранах призводять до їх пошкодження, руйнування і, як наслідок, загибелі клітин.

Для бурих водоростей через більш міцну мембрану та початково тканинну будову дозволяє використовувати опромінення більшої інтенсивності або поєднувати опромінення з іншими факторами впливу. Показано, що застосування ультразвукового опромінення підвищує проникність мембран та підвищує вміст ліпідної фракції вдвічі по відношенню до умов без опромінення.

Для одержання біодизельного палива з бурих водоростей пропонується використання відкритих водойм з морською або водою з підвищеною солоністю, де при нарощуванні біомаси проводиться короткочасне опромінення ультразвуком частотою 20 кГц. Термін вирощування залежить від виду водоростей. Найбільш продуктивними є види *Cystoseira indica*, вміст ліпідів в яких за опромінення може досягати 10%.

Для видалення ліпідної фракції також використовується ультразвукове опромінення високої потужності частотою 50 кГц. Опромінення дає змогу підвищити вихід ліпідної фракції у 3 рази.

Залишки біомаси водоростей можуть використовуватися як кормова добавка для худоби або птиці або для подальшої ферментації у біоетанол чи біогаз. При використанні біомаси бурих водоростей для ферментації необхідно зменшити вміст альгінатів оскільки зазвичай асоціації мікроорганізмів нездатні до їх руйнування або необхідно застосовувати генетично модифіковані штами.

З одержаної ліпідної фракції за стандартною технологією одержують біодизель.

УДК 620.92

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ
ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА ДЛЯ ОТРИМАННЯ
ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА**

Я.Д. Ярош,

*Житомирський національний агроекологічний
університет, вул. Старий бульвар 7, м. Житомир, 10008,
Україна, тел. +38(67)7962449, e-mail:
yaroslav.yarosh76@gmail.com*

*У роботі отримані залежності котрі дозволили
виконати теоретичне обґрунтування конструктивно-
режимних параметрів змішувача із дисковою форсункою
для отримання дизельного біопалива.*

Ключові слова: біопаливо, змішувач, дискова
форсунка.

**JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-MODE MIXTURE
PARAMETERS FOR DIESEL BIOFUEL.**

Ya.D. Yarosh,

*Zhytomyr National Agroecological University, 7 Staryi Blvd.
str., Zhytomyr, 10008, Ukraine, tel. +38 (67) 7962449, e-mail:
yaroslav.yarosh76@gmail.com*

*In the work dependencies which allowed to perform the
theoretical substantiation of the design-mode parameters of
the mixer with a disk injector for diesel biofuel production were
obtained.*

Keywords: biofuel, mixer, disk nozzle.

ORCID: 0000-0001-6590-7058.

Створення енергозберігаючого обладнання для виробництва дизельного біопалива палива в умовах агарних підприємств на сьогодні є актуальною задачею.

Дизельне біопаливо отримують в результаті процесу переетерифікації [1-3]. Для процесу переетерифікації рослинних олій запропоновано циркуляційне перемішування, що здійснюється багатократним перекачуванням емульсії за замкненим контуром. Для цього у верхній частині реактора встановлено дискову форсунку із можливістю її руху вздовж осі реактора.

При проходженні емульсії через дискову форсунку створюється турбулентний потік що забезпечує необхідну ефективність перемішування емульсії у прошарку фіксованої висоти.

Потік емульсії, що витікає із дискової форсунки, розширюється по периметру, утворюючи круговий просторовий факел розпилю.

Розглянемо два кільцевих елемента потоку емульсії шириною l_0 , на початку потоку (при виході із форсунки) та в кінці потоку на відстані l_x від сопла форсунки (рис.1).

Запишемо рівняння потоку як різницю кінетичних енергій в кільцевих елементах на початку та в кінці потоку. Будемо вважати, що потоку емульсії протидіють сили гідростатичного тиску F_p , сили гідравлічного тертя F_t та сила гідравлічного опору F_o (рис. 1):

$$\frac{m_0 v_0^2}{2} - \frac{m_x v_x^2}{2} = l_0 (F_{p0} + F_{o0} + F_{t0}) - (l_x + l_0) (F_{px} + F_{ox} + F_{tx}). \quad (1)$$

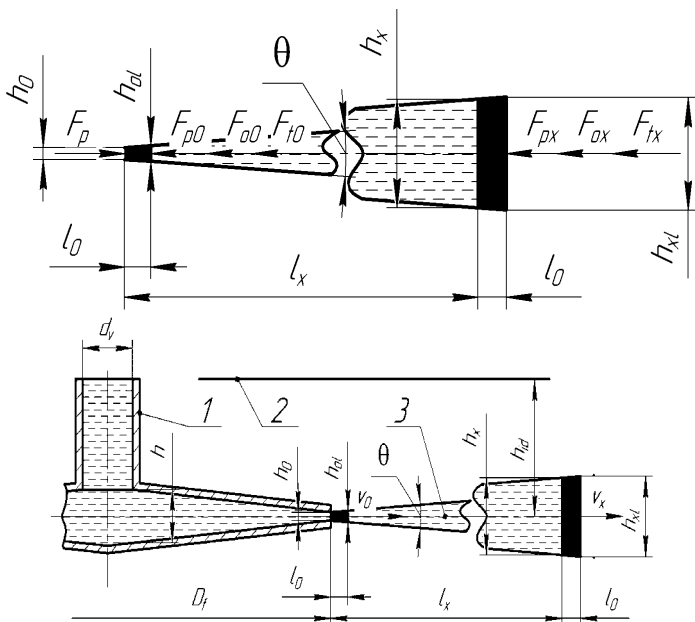


Рис. 1. Схема основних сил що діють в елементах потоку емульсії: 1 – дискова форсунка; 2 – вільна поверхня емульсії; 3 – потік емульсії; h – початкова товщина дискової форсунки, м; h_0 – початкова товщина потоку емульсії на початку потоку (зазор між дисками форсунки), м; h_x – початкова товщина перерізу потоку в кінці потоку, м; h_{a0} – кінцева товщина потоку емульсії на початку потоку, м; h_{x0} – кінцева товщина перерізу в кінці потоку, м; l_x – довжина потоку емульсії, м; l_0 – ширина досліджуваного кільця у потоці емульсії, м; D_f – діаметр дискової форсунки, м; d_v – діаметр вхідного отвору дискової форсунки, м; θ – кут розширення потоку, рад; v_0 – середня швидкість емульсії на початку потоку, м/с; v_x – середня швидкість емульсії в кінці потоку, м/с; h_{id} – глибина занурення форсунки, м; F_{p0} – сила гідростатичного тиску на кільце емульсії на початку потоку, Н; F_{px} – сила гідростатичного тиску на кільце емульсії в кінці потоку, Н; F_{t0} – сила гідралічного тертя на початку потоку, Н; F_{tx} – сила гідралічного тертя в кінці потоку, Н; F_{a0} – сила гідралічного опору на початку потоку, Н; F_{ax} – сила гідралічного опору в кінці потоку, Н; F_p – сила тиску гідралічного насоса

В результаті математичних перетворень встановлено залежність для визначення осьової швидкості в кінці потоку емульсії:

$$v_x = \sqrt{\frac{m_0 v_0^2 - 2 \left(l_0 (F_{p0} + F_{o0} + F_{t0}) - (l_x + l_0) (F_{px} + F_{ox} + F_{tx}) \right)}{m_x}} \quad 1)$$

Розв'язок рівняння (1) дозволяє встановити зміну осьової швидкості потоку емульсії за його довжиною в залежності від подачі гідронасоса Q_0 , динамічної в'язкості η та густини емульсії ρ , глибини занурення дискової форсунки h_{id} та зазору між дисками форсунки h_0 .

Література:

1. Кухарець С. М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. *Механіко-технологічні основи: монографія [Текст]* / С.М. Кухарець – Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 192 с. Кухарець С. М.
2. *Modification of Biodiesel Reactor by using of Triple Obstacle within the Bubble Column Reactor [Text]* / D. Wulandani, F. Ilham, Y. Fitriyan, A. Siswantara, H. Nabetani, S. Hagiwara // *Energy Procedia*. – Vol. 65. – 2015. – P. 83–89.
3. *Виробництво та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій [Текст]* / [Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, С. М. Кухарець]. – К. : НУБіП України, 2015. – 119 с.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РІДКОГО МОТОРНОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

Г.Г. Дідківська¹, А.Г. Грицай²,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича, 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел./факс: +38(044) 206-28-09, e-mail: www.ive.org.ua*

Проаналізовано наявний енергетичний потенціал рідких біопалив в Україні для його використання згідно з національним планом дій з відновлюваної енергетики до 2020р.

Ключові слова: біопаливо.

THE PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF LIQUID MOTOR FUEL IN UKREN

G. Didkivska¹, A. Hrytsai²,

*The Institute of Renewable Energy, National Academy of
Sciences of Ukraine,
20A Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine 02094,
tel./fax: +38(044)206-28-09, e-mail: www.ive.org.ua*

The available energy potential of liquid biofuels in Ukrain for its use has been analyzed in accordance with the National Penewable Energy Action Plan until 2020

Keywords: biofuel.

ORCID: ¹0000-0002-8314-96-06, ²0000-0002-2737-5932.

Термін «біопаливо» включає в себе поняття твердого, рідкого і газоподібного біопалив. У його

використанні як екологічно чистого альтернативного заміника викопного палива є переваги:

- ✓ біопаливо – відновлюваний ресурс, тому воно є довгостроковим і надійним джерелом енергії;

- ✓ на кожному з етапів виробничого циклу та використання біопаливо продукує набагато менше парникових газів порівняно традиційними видами енергії.

Директива Євросоюзу RED (Renewable Energy Directive) 2009/28/ЄС як обов'язковий показник запроваджує 10 % використання відновлюваної енергії у транспортному секторі і 20% відновлюваної енергії в структурі загального споживання енергії до 2020 року [1].

Сьогодні більше половини виробленого в світі етанолу використовується як добавка до палива для двигунів внутрішнього згорання. Експерти зазначають, що використання бензину з вмістом до 15 % етанолу не вимагає зміни конструкції сучасних двигунів внутрішнього згорання і допоміжних пристраїв до них. Проте для підтримки рентабельності виробництва паливного етанолу в Україні необхідним є запровадження державного субсидювання.

У декількох країнах ЄС на разі проводиться національна політика стимулювання використання біопалива, проте після прийняття директиви RED 2009/28/ЄС вона має бути запроваджена у значній кількості країн. Окрім цього, Директива потребує ініціації декларування фактичних показників викидів парникових газів на стадії обробки сировини при виробництві біопалива (наприклад, CO₂, N₂O, CH₄). Всі учасники виробничого циклу біопалива – від вирощування сировини до її подальшої переробки – зобов'язані вести облік

викидів парникових газів і надавати відповідні звіти у державні установи.

На сьогодні в Україні немає розрахунків щодо кількісних характеристик викидів парникових газів при виробництві сільськогосподарської продукції. Так, наприклад, парникові гази, що потрапляють у атмосферу під час виробництва кукурудзи, у декілька разів перевищують допустимі для ЄС показники норми [2]. Така ситуація значно обмежує експорт цієї культури на преміальний ринок ЄС, що в подальшому безпосередньо впливає на валютні надходження в Україну.

Для утримання позицій вітчизняних сільськогосподарських культур на ринках ЄС необхідним є зниження викидів парникових газів. Окрім цього, компетентні державні органи мають створити та затвердити звіт щодо викидів парникових газів при вирощуванні та поводженні з сільськогосподарськими культурами, що використовуються для виробництва біопалива. Такий підхід дасть змогу втримати позиції на міжнародному ринку та нарощувати об'єми експорту на ринки ЄС.

Загалом Україна має сприятливі умови для виробництва біопалива з наявної сільськогосподарської сировини. На думку експертів [3], загальний обсяг потенційно виробленого «зеленого» дизеля і моторного етанолу може досягати 500 тис. т щорічно, що дасть змогу забезпечити до 60 % загальної потреби країни в дизпаливі і до 10 % у бензині.

Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року [4] передбачено використання біоетанолу до 320 тис. т н. е./рік та біодизельного палива до 70 тис. т н. е./рік. Наявний

енергетичний потенціал рідких біопалив є достатнім для виконання Україною намічених показників їхнього використання.

При загальній світовій тенденції до збільшення цін на нафту розширення вирощування ріпака та організація виробництва біодизельного палива з насіння ріпака із застосуванням новітніх світових технологій та обладнання є одним з пріоритетних стратегічних завдань держави в галузі енергетики.

Висновок. Перевагою використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, до яких належить біопаливо, є невичерпність та екологічна чистота, яка сприяє поліпшенню екологічного стану довкілля.

Для України виробництво біодизельного палива з насіння ріпака із застосуванням новітніх світових технологій та обладнання є одним із пріоритетних стратегічних завдань держави в галузі енергетики. На разі майже все зібране насіння ріпака експортується, разом з тим потужності вітчизняних підприємств достатні для його переробки на олію як проміжну сировину для виробництва біопалива.

Література:

1. Директива європейського парламенту та ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року, про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС. - Офіційний вісник Європейського Союзу.
2. <https://biz.nv.ua/experts/eksport-selkhozproduksii-v-es-na-biotoplivo-pod-uhrozoj-2509831.html>
3. <https://ukrenerho.com/rinok-biopaliwa-problemi-i-perspektivi/>
4. <http://saee.gov.ua/documents/NpdVE.pdf> Проект Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року (НПД ВЕ) розробленого - Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України.

УДК 620.92

БІОТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ

Н.Б. Голуб¹, М.В. Потапова²,

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут ім. І.Сікорського»*

¹тел.0442049779 e-mail: golubnb@ukr.net

Запропоноване технологічне рішення утилізації післяспиртової барди. На першій стадії відбувається нейтралізація значення рН за рахунок введення один раз на 30 діб посліду. Щодобово заміщується 1/6 частини збродженої сировини на свіжу післяспиртову барду. На другій стадії – метанове зброджування рідкої фракції після першого реактора. Загальний вихід біогазу 334 см³/г СОР.

Ключові слова: *післяспиртова барда, послід, косубстрат, біогаз, коферментація.*

TECHNOLOGY FOR AFTER ALCOHOL BARD UTILIZATION

N. B. Golub¹, M. V. Potapova²

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"*

Proposed technological solution for after-alcohol bard utilization. At the first stage, the pH value is neutralized by introducing poultry droppings once every 30 days. Daily 1/6 part of the fermented raw material is replaced by fresh after-alcohol bard. At the second stage, after the first reactor - methane fermentation of liquid fraction takes place. Total biogas yield 334 cm³ / g of dry organic mass.

Keywords: *after-alcohol bard, poultry droppings, co-substrate, biogas, co-fermentation.*

ORCID: ¹0000-0003-1448-1872, ²0000-0001-9689-3912.

Основною проблемою для отримання біогазу при ферментативній анаеробній утилізації післяспиртової зернової барди є низьке значення рН. Виходячи з кількості її утворення (12-15 л на літр спирту [1]) застосування хімічних речовин для підвищення значення рН є нерентабельним. При цьому також відбувається забруднення води солями, що впливає на її очищення. Тому розробка біотехнології утилізації барди з одержання біогазу є актуальною проблемою сьогодення.

Метою роботи є визначення параметрів процесу зброджування післяспиртової зернової барди.

Для підвищення значення рН барди запропоновано додавати послід. Окрім стабілізації рН послід забезпечує асоціацію мікроорганізмів усіма необхідними біогенними елементами.

Дослідження проводили у ферментерах об'ємом 1,5 л, з коефіцієнтом заповнення 0,8, в мезофільному режимі ($T=40\pm 2^{\circ}\text{C}$), при перемішуванні 60 об/хв. Для запуску ферментаційного процесу використовували співвідношення барда/послід за сухою органічною речовиною (COP) 1:1,7. Для збору біогазу були використані газгольдини мокрого типу.

На рис.1 наведено загальний вихід біогазу за 30 діб ферментації при щодобовому заміщенні різних об'ємів зброженого субстрату на свіжу післяспиртову барду. При кожному заміщенні на визначений об'єм барди значення рН знижувалось на $0,3\pm 0,1$. Було встановлено, що за таких умов система залишається стійкою до зміни рН. шляхів асоціації мікроорганізмів в процесі зброджування.

Як видно з рис.1 оптимальним об'ємом заміщення для одержання максимального виходу біогазу є 1/6 частина. За таких умов вихід біогазу та метану збільшується на 23% по відношенню до заміни 1/8 частини об'єму. При збільшенні замінюваної частини відбувається поступове закисання середовища в процесі ферментації, про що свідчить зниження виходу біогазу. Стабілізація та регуляція рН

відбувається за рахунок наявності компонентів посліду та продуктів метаболічних шляхів асоціації мікроорганізмів в процесі зброджування.

Вихід біогазу з першого реактора складає $265 \text{ см}^3/\text{г СОР}$, вміст метану в біогазі становить $70 \pm 2\%$.

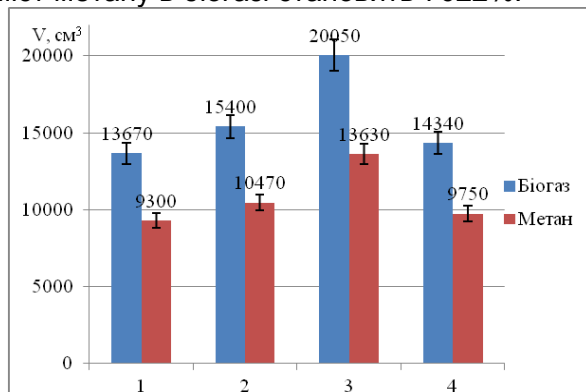


Рис.1. Загальний вихід біогазу та метану (V) за 30 діб ферментації за різних об'ємів заміщення: 1 – 1/10 частина робочого об'єму заміщено на свіжу барду; 2 – 1/8; 3 – 1/6; 4 – 1/5.

Рідка фракція частини збродженої сировини (1/6 об'єму), що замінюється, після відстоювання направляється у другий ферментер. За використання гранульованого мулу вихід біогазу складає $69 \pm 2 \text{ см}^3/\text{г СОР}$.

Тобто за використання двостадійної технології, де на першій стадії використовується як косубстрат – послід, на другій – стічна вода після першого ферментера, досягається більш повне перетворення післяспиртової барди в біогаз. Загальний вихід біогазу складає $334 \text{ см}^3/\text{г СОР}$.

Література:

1. Hutnan M., Hornak M., Bodík I., Hlavacka V. Anaerobic Treatment of Wheat Stillage. Chem. Biochem. Eng. Q. – 2003. – № 17(3). – P. 233–241.

УДК 620.952

ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ БІОВУГІЛЛЯ ДО СУБСТРАТІВ ПРИ АНАЕРОБНОМУ БРОДІННІ

З.В. Маслюкова,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича, 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел./факс +38(044)206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

Розглядаються питання ефективності додавання різних видів біовугілля до субстрату на вихід біогазу при анаеробному бродінні.

Ключові слова: *біовугілля, субстрат, біогаз, мікробні популяції.*

CONCERNING THE EFFECTIVENESS OF THE INTRODUCTION OF BICARBONATE TO SUBSTRATES UNDER ANAEROBIC DIGESTION

Z. Masliukova,

*Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of Ukraine, 20a, Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094,
tel./fax: +38(044)206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

The questions of the effectiveness of adding different types of bio-coal to the substrate for the extraction of biogas with anaerobic digestion are considered.

Keywords: *bio-coal, substrate, biogas, microbial populations.*

ORCID: 0000-0002-4180-7930.

Велике значення для підвищення ефективності роботи біоенергетичних установок має застосування методів іммобілізації мікроорганізмів. При цьому відбувається збільшення концентрації біомаси в одиниці об'єму реактору, та вихід метану.

В якості іммобілізанта та адсорбента можливо розглядати біовугілля, оскільки воно має велику пористу структуру (8-20 нм). В різних країнах ведуться дослідження проблеми внесення біовугілля до субстратів при анаеробному бродінні. Декілька авторів провели лабораторні випробування для визначення дії біовугілля на збільшення виходу метану. Результати змінювалися від 8% до 31% [1,2].

В роботі [1] наводяться відомості про те, що внесення біовугілля, виробленого з деревини до коров'ячого гною збільшило виділення біогазу на 17%. Розкладання летких речовин збільшилося до 34%, а зниження ХСК - до 69%.

В роботі [2] наводяться відомості про те, що внесення біовугілля до субстрату збільшило вироблення біогазу на 31% після 30 днів бродіння.

В Інституті відновлюваної енергетики НАН України також проведено експерименти стосовно додавання різних видів біовугілля до субстрату при анаеробному бродінні.

Експерименти було проведено на установці, схема та фото якої наведено в роботі [3]. Метою проведення експериментів було дослідження впливу біовугілля на вихід біогазу. Було підготовлено п'ять субстратів. Чотири з них містили біовугілля масою 25 г: БВ-СК; БВ-ЛС; БВ-ДТ; БВ-СС, вироблене відповідно з таких видів сировини: стебел кукурудзи; лушпиння соняшнику; деревних трісок; стебел соняшнику. Контрольний субстрат БВ-0 був без біовугілля. В результаті за 30 днів бродіння було отримано

2,53 дм³; 2,32 дм³; 2,36 дм³; 2,73 дм³ та 2,9 дм³ біогазу в субстратах БВ-0; БВ-СК; БВ-ЛС; БВ-ДТ; БВ-СС відповідно.

Встановлено, що додавання біовугілля до субстрату, який складається з коров'ячого гною, на вихід та динаміку утворення біогазу з урахуванням похибок вимірювання впливає несуттєво. Найбільший вихід біогазу було зафіксовано для субстратів, до яких вносили біовугілля, виготовлене зі стебел соняшнику та деревних трісок. Для цих субстратів вихід біогазу збільшився на 15 % і на 7 % відповідно.

Висновки. Проведені дослідження засвідчили, що деякі види біовугілля іммобілізують мікробні популяції. Для збільшення іммобілізуючого простору біовугілля слід рівномірно розподілити по усьому об'єму реактора, наприклад, закріпивши його на стрічках.

Література:

1. Kumar S., Jain M.C., Chhonkar P.K. A note on stimulation of biogas production from cattle dung by addition of charcoal // *Biol. Wastes.* – 1987. – 20. – pp. 209 – 215.
2. Inthapanya S., Preston T.R., Leng R.A. Biochar increases biogas production in a batch digester charged with cattle manure // *Livest. Res. Rural Dev.* – 2012. – p. 24.
3. Четверик Г.О. Енергоефективне перетворення рідких відходів газифікації біомаси в біогазовій установці: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.14.08 –Перетворення відновлюваних видів енергії / Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2018. – 166 с.

УДК 628.35:628.385:663.142

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНДЕНСАТУ ГАЗИФІКАЦІЇ БІОМАСИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

Г.О. Четверик¹, Є.Г. Новицька²,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
вул. Гната Хоткевича 20а, м. Київ, 02094, Україна,
тел.: 044 206-28-09, e-mail: biomassa@ukr.net*

Проаналізовано можливості використання рідких відходів газифікації біомаси для отримання біогазу в біогазових установках.

Ключові слова: *біогаз, газифікація біомаси, конденсат.*

PERSPECTIVE USING CONDENSATE OF BIOMASS GASIFICATION FOR BIOGAS PRODUCTION

H.Chetveryk¹, E. Novytska²,

*Institute of Renewable Energy of National Academy of Science
of Ukraine, 20a Hnata Khotkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

The possibilities of using liquid waste of biomass gasification for biogas production on the biogas plant are analyzed.

Keywords: *biogas, biomass gasification, condensate.*

ORCID: ¹0000-0001-9398-1968, ²0000-0001-9217-4099.

В Україні з'являються крупні газогенераторні установки – м. Малин, м. Вінниця. Також діє багато піролізних установок з виготовлення деревного вугілля. На даний час з України експортується 50 тисяч тонн

деревного вугілля щорічно. При газифікації та піролізі біомаси утворюється конденсат. Для деревної біомаси, конденсату може утворюватись від 30 до 50 % від маси палива. Конденсат містить шкідливі для довкілля речовини, зокрема феноли. Отож перед тим як скидати конденсат в каналізаційну мережу чи водойми необхідно його очищувати.

В Інституті відновлюваної енергетики НАН України проведено дослідження з метанової конверсії субстратів, що складаються з коров'ячого гною та конденсату газифікації різних видів біомаси, а саме деревної тріски, кісток великої рогатої худоби та паливних гранул з каналізаційного мулу. Проведеними експериментами було показано реальну можливість метанової конверсії зазначених субстратів та встановлено раціональні параметри процесу бродіння, а саме масову частку конденсату в субстраті, що має не перевищувати 8 % та вміст сухої речовини в субстраті, що становить 8% [1-3].

Запропоновано принципову схему сумісної роботи біогазової та газогенераторної установок. Згідно якої створюється комплексна енергетична установка, що складається з анаеробного реактора та газогенератора. Гарячий газ, який утворюється в газогенераторі охолоджується і барботує в реактор біогазової установки. При цьому органічні кислоти, фенольні сполуки, розчинні смоли конденсуються в реакторі та змішуються з коров'ячим гноєм. Теплота генераторного газу використовується як для підігрівання свіжого субстрату так і для підтримування необхідної температури всередині анаеробного реактора.

Для діючих газогенераторних або піролізних установок пропонується перевозити конденсат до

біогазової установки. Такий підхід не передбачає використання фізичної теплоти генераторного газу.

Література

1. Ключ В.П. Переробка конденсату газогенераторної установки в біогаз / В.П. Ключ, Г.О. Четверик // *Відновлювана енергетика*. – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2017. – № 4. – С. 84 – 92.
2. Ключ В.П. Технології переробки осадів стічних вод каналізаційних споруд / В.П. Ключ, Г.О. Четверик, З.В. Маслюкова // *Відновлювана енергетика*. – 2018. – № 1. – С. 78 – 84.
3. Четверик Г.О. Енергоефективне перетворення рідких відходів газифікації біомаси в біогазовій установці: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.14.08. «Перетворювання відновлюваних видів енергії» / Г.О. Четверик – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2018. – 24 с.

УДК 662.6/.9, 661.9, 662.7, 665.6, 662.7, 66.04

**ЕНЕРГЕТИЧНА ГАЗОГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ
УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТПВ ТИПУ
РДФ**

С.В. Мельник,

*ТОВ "Вільна енергія ІФ", м. Калущ Івано-Франківська обл.,
вул. Б. Хмельницького, 88.*

тел. 050 4348357, e-mail: freedomenergyif@ukr.net

*У роботі показана газогенерація біомаси і ТПВ з
отриманням енергетичних газів, теплової енергії,
електроенергії.*

Ключові слова: *газогенерація біомаси і ТПВ,
енергетичні гази, тепла енергія, електроенергія*

**POWER GAS GENERATOR FOR UTILISATION OF SOLID
HOUSEHOLD WASTE SOLID WASTE MSW - TYPE RDF**

S.V. Melnyk,

*LLC "Free Energy IF", m.Kalush, Ivano -Frankivsk region, street
B.Khmelnitsky,88, tel.[0504348357](tel:0504348357), e-mail*

freedomenergyif@ukr.net

*The paper shows the gas generation of biomass and solid
waste with the production of energy gases of thermal energy,
electricity.*

Keywords: *gas generation biomass and solid waste, gas
gases, thermal energy, electricity.*

ORCID: 0000-0001-7279-7600.

Пропонується газогенераторна установка, в якій переробляються оброблені тверді побутові відходи типу РДФ на енергетичний газ, пічне паливо, піровуглець, нагріті теплоносії. Енергетичний газ - це суміш горючих газів (метан, пропан-бутан, водень, оксид вуглецю та спирти. Енергетична газогенераторна установка для утилізації ТПВ відноситься до рубрики діючої редакції МПК F 02C 3/00 C 10J 3/00. Галузь техніки до якої відноситься дана установка – це піролізні котли і газогенераторні котли. Енергетична газогенераторна установка для утилізації ТПВ типу РДФ це продовження і вдосконалення енергетичної газогенераторної установки (патент на корисну модель №112162.) Суть даної корисної моделі – це утилізація ТПВ типу РДФ на газогенераторній установці без шкоди навколишньому середовищу з отриманням корисних продуктів(суміш енергетичних газів, піровуглець, пічне паливо, нагрітий теплоносій). Процес розкладання ТПВ проходить в газогенераторі за допомогою брикетованих або гранульованих відходів деревини. Також можна використовувати гранульовані або брикетовану соломку, листя, торф, вугілля, гранульовані відходи тваринництва, деревні відходи і все те, що сухе (15-20% вологості), гранульоване, брикетоване, тверде, більших кусків і горить.

В газогенераторі проходить процес газогенерації відходів. Температура в активній зоні 1000-1200°C. В зоні сухої перегонки температура 150-600°C де ТПВ типу РДФ перетворюються з твердого стану спочатку в рідкий, а потім в газоподібний стан. В газоподібному стані ТПВ проходить через активну зону де температура 1000-1200°C, де знешкоджуються всі канцерогени і шкідливі компоненти.

Далі газова суміш поступає в ректифікаційні колони з трубчастими теплообмінниками. ТПВ які не перетворилися в газову суміш у вигляді піровуглецю просипаються через рухому рушту і через шнек подаються в закриту ємність. В нижній частині газогенератора розміщений шнек яким відводиться піровуглець в закриту ємність щоб не було доступу повітря бо гарячий піровуглець при контакті з повітрям загоряється. В середині ректифікаційних колон по трубчастому теплообміннику циркулює вода яка охолоджує газову суміш і проходить процес конденсації вуглеводнів по фракціях. В залежності від температури конденсації ми отримаємо такі вуглеводні як парафін, дизельна фракція, бензинова фракція а в змішаному вигляді пічне паливо мазут М-100. Нагрітий теплоносій відводить тепло від ректифікаційних колон і потім нагрітий теплоносій наприклад ВОТ (високотемпературний органічний теплоносій) можна використовувати для виробництва пари, тепла та для інших технологічних потреб. В низу кожної ректифікаційної колони є крани для зливу вуглеводнів в закриту ємність щоб не було контакту з повітрям має зливатися в герметичну ємність. Після ректифікаційних колон газова суміш енергетичних газів проходить через трубчастий охолоджувач де суміш енергетичних газів охолоджується до температури 20-30 градусів. В середині охолоджувача газів циркулює по трубах вода яка охолоджує газ. В низу охолоджувача газів є кран для зливу конденсату. Далі суміш газів поступає в фільтр тонкої очистки де газ очищається від пилу і смол. В середині фільтра тонкої очистки можна використовувати керамзит, який дешевий і при необхідності чистки фільтра миється водою. Далі енергетичні газі потрапляють в турбіни (вентилятори високого тиску). Ці турбіни працюючи

створюють вакуум і перекачують газову суміш від газогенератора де повітря подається в газогенератор в активну зону і перетворюється в газову суміш.

Далі газова суміш від турбін подається в водяний затвор, щоб не відбулося зворотнього удару. Далі газова суміш проходить до другої турбіни і в другий водяний затвор. Після водяного затвору газова суміш подається через пальник на котельню для спалювання або в когенераційні установки для вироблення електроенергії і тепла або в газгольдер для нагромадження і зберігання. Дана корисна модель належить до галузі енергетики термічна переробка твердих матеріалів методом газифікації з отриманням пічного палива, генераторного енергетичного газу, піровуглецю і нагрітих теплоносіїв.

Суть корисної моделі.

Суть корисної моделі - Енергетичної газогенераторної установки для утилізації твердих побутових відходів ТПВ типу РДФ полягає в утилізації і переробці ТПВ типу РДФ без шкоди для довкілля і отримання корисних продуктів (піровуглець, пічне паливо, генераторний енергетичний газ і нагріті теплоносії) з відновлюваних джерел енергії.

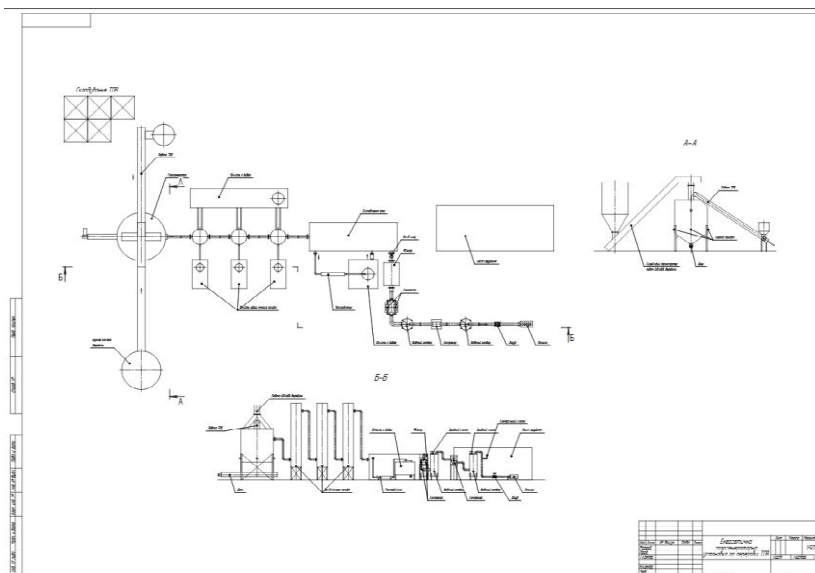


Рис.1. Схема газогенераторної установки. 1. Склад сировини відходів деревини. 2. Склад оброблених ТПВ типу РДФ. 3. Газогенератор. 4. Шнек відбору піровуглецю. 5. Ректифікаційні колони . 6. Ємності збору пічного палива. 7. Ємності з теплоносієм. 8. Охолоджувач газу. 9. Ємність з водою. 10. Теплообмінник. 11. Фільтр газу. 12. Турбіна №1. 13. Водяний затвор №1. 14. Турбіна №2. 15. Водяний затвор №2. 16. Засув. 17. Пальник. 18. Пост керування. 19. Контрольний факел.

Пояснення

1. Склад сировини відходів деревини де зберігаються сухі 15-20% вологості. До газогенератора подаються скребковим транспортером в закритому тунелі або по трубах гідравлічними циліндрами.

2. Склад оброблених ТПВ типу РДФ. Склад де зберігаються ТПВ типу РДФ вологістю 15-20% і подаються до газогенератора гідравлічними циліндрами по трубі або шнековими транспортерами.

3. Газогенератор. В верхній частині газогенератора подаються відходи деревини і відходи ТПВ типу РДФ. В нижній частині газогенератора є шнек відбору піровуглецю, де

піровуглець транспортується в ємність без контакту з повітрям. Над шнеком є трубопровід для відкачування суміші енергетичного газу до ректифікаційних колон. Трохи вище труби подачі повітря або повітря в комбінації з водяним паром.

4. Шнек відбору піровуглецю. Відбирає піровуглець після рухомих рушт з нижньої частини газогенератора і подає в закриту ємність без доступу повітря.

5. Ректифікаційні колони. Є три ректифікаційні колони для відбору вуглеводнів таких фракцій: парафіни, солярочна суміш, бензинова суміш, а якщо все однієї фракції, то отримаємо пічне паливо. В середині ректифікаційних колон трубчастий теплообмінник де подається високотемпературний органічний теплоносієм ВОТ охолоджує газову суміш, конденсує вуглеводні і відводить тепло в ємності для зберігання .

6. Ємності для збору вуглеводнів. Для кожної ректифікаційної колони своя ємність.

7. Ємності з теплоносієм ВОТ. Для кожної колони окрема ємність.

8. Охолоджувач газу. Трубчастого типу де по трубах перекачується вода і охолоджує газову суміш до 20-30 градусів і відводить тепло в ємність.

9. Ємність з водою. Циркулює вода яка проходить через охолоджувач газу і збирається нагріта вода.

10. Теплообмінник.

11. Фільтр газу. Фільтр в якому використовується фільтруючий елемент керамзит (який легко миється). В фільтрі осідають дрібний пил і смолисті залишки.

12. Турбіна №1. Створює вакуум, який перекачує газову суміш від газогенератора по всій системі і створює високий тиск щоб подати газову суміш через водяний затвор. Елементи виготовлені з різних матеріалів щоб не створити іскри.

УДК 620.92:662.758(477)

ДОПОМІЖНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ БІОПАЛИВ КРИТЕРІЯМ СТАЛОГО ВИРОБНИЦТВА

М.І. Кобець,

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України
м. Київ, 02094, вул. ГнатаХоткевича20-а,
тел. +38 (098) 904-09-94, e-mail:kobets125@gmail.com*

Зроблено огляд вимог Директиви ЄС про підтримку використання енергії з відновлюваних джерел (ДВДЕ) щодо забезпечення скорочення викидів парникових газів (ПГ). Запропоновано створення допоміжного механізму для спрощення оцінки відповідності моторних біопалив та сировини для їх виробництва критеріям сталості. Надані попередні результати розрахунків викидів ПГ, що походять від культивування (виращування) певних видів сільськогосподарських культур, які можуть використовуватись для виробництва біопалив/біорідин.

Ключові слова: Директива ЄС, критерії сталості, парникові гази, скорочення викидів, моторні біопалива, виробництво біомаси.

SUPPORTING MECHANISM FOR ASSESSMENT OF BIOFUELS CONFORMITY TO SUSTAINABLE PRODUCTION CRITERIA

M. Kobets,

*Institute for Renewable Energy, National Academy of Sciences
of Ukraine, 20a Hnata Khodkevicha str., Kyiv, Ukraine, 02094*

A review of the requirements of EU RED Directive has been made to ensure that GHG emission reductions are achieved. It was proposed GHG calculation support mechanism to simplify the assessment of motor biofuels and raw materials for their production conformity by sustainability criteria. Some preliminary results of calculations of GHG emissions from cultivation of selected types of agricultural crops that can be used for the production of biofuels/bioliquids were provided.

Keywords: EU Directive, sustainability criteria, greenhouses gases, reduction of emission, motor biofuels, biomass production.

ORCID: 0000-0003-4635-3154.

Згідно статті 17 ДВДЕ[1], всі учасники циклу виробництва біопалив/біорідин зобов'язані дотримуватись критеріїв сталості, з яких найбільш важливою вимогою є необхідність забезпечення певного скорочення викидів ПГ в межах повного циклу виробництва біопалив та біорідин.

Згідно Статті 19 (2) ДВДЕ країни-члени Енергетичного Співтовариства повинні надіслати до Європейської Комісії доповідь, що містить перелік административних одиниць рівня NUTS-2 (у випадку України – це обласний рівень), для яких типові викиди ПГ внаслідок вирощування с/г сировини для виробництва біопалив/біорідин не перевищують або дорівнюють значенням, наведеним в ДВДЕ (Таблиця 1).

Таблиця 1. Деталізовані значення викидів ПГ при вирощуванні сировини (згідно частиніD Додатку V до ДВДЕ)

Сировина/біопаливо	Викиди ПГ при вирощуванні
Ріпак/біодизель	29 г CO _{2екв} /МДж

Цукровий буряк/біоетанол	14 г CO _{2екв} /МДж
Кукурудза/біоетанол	20 г CO _{2екв} /МДж
Пшениця/біоетанол	23г CO _{2екв} /МДж

Згідно ДВДЕ зазначені значення викидів ПГ за замовчуванням можуть використовуватись при сертифікації виробництва на дотримання вимог сталості у тому випадку, якщо сировина для виробництва біопалив/біорідин вирощувалась на територіях для яких розраховані значення викидів ПГ при вирощуванні с/г сировини не перевищують або дорівнюють значенням, наведеним в частині D Додатку V до ДВДЕ.

Методологія для розрахунків викидів ПГ, пов'язаних з культивуацією (вирощуванням) сировини для виробництва біопалив/біорідин (E_{ec}) наведена в ДВДЕ. Розрахунок проводиться за формулою:

$$E_{ec} = E_{fert} + E_{ppp} + E_{sds} + E_{N_2O} + E_{fuel} \quad (1)$$

де,

E_{fert} — викиди ПГ, пов'язані з виробництвом добрив

E_{ppp} — викиди ПГ, пов'язані із застосуванням засобів захисту рослин (пестицидів)

E_{sds} — викиди ПГ, пов'язані з використанням посівного матеріалу (насіння)

E_{N_2O} — прямі та непрямі викиди N₂O у відповідності до Настанови IPCC 2006

E_{fuel} — викиди ПГ, пов'язані із споживанням мінерального пального

Кожний компонент формули (1) розраховується в кг CO_{2екв}/га. В подальшому отримані результати

конвертуються в г $\text{CO}_{2\text{екв}}$ /МДж для відповідного виду біопалив.

Нами були проведені розрахунки викидів ПГ під час вирощування наступних с/г культур, що можуть використовуватись для виробництва біопалив:

- Пшениця (для виробництва біоетанола)
- Кукурудза (для виробництва біоетанола)
- Цукровий буряк (для виробництва біоетанола)
- Ріпак (для виробництва біодизеля).

Попередні розрахунки вказують на те, що у випадку цукрового буряку та кукурудзи в жодній з областей України викиди ПГ при вирощуванні цих культур не перевищують значення викидів ПГ наведених в ДВДЕ.

У випадку вирощування пшениці викиди ПГ лише у 5 областях України (Київській, Кропивницькій, Полтавській, Харківській та Черкаській) не перевищують значення викидів ПГ за замовчуванням та можуть бути використані в процесі сертифікації сталості виробництва біоетанолу.

При вирощуванні ріпаку в 7 областях України (Волинській, Закарпатській, Луганській, Львівській, Сумській, Харківській та Чернігівській) типові викиди ПГ перевищують значення за замовчуванням ($29 \text{ г CO}_{2\text{екв}}$ /МДж) та не можуть бути використані при сертифікації.

Література:

1. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел від 23 квітня 2009 року. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0028>

УДК 620.91

ЕНЕРГІЯ ВІТРУ - ЛЕГКОДОСТУПНИЙ, ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИЙ І НАДІЙНИЙ ВИД ПЕРЕТВОРЕНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ

Д.С. Ткаченко¹, учениця 11 класу, **Н.Ю. Куліш**, вчитель
фізики

ЗЗСО №3 м.Краматорськ,

¹тел. 095-524-59-89, e-mail: doratk8@gmail.com,

²тел. 093-56-46-253, e-mail: Nkul1508@gmail.com

В роботі представлені дослідження і розробка теоретичної та експериментальної діяльності учнів, спільно зі співробітниками ТОВ "Фурлендер Віндтехнолоджі" - першим і єдиним підприємством в Україні, яке виробляє вітроенергетичні установки мультімегаватного класу. Проект визначає і описує суть і специфіку роботи та установки 15 ВЕУ у м.Краматорськ. Це грандіозне будівництво – символ розвитку українського Донбасу.

Ключові слова: енергія вітру, експлуатація ВЕУ, вітрове навантаження, швидкохідність, рівень шуму.

**WIND ENERGY IS AN EASILY ACCESSIBLE,
ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AND RELIABLE FORM
OF CONVERTED SOLAR ENERGY.**

D.S. Tkachenko, a student of grade 11, **N. Kulish**, teacher of
physics, ZZSO №3 Kramatorsk,

¹tel.: 095-524-59-89, e-mail: doratk8@gmail.com,

²tel.: 093-56-46-253, e-mail: Nkul1508@gmail.com

The paper presents the research and development of theoretical and experimental activities of students, together with employees of LLC "Furlender Windtechnolodgy" - the first and only company in Ukraine, which produces wind power plants of multi-megawatt class. The project studies and describes the essence and specifics of work and installation of 15 wind turbines in Kramatorsk. This grandiose construction is a symbol of the development of Ukrainian Donbass.

Keywords: wind energy, operation of wind turbines, wind load, swicht, the noise level.

Створення економічно ефективної та екологічно чистої, безпечної, надійної, альтернативної системи енергозабезпечення дуже актуально для Донбаса. З енергоресурсів, найбільш поширеним і доступним є вітер.

Краматорське підприємство "Фурлендер Віндтехнолоджи" перше і єдине підприємство в Україні, яке виробляє вітроенергетичні установки мультімегаватного класу, планує установку 15 таких установок у нашому місті.

На базі Новокраматорського машинобудівного заводу та «Енергомашспецсталі» проектується, виготовляються і збираються 90% технологічних складових турбіни вітрогенератора - коробка передач, генератор, трансформатори, вежа, вали, редуктори.

Це грандіозне будівництво – символ розвитку українського Донбасу. Будівництво парку розраховане на три роки. Закладено фундамент і до весни вже планується ввести в експлуатацію першу ВЕУ.

Враховуючи це, ми зацікавились і вивчили наступні теоретичні питання та провели розрахунки використання вітру у якості джерела енергії:

1. Переваги та недоліки ВЕУ.

2. Принцип дії ВЕУ.

3. Що дасть Краматорську установка однієї, п'ятнадцяти ВЕУ (розрахунки).

4. За рахунок чого установка ВЕУ дасть економічний ефект.

5. Залежність потужності і вітрового навантаження від швидкості вітру (розрахунок).

6. Чому ВЕУ установки 3-х лопастні? Залежність числа обертів вітроколеса від швидкості повітря (розрахунок).

7. Чи дійсно існує синдром вітрогенератора? Рівень випромінюваного ВЕУ шуму (розрахунок).

Висновок. Проект дозволяє зрозуміти роль та необхідність розвитку вітроенергетики у нашому регіоні. Ми дослідили і вивчили багато цікавих питань, що стосуються екологічно чистого невичерпного джерела електричної енергії - вітру.

Література:

1. В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. І. Яковлев. «Невичерпна енергія. Книга 1. Вітроелектрогенератори» Изд. Національний аерокосмічний НН-т, Харків, 2003 р., формат — .djvu.

2. В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. І. Яковлев. «Невичерпна енергія. Книга 2. Вітроенергетика» Изд. Національний аерокосмічний НН-т, Харків, 2004 р., формат — .pdf.

3. Ветроэнергетика (справочное и методическое пособие) Безруких П.П. - 2010 г

УДК 621.31

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ РЕЖИМУ ОЧІКУВАННЯ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ

А.С. Яричук,

*Великокаратульська ЗОШ I-III ступенів, вул. Сахно 22а,
с. Велика Каратувь, Переяслав-Хмельницький район,
Київська область, Україна, 08440, тел.: +38068-122-38-65,
E-mail: vkskola@ukr.net*

Досліджено режим «stand-by» у побутових електроприладах та проведено енергетичний моніторинг споживання електроенергії в режимі очікування. Знайдено нові енергозберігаючі методи досконалої економії електроенергії у побуті.

Ключові слова: режим очікування, енергетичний моніторинг, пасивне електроспоживання, економія електроенергії.

ENERGY MONITORING STAND-BY MODE FOR HOUSEHOLD ELECTRIC INSTRUMENTS

A. Jarichuk

*"Velika Karatul" secondary school, Sakhno
Str. 22a, V. Karatul, Perejaslav distr., Kyiv region, Ukraine, 08440,
Tel.: +38068-122-38-65, e-mail: vkskola@ukr.net*

The "stand-by" mode in household appliances was investigated and energy monitoring of standby power consumption was carried out. New energy-saving methods of perfect energy saving in everyday life are found.

Keywords: stand-by mode, energy monitoring, passive power consumption, electricity saving.

ORCID: 0000-0003-1336-6469

Для забезпечення своїх потреб людство споживає вражаючі об'єми електроенергії. Вископна органіка, накопичена Землею за мільйони років, вичерпується за сторіччя. Продукти спалювання та відходи промисловості засмічують планету. Її унікальна збалансованість порушується. Світова спільнота вже давно одностайно визнала, що потреби людства в електроенергії виходять за межі екологічних можливостей планети.

Розроблений ряд міжнародних програм, основна ідея яких полягає в тому, що на всіх рівнях суспільства – міжнародному, державному, місцевому, особистісному – необхідно терміново вжити заходи щодо попередження екологічної катастрофи та навчити населення економному споживанню електроенергії. Раціональне використання електроенергії – основне вирішення проблем її економії і скорочення викидів парникових газів.

Актуальність роботи. Середня витрата електроенергії у більшій частині населення щорічно збільшується, і причина цього полягає не тільки в значній кількості різних побутових приладів, але і в нашій некомпетентності в питаннях економії електрики. Мова йде про електричні прилади, які споживають електроенергію навіть у вимкненому стані, знаходячись в «сплячому» так званому режимі «Stand by».

Мета: провести моніторинг режиму очікування побутових електроприладів та сформувавати його правильне розуміння для економії електроенергії.

Завдання: сформувавати усвідомлене ставлення до використання режиму очікування з точки зору економії енергії та впливу на навколишнє середовище; навчитися проводити розрахунки втрат електроенергії при використанні режиму очікування; розвивати поведінкові реакції, пов'язані з економією енергії за допомогою відмови від режиму очікування і холостого ходу приладу; стимулювати інтерес до практичного використання отриманих знань і навичок в побуті.

Режим очікування був задуманий спочатку як «ощадлива схема» зі скороченим енергоспоживанням, що дозволяє швидко, за допомогою пульта дистанційного керування перемикає пристрій, тобто як альтернатива робочого режиму. Це виключення всього пристрою крім слабкого джерела живлення в складі самого приладу, щоб забезпечити прийом сигналів: від пульта дистанційного керування, з зовнішньої мережі, від вбудованого таймера.

Нами були досліджені витрати електроенергії деякими домашніми приладами в режимі «stand-by» (табл. 1).

Таблиця 1. Витрати електроенергії приладами, що знаходяться в режимі очікування

Прилад	Випуск до 2005		Сучасні моделі	
	за годину	в місяць	за годину	в місяць
Комп'ютер	80 Вт	57.6 кВт	3-5 Вт	2.1-3.6 кВт
Ноутбук	3 Вт	2.1 кВт	1.4 Вт	1.1 кВт
Принтер (МФУ)	50 Вт	36 кВт	4-5 Вт	3-3.6 кВт
Телевізор	10 Вт	7.2 кВт	0.1-0.3 Вт	0.07 – 0.2 кВт
ТВ тюнер	11 Вт	7.9 кВт	0.5-1.0 Вт	0.3-0.7 кВт
Мобільний телефон	7 Вт	5 кВт	0.5-1.5 Вт	0.3-1.1 кВт
СВЧ-піч	3 Вт	2.1 кВт	3 Вт	2.1 кВт
Мультиварка	6 Вт	4.3 кВт	2-4 Вт	1.4-2.8 кВт
Електроплита	15 Вт	5 кВт	5 Вт	3.5 кВт
Кондиціонер	20 Вт	9 кВт	4 Вт	3 кВт

Режим очікування задіяний тоді, коли людина частково або повністю обмежена в русі, коли необхідно включити прилад (мікрохвильову піч, пральну машину, телевізор, DVD та ін.) за допомогою таймера в відсутність господаря, або коли прилад (факс, автовідповідач) повинен автоматично прийняти сигнал із зовнішнього середовища. Часто режим роботи вхолосту абсолютно марний, тому що не має ніякого значення ні для готовності пристрою до експлуатації, ні для його функціонування, наприклад, коли прилади не відключаються автоматично після звичайної роботи, або продовжують функціонувати, коли в цьому ніхто не потребує. Дізнатися витрату енергії в режимі очікування

можна: подивившись паспорт приладу; скориставшись спеціальним приладом для вимірювання споживаної енергії або експертним способом за допомогою таблиці, наведеної в калькуляторі "stand-by" і з урахуванням року випуску приладу.

Ми дослідили, скільки пасивної електроенергії за рік втрачається за рахунок "stand-by" в будинку і скільки при цьому витрачається «непотрібних грошей». Ми прорахували витрати у вітальні, на робочому місці і на кухні. За рік прилади в режимі холостого ходу витрачають в середньому за рік 240 кВт/год. електроенергії, вартість якої на даний момент 216.80 грн.(тариф = 0.90 грн/квт.). Якщо, наприклад, взяти середнє місто України, де приблизно 120 тис. квартир, то можна припустити, що перевитрата електроенергії по місту складе 28 800 000 кВт/год./рік. Її вартість: 25 920 000 грн. - а це доволі значні кошти.

Можливості для повної економії електроенергії є в кожному домі, в кожній квартирі та сім'ї. Мені вдалося визначити раціональні способи економії при пасивному споживанні електроенергії в домашніх умовах. В українських сім'ях ширше повинні впроваджуватись методи прогнозування енерговитрат та економії електроенергії.

Література:

1. Желєзко Ю.С. *Витрати електроенергії*. НЦ ЕНАС. 2009.-198 с.
2. Кайдакова К.В. *Вопросы использования современных энергосберегающих технологий / К.В.Кайдакова // Современные наукоемкие технологии*. М.: 2014. № 5. С. 45-46.
3. Корабльов В.Г. *Економія електроенергії в побуті*. Енергія. Х. 2017.- 217 с.
4. Самойлов, М.В. *Основы энергосбережения /М.В. Самойлов, В.В. Паневчик А.Н. Ковалев.- БГЭУ, 2012.- 311 с.*

УДК 628.981

ЕНЕРГЕТИЧНА САНАЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ ПОБУТОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Ю.І. Надід,

*Великокаратульська ЗОШ I-III ступенів, вул.Сахно 22а,
с.Велика Каратулъ, Переяслав-Хмельницький район,
Київська область, Україна, 08440, тел.: +38(068)-122-38-65,
E-mail: vkskola@ukr.net*

Досліджені переваги світлодіодних технологій для освітлення житлових приміщень, які вирішують не тільки дизайнерські питання, але й питання енергозбереження, питання пожежної безпеки та проблеми екології.

Ключові слова: LED-технології, світлодіодна лампа, світлова віддача.

ENERGOSANATION OF RESIDENTIAL LIGHTING

Yu. Nadid,

*"Velika Karatul" secondary school, Sakhno
Str.22a, V.Karatul, Perejaslav distr., Kyiv region, Ukraine, 08440,
Tel.: +38(068)-122-38-65, e-mail: vkskola@ukr.net*

Explored the benefits of LED technology for lighting residential spaces, which not only solve design issues, but also energy saving issues, fire safety issues and environmental issues.

Keywords: LED technology, LED bulb, light output.

ORCID: 0000-0002-0741-6573.

Говорячи про проблеми енергозбереження у промисловості, на підприємствах, ми дуже часто забуваємо про економію в побуті, але ж розумне самообмеження у використанні електричної енергії для освітлення, вжиття заходів із заміни електроламп на енергоощадні, дозволить заощадити досить значні суми при оплаті комунальних послуг. Так може й треба починати з себе? А, потім, сформувавши культуру енергоспоживання в побуті у кожної людини, організувати енергозбереження на великих об'єктах і в різних галузях. Проводити заходи з економії електроенергії для освітлення в такому випадку буде набагато простіше, так як люди будуть розуміти необхідність таких дій і сприяти досягненню поставленої мети. Певні дії, доведені до автоматизму в будинку, в квартирі, будуть переноситися на роботу, тим самим спрощуючи завдання і забезпечуючи економію енергоресурсів.

Актуальність. Світлодіодне освітлення в квартирах, офісах, магазинах, та освітлення вулиць стає все більш поширеним та пріоритетним, позаяк вирішує не лише дизайнерські питання, але й питання енергозбереження, питання пожежної безпеки, вузькоспеціальні питання медицини та проблеми екології.

Мета: дослідити та ознайомитись з перевагами світлодіодних технологій в освітленні житлових приміщень.

Для звичайного споживача, при виборі будь-якого освітлювального приладу, необхідно пам'ятати, що освітленість приміщення залежить не тільки від величини світлового потоку, який може виробити освітлювальний прилад, але і від:

- 1) відстані R до поверхні, що освітлюється $E=1/R^2$;

кута, під яким світло падає на поверхню (чим менший кут падіння, тим більша освітленість);

2) прозорості середовища, в якій поширюється світло, що проходить від джерела до освітлюваної поверхні;

3) призначення приміщення.

Основним показником ефективності і економічності джерела світла є світлова віддача. Світлова віддача – це відношення світлового потоку, що випромінюється джерелом світла, до спожитої потужності. У Міжнародній системі СІ вимірюється в люменах на ват (лм/Вт). Розглянемо порівняльні характеристики основних типів освітлювальних ламп (таблиця 1).

**Таблиця 1. Основні базові характеристики освітлювальних ламп
 рівноцінного світлового потоку**

Базові характеристики	Лампа розжарювання	Лампа люмінесцентна	Лампа світлодіодна
Потужність	75 Вт	15 Вт	10 Вт
Світловий потік	700 лм	700 лм	800 лм
Світлова віддача	0,12 лм/Вт	46,7 лм/Вт	80 лм/Вт
Термін служби	~ 1 000 год	~ 8 000 год	~ 50 000 год
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Мінімальне	Немає
Ультрафіолетове випромінювання	Прийнятне	Дуже високе	Немає
Тепловиділення	Високе	Середнє	Низьке
Вплив функції вмикання-вимикання	Скорочує термін служби	Скорочує термін служби	Не впливає
Ударостійкість	Низька (скло)	Низька (скло)	Висока (пластик)
Екологічність	Так	Ні	Так

ККД	Низький	Середній	Високий
Стробоскопічний ефект	Мінімальний	Високий	Немає
Інерційність	Низька	Висока	Низька
Стійкість до перепадів температури	Ні	Ні	Так
Стійкість роботи при низьких температурах	Середня	Низька	Висока
Стійкість до вібрації	Ні	Ні	Так
Навантаження на мережу	При пуску	При пуску	Немає
Вартість	Низька	Середня	Висока

Повертаючись до характеристик, що порівнюються у різних типів ламп, бачимо, що при практично однаковому значенні світлового потоку, кількість спожитої електроенергії відрізняється в рази для різних типів ламп. І з цієї точки зору, явним лідером по енергоефективності (економічності) є світлодіодна лампа.

Традиційні лампи розжарювання при виконанні своїх функцій по освітленню втрачають на продукування теплової енергії до 95% електроенергії, і тільки 5% – перетворюється в корисну світлову енергію. При експлуатації LED-лампочок 40 – 50% електричної енергії перетворюється в світлову енергію. Таким чином, ККД світлодіодних ламп в 5-10 разів вище, ніж у ламп розжарювання.

На особливу увагу заслуговує стійкість до зовнішніх впливів і розширений діапазон робочих температур навколишнього середовища. Довговічність світлодіодних ламп, яка не залежить від кількості вмикань/вимикань приладу, також є величезною перевагою. Поряд з низькою інерційністю, ця характеристика дозволяє використовувати їх в імпульсному режимі, для світлової сигналізації.

Простота утилізації пристроїв, що відпрацювали свій ресурс, з причини відсутності в конструктивних елементах токсичних матеріалів, так само є одним з найважливіших позитивних моментів при експлуатації світлодіодів.

Найбільший недолік LED-лампочок – це їх вартість. Однак, з огляду на анонсований термін служби і постійне вдосконалення технологій, цей показник стає незначним, якщо врахувати той факт, що використання LED-приладів дозволяє економити до 70% електроенергії. Особливо вражаючою стає ця економія на тлі постійно зростаючої потреби в електроенергії.

Література:

1. *Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. -5-е изд., перераб. и доп. -М. : Знак, 2016. -977 с.*
2. *Освітлення житлових об'єктів: Навч. посібник / Укл. Говоров П.П., Пилипчук Р.В., Токань А.І. та ін. –Тернопіль: Джура, 2018. –348 с.*

УДК 620.92

ЕНЕРГОТАНДЕМ ДАХУ ТА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Р.С. Порало,

*Великокаратульська ЗОШ I-III ступенів, вул.Сахно 22а,
с. Велика Каратулъ, Переяслав-Хмельницький район,
Київська область, Україна, 08440, тел.: +38068-122-38-65,
e-mail: vkskola@ukr.net*

В роботі досліджуються способи ефективного поєднання конструкцій перекриття будівель та сонячних панелей.

Ключові слова: *геліоустановка, сонячні панелі, сонячний модуль, сонячна черепиця.*

ENERGOTANDEM ROOTS AND SOLAR BATTERIES

R. Poralo,

*"Velika Karatul" secondary school, Sakhno Str.22a, V.Karatul,
Perejaslav distr., Kyiv region, Ukraine, 08440, Tel.: +38068-
122-38-65, e-mail: vkskola@ukr.net*

The paper explores ways of effectively combining the structures of building overlays and solar panels.

Keywords: *solar panels, solar module, solar tile, solar shingles.*

ORCID: 0000-0003-4701-5675.

Останнім часом населення України оснащує свої будинки системами, що працюють від альтернативних джерел енергії. Великою популярністю серед подібного обладнання користуються геліомодулі для автономного

енергопостачання. Вигідне географічне положення України разом зі сприятливими погодно-кліматичними умовами дозволяють успішно використовувати геліоустановки (від грецького *helios* - сонце) у цілях енергопостачання практично по всій її території. При цьому ефективність систем обумовлена сонячною активністю в кожному конкретному регіоні. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 кв.м поверхні, в північній частині країни складає 1000 кВт.год/м², у південних областях - до 1300 кВт.год/м².

Актуальність. В роботі досліджуються способи ефективного поєднання конструкцій перекриття будівель та сонячних панелей, які стають все більш актуальними та доступними у побутовому і промисловому використанні. Використання сонячних панелей є економічно вигідним для автономного енергозабезпечення.

Мета роботи. Ознайомитися з перспективною технологією поєднання дахових конструкцій та сонячних елементів в єдиний модуль; розглянути їх можливе застосування у сучасному будівництві.

Сонячні батареї – це джерело електричного струму, яке використовує фотоелектричні перетворювачі. Вихідна потужність сонячної батареї приблизно пропорційна інтенсивності сонячного потоку. Причому на кількість одержуваної енергії впливає інтенсивність саме від прямих сонячних променів. Номінальна потужність, що вказується в технічних характеристиках, вимірюється при стандартних тестових умовах (*табл. 1*).

За основу нормованого показника сонячної радіації береться значення в 1000 Вт/м². Інший чинник, що впливає на потужність - температура осередків панелі, із зростанням

температури збільшується струм, але зменшується напруга.

Енергоефективним є розміщення наявних сонячних панелей на даху, який орієнтований на південь. Прогресивне рішення – цілісна крівля з фотоелементів. Такий підхід не тільки дозволить отримувати максимум з кожного квадратного сантиметру даху, а й не спотворить зовнішній вигляд будинку та дизайн покрівлі.

Таблиця 1. Якісна оцінка сонячних панелей.

Переваги	Недоліки
1.Автономність.	1.Висока ціна.
2.Висока надійність.	2.Невеликий ККД під час негоди.
3.Загальнодоступність.	3.Необхідність очищення від снігу, бруду і пилу.
4.Невичерпність джерела.	4.Тривалий термін окупності.
5.Відсутність проміжних фаз перетворення енергії.	5. Необхідність додаткових пристроїв для отримання змінного струму — інверторів (батареї виробляють тільки постійний струм) і акумуляторів для накопичення енергії.
6.Відсутність рухомих частин.	
7.Простий догляд та мінімальне обслуговування.	
8.Повна безпека для навколишнього середовища.	

Однією із сучасних прогресивних технологій став новий дизайн сонячних панелей, які дещо відрізняються від стандартного традиційного обладнання. Дана система дозволяє встановлювати сонячні батареї безпосередньо в дах свого будинку. Панелі мають дизайн черепиці, яка буде чудово виглядати на даху, а також виконувати дві основні функції захисну та енерговидобувну. Ми виділили такі типи тандемних сонячних конструкцій:

1. Крівля з класичних сонячних батарей (дах та панелі – окремо).

2. Покрівля з гнучких сонячних батарей (сонячна батарея і є дахом).

Старі види панелей не завжди вписуються в екстер'єр будинку, порушуючи естетичну гармонію і завдаючи деякі незручності власнику. Тепер же, цю проблему можна вирішити за допомогою цікавого дизайнерського рішення, а саме сонячних батарей у вигляді черепиці. Така модель сонячних панелей, як вже було сказано раніше, виконує відразу дві функції. Одна з них це видобуток електроенергії, а інша – захист житла від вологи, вітру і снігу. У «сонячну» черепицю інтегровані фотоелементи, які переробляють сонячну енергію в електрику. Важливою функцією цього обладнання є можливість скидати надлишки енергії в загальну електромережу, що дозволить значно знизити особисті витрати. Головною перевагою сонячної черепиці є її довгий термін експлуатації. Він становить період часу від 20 до 50 років. Такий довгий термін дозволить повністю стати незалежним від центральної енергосистеми, а вартість панелей окупиться вже через три роки. Нами досліджено переваги такої черепиці. Це:

1) Невелика вага – на покрівельну конструкцію не збільшується навантаження, що дозволяє уникнути швидкого руйнування даху будинку;

2) Компактні розміри – дана панель має невеликий розмір, завдяки якому її можна легко встановити;

3) Великий показник міцності і стійкості до різних погодних умов;

4) Самоочисна система – панелі можуть самостійно очищатися за рахунок дощу і вологи;

5) Багаторічна гарантія роботи без зниження ККД;

6) Легка і зручна установка.

Нові розробки джерел альтернативної енергії сьогодні постійно проходять модернізацію, з метою підвищити свої якості, а також зробити технології значно зручнішими в користуванні і знайти їм нове практичне застосування.

Сонячні батареї у вигляді черепичного покриття – це чудовий варіант практичного винаходу, який здатний виконувати кілька захисних функцій одночасно і забезпечити комфортні умови в роботі з електрообладнанням.

Література:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников [Текст] / К.В. Шалимова – К.: Епос, 2017.- 231с.
2. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств [Текст] // А.Медведев – М.: Эксмо, 2015.-176 с.

УДК 626.01

ЕНЕРГОАУДИТ ДИСЛОКАЦІЙ ПРИПЛИВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Ю. Федоренко¹, В.І. Смаглюк²

*Великокаратульська ЗОШ I-III ступенів, вул. Сахно 22а,
с. Велика Каратул, Переяслав-Хмельницький район,
Київська область, Україна, 08440, тел.: +38068-122-38-65,
e-mail: vkskola@ukr.net*

Досліджені та проаналізовані специфічні особливості роботи припливних електростанцій та проведена класифікація конструкцій ПЕС, створений каталог діючих та проектних ПЕС в різних географічних дислокаціях.

Ключові слова: *припливна електростанція, географічна дислокація, потенціал, типологія ПЕС.*

ENERGOAUDIT OF DISLOCATION OF ELECTRIC TIDAL POWER STATIONS

Yu. Fedorenko¹, V. Smagluk²

*"Velika Karatul" secondary school, Sakhno
Str. 22a, V. Karatul, Perejaslav distr., Kyiv region, Ukraine, 08440,
Tel.: +38068-122-38-65, e-mail: vkskola@ukr.net*

The specific features of the operation of the power plants were investigated and analyzed, and the classification of Tidal Power Stations constructions was carried out, a catalog of operating and design Tidal Power Stations was created in various geographic dislocations.

Keywords: *tidal power station, geographic location, potential, typology of tidal power station.*

ORCID: ¹0000-0002-6076-8332, ²0000-0001-9300-4323.

Нами проаналізовані існуючі та запропоновані нові технологічні способи перетворення припливної енергії, які створюють прийнятну економічну ефективність припливних енергосистем та підвищують їхню інвестиційну привабливість. Розвиток територій з припливним потенціалом може задовольняти енергетичні потреби більшості країн за розумною вартістю без шкоди для навколишнього середовища та непотрібного збільшення глобального ризику, пов'язаного з інтенсивним будівництвом атомних електростанцій або збільшенням кількості спалювання вуглеводнів в теплових електростанціях.

На основі аналізу конструкцій існуючих та запроектованих ПЕС ми провели їх типологічну класифікацію. Така класифікація була запропонована вперше. В результаті аналізу конструктивних особливостей різних моделей ПЕС ми провели їх класифікацію за типами та створили повний каталог діючих та проектних ПЕС світу по регіонах (*табл. 1*).

Загальний потенціал, можливої для використання припливної енергії, у всьому світі орієнтовано оцінюється за потужністю в 1 млрд. кВт, а за виробленою енергією – 2000 млрд. кВт·год. Згідно з теоретичними розрахунками, в майбутньому енергія хвиль і припливів може забезпечити від 12% до 25% світової потреби в електроенергії (енергія світового океану в 120 вивчених створах оцінюється більш ніж в 800 ГВт). Згідно досліджень вчених, сприятливі умови для будівництва ПЕС є в 23 країнах світу.

Висота, хід і періодичність припливів у більшості прибережних районів світу добре описані та проаналізовані. Поведінка припливів може бути передбачена з похибкою менше 4%. Таким чином встановлено, що припливна енергія є дуже надійною формою відновлюваної енергії. Класифікація конструкцій ПЕС та їх типологічна

класифікація до цього у світі не проводилась. Нами вперше складений повний регіональний каталог діючих та запроектованих припливних електростанцій світу станом на 1 січня 2019 року(табл.2).

Таблиця 1. Класифікація конструктивних технологій припливних електростанцій.

ПЕС, що використовують енергію підйому води (з побудовою греблі)		ПЕС, що використовують припливну течію (без греблі)	
За кількістю гідротурбін	1.Одиночні припливні установки (1 гідрогенератор).	За кількістю гідротурбін	1.Одиночні припливні установки (1 гідрогенератор).
	2.Багатогенераторна припливна установка (два і більше гідрогенераторів).		2.Багатогенераторна припливна установка (два і більше гідрогенераторів).
За рухом припливної течії	1.Тільки через турбіну (туди і назад)	За рухом припливної течії	1.Тільки через турбіну (туди і назад)
	2.Туди через турбіну, назад - через зливний отвір.		
За напрямом осі турбіни	1.Ветрикальні.	За напрямом осі турбіни	1.Ветрикальні.
	2.Горизонтальні.		2. Горизонтальні.
За частотою обертання турбіни	1.Тихохідні.	За частотою обертання турбіни	1.Тихохідні.
	2.Швидкохідні.		2.Швидкохідні.

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
Розділ 7. Молодіжна секція

За принципом дії	1.Активні	За принципом дії	1.Активні.
	2.Реактивні.		2.Реактивні.
За типом конструкції турбіни	1.Відкриті.	За типом конструкції турбіни	1.Відкриті.
	2.Закриті (з обтічником).		2.Закриті (з обтічником)
За кількістю лопастей турбіни	1.Однолопатєва.	За кількістю лопастей турбіни	1.Однолопатєва.
	2.Двохпатєва.		2.Двохлопатєва.
	3.Трьохлопатєва.		3.Трьохлопатєва
За напрямом обертання турбіни	1.На припливі.	За напрямом обертання турбіни	1.На припливі.
	2.Оборотні (на приплив і на відплив)		2.Оборотні (на приплив і на відплив)
За типом турбіни	1.Осьові.	За типом турбіни	1.Осьові.
	2.Ортогональні.		2.Ортогональні.
За кількістю басейнів	1.Однобасейнова.	За способом кріплення до дна	1.Без кріплення до дна.
	2.Двохбасейнова.		2.Тринога.
	3.Трьохбасейнова.		3.Монопод.

Таблиця 2. Каталог дислокацій діючих та проектних ПЕС (діючі ПЕС виділені шрифтом)

№	ПЕС	Країна	Висота припливу	Середня потужність	Річний виробіток
ЄВРОПА					
1.	Ранс (Rance)	Франція	8.4	0.24	0.5
2.	Арженсок (Arzensok)	Франція	8.0	0.45	3.9
3.	МонтСен Мишель (Шозе) (Chausey)	Франція	8.4	9.7	85.1
4.	Сомма (Somme)	Франція	6.5	0.47	4.1
5.	Северн (Severn)	Великобританія	9.8	8.6	15.6
6.	Мерсей (Mersey)	Великобританія	6.2	0.7	23.8
7.	Суонсі (Swansea)	Великобританія	7.2	0.4	17.5
8.	Айслей (Islay)	Великобританія	5.8	0.4	2.1
9.	(Eastern Scheldt)	Нідерланди	3.0	0,00125	0.8
10.	Стренгфорд Лох (Stangford Lough)	Ірландія	3.6	0.012	3.1
11.	Мезенська ПЕС (Mezenskaya)	Росія	6	11.4	38.9
12.	Пенжинська (Penzhinskaya)	Росія	6.2	87.9	190
13.	Тугурська (Tugurskaya)	Росія	4.7	10.7	27.6
14.	Північна (Severnaya)	Росія	3.8	0.012	10.8
15.	Кислогубська (Kislaya Guba)	Росія	4	0.0017	5.7

МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"
Розділ 7. Молодіжна секція

16.	Лумбовська (Lumbovskaya)	Росія	4.2	0.32	7.48
АЗІЯ					
1.	Сіхва (Sihwa)	Півд.Корея	7.5	0.25	550
2.	Гарорім (Garorim)	Півд.Корея	6.9	0.52	1.3
3.	Інчхон (Incheon)	Півд.Корея	7	1.3	13.5
4.	Хонси (Honsy)	Півд.Корея	6	0.7	18.1
5.	Асанман (Asanman)	Півд.Корея	4.5	0.52	0.4
6.	Чансу (Chansu)	Півд.Корея	4.8	0.46	0.5
7.	Ульдольмок (Uldolmok)	Півд.Корея	6.5	0.0015	0.9
8.	Кач (Kutch)	Індія	5.4	0.25	1.2
9.	Хамбхат (Khambhat)	Індія	4.6	0.65	7.0
10.	Чанджа (Jiangxia)	Китай	8.4	0.032	1.6
11.	Ялуцзян (Yalu)	Китай	6	0.5	2.34
12.	Далупірі (Dalupiri)	Філіпіни	5.8	0.022	4
АМЕРИКА					
1.	Аннаполіс Annapolis Royal Generating Station	Канада	6.4	0.02	50
2.	Кобекуїд (Cobequid)	Канада	8.5	0.0035	7.5
3.	Кемберленд (Cumberland)	Канада	10.1	0.0014	14.7
4.	Пассамакюдді (Passamaquoddy)	США	5.5	0.0018	15.8
5.	Кобсук (Jobs Cook)	США	5.5	0.7	6.3
6.	Петіткодйак (Petitkodiak)	США	10.7	0.8	7
7.	Сан-Хосе (San Jose)	Аргентина	5.9	5.87	51.5
8.	Гольфо-Нувео (Golfo Nuevo)	Аргентина	5	0.7	11.2
АВСТРАЛІЯ ТА НОВА ЗЕЛАНДІЯ					

1.	Кімберлі (Kimberley)	Австралія	6.4	0.6	5.9
2.	Кайпара (Kaipara)	Нова Зеландія	2.1	0.001	0.2

Вчені-гідроенергетики з Франції, Канади, Китаю та США детально продовжують досліджувати технології отримання дешевої електроенергії на припливних електростанціях та розробляти нові конструкції гідротурбін та обладнання для ПЕС. Огляд досвіду експлуатації вже діючих систем океанської і морської припливної енергетики свідчить, що вона майже не завдає шкоди навколишньому середовищу. Світовий океан містить велетенський припливний енергетичний потенціал. Використовується цей величезний і екологічно чистий потенціал енергії поки що недостатньо.

Література:

1. Хільчевський В.К. *Основи океанології*/ В.К.Хільчевський, С.С.Дубняк. – К.: Грамота,– 2017.– 247 с.
2. Хільчевський В.К. *Гідрохімія океанів і морів*/ В.К.Хільчевський. – К.: Просвіта, 2013.- 183 с.
3. John Colton. *Tidal Series: Tidal Energy and The Community*. Scrivener Publishing. Canada: 2018. – 141 p.
4. Victor Lyather. *Tidal Power*. – Wiley Publishing. Canada: 2016. 274 p.

УДК 620

АЕРОДИНАМІЧНА ТРУБА ДЛЯ ВИДУБУТКУ ЕНЕРГІЇ

Д.І. Андреев¹, С.В. Піскова², В.В. Амосов³,
*Кіровоградська Мала академія наук учнівської молоді; НВК
"Ліцей інформаційних технологій - спеціалізована школа II
ступеня", вул. Григорія Вусика 39, м. Олександрії,
Кіровоградська область, 28000, Україна,
тел.: +38(068)181-35-83, e-mail: dimaandreiev@ukr.net.*

*Розробка системи із створенням повітряного
потoku в аеродинамічній трубі для забезпечення
житлових зон і видобутку енергії.*

Ключові слова: аеродинамічна труба, повітряний
потік, різниця в тиску.

AERODYNAMIC PIPE FOR POWER SUPPLY

D.I. Andreiev¹, S.V. Piskova², V.B. Amosov³,
*Kirovograd Minoracademy of science student; NSC "Lyceum
of Information Technologies - specialized secondary school"
ул. Gregory Wusick 39, Alexandria, Kirovograd region, 28000,
Ukraine, тел.: +38(068)181-35-83,
e-mail: dimaandreiev@ukr.net.*

ORCID: 0000-0001-6758-3018.

Запаси нафти і природного газу по оцінкам експертів
скоро вичерпаються; СЕС, ВЕС, Геотермальні станції
мають не значне ККД і не можуть забезпечити людство
енергією в повному обсязі. Енергія - це основний рушій
економічного і соціального розвитку. У той же час
економічне зростання ставить під питання здатність світу

забезпечити достатнє енергопостачання. Необхідно розробити нові і чистіші джерела енергії для забезпечення майбутніх потреб перед загрозою підвищення глобальної температури та зростаючим споживанням людей. В зв'язку з тим що, в світі настає енергокриза потрібно шукати значно ефективніші джерела електроенергії, ніж ті що, ми маємо зараз. Основною метою даної роботи є розробка системи із своренням повітряного потоку в аеродинамічній трубі для забезпечення обертання лопатів турбіни і видобутку енергії. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: - дослідження паливно-енергетичної промисловості України; - дослідження використання традиційних джерел енергії та їх негативний вплив на навколишнє середовище; - вирішення світової енергокризи за рахунок видобудку електроенергії з атмосфери. Глобальна енергетична криза - нарощування видобутку паливноенергетичних ресурсів, що спричиняє екологічну кризу. Під час дослідження висунуто гіпотезу. При встановленні в аеродинамічній трубі конусу - половини сопла Лаваля зі спіралеподібними канавками з кроком, який змінюється за правилом «Золотого перерізу» ($1:1.618$), будуть формуватися вихрі Бенара, що прискорить швидкість повітряного потоку. Використання природних процесів: зон високого та низького тиску, високогорного ландшафту для створення повітряної тяги. Конструктивне рішення вертикальної аеродинамічної труби. При вкладанні однієї труби в іншу (з певними проміжками на вході і виході), то при проходженні повітряного потоку крізь неї, він закручується у вихор, що встановлено дослідями Рейнольдса. Використання спроектованої аеродинамічної труби, в якій за рахунок відношення кінетичної енергії секундної маси повітря в робочій частині від показника тяги,

відбувається прискорення повітряного потоку, за рахунок якого будуть обертатися лопаті турбіни і продукуватися енергія. Практичне застосування. Використовуючи запропоновані технології можна продукувати електричну енергію, якщо встановити установку в районі житлових будинків.

Література:

1. Екологічна характеристика та вплив на довкілля ТЕС Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Малярєнко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: «Політехніка», 2003. – 232 с.

2. Малярєнко В.А., Лисак Л.В. Енергетика, довкілля, енергозбереження: Монографія/Під ред. проф. В.А. Малярєнка. – Харків: «Рубікон», 2004. – 368 с.

3. Вітрова енергія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.com/72978/ekologiya/vitrova_energiya

4. Ніколенко В.М. Перспективи використання тороїдально-вихорного руху рідин і газів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ptmip.ipt.kpi.ua/wp-content/uploads/sites/6/2014/06/Ukr-1.pdf>

УДК: 697.978,64.068, 697.952.2

МОДЕРНІЗОВАНИЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ РЕКУПЕРАТОР

Н.В. Гарасько,

*Кіровоградська Мала академія наук учнівської
молоді, Миронівська ЗШ I-II ст. КЗ «Павлівське НВО»
Світловодської районної радис. Миронівка, вул.
Гагаріна 1, 27540, Україна, тел.: 380979447950,
e-mail: garasko2017@gmail.com*

У роботі наведено розробку енергоефективного теплообмінника з видозміненою формою лопатів, який працює за рахунок різниці тисків у приміщенні та навколишньому середовищі. Теплообмін відбувається завдяки противотічній теплопередачі.

Ключові слова: вихровий ефект, рекуператор, зрізаний конус, провітрювання, противотічний теплообмін.

MODERNIZED ENERGY EFFICIENCY RECUPERATOR

N.V. Garasco,

*Kirovogradska Small Academy of Sciences of Student
Youth; Mironivska SS of the I-II centuries Coll. Pavlovske
NPO Svitlovodsk District Council with. Mironovka, st.
Gagarina 1, 27540, Ukraine, tel .: 380979447950,
e-mail: garasko2017@gmail.com*

The work out the development of an energy efficient heat exchanger, which operates at the expense of the pressure difference in the room and the environment with the modified form of the blades. Heat exchanges are carried out thanks to the counter-current thermal conductor.

Keywords: *vortex effect, recuperator, cut cone, ventilation, counter-heat exchange.*

ORCID: 0000-0002-7697-3816.

У будинку, де мешкають люди, повинна бути контрольована вентиляція з рекуперацією тепла повітря, що забезпечує більше 75% повернення енергії. Тому доцільно використати рекуператор тепла повітря.

З'ясовано, що якщо рідини або газоподібні речовини течуть у протилежних напрямках, передача тепла відбувається майже на 100%.

Холодне повітря за рахунок різниці тисків, висот та температур проходить через рекуператор і обертає його та нагрівається від нього, під час обертання нагріте в приміщенні відпрацьоване повітря протікає між пластинами рекуператора, тим самим нагріваючи їх. Завдяки формі зрізаного конусу, спіралеподібним лопатям та вихровому ефекту можна отримати швидкість обертання близько 1 об/хв. Природний потік підтримується природними процесами, не використовуючи електроживлення.

Пропонується лопаті-пластини рекуператора виготовляти з матеріалу з високим коефіцієнтом

теплопровідності, таких як алюміній, мідь, які матимуть мінімальну товщину, як у фольги, гофровану поверхню для збільшення площі теплообміну.

Конструкція рекуператора дозволяє встановлювати його в стіни, системи вентиляції, або вікна.

Регулюючи швидкість обертання теплообмінника, можна регулювати загальну ефективність рекуператора.

Конструкція рекуператора дозволяє встановлювати його в системи вентиляції, або віконні пройоми.

Література:

1. Fraas Arthur P. *HeatExchanger Design, Second Edition*. 1989, p. 2.
2. NewScientist, Technology, "IsIt a Bird, IsIt a Plane," September 3, 2005p. C. 21
3. Былалижизньсоздана? Издание: Декабрь 2016 г. Russian. (Ic-U)C.32
4. Ісаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача – Москва: Енергія, 195 – 448с.
5. Калинин Э. К. Дрейцер Г. А. Ярхо С. А. Интенсификация теплообмена в каналах —М. : Машиностроение, 1972. 220 с
6. Коваленко Г. В. Халатов А. А. Применение ледяных калориметров для исследования теплоотдачи поверхностей, формированных углублениями — Промышленная теплотехника № 2, 2008. С. 5–12.
7. Теплообмінвипромінюванням. Основніпоняття. Закони теплового випромінювання. ЛЕКЦІЯ .
8. Теплопроводность и теплообмен в технологических процессах инженерно-физический журнал ноябрь-декабрь том 77, № 62004 г.

9. *Види систем опалення для приватного будинку*[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://montagnik.com/remont/370-vydy-system-opalena-dla-pryvatnogo-bydynky.html>

10. *Альтернативні джерела опалення приватного будинку* [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/7721/>

11. *Альтернативні джерела енергії: що варто знати?* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://h.ua/story/440671/>

12. *Нові технології в опаленні*[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroytechnology.net/domachne-gospodarstvos/2173-novi-texnologii-v-opaleni.html>

УДК 620.606

ПРОДУКУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ЗА РАХУНОК ПОВІТРЯНИХ МАС

А.С. Петренко, М.О. Проценко, слухачки секції,
*Технологічні процеси та перспективні технології
Кіровоградської Малої академії наук, учениці 11 класу
навчально-виховного комплексу «Олександрійський
колегіум-спеціалізована школа», тел.: +38(095)915-40-29,
e-mail: sun.alluska@gmail.com*

Запропоновано енергоустановку унікальної форми, із вторинної сировини, для перетворення кінетичної енергії повітряних мас спочатку в механічну, а потім в електричну енергію, за рахунок перепаду атмосферного тиску.

Ключові слова: вітер, атмосферний тиск, енергія, полімерні відходи, шумо- та віброізоляція, аеродинамічна труба, псевдосфера, безлопастна турбіна.

ELECTRIC CURRENT PRODUCTION DUE TO AIR MASSES

A.S. Petrenko, M.O. Protsenko, students of the section -
*Technological processes and promising technologies of the
Kirovograd Small Academy of Sciences, a student of the 11th
form of the educational complex "Alexandria College-
specialized school", tel.: + 38 (095) 915-40 -29,
e-mail: sun.alluska@gmail.com*

A unique form of energy from the secondary raw material is proposed for the conversion of the kinetic energy of air masses first into a mechanical, and then into electric energy, due to the atmospheric pressure drop.

Keywords: *wind, atmospheric pressure, energy, polymer waste, noise and vibration isolation, aerodynamic pipe, pseudosphere, turbulent free-flowing turbine.*

ORCID: 0000-0001-6494-4500, 0000-0003-3535-4581.

Актуальність роботи. полягає в необхідності розробки нових систем переробки сміття та джерел альтернативної енергії.

Глобальна енергетична криза за рахунок нарощування видобутку паливно-енергетичних ресурсів спричиняє екологічну кризу.

Зростає споживання і виробництво природних та викопних енергоресурсів, через швидкий індустріальний розвиток. Потрібен пошук альтернативних джерел енергії, через потребу в зменшенні використання корисних копалин.

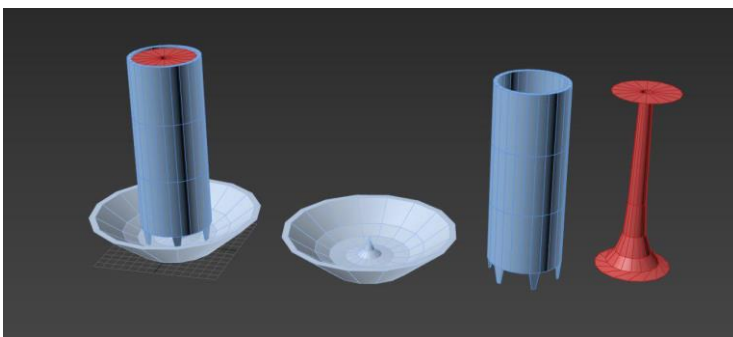
Кожного року утворюється величезна кількість непотрібних матеріалів. А також відходи промисловості, які перевищують норми. Щороку середньостатистичний українець викидає на смітники майже 250 кг відходів. Останніми роками накопичення відходів становить 35—36 млрд. т. Понад 50 тис. т/км² та більш як 750 т на кожного жителя. Щорічне утворення — від 670 до 770 млн. т — відповідає 15—17 т відходів на душу населення. Термін розкладання відходів може сягати сотень років. Спеціалісти підрахували, що якщо не знищувати сміття, то через 10 – 15 років воно вкриє нашу планету шаром завтовшки 5 м.

Основною метою. даної науково-дослідницької роботи є використання вітру, як невичерпне джерело енергії. Вітер – рух повітря, через відмінності в атмосферному тиску на різних ділянках поверхні Землі повітря переміщується з місць з високим атмосферним

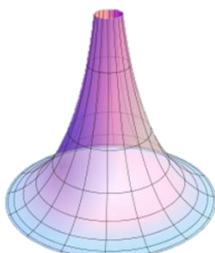
тиском в місця з низьким. Виникає можливість перетворення кінетичної енергії вітрових мас в атмосфері в електричну, теплову або яку-небудь іншу форму енергії.

Завдання дослідження:

- дослідити використання традиційних джерел енергії та їх негативний вплив на навколишнє середовище;
- дослідити властивості полімерних відходів у якості шумо- та віброізоляції ;
- спроектувати вітрову енергоустановку для перетворення кінетичної енергії повітряного потоку в електричну енергію.



Пропонується встановлення аеродинамічної труби у формі псевдосфери, для формування вихрів Бенара, що прискорить швидкість повітряного потоку.



Псевдосфера

За рахунок значного перепаду атмосферного тиску на кінцях труби утворюється постійно діючий повітряний потік, обумовлений центробіжним ефектом .

Використовуючи механізми мікро рухів атомів і молекул, утворюючи їм умови руху по природнім для простору кривим, повітряні потоки отримують підтримку від руху їх у просторі і сила тертя зменшується.

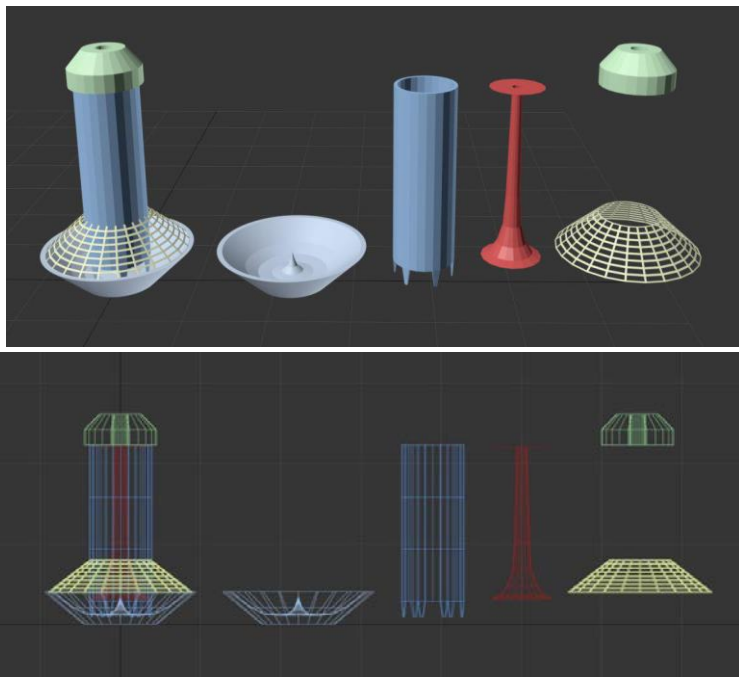
Форма аеродинамічної труби запозичена з біоніки ознайомившись з науковими роботами : Шаубергера, який займався вивченням рогів антилопи, двигуна Річарда Клема, вихревої труби Ранке.

На шляху прискореного повітряного потоку пропонується встановити вітрогенератор – безпастну турбіну, за аналогом винахода британського вченого Д.Дайсона.

Генерація електрики характеризується ефектом «втяжки» від різниці висоти вхідного і вихідного отвору, що утворює постійну вертикальну тягу повітря і оберту турбіни.

Згідно з дослідженнями в області швидкості вітру від висоти оптимальна висота аеродинамічної труби від 80 м і вище.

Для забезпечення комфортних умов мешканців передбачено шумо- та віброізоляцію з використанням матеріалів вторинної сировини.



Найкращим ізоляційним матеріалом слугують полімерні відходи, які в достатній кількості знаходяться на звалищах міст і потребують повторного використання.

Об'єкт дослідження: Процес вироблення енергії за рахунок використання властивостей аеродинамічної труби при створенні повітряного потоку. Рециклінг полімерних відходів, як шумопоглинаючий матеріал.

Предмет дослідження: Енергоустановка, в якій вивчається дія штучно створеного рівномірного повітряного потоку.

Практичне значення роботи: Запропонована енергоустановка утворює єдину конструкцію, яка дозволяє найбільш ефективно використовувати рух повітряних мас,

що відкриває новий принцип повітряної генерації енергії, встановивши її за межами міста. Як результат використовуючи запропоновану технологію можна продукувати електричну енергію за рахунок прискореного постійно діючого повітряного потоку.

УДК:606.60

ДОБУВАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРИ

Д.А. Любарська,

*Кіровоградська Мала академія наук учнівської молоді,
НВК «Ліцей інформаційних технологій- спеціалізована
школа II ступення» Олександрійської міської ради,
вул. Григорія Усика, 39, м. Олександрія, Кіровоградська
область 28000, Україна, тел.: +38(050)6922793,
e-mail: liubarska1972inna@gmail.com*

У роботі наведено процес добування води з атмосфери за рахунок установки, до складу якої входять гіперболічні поверхні, що прискорюють процес іонізації повітряних мас та утворення ядер конденсації та розглянуто аналоги які використовуються вже .

Ключові слова:*процес конденсації. ядра конденсації, іонізація повітряних мас, колообіг води в природі, гіперболічний конус, завихрення .*

ACQUISITION OF WATER FROM THE ATMOSPHERE

D.A. Lyubarskaya,

*KirovogradSmallAcademyofSciencesofStudentYouth;
NSC "LyceumofInformationTechnology -
SecondarySchoolSpecialtySchool" ofAlexandriaCityCouncil,
st. GregoryUsik, 39, Alexandria, Kirovogradregion 28000,
Ukraine, tel .: +38 (050) 6922793,
e-mail: liubarska1972inna@gmail.com*

The article presents the process of obtaining water from the atmosphere by the installation, which include shyperbolic surfaces that accelerate the process of ionization of airmasses

and the formation of condensation nuclei and consider the analogs used already

Keywords: *condensation process. condensation nuclei, ionization of airmasses, circulation of water in nature, hyperboliccone, twist.*

ORCID: 0000-0003-3846-0080.

Сучасне суспільство потребує новітнього джерела прісної води. Зазначається, що за той час, коли населення планети зросло втричі, використання прісної води зросло в 17 разів. А через 20 років споживання прісної води може збільшитися ще втричі. Наголошується, що вже зараз кожна шоста людина відчуває нестачу прісної питної води[7].

Мета та завдання: проектування системи збору, накопичення та підготовки до споживання води, яка знаходиться в атмосфері, так як вода здійснює у природі постійний кругообіг, випаровуючись з поверхні й повертаючись на неї у вигляді атмосферних опадів[3].

Пропонується конструктивне рішення установки, яка має біонічну форму гриба лисички. Сам же гриб має форму гіперболічного конусу, це дасть змогу створити різницю тисків і буде утворюватися процес тяги, а також це збільшить площу даху де утворюватимуться краплі .

Водяна пара сильно поглинає довгохвильову інфрачервону радіацію, яку випромінює земна поверхня. У свою чергу вона сама випромінює таку ж радіацію, яка здебільшого йде до земної поверхні. Це зменшує нічне охолодження земної поверхні і нижніх шарів повітря. На випаровування води з земної поверхні витрачається багато тепла, при конденсації в атмосфері це тепло віддається повітрю[1].

Важливими складовими комплексу процесів, що використовуються для ефективної роботи установки для видобування води з атмосфери є іонізація та конденсація. За рахунок природних процесів іонізації отримуються додаткові ядра конденсації води [2]. В атмосфері конденсація відбувається: при наявності ядер конденсації, при зниженні температури до точки роси, збільшення в ньому кількості водяної пари і відбувається перехід води з газоподібного стану в рідкий. Конденсація може відбуватися в повітрі на ядрах конденсації, на земній поверхні і на поверхні різних предметів [4].

За допомогою механізмів впорядковувати мікро рух атомів і молекул, створюючи їм умови руху по природним для простору кривим можна отримати гіперболічну воронку для збору та очищення сконденсованої води. В цьому випадку рух насиченого вологою повітря отримує підтримку від руху в просторі, яке породжується всіма взаємодіючими тілами. Закручування потоку в вихорі змушує частину тепла, що є частиною внутрішньої енергії системи, перетворюватися в кінетичну енергію поступального руху потоку вздовж осі вихору. Вектор швидкості придбаного поступального руху виявляється перпендикулярним до вектора миттєвої тангенціальної швидкості обертального руху частинок в потоці і не змінює величини останньої. При цьому дотримується закон збереження моменту кількості руху потоку, збільшується тяга, всмоктується повітря у воронку пристрою для збору конденсованої води.

Для прискорення процесу конденсації в установці буде відбуватися процес охолодження поверхні пристрою і це досягається завдяки формі воронки у вигляді гіперболічного конуса, якщо зовнішні периферійні шари повітря або води обертаються і мають більший момент інерції, ніж при осьовий, то, по-перше, індукується більший

потік більш значних за величиною гравітаційних монополів, а по-друге, відбувається індукція і накопичення величини цих носіїв одного знака і різного для кожного шару. Потім відбувається їх розрядка, виробництво волноводов і вихрових струмів частинок з масою і електричних зарядів уздовж них, що і призводить до нагрівання периферійних і охолодженню при осьових шарів зі зміною напрямку їх руху в протилежну сторону. Додатково для збільшення площі конденсації передбачено покриття, що складається з багатошарової ячеїстої сітки і резервуару конденсату[6].

Сконденсована вода по системі водоводів буде подаватися в підземний резервуар. Після очищення вода може подаватися до споживачів і використовуватися для побутових цілей і як питна. Зібрана з атмосфери вода може покращити водопостачання мешканців міст і знизити тарифи на комунальні послуги.

Література:

1. Атмосфера. Справочник / Под ред. Ю. С. Седунова, С. И. Авдюшина, Е. П. Борисенкова и др. — Л.: Гидро-метеоиздат, 1991. 509 с.
2. Красногорская Н. В. Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения. — Л.: Гидрометео-издат, 1972. — 323 с.
3. Мареев Е. А., Трахтенгерц В. Ю. Загадки атмосферной электрики // Природа. — 2007. — № 3. — С. 24—33.
4. Борисенков Е. П. Климат и деятельность человека. - М.: Наука, 1982. - 132 с.
5. Вайсберг Дж. Погода на Земле. Метеорология. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 200 с.
6. Остапчук В. В. Метеорология і кліматологія. Ніжин, 2006.—190с.
7. Гончаров Л. Д. Клімат і загальна циркуляція атмосфери. Навч посібник. - К., 2005. - 350 с.

УДК 574.24: 628.92 / .97

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЯК ПЕРЕДУМОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИРОДИ ТА СУСПІЛЬСТВА

Х.Р. Кицмен¹, Х.В. Стрілець²

*Павлівський ліцей Ямницької сільської ради ОТГ
Івано-Франківська область, Тисменицький район, с.
Павлівка, вул. П. Когуча 4, тел.: (03436) 47-2-21,
e-mail: khrystynakytsmen@gmail.com*

У роботі наведено результати досліджень впливу сонячної електростанції на флору довколишньої території, а також подано розробку проекту побудови сонячної електростанції на даху Павлівського ліцею та описано його кошторис.

Ключові слова: сонячна електростанція, сонячна енергія, флора, кошторис проекту, рентабельність проекту.

THE USE OF SOLAR ENERGY AS A PRE-SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF NATURE AND SOCIETY

K.R. Kitsmen¹, K.V. Strilets²,

*Pavlov Lyceum of Yamnitsky Village Council of OTG
Ivano-Frankivsk region, Tysmenytsky district, with. Pavlivka,
st. P. Kogucha 4, tel. (03436) 47-2-21, e-mail:
khrystynakytsmen@gmail.com*

The paper presents the results of the research on the influence of the solar power plant on the flora of the surrounding territory, as well as the development of a project for the

construction of a solar power plant on the roof of the Pavlova Lyceum and describes its estimates.

Keywords: *solar power station, solar energy, flora, project budget, profitability of the project.*

ORCID: ¹0000-0001-8919-6924, ²0000-0002-0145-7120.

З кожним роком в багатьох країнах світу все гостріше постає проблема забезпечення різними видами енергії. Основними причинами такого становища є нестача та вичерпність традиційних енергоносіїв (вугілля, нафти та природного газу) [1]. Вирішити енергетичну проблему можна або раціонально використовуючи наявні природні енергоносії, тобто проводити енерго- та ресурсозберігаючу політику, або застосовувати нові нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [2].

Більше половини території України знаходяться у другій та в третій зоні розподілу потенціалу сонячної енергії України [3].

Територія села Павлівки відноситься до третьої зони з середньою інтенсивністю сонячної радіації. Густина сонячної радіації залежить від часу доби та пори року, а також від характеристик земної поверхні, широти місцевості та прозорості атмосфери [4].

Всіх членів гуртка «Юний еколог» цікавило питання: «Чи достатньо сонячної енергії на території Прикарпаття та села Павлівки зокрема?». Опрацювавши таблицю «дані НАСА за останні 22 роки», ми змогли оцінити середньорічний рівень сонячного випромінювання за день, що припадає на 1 м² поверхні Івано-Франківської області – 2,94.

З метою встановлення впливу сонячної електростанції у селі Павлівка на флору було проведено дослідження рослинного різноманіття прилеглої території в діапазоні 10, 20 та 30 метрів від об'єкту дослідження для порівняння.

Виготовлено гербарій рослин, зібраних довкола території сонячної електростанції у селі Павлівка з яким ви можете ознайомитися. Опрацювання зібраного матеріалу дозволило встановити у флорі 43 види.

Встановлено, що співвідношення кількості видів на території сонячної електростанції у різних діапазонах не є однаковим. Чим менша відстань від об'єкту, тим нижча видова різноманітність. Ймовірно, це зумовлено тим, що сонячні панелі дають значні затінення. А це, в свою чергу, призводить до змін ґрунтових умов та впливу таким чином на рослинність. Крім тіней загрозу живому дає і нагрівання повітря, яке буде мати місце коли сонячне випромінювання проходить через панелі, на яких є дзеркальні відбивачі. Такий тепловий режим змінює баланс вологості та напрямку вітру. Але не дивлячись на деякі недоліки, саме сонячна енергія несе в собі мінімальну шкоду для навколишнього середовища.

Павлівський ліцей Ямницької ОТГ здано в експлуатацію 1978 року. Заміна вікон була здійснена в 2015 році та є одним із перших результативних кроків впровадження ефективних технологій енергозбереження. На теперішньому етапі роботи в Павлівському ліцеї проводиться заміна даху. Він може стати основою для встановлення сонячних панелей у майбутньому. Встановлено, що найбільше сонячної енергії потрапляє на

південне крило школи. Пропонуємо встановити сонячні панелі саме з цього боку, оскільки ця ділянка не затінюється деревами та найбільше вловлює прямі сонячні промені. Проектування ми завершили розробкою 3D-моделі сонячної електростанції на даху Павлівського ліцею.

Проаналізувавши інформацію подану інтернет-ресурсами та проконсультувавшись з менеджером фірми «Alteco», що безпосередньо займається встановленням сонячних електростанцій, нами встановлено, що для проектування СЕС на даху Павлівського ліцею потрібні такі елементи: сонячні батареї, мережевий інвертор, кріпильна конструкція для сонячних модулів, а також додаткові та розхідні матеріали: (PV-кабель, коннектори, АВ, монтажний щит, та інші).

Опрацювавши літературні джерела та визначивши компоненти, які необхідні для побудови сонячної електростанції, склали орієнтовний кошторис проекту. Для підрахунку бюджету проекту використали онлайн-калькулятор вартості для побудови сонячних електростанцій. Отже, загальний кошторис проекту складає близько 663 000 гривень.

Наступним етапом дослідження був підрахунок рентабельності проекту. За допомогою карт інсоляції визначили кількість електричної енергії, яку вироблятиме сонячна електростанція кожного місяця. Також встановили кількість електроенергії, яку споживає ліцей залежно від місяця року. Віднявши ці значення визначили «надлишок на продаж». Перерахували цей показник по зеленому тарифу та встановили кількість надходження коштів на рахунок з урахуванням податків і зборів у гривнях. Визначили дохід

від генерації для власних потреб у гривнях. Додавши ці значення визначили ймовірний сумарний дохід. Поділивши дане значення на загальну вартість проекту (663 000 грн) визначили термін повернення інвестицій (5, 2 роки).

Проект внесений до «Стратегії розвитку Ямницької сільської ОТГ на період до 2023 року».

Література:

1. Білявський Г. О. та інші. *Основи екологічних знань. навч. посібник.* – К.: Либідь, 2002. – 346 с.
2. Мисак Й. С. *Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія / Й. С. Мисак // М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Вид-во Львів. Політехніки. – 2014. – № 4. – С. 323-337*
3. Алфёров Ж. И. *Тенденции и перспективы развития солнечной фотознергетики / Ж. И. Алфёров, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38. вып.8. – С. 937-948.*
4. Єров В. Ю. *Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Сполом. – 2015. – С. 113-116.*

УДК 692

АВТОНОМНИЙ БУДИНОК МАЙБУТНЬОГО «Home-Jug»

О.В. Гринюк, Учень 10-Д класу НВК Олександрійського
колегіума – спеціалізованої школи,
пр. Індустріальний, 17, м. Олександрія (Кіровоградська
область), 28000, Україна, тел.: +38(099)275-99-12, e-mail:
grinyuk.alex2003@yandex.ua sersch.easy@gmail.com

У роботі наведено проект споруди, яка має новітні технології, які поєднанні в одному будинку для забезпечення належних та комфортних умов для життя людини і забезпечує мешканців водою, електроенергією та системою рекуперації, які необхідні для повного забезпечення потреб людини у 21ст.

Ключові слова: Спіральні закономірності в архітектурному формотворенні, овоїд – форма яйця, використання тороїдально-вихорних рухів, система рекуперації, гіперболоїд.

AUTOMATIC HOUSE OF THE FUTURE «Home-Jug»

O.V. Grinyuk,
Student of the 10-D of the EC of the Alexandrian Collegium -
a specialized school,
str. Industrialny, 17, Oleksandria (Kirovograd region), 28000,
Ukraine

The paper presents a project of a building that has the latest technologies, which are combined in one house to provide proper and comfortable conditions for human life and provide residents with water, electricity and recovery system, which are necessary to fully meet human needs in the 21st century.

Keywords: *Spiral patterns in architectural form-building, ovoid - the shape of an egg, the use of toroidal-long-horn movements, a system of recovery, hyperboloid.*

ORCID: 0000-0001-5141-0948.

Метою досліджень було визначення можливості отримання розмаїтих структур, які мають естетичні переваги, характерні для форм природи, функціональну гнучкість і закономірність побудови, можуть вирішити проблеми водопостачання в світі, постачання електроенергії використовуючи природні явища.

Спроектовано споруда має новітні технології, які поєднанні в одному будинку для забезпечення належних та комфортних умов для життя людини. Окрім того, цей будинок забезпечує мешканців водою, електроенергією та системою рекуперації, які необхідні для повного забезпечення потреб людини у 21ст.

В результаті дослідження було доведено, що існуючий вихорний рух у воді може бути аналогією тороїдальновихорного руху в рідинах і газах. У цьому випадку, при утворенні тороїдального вихору можна спостерігати явище енергетичного підживлення цього вихору. За рахунок утворення вихору охолоджується навколишнє середовище з перетворенням відібраної теплової енергії у власну кінетичну енергію тороїдальновихорного обертання і прискореного прямолінійного руху в напрямку власної вісі, відбувається конденсація води з повітряних мас, які «засмоктуються» вихором.

Встановивши систему у вигляді гіперболічної лійки можна очищувати дощову і сконденсовану воду, а

вертикальну турбіну тороїдально-вихорної вітроелектростанції буде продукувати електричну енергію. Використовуючи принцип вентиляційних систем термітників і форму житлової частини споруди у вигляді овоїда, можна досягти автономного забезпечення будинку всіма видами комунальних потреб і зробити його екологічно чистим, без використання зовнішніх постачальних систем.

Наукова новизна та практичне значення роботи: дослідженням виявлені напрямки використаних біонічних принципів в архітектурі і дизайну, екологічний принципи формування середовища, пізнання природних процесів отримання води і забезпечення систем вентиляції з відповідною вологістю повітря, забезпечення електроенергією та комфортної температури будинка в середині.

«Home-Jug» можна конструктивно поділити на три частини, які мають різні геометричні форми. Дах у вигляді гіперболоїду, який використовується для збирання води та продукування енергії. Завдяки гіперболічній формі-псевдосфери відбувається збір атмосферної вологи та її очищення, фільтрація води. Цей принцип дослідив і обґрунтував В. Шаубергер – австрійський фізик. При проведенні дослідження було вивчено історичні факти, що сталися у I ст. до н. е.

Житлова частина виконана у вигляді– овоїда, яка призначена для комфортного та належного життя людини чи сім'ї. При розмірах конструкції: висота 8,5м, а ширина 11,3м. можна зробити мінімум 4 рівня, що нагадують поверхи. Замість сходинок будуть застосовані пандуси, що спроектовані під таким кутом, під яким людина, йдучи по ньому майже не буде відчувати навантаження при підйомі. Співвідношення ширини до висоти 1:1,62. Становить є

золотий перерізі– це формула гармонії людини с природою. Таким чином, живучі у такому будинку людина буде відчувати гармонію.

Фундаментна конструкція виконана у вигляді зрізаного конусу висотою - 2,5м., шириною - 11,3м. Вона є своєрідною «кореневою системою», утримуючи будинок від шквальних вітрів та землетрусів, може слугувати, як для розташування комунікаційних систем так і для побутових (наприклад гаражне сховище). Габаритні розміри споруди : висота - 12,2м., діаметр-11,3м.

Література:

1. Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. // Турбулентное динамо в астрофизике. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
2. Зельдович Я.Б. Магнитное поле при двумерном движении проводящей жидкости// ЖЭТФ. – 1956. – 31. – С.154-156.
3. Зимин В.Д., Фрик П.Г. Турбулентная конвекция. – М.: Наука. – 1988. – 174 с.
4. Криводубский В.Н. О турбулентной проводимости и магнитной проницаемости солнечной плазмы// Солн. данные. – 1982. – №7. – С.99-109.
5. Інтернет ресурсу:<http://ptmip.ipt.kpi.ua/wp-content/uploads/sites/6/2014/06/Ukr-1.pdf>
6. http://eprints.kname.edu.ua/853/1/166170_%D0%A5%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D0%BD.pdf
7. <http://www.astrobulletin.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/file/51/9.pdf>

УДК 62-1/-9

ЕНЕРГІЯ ВІТРУ ТА ЇЇ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ СУДИЛКІВСЬКОЇ ГРОМАДИ ШЕПЕТІВСЬКОГО РАЙОНУ

В.В. Чижинська,

*Судилківська ЗОШ І-ІІІ ст. Судилківської сільської ради
Шепетівського району Хмельницької області, вул.
Шкільна 1а, с. Судилків, 03430, Україна,
тел.: +38(067)753 -79-75, e-mail: zam.galina@ukr.net*

У роботі проаналізовано нові шляхи отримання практично корисних форм енергії, досліджено основні характеристики для роботи індивідуальної вітроелектростанції на території Судилківської громади (швидкість вітру, вибір місця, висота щогли, вибір електродвигуна, електрогенератора, потужність вітросилової установки, придбання вітрогенератора від виробників), обґрунтовано переваги вітрових електростанцій для будинку.

Ключові слова: *енергія вітру, вітроелектростанція, вітрогенератор, швидкість вітру.*

WIND ENERGY AND ITS PRACTICAL USE BY RESIDENTS OF THE SUDYLKIV COMMUNITY OF SHEPETIVKA DISTRICT

V.V. Chyzhynska,

*School of Sudylkiv Shepetivka district Khmelnytskyi region
St. Shkilna 1a, Sudylkiv 03430 Ukraine,
tel.: +38(067)753 -79-75, e-mail: zam.galina@ukr.net*

We analyzed the new ways of obtaining useful forms of energy, we explored the main characteristics for the operation of an individual wind farm in the Sudylkiv community (wind speed, location selection, mast height, electromotor selection, electric generator, wind turbine power, wind turbine generator purchase from manufacturers), and also the advantages of wind power plants for the private house.

Keywords: *wind energy, wind power station, wind turbine, wind speed.*

ORCID: 0000-0002-0538-4838.

Потреба в електроенергії з'являється відразу, як тільки ми стаємо володарями садової ділянки або будинку в сільській місцевості. У цьому випадку на допомогу придуть індивідуальні електростанції, одну з таких можна зробити своїми руками - наприклад *вітроелектростанція* (ВЕС). За допомогою пропелера (або вітроколеса) енергія вітру перетворюється в електричну енергію електрогенератором, який заряджає акумулятор через випрямний пристрій. Щоб домашня вітроелектростанція виправдала наші сподівання дослідимо основні характеристики, які потрібно знати.

1) Вибір місця встановлення.

Ми досліджували протягом 2018 року швидкість вітру за допомогою анемометра в різних місцях Шепетівщини.

Середня швидкість вітру на полі між селами Білокриниччя та Серединці (4.4) вища ніж на околиці міста Шепетівки (3.4 м/с). Отже виходячи з моїх досліджень я зробила висновок, що найкраще будувати ВЕС на Шепетівщині на полі між селами, де швидкість вітру

найбільша і достатня для вітроустановки, а село Судилків знаходиться посередині між досліджуваними точками.

2) Вибір вітродвигуна

Є два найбільш поширених вітродвигуна: вітрове колесо і пропелер.[2]

Великою перевагою вітроколеса є те, що воно працює практично *безшумно* і здатне обертатися при порівняно *малій швидкості вітру*

Пропелер - пристрій типу гвинта літака. Конструктивно пропелер багато простіший і легший вітроколеса. Пропелер обертається значно швидше.

3) Вибір електрогенератора

Визначальні параметри: *частота обертання, потужність, надійність.*

Якщо потужність вітроустановки 50-100 Вт, то може бути використаний генератор, вживаний на тракторах марки Г-31А потужністю 60 Вт.

4) Конструкція щогл вітродвигуна.

Чим вище щогла, тим ефективніше працюватиме вітроагрегат. На садових ділянках щоглами для вітродвигунів потужністю не більше 1 кВт можна використати дерев'яні стовпи або металічні опори на розтяжках. Дерев'яна щогла, яка являє собою центральну стійку висотою біля 5 м., діаметр якої зменшується по висоті від 0.35 до 0.15 м., з закріпленою на ній дерев'яною драбиною.

5) Потужність вітросилової установки.

Визначається потужністю вітрового потоку, який обертає вітроколесо або пропелер; залежить від його густини і швидкості, а також площі поперечного перетину повітряного струменя, що проходить через вітродвигун.

$$F = \pi (D^2 - d^2) / 4$$

де D - зовнішній діаметр вітроколеса (відстань між зовнішніми кінцями двох протилежних лопаток); d - внутрішній діаметр вітроколеса (відстань між внутрішніми кінцями двох протилежних лопаток). Оскільки зовнішній діаметр більш ніж удвічі перевищує внутрішній, для попередніх підрахунків можна користуватися скороченою формулою

$$F = \pi D^2/4 \quad (1)$$

Якщо в рівняння замість маси m підставити масу повітряного потоку, що проходить через поперечний переріз за одну секунду (одиничну масу m_0), отримаємо потужність N повітряного потоку $N=m_0 v^2/2$ (2)

Одинична маса може бути виражена через густину і витрату потоку

$$m_0 = \rho Q = \rho Fv \quad (3)$$

де ρ — густина повітряного потоку; v - швидкість повітряного потоку.

Підставляючи в рівняння (2) рівняння (3), отримуємо $N=\rho F v^3/2$ (4)

1) При $v = 5$ м/с, $D = 1.5$ м, $\rho = 1.3$ кг/м³ $N=143,5$ Вт, при $v = 10$ м/с $N=1148$ Вт, при $v = 15$ м/с $N= 3875$ Вт.
2) $v = 5$ м/с, $D = 2$ м, тоді $N= 225$ Вт; При $D = 2.2$ м $N= 309$ Вт.

Як бачимо, потужність повітряного потоку істотно залежить від діаметру вітрогенератора і ще більшою мірою - від швидкості набігаючого потоку повітря.

6) Придбання вітрогенератора від виробників.

Потрібно враховувати технічну характеристику, компанію виробника, ціну та термін повернення затрат.[5]

На сьогодні енергія вітру тільки частково використовується в Судилкові. Так на підприємстві "МВМ-13" встановлено вітроустановку для вуличного освітлення

Висновок:

- вітрові електростанції забезпечують електроенергією будинки, не підключений до центральної електромережі;
 - правильно підібраний вітрогенератор допоможе заощадити на платежах за електроенергію; не завдає шкоди екології;
 - вітрові електростанції допоможуть уникнути проблем, пов'язаних з перебоями електропостачання
 - Швидкість вітру дозволяє будувати вітрові установки на території нашої громади;
 - Найкраще місце для побудови – поле між селами Білокриниччя та Серединці;
 - При будівництві слід враховувати діаметр пропелера, конструкцію щогл
- В Україні є всі передумови для подальшого розвитку вітроенергетики.

Література:

1. Аугуста Голдін. *Океани енергії*. – Пер. з англ. – М.: Знання, 1983. – 144 ст.
2. Долгачов Ф. М. *Індивідуальна електростанція*. Тула, 1991 рік.
3. *Джерела енергії. Факти, проблеми, рішення*. – М.: Наука и техника, 1997. – 110 с.
4. Кононов Ю. Д. *Енергетика і економіка. Проблеми переходу до нових джерел енергії*. – М.: Наука, 1981. – 190 ст.
5. Меркулов О. П. *У пошуках енергії майбутнього*. – К.: Наукова думка, 1991. – 123.
6. Непорожній П.С., В.І. Попков В.І. *Енергетичні копалини світу*. – М.: Энергоатомвид, 1995. – 232 с.

УДК 621.3

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВПЛИВІВ НА ҐРУНТИ

Є.Г. Лазарова,

*Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ» м. Києва; проспект
Перемоги, 37, корп. 7, кім. 537, м. Київ, Україна, 03056,
тел.: (044) 204-94-72; e-mail: pl.kpi@ukr.net*

У роботі описується універсальний спосіб поєднання сонячних батарей та іригаційних систем (каналів для зрошування) для подвійного використання земельних ділянок і зменшення негативного впливу сонячних батарей на довкілля (ерозія ґрунту).

Ключові слова: *сонячні батареї, сонячна енергетика, іригаційні канали, зрошувальні системи, ерозія ґрунту.*

IMPROVEMENT OF SOLAR POWER STATIONS WITH THE AIM OF MINIMIZATION OF NEGATIVE INFLUENCES ON SOIL

Y. Lazarova,

*Polytechnic Lyceum NTUU "KPI"; Prospekt Peremogy, 37,
building 7, room 537, Kyiv, Ukraine, 03056,
tel. (044) 204-94 -72; e-mail: pl.kpi@ukr.net*

The article describes a universal way of combining solar panels and irrigation systems (irrigation canals) for dual use of land and reducing the negative impact of solar panels on the environment (soil erosion).

Keywords: *solar panels, solar energy, irrigation canals, irrigation systems, soil erosion.*

ORCID: 0000-0002-4247-7881.

Сонячні батареї поряд з численними перевагами мають і екологічні недоліки. Широкому використанню сонячних батарей перешкоджає дефіцит площ для їх встановлення. Компанії з встановлення сонячних панелей часто використовують придатні для сільського господарства землі. Ці ділянки є затіненими, що сприяє негативним процесам у ґрунті та загибелі рослин, наслідком чого може стати ерозія ґрунту та екологічна катастрофа. Тобто пошкодженню піддаються величезні площі родючих та якісних ґрунтів.

Крім того збільшенню масштабів використання сонячної енергетики перешкоджає й невисока ефективність сонячних батарей. Їх ККД в середньому становить 15% і може знизитися через перегрівання та запилення поверхні. Сучасні способи охолодження є затратними та неефективними. Ще одна проблема сонячних батарей – парусність.

Розглядалися ще такі проблеми: відсутність самостійного електрозабезпечення сільськогосподарських угідь і систем зрошування. На сьогодні джерелом енергії для них є звичайні електромережі, які доводиться протягувати до цих ділянок. Також розглядалась проблема засмічення та забивання каналів зрошувальних систем.

Мета проекту полягає у пошуку універсального способу розміщення фотоелементів задля уникнення їх встановлення на придатних для сільського господарства ділянках, що призводить до ерозії якісних ґрунтів; а також усунення проблеми перегрівання сонячних батарей та їх запилення, самозабезпечення електроенергією сільськогосподарських угідь та прикріплених до них зрошувальних ділянок.

Суть ідеї полягає у в універсальному поєднанні сонячних батарей з іригаційними системами. Пропонується декілька способів розміщення фотопанелі: на дні каналу, на його стороні (при цьому враховується напрямок каналу

відповідно до сторін світу), над поверхнею води. Враховуючи те, що сонячна батарея буде перебувати у воді, її необхідно вкрити герметичною плівкою, аби уникнути потрапляння води на з'єднуючі контактні доріжки. Прохолодна вода слугуватиме охолоджувачем для сонячної батареї для забезпечення її стабільної ефективності. Оскільки фотопанель не буде знаходитись у відкритому просторі, де відбуваються вітряні пориви, то явища парусності не відбуватиметься.

До фотопанелей будуть підключені акумулятори, які накопичуватимуть вироблену енергію. Таким чином зрошувальні системи будуть енергетично незалежними і зможуть використовувати цю енергію для роботи насосів відповідно до плану поливів, а також для інших потреб вирощувальної ділянки (освітлення, електроприлади тощо).

Кількість одержаної енергії від встановленої фотопанелі на дні/на стороні/над поверхнею води каналу є вищою, ніж у звичайних сонячних батарей. Це зумовлено щільним розміщенням фотопанелей (адже вони не затіняють одна одну і їх можна стикати) та усуненням проблеми перегрівання (охолодження водою).

Встановлення над поверхнею спрощує очищення від пилу, ця система формує закритий канал для уникнення засмічення зрошувальних каналів. Встановлення на дні та на боковій стороні є ефективним внаслідок дії води як лінзи для фокусування променів на поверхню фотопанелей.

Одна встановлена таким чином сонячна батарея може надавати потужність від 330 Вт (в залежності від її моделі). Таким чином три сонячні батареї можуть забезпечити роботу стандартного насоса для зрошувальної системи. Протяжність іригаційних каналів становить від 30 км до 1000 км і більше. Ширина в середньому – 1-3 метри. Таким чином на 1 км довжини каналу вміститься до 1000 сонячних батарей (з габаритами: ширина – 2 м, довжина – 1 м, висота – 5 см). Таким чином на поверхні 200-

кілометрового каналу можна встановити таку кількість сонячних панелей, яка буде еквівалентною середній сонячній електростанції (наприклад, Старокозача СЕС, Одеська область), потужність якої 43 МВт (але потужність на каналах буде на 30-40% більшою через усунення проблеми перегрівання).

Система буде економічно вигідною для промислового застосування. Сонячна батарея у середньому коштує 3-5 тисяч гривень. Вони, зазвичай, окупаються за 5-8 років, але така система, підвищуючи ефективність сонячних батарей, окупиться вже за 3-5 років.

Таким чином використання запропонованої універсальної системи (зрошувального каналу та встановлених на його поверхні фотопанелей) сприятиме поширенню альтернативних джерел енергії, усуне недоліки сонячних батарей, зменшить площі сонячних електростанцій, запобігатиме ерозії ґрунтів і сприятиме збереженню навколишнього середовища.

Література:

1. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів: Видавництво львівської політехніки, 2014. – 340 с. – (М—во освіти і науки України, Нац. ун—т "Львів. політехніка").
2. Jones, Geoffrey; Bouamane, Loubna (2012). "Power from Sunshine": A Business History of Solar Energy. Harvard Business School.
3. Сельскохозяйственные мелиорации /Черемисинов А. Ю., Бурлакин С. П. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. – 247 с. 144
4. Tillman R. E. Environmental guidelines for irrigation / R. E. Tillman. – New York Botanical Garden Cary Arboretum, 1981.
5. FAO Irrigation and Drainage Paper 53 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.fao.org/docrep/v8350e/v8350e00.htm>.

УДК 550.361.2 : 550.361.4

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОДИН ІЗ ВИДІВ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В.М. Івахнюк,

*Опорний загальноосвітній навчальний заклад
Новоолександрівський навчально-виховний комплекс
«Загальноосвітня школа I-III ступенів - дошкільний
навчальний заклад» , вул. Перемоги , 2, с. Нова
Олександрівка, Згурівський район, Київська область,
07623, Україна, тел.: +38(045)7058601, e-mail:
nvknovol@ukr.net*

*Дослідження особливостей геотермальної енергії
покладено в основу роботи. Розроблено практичні
рекомендації щодо виготовлення моделі геотермальної
установки та проведено розрахунки для горизонтального
і вертикального теплообмінників для власного будинку.*

Ключові слова: геотермальна енергетика,
альтернативна енергетика

GEOHERMAL POWER PLANT AS ONE OF THE SPECIES OF NON-RADIATION AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

V.M. Ivachniuk,

*Secondary general educational institution Novooleksandrivsky
Educational Complex «Secondary school of I-III degrees -
preschool educational institution», 2, Victory St, Nova
Oleksandrivka, Zgurivsky District, Kyiv region, 07623, Ukraine,
tel .: +38 (045) 7058601, e-mail: nvknovol@ukr.net*

Research of the features of geothermal energy is the basis of scientific work. Practical recommendations for the production of a geothermal plant model have been developed and calculations for horizontal and vertical heat exchangers for own building.

Keywords: *geothermal energy, alternative energy*

ORCID: 0000-0003-4339-804X.

Учені підраховали, що до 2050 року чисельність населення наблизиться до 9,7 мільярдів чоловік і нам знадобиться на 50% більше енергії. Тому в сучасному світі проблема отримання та збереження електроенергії є актуальною.

Вираз «геотермальна енергетика» буквально означає, що це енергія тепла Землі. Розрахунки показують, що всередині Землі тепла набагато більше, ніж можна було б добути його у ядерних реакторах при розщепленні всіх земних запасів урану і торію. Якщо людство буде використовувати лише геотермальну енергію, мине 40 млн. років, перш ніж температура надр Землі знизиться тільки на півградуса. [5]

Україна має певний потенціал розвитку геотермальної енергетики. Геотермальні ресурси України – це передусім термальні води і тепло нагрітих сухих гірських порід. Програма «Екологічно чиста геотермальна енергетика України» розроблена ще у 1996 році. Однак, про суттєві результати реалізації цієї програми, на жаль, говорити не доводиться. [4]

Як показали наші дослідження, проведені у с. Нова Олександрівка Згурівського району, альтернативні джерела енергії (зокрема, і геотермальна енергія) зовсім не

використовуються. Адже потребують досить немалої суми коштів на придбання різного обладнання. Єдиною альтернативою газу у селі є дрова. Якщо у 2010 році основним видом палива у будинках був газ, то у 2018 році основне паливо це дрова. І незначна кількість домогосподарств використовує електрику. Використання газу з 2010 року по 2018 зменшилося із 86% до 27%, а дров збільшилось з 13 до 68%. У 2015 році наш навчальний заклад був переведений на дров'яне опалення. Держава економить газ, місцева влада – кошти, підприємці заробляють, школа опалюється. А от жителі сусідніх будинків вимушені дихати смердючим повітрям і спостерігати сажу та попіл у себе на вікнах та балконах.

Геотермальні системи опалення є просто чудовою альтернативою наявним дорогим джерелам тепла, наприклад, газу. Таке опалення має тільки одні переваги. Геотермальні системи опалення відрізняються своєю довговічністю роботи – в середньому, тепловий насос здатний без обслуговування пропрацювати близько 30 років. [1,2]

Окупність геотермального опалення у будинках складає близько 5-8 років. Головною перевагою такої системи є те, що при роботі теплового насоса електрична енергія витрачається 1 кВт при корисній – від 4 до 6 кВт.

Ми провели розрахунки для горизонтального і вертикального теплообмінників для власного будинку площею до 100м². Монтаж горизонтального теплообмінника простіший і не вимагає значних грошових витрат. Недоліком є велика займана площа, на якій не повинно бути згодом будівель і дерев. Це приблизно 280м² для будинку. [6]

Температура ґрунту глибше 20 метрів стабільна протягом усього року і дорівнює 8-10°C. Для отримання цієї

енергії використовують вертикальні ґрунтові теплообмінники. Для нашого будинку це може бути одна свердловина глибиною 160 м, або три свердловини по 55 м. [6]

У майбутньому я хочу створити систему геотермального опалення для нашого навчального закладу, опотоплення якого завжди було проблемою.

Основною частиною геотермальної електростанції є парова турбіна. Модель якої ми спробували виготовити з підручних матеріалів. Для створення моделі ми взяли жерстяну банку, упаяли зверху форсунку. Виготовили турбіну. Пар під тиском буде вириватися з форсунки і крутити турбіну (те ж саме станеться, коли пар з геотермального джерела виходить назовні). Подібна міні-електростанція може здатися простою іграшкою. Але опинившись у поході і взявши з собою таку турбіну з електрогенератором, ви зможете гідно оцінити її функціональність.

Література:

1. Абдулагатов І.М. Перетворення геотермальної енергії в електричну з використанням у вторинному контурі надкритичного цикла / І.М. Абдулагатов, А.Б. Алхасов // Теплоенергетика.-1988.- № 4.- С. 53-56.
2. Алхасов А.Б. Підвищення ефективності використання геотермального тепла // Теплоенергетика. - 2003. - № 3.- С.52-54.
3. Бондаренко В. І. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Т. 1. Від вогню та води до електрики / В. І. Бондаренко, Г. Б. Варламов, І. А. Вольчин, І. М. Карп. – К., 2006. – 300 с.
4. Руденко В.П. Енергетичні ресурси України / В.П.Руденко – К., 2004.
5. Севастопольский А.Е. Геотермальная энергия: ресурсы, разработка, использование/ А.Е.Севастопольский – пер. с англ. : Издательство Мир, 1975.
6. Шурчков А. В. Використання геотермальної енергії для потреб теплопостачання /А. В. Шурчков, Т. А. Резакова //Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. – К., 2007. – Т.2. – С. 481 – 494.

УДК 629

ПЛАЗМА – ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ МАЙБУТНЬОГО

Є. Шуть,

*Германівська гімназія Обухівської районної ради Київської області, вул. Б.Хмельницького, 30, Київська обл.,
Обухівський р-н, с.Германівка, 08753, Україна,
тел.: +38(045) 723-43-30, e-mail: germdimn@ukr.net*

У роботі розглянуто проблему утримання частинок в електромагнітному полі. Запропоновано власну розробку утримання енергії плазми.

Ключові слова: плазма, утримання плазми.

PLASMA IS THE SOURCE OF ENERGY IN FUTURE

E. Shut,

*Gymnasia in Hermanivka Obukhiv district council Kyiv region
village Hermanivka B.Khmelnetskyi street, 30, 08753.*

The problem of particle's maintenance in the electromagnetic field was developed in this work. The own working of maintenance of plasma's energy was offered.

Keywords: plasma, magnetically confined plasma.

ORCID: 0000-0001-8652-2229.

За попередніми оцінками у нас є приблизно двісті років до того як вичерпаються запаси всіх видів горючих корисних копалин. Але час не єдина проблема. Традиційні види енергетики, що в основному базуються на спалюванні, завдають неймовірної шкоди нашій планеті та суттєво погіршують якість нашого життя. Ці причини і є основною рушійною силою для пошуку та використання нових джерел

енергії, які до речі мають фактично невичерпний ресурс, а це керований термоядерний синтез – екологічно чисте, практично безпечне та невичерпне джерело енергії. Це і є актуальністю вибраної теми.

Люди навчилися використовувати енергію Сонця, вітру, води, геотермальну енергію, енергію водню, біопаливо. Опрацювавши ряд наукових статей, спілкуючись з друзями, на форумах я переконався, що людству потрібне надійне та потужне джерело енергії. Ставка робиться на енергію атомних ядер, які складаються з протонів та нейтронів. Зв'язок між ними дуже сильний і коли він порушується виділяється величезна кількість енергії. На відміну від процесу ділення ядер, який використовується в сучасній атомній енергетиці та є доволі небезпечним через складну зупинку ланцюгової реакції розпаду важких елементів і надзвичайну шкідливість відходів. Процес термоядерного синтезу, який означає злиття ядер легких елементів, дуже просто зупинити, а відходи реакції відносно безпечні.

Для кращого розуміння процесу, реакція термоядерного синтезу - це саме те що відбувається на Сонці та дозволяє йому так яскраво світити. Така реакція може відбуватися за умов екстремальних температур, 150 мільйонів градусів за Цельсієм, за якої газу перетворюються в плазму - це четверта стадія в якій може перебувати матерія після твердого, рідкого та газоподібного стану. В плазмі протони та нейтрони сходять зі своїх орбіт та починають хаотично рухатися з неймовірною швидкістю. Створюється грандіозний тиск і ці частинки утворюють нові елементи, при цьому виділяється дуже багато енергії.

Хоча реакції термоядерного синтезу були відкриті ще у 30-х роках XX ст., а схема майбутньої установки «токамак»

була модернізована в 50-х роках XX сторіччя радянськими фізиками Ігорем Євгеновичем Таммом та Андрієм Дмитровичем Сахаровим, які розробили теоретичну основу термоядерного реактора, в якому плазма набуває тороїдальної форми та утримується магнітним полем, (ТОКАМАК, зараз у світі їх налічується понад 300 штук), проте все це і в наш час ще в теорії, а щоб перевірити її на практиці зараз працюють декілька експериментальних реакторів: ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) на півдні Франції, Wendelstein 7-X в Німеччині та ряд інших. Якщо вдасться подолати всі труднощі та втілити цю технологію в життя людство отримає супердешеву енергію в практично необмеженій кількості.

У роботі, яку я пропоную на розгляд, ми висвітлили елементарні поняття плазми, її виникнення та використання. Також я створив ескіз власної установки утримання плазми.

Основною частиною конструкції є : ядро, стримувальна сфера, лазери та магнітні утримувачі.

Основна задача конструкції – збереження температури всередині. Для цього якнайкраще підійде конструкція круглої форми. Саме кругла форма має мінімальну площу контакту з навколишнім середовищем, таким чином, енергія буде губитися повільніше. Добре якби вона мала і ефект дзеркала. У круглій колбі теплові промені відбиватимуться всередину кола, що приведе до збереження температури. Але температура все ж може вислизнути, навіть, якщо зробити стінки з теплоізоляційного матеріалу, то і в цьому випадку температуру можна підвищувати лише до того моменту, поки газ не почне світитися. Енергія може вислизнути з газу у вигляді електромагнітного випромінювання. Не

допомагають при цьому і дзеркальні стінки. Тому ще краще покрити їх металевим напиленням, тобто екранізувати.

Не можна забувати і про тиск всередині посудини. Якщо тиск всередині тіла буде збільшуватися – воно набуде форму кулі (закон Паскаля), про що ми подумали заздалегідь.

Я, поки що, маю тільки креслення. При виготовленні самої конструкції, можуть виникнути проблеми, такі як:

- нестача температури, тому що нагріта до сотень мільйонів градусів плазма швидко охолоджується, і щоб підтримувати її температуру потрібно постійно підкачувати величезну енергію;

- нормальне проникнення лазерів через захисну сферу;

- матеріал сфери може зруйнуватися;

- правильне розміщення магнітних утримувачів, щоб при нагріванні не сталося перекоосу;

Вчені всього світу працюють над створенням конструкції, яка б давала енергію в промислових масштабах. Я ж мрію, що в майбутньому удосконалена моя розробка, або ж схожа на неї, буде використовуватися в побутових потребах.

УДК 004.7

РОЗУМНІ МЕРЕЖІ (SMART GRID) В УКРАЇНІ

С. Мельничук,

*Васильківська загальноосвітня школа I-III ступенів № 6,
вул.Івана Мазепи 36, м. Васильків, Київська обл., 08606,*

Україна, тел.:+38(095)8668955, e-mail:

seraphimamelnichuk@gmail.com

У роботі наведено перспективні напрямки застосування технології Smart Grid в Україні та їхні можливості.

Ключові слова: розумні мережі, Smart Grid.

SMART GRID IN UKRAINE

S. Melnichuk,

*School of Vasytkiv №6, 36 Ivana Mazepa str., Vasytkiv, Kyiv
region, 08606, Ukraine, tel.: .:+38(095)8668955,*

e-mail: seraphimamelnichuk@gmail.com

The paper presents perspective directions of Smart Grid technology in Ukraine and their possibilities.

ORCID: 0000-0003-1951-3319.

Сьогодні способи передачі електроенергії базуються на принципах «одностороннього» зв'язку, розроблених багато десятиліть тому: електростанція направляє електрику до виробничих і офісних споруд, житлових будинків і т.д. Більшість не замислюється про те, що настане день, коли мережа перестане бути централізованою, і повинна буде підтримувати передачу

енергії від сонячних батарей, розміщених на дахах будівель, і енергії, що виробляється безліччю вітрогенераторів. Тому її інфраструктура і керування повинні ставати все більш «розумними», щоб забезпечити розподіл енергії, отриманої з різних джерел. Мережі повинні вміти керувати передачею енергії та її споживанням, причому, робити це в режимі реального часу, з максимальною ефективністю та на основі використання нових вимірювальних технологій. Де закінчується звичайна мережа і починається інтелектуальна? Однозначну відповідь на це питання навряд чи зможе дати навіть дуже підкований фахівець. У Smart Grid немає єдиного усталеного визначення і більшість спеціалістів тлумачать його по-своєму, переслідуючи кожен свою мету. Скласти визначення для інтелектуальних мереж можна з двох складових: інтелектуальних мереж та технології управління інтелектуальними мережами.

Створення концепції Smart Grid за кордоном переслідувало такі ключові завдання:

- Підвищення надійності електропостачання та безвідмовності роботи системи (слід сказати, що початок розвитку концепції Smart Grid в США поклав ряд великих системних аварій на території країни);
- Підвищення енергетичної ефективності;
- Збереження навколишнього середовища.

Для зазначених сегментів можна виділити наступні технології, які розуміються сьогодні під терміном Smart Grid для різних сегментів:

- Системи автоматизованого обліку та інформаційні системи споживачів;
- Інфраструктура систем зв'язку для енергооб'єктів;

- Системи моніторингу стану і управління електротехнічним устаткуванням;
- Системи автоматизації для підвищення надійності і безвідмовності електропостачання;
- Системи, що забезпечують інтеграцію джерел електроенергії малої потужності і накопичувачів;
- Системи управління даними;
- Системи управління оперативними виїзними бригадами.

Література:

1. Розумні електромережі або що таке Smart Grid від 09.02.2011. Режим доступу: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/rozumni-elektromerezhi-abo-shcho-take-smart-grid>

УДК 621.314.6

СУЧАСНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

С.Т. Маринчук,

*Красилівський навчально-виховний комплекс
«загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів – агротехнічний
ліцей» ім. М.І.Савельєва Ставищенської районної ради
Київської області, вул.Олександра Бачинського, 12а,
с.Красилівка, Ставищенський р-н, Київська обл., 09445,
Україна, тел.: +38(068)471-69-61,
e-mail: smarinchuk15@gmail.com*

У роботі досліджено стан розвитку вітроенергетики, як одного із безпечних способів одержання енергії.

Актуальність теми дослідження полягає, насамперед, у питанні про розвиток вітроенергетики, як альтернативного відновлюваного джерела енергії та використанні вітроенергетичного потенціалу в галузях народного господарства.

Ключові слова: вітер, вітроенергетика, вітрова установка.

MODERN AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT VEHICLE ENGINEERING IN UKRAINE

S.T. Marynychuk,

*M.I.Saveliev Krasyliv educational complex "secondary school
of I-III degrees - agrotechnical lyceum" Stavishche District
Council, Kyiv Region, 12a,Oleksandr Bachinsky St., village*

*Krasilivka, Stavishchy district, Kyiv region, 09445, Ukraine,
tel. : +38 (068) 471-69-61, e-mail: smarinchuk15@gmail.com*

The paper studies the development of wind energy as one of the safest ways of obtaining energy.

The relevance of the topic depends on the importance of wind energy as the alternative renewable energy source and on the use of wind energy potential in the national economy.

Keywords: *wind, wind power, wind facilities.*

ORCID: 0000-0001-8223-7383.

За даними Інституту світової економіки, за останні 30 років споживання енергії у світі подвоюється кожні 10 років. Енергоспоживання, що збільшується, задовольняється в основному за рахунок використання традиційних енергоносіїв – вугілля, нафти, газу, ядерного палива.

Незважаючи на те, що кількість розвіданих запасів деяких енергетичних ресурсів, наприклад, нафти, зростає – перед людством уже сьогодні встає задача освоєння невичерпних джерел енергії, зокрема енергії вітру.

Світовий досвід показує, що найефективніше енергія вітру використовується в морських і прибережних районах, а також в гірських і пересічених місцевостях. З цієї точки зору, територія України має відповідні географічні характеристики і значну кількість перспективних для розвитку вітроенергетики зон.

Для сучасного технічного рівня вітроенергетичних установок (ВЕУ) використовуються райони із середньорічними швидкостями вітру 5 м/с і більше на висоті флюгера 10 м.

На території України за середньорічними швидкостями вітру більше 5 м/с можна виділити сім регіонів

і дві зони. До регіонів відносяться Карпатський, Причорноморський, Приазовський, Донбаський, Західно-Кримський, Східно-Кримський, а до зон - Харківська і Полтавська.

Нині в Україні спостерігається бурхливий розвиток вітроенергетичної галузі, обумовлений, передусім, введенням різних пілг для девелоперів альтернативної енергетики, а також прийняттям так званих "зелених" тарифів на електроенергію, отриману з використанням відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Зокрема, для приватних домогосподарств, які виробляють електрику з енергії вітру об'єктами електроенергетики, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, та які введені в експлуатацію встановлені такі тарифи за 100 кВт·год:

- з 01 липня 2015 року по 31 грудня 2019 року – 368,59 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року – 331,05 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2025 року по 31 грудня 2029 року – 295,21 коп/кВт·год (без ПДВ).

Також до 2030 року вводиться надбавка в розмірі 3%-5% до "зеленого" тарифу за використання обладнання українського виробництва.

Останнім часом суттєво збільшується кількість малих фермерських господарств, які спеціалізуються на вирощуванні великої рогатої худоби та свиней. У тваринництві енерговитрати складають близько 35% електроенергії, що витрачається в сільському господарстві. За розрахунками, питоме споживання електроенергії за рік на одну корову в умовах молочнотоварної ферми складає в середньому 444-1330 кВт. Споживання енергії у

свинарниках-відокремлювачах на одну голову складає 130-190 кВт. Для потреб галузі може бути використана енергія вітру. Зокрема, доцільно використовувати ВЕУ для приводу водопідйомників і насосів у системах пасовищного тваринництва, а також для електро- і теплопостачання автономних сільськогосподарських споживачів малої потужності. Вироблювана енергія може використовуватися також для опалення і гарячого водопостачання тваринницьких ферм. Це значно підвищить рентабельність виробництва малих фермерських господарств, а, відповідно, населення України буде споживати вітчизняну продукцію за доступною ціною.

Вітроустановки виробляють електричну енергію практично без забруднення довкілля.

Загалом проблеми вітчизняних ВЕУ полягають у наступному: низька якість матеріалів, використовуваних у машинобудуванні (скловолокно, гумовотехнічні вироби, лиття, сталь тощо); виробничі дефекти; недостатнє фінансування.

Однак позитивні тенденції до підвищення якості виготовлення вітроенергетичного устаткування, розробка нормативної документації, гармонізованої до міжнародних стандартів, політична і фінансова підтримка промисловості законодавчою й адміністративною владою дають оптимістичний прогноз.

Розвиток вітроенергетичного комплексу України та його практичне використання дозволить:

- забезпечити виробництво додаткових обсягів екологічно чистої, порівняно дешевшої електроенергії на основі безпальної і ресурсозберігаючої технології;
- знизити залежність України від закордонних постачальників органічного та ядерного палива;

- зменшити негативний техногенний вплив на навколишнє середовище;
- забезпечити українців робочими місцями, створеними для виробництва вітроустановок і будівництва та експлуатації вітрових електростанцій.

Література:

1. Закон України «Про енергозбереження».
2. Закон України «Про електроенергетику».
3. Закон України «Про внесення змін і доповнень до законодавчих актів України про стимулювання розвитку вітроенергетики».
4. Закон України «Про альтернативні джерела енергії».
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року.
6. Комплексна програма будівництва ВЕС в Україні до 2010 р.
7. Бабенко Г.О., Богма В.М., Васько П.Ф., Кукушкін В.І. Науково-технічні основи створення вітроенергетичного комплексу в Україні // *Материалы IV НТК «Нетрадиционная энергетика в XXI веке»*. – Крым. – 2003. – С. 26 – 34.
8. Конеченков А. Відновлювані джерела енергії // *Зелена енергетика (ЗЕ)*. – 2003. – № 4(12). – С. 4 – 6, 17.
9. Конеченков А. Відновлювані джерела енергії // *ЗЕ*. – 2002. – № 4(8). – С. 14 – 16, 25.
10. Конеченков А. Вітроенергетичні тенденції // *ЗЕ*. – 2003. – № 1. – С. 5.

ІНТЕРНЕТ-
РЕСУРСИ:

<https://readbookz.net/book/212/8050.html>
http://ecost.lviv.ua/ua/osnov_parametr.html
<http://energetika.in.ua/>
https://pidruchniki.com/83012/tehnika/vitroenergetika_ukrayini

УДК:001:502

ВОДОРОСТІ ЯК ВИД АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА

В.В. Клименко,

*Васильківська ЗОШ 1-3 ступенів № 6, м. Васильків вул.
гетьмана Сагайдачного 34, Україна, тел.: 380966304197,
e-mail: valery197508@gmail.com*

В роботі наведено інформацію про один з видів палива – водорості, також вказані фактори, які вказують на доцільність використання водоростей як сировини.

Ключові слова: *«енергозбереження»,
«альтернативне паливо».*

ALGAE AS A KIND OF ALTERNATIVE FUEL

V. Klimenko,

*Vasilkovsky secondary school I-III stages №6 Vasylkiv city
Council In the Kiev region*

The paper gives information on one of the types of fuels - algae, as well as the factors that indicate the feasibility of using algae as raw materials.

Keywords: *"Energy saving", "alternative fuel".*

ORCID: 0000-0001-8421-0037.

В недалекому майбутньому мінеральні та органічні запаси земних надр перестануть задовольняти всезростаючі енергетичні потреби цивілізації. Вже сьогодні з'явилися технології, що дозволяють виробляти на основі багатьох видів рослин органічне біопаливо. Але вирощування таких культур призводить до виснаження

земельних ресурсів. Попросту кажучи, верхній і тонкий родючий шар гумусу поступово виснажується, що може вивести з використання мільйони або й мільярди гектарів орних угідь.

Біопаливо, як один з видів нового класу високооктанових бензинів, до речі, екологічно чистішого своїх нафтових аналогів, все частіше з'являється на бензоколонках. Розвиваються альтернативні джерела палива – електричні, сонячні батареї та інші, але вони поки не досягли вирішального значення для повного витіснення двигунів внутрішнього згоряння. Про термоядерну чи іншу екзотичну енергію і говорити не доводиться. Тому біопаливо залишається реальним засобом заміни нафти.

З середини минулого століття вчених розвинених країн привабила ідея використовувати в якості біопалива морські водорості. Це дійсно поновлюваний і колосальний резерв. Він відповідає підвищеним екологічним вимогам, його не потрібно вирощувати, витрачаючи додаткові кошти, просто підтримуй плантації в порядку та збирай врожай. Так, водорості, крім великої маси виходу з одного квадратного метра площі, дають до 50% готового палива з одиниці продукції, що значно більше, ніж у наземних рослин. Потім енергетична криза 70-х років кілька відновила інтерес до розвитку альтернативних технологій, але ненадовго. Малобюджетні програми фінансування не дозволяли активно розвивати енергетику поновлюваних паливних ресурсів. Однак майбутнє зникнення мінеральних видів енергетичних запасів і порушення екологічної рівноваги змусило вчених багатьох країн почати активні розробки з дослідження і виробництва альтернативних джерел.

Існують три основні способи перетворення водної флори в біопаливо, які застосовуються в звичайних

маслобійних цехах для отримання соняшникової олії. Перший спосіб – це віджимання за допомогою пресів, звідки продукт надходить в маслоприймник. Другий – це відділення або витяг в надкритичних умовах. Третій спосіб – це витримка з подальшим очищенням насиченого вуглеводню класу алканів-гексану.

Головними труднощами при отриманні великого обсягу маси є неможливість протікання процесу фотосинтезу в глибині рослин, що перевищує всього кілька сантиметрів. Сонячні промені не проникають в рослинну товщу і швидкість реакції падає. Вченим лабораторії вдалося побудувати такий реакторний біорезервуар, в якому поєднуються найоптимальніші варіанти надходження світла і необхідних речовин, що прискорюють фотосинтез.

Розглянемо фактори, які вказують на доцільність використання водоростей як сировини:

1. Водорості є джерелом масел, протеїнів, вуглеводів, а також відмінною сировиною для виробництва заміника природного газу та інших енергетичних продуктів.

2. Водорості ростуть в 20-30 разів швидше наземних рослин (деякі види мікроводоростей можуть подвоювати свою біомасу кілька разів на добу).

3. Безвідходність виробництва – в процесі переробки сировини використовується вся біомаса водоростей.

4. Витрати на вирощування водоростей на порядки менше витрат на вирощування олійних культур, особливо якщо врахувати, що використовується теплова енергія (для підігріву води в розпліднику у разі необхідності) і вуглекислий газ є побічними продуктами основного виробництва.

5. Відсутність у водоростей твердої оболонки і лігніну робить їх переробку в рідкі палива більш простою і ефективною.

6. Можливість вирощування водоростей у всіх водах (прісній, солоній, стічній та ін.). Тут також слід відзначити здатність водоростей очищати навколишнє середовище від забруднень.

Література:

1. J.Singh. *Renewable and sustainability energy. Reviews 14* (2010), 2596 2610.
2. Tamas Juracsek. *Algae farming. Overview 4/25/2013.*
3. G.Pauli. *The Blue Economy Case77, Fibre from Algae.*

УДК 620.91:662.997:631.563.2

СОНЯЧНО-ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА ЯК ДЖЕРЕЛО ДОДАТКОВОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОБУТІ НА ПІВДНІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Є.О. Онуфрейчук¹, Н.В. Гонтаренко²,

*Одеська загальноосвітня школа №15, вул. Кримська 80а,
м.Одеса, 65025, Україна, тел.(048)700-18-19(школа),
e-mail: yourwind@ukr.net*

У роботі проаналізований розподіл сонячної радіації та енергії вітру на півдні Одеської області протягом року, укомплектована система «сонячні панелі+вітрогенератор» з урахуванням типів сонячних панелей та стартовою швидкістю вітру для вітрогенератора. Доведена ефективність їх сумісного використання.

Ключові слова: *сонячна радіація, енергія вітру, комплексна геліо-вітроенергетична система, електронезалежність.*

SOLAR-WIND ENERGY SYSTEM AS A SOURCE OF THE ADDITIONAL ENERGY IN HOUSEHOLDS IN THE SOUTHERN ODESA OBLAST.

E.O. Onufreichuk¹, N.V. Hontarenko²,

*Odesa secondary school №15, 80a Krymskaya str., Odesa,
Ukraine, 65025*

The work analyzes the distribution of solar radiation and wind energy in the south of the Odessa region during the year, equipped with the system "solar panels + wind generator" taking into account the types of solar panels and start speed

of wind for wind turbine. The efficiency of their combined use has been proved.

Keywords: *solar radiation, wind energy, complex solar-wind energy system, electroindependence.*

ORCID: ¹0000-0002-5808-7298, ²0000-0001-9841-5754.

Представлена дослідницька робота базується на основі вивчення основних характеристик сонячних панелей та вітрогенератора з використанням розрахункових формул для отриманої кількості енергії та необхідної для споживання у побуті.

У пошуках невичерпних, екологічно-безпечних та таких джерел енергії, що можуть забезпечити енергетичну незалежність окремого будинку, району, міста та враховуючи особливість географічного розташування півдня Одеської області, вважається доцільним розглянути комбіновану енергетичну систему «сонячні панелі + вітрогенератор». Вивчивши карту розподілу сонячної радіації та середню кількість сонячних днів на півдні обраного регіону, було визначено, що ефективність виробітку енергії сонячними панелями змінюється протягом року: в момент найменшого її значення посилюються вітри, енергію яких можна використовувати за допомогою вітроенергетичної установки. Були проведені розрахунки кількості необхідної електроенергії для незалежного та безперервного енергоспоживання приватного будинку, вивчені характеристики кремнієвих панелей різних типів (обрано полікристалічні з ККД 16,5 %) та технічні характеристики різних вітрогенераторів (обрано модель СВ3.1/200 із стартовою швидкістю вітру 2,5м/с українського виробництва),

укомплектована комплексна система. В результаті виконаних обчислень була доведена ефективність їх сумісної роботи та проведені економічні розрахунки, які показали також можливість отримання прибутку від продажу надлишкової електроенергії.

Література:

1. Архів прогнозу погоди [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.weatherarchive.ru/Pogoda/Odessa>
2. Архів електронного видання «Юрист&Закон», №43; С.Оберкович, стаття «Альтернативна енергетика: міжнародний досвід, проблеми та перспективи в Україні»; 2016р [Електронний ресурс]: Режим доступу http://uz.ligazakon.ua/ua/magazine_article/EA009783
3. Віпрогенератори [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.fly-tech.com.ua>
4. Енергосистема України [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.studopedia.org>
5. ККД акумуляторів [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.solar-battery.com.ua/kak-rasschitat-solnechnyye-batarei-dlya-doma/>
6. Мішкакова С.І. Аналіз експлуатаційно-економічних параметрів різних типів сонячних панелей з урахуванням їх деградації: Магістерська дисертація : 04.09.2017; Захищена 22.01.18.-Дніпро: Національний гірничий університет. 65сторінок.
7. Напівпровідникові пристрої [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://uk.wikipedia.org>
8. Національний інститут стратегічних досліджень [Електронний ресурс] : Режим доступу <https://www.niss.gov.ua>
9. Постанови щодо «зеленого тарифу» [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1957-12/paran113#n113>.
10. Промислова екологія [Електронний ресурс] : Режим доступу <https://www.eco.com.ua>
11. Розподіл сонячної радіації [Електронний ресурс] : Режим доступу <https://www.solnpanels.com>
12. С.А.Величко, О.С.Третьяков. Альтернативна енергетика України.-Харків: Видавнича група «Основа», 2010.- вип.6.- С.24-70
13. Характеристика ККД сонячної панелі [Електронний ресурс]: Режим доступу [https:// www.alteco.in.ua](https://www.alteco.in.ua)

УДК 620.91:662.997:631.563.2

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ В УКРАЇНІ

А.Е. Щербань,

*Білоцерківська загальноосвітня школа I-III ступенів № 6,
вул. В'ячеслава Чорновола 6, Біла Церква, Київська обл.,
Україна, 09100, тел.: +38(099)000-96-13, e-mail:
anton619ton@gmail.com*

У роботі проведено розрахунки для приватної сонячної електростанції та проаналізовано перспективи використання сонячних електростанцій в залежності від конкретних умов.

Ключові слова: сонячна електростанція, рівень сонячної інсоляції, відновлювані джерела енергії.

PROSPECTS FOR THE USE OF SOLAR ENERGY IN UKRAINE

A.E. Shcherban,

*Bila Tserkva secondary school I-III degrees № 6, st.
Vyacheslav Chornovil 6, Belaya Tserkov, Kyiv region, Ukraine*

The article provides calculations for a private solar power plant and analyzes prospects for the use of solar power plants depending on specific conditions.

Keywords: solar power station, level of solar insolation, renewable energy sources.

ORCID: 0000-0002-2878-4084

Підвищена увага до охорони навколишнього середовища, підвищення цін на паливо пояснюють інтерес населення до використання альтернативних джерел енергії. Майбутнє – за альтернативними джерелами енергії, бо вони майже безкоштовні (повітряні маси, енергія Сонця, геотермальні джерела і біоенергетика), безпечні і не пов'язані із шкідливими викидами. Загальний річний технічно досяжний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії становить близько 98 млн. тон умовного палива. За одиницю умовного палива прийнято брати паливо, теплота згоряння якого 29,3 МДж/кг або 7000ккал/кг [2]. Ще одна перевага – автономність, відсутність необхідності передавати енергію на великі відстані, що супроводжується її великими втратами та забрудненням довкілля, наприклад електромагнітним при транспортуванні електроенергії високої напруги.

Проте, незважаючи на переваги використання сонячної енергії: великий термін експлуатації, повна незалежність енергосистеми, невибагливість обслуговування, отримання прибутку за «Зеленим» тарифом, безпека для навколишнього, модульність – я переконаний, що частка сонячної енергії в загальній структурі виробництва електроенергії в Україні не перевищить 10% (зараз 2%) [1]. Вона енергетично не вигідна для забезпечення стабільного надходження електроенергії в великому обсязі, крім того сонячна енергія найдорожча серед усіх видів альтернативних джерел енергії. Для повного вирішення енергетичних проблем, потрібне відносно дешеве і головне стабільне джерело енергії, подібні характеристики, на жаль, не притаманні для сонячної енергії. Але це актуально, якщо мова йде про постачання електроенергії громадянам всієї держави

безперебійно протягом року. Якщо зменшити масштаб до приватних домогосподарств чи компаній, то ситуація кардинально змінюється.

Тому метою моєї роботи є підтвердити або спростувати раціональність використання сонячної енергії при конкретних умовах, розрахувати потужність, кількість та площу сонячних елементів для задоволення потреб конкретного домогосподарства. Розрахунки проводились для мого будинку з урахуванням усіх необхідних потреб. Дана сонячна електростанція здатна забезпечити помірне енергопостачання приватному будинку на протязі року, без використання електроенергії із загальної мережі [3]. Розроблено проект установки сонячної електростанції, закінчення якого очікується через 4 роки. Також для зручності складена таблиця, яка демонструє ефективність сонячної електростанції в нашому регіоні в залежності від місяців року. Для полегшення ознайомлення населення із можливостями сонячної енергії був розроблений сайт, який допоможе підрахувати всі необхідні характеристики теоретичної сонячної електростанції (<https://anton619ton.wixsite.com/solar-energy>).

Сонячна енергія має свої особливості, її не можна вважати універсальною, тому вона не здатна повністю подолати енергетичну кризу та задовольнити всі потреби населення. Але енергія Сонця, на даний момент, має найшвидші темпи розвитку серед усіх видів енергії. Вона безумовно посяде своє місце у світі. В ході роботи було встановлено, що найефективніший спосіб використання сонячної енергії – «точковий». Тобто, енергія Сонця має бути основним джерелом енергії лише в певних районах, де це економічно вигідно. В інших випадках СЕС несуть допоміжну функцію.

Література:

1. <https://zakon.rada.gov.ua> – Про енергозбереження
2. <http://geografia.at.ua> – Сонячна енергія
3. <https://electric-guide.com> – Розрахуємо потужність і вартість сонячної електростанції

УДК 679:624:691

ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДХОДІВ ДЛЯ ПОВНОЇ ЇХ ПЕРЕРОБКИ

Є.Р. Семенова,

*Кіровоградська Мала академія наук учнівської молоді;
НВК «Лицей інформаційних технологій – спеціалізована
школа II ступеня» Олександрійської міської ради, вул.
Григорія Вусика, 39, м. Олександрія, Кіровоградської
області, 28000, Україна, тел.: +38(098)697-45-17, e-mail:
elrs2107@gmail.com, <mailto:schokinaviktoriya@gmail.com>*

*У роботі наведено технологію переробки відходів
без використання процесу сортування в
високодисперсний пірофорний порошок, з подальшим
використанням його для виготовлення будівельних
матеріалів*

Ключові слова: *каталітичний піроліз, пірофорн,
пластичне течіння, креогенна камера, композиційний
матеріал*

USE OF PROPERTIES OF WASTE FOR THEIR PERFORMANCE

Ye.R. Semenova,

*Kirovograd Small Academy of Sciences of Student Youth;
NSC "Lyceum of Information Technologies - Secondary
School Specialized School" of Alexandria City Council, st.
Grigory Vusyk, 39, Alexandria, Kirovograd region, 28000,
Ukraine, tel .: +38 (098) 697-45-17, e-mail:
elrs2107@gmail.com, <mailto:schokinaviktoriya@gmail.com>*

The paper presents the technology of waste processing without the use of the sorting process, due to its transformation into a highly dispersed, pyrophoric powder, followed by the use for the manufacture of building materials

Keywords: *catalytic pyrolysis, pyrophoron, plastic flow, creogen chamber, composite material*

ORCID : 0000-0001-6665-5702.

Накопичення сміття у процесі життєдіяльності людини рахується звичним явищем, але процес його утилізації ще не досить розвинений [1][2], аби не шкодити довкіллю[2]. Нагальним питанням є саме утилізація [3] відходів: узяти хоча-б ситуацію з переповненими сміттєзвалищами у Львові [7], або Тихоокеанську сміттеву пляму розміром до 1,5 млн. кв. км. [8], або ж рівень забрудненості вулиць азіатських країн[9][10]. Екологічні процеси рециклінгу відходів присутні у кожній країні світу, незалежно від рівня її розвитку [2][5][6], але вони не досконалі і потребують модернізації. У них присутній процес спалювання, який дуже негативно впливає на стан нашої атмосфери, а саме: утворює озонові дири та виділяє купу токсичних викидів. На це впливає те, що в продуктах горіння містяться дуже небезпечні речовини – оксиди азоту, сірка, феноли, токсичні вуглеводи, діоксини, сполуки свинцю, ртуті та інших важких металів. Серед них найбільшою отрутою є діоксин, який може накопичуватись в організмі людини, постійно отруюючи та вбиваючи його.

Середня вартість захоронення однієї тони сміття на полігоні становить 2-20 доларів, переробки 200 доларів, тоді як запропоноване підприємство знизить ціну переробки до 40-80 доларів.

Пропонується підприємство по утилізації та переробці відходів у сировину для деяких сфер виробництва.

Першим етапом стане криогенне замороження відходів. При проходженні по конвеєру сміття буде зрошуватися рідким азотом для охолодження його до $-195,75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це робиться для того, щоб зробити крихкою кристалічну ґрадку та полегшити процес дрібнення.

Проходячи далі по конвеєру, охолоджене сміття підлягає впливу ультразвукового випромінювання до стану вискодисперсного порошку. У такому стані порошок набуває пірофорних властивостей.

Після цього вся шлакова маса пресується в вакуумі під тиском, що забезпечує пластичне деформування і зварювання всієї маси, і в кінцевому результаті вийде міцна плита. Завдяки своїй спайній мікроструктурі вони будуть мати величезну міцність і пружність, а їх дешевизна і багатогранність застосування забезпечать їм широкий збут, а саме використовуватися, як сировина, у мебельному виробництві, у виробництві тротуарної плитки, у виробництві дорожнього покриття, у виробництві будівельних матеріалів. Відслуживши ж своє, така плита знову відправиться на переробку.

Результати та практичне значення роботи:

Економічні розрахунки:

Строк будівництва – 24 місяці;

Приблизна вартість – 30,5 млн. дол. США;

Кількість робочого персоналу – 10 осіб;

Об'єм переробки відходів – 1500 тон/доба;

Виробництво шлакової маси – 300 тон/доба;

Перевагами запропонованого технологічного процесу є:

1. Відсутність ланки сортуванні відходів перед його переробкою.

2. Швидкість переробки одиниці маси зростає до 1500 тон/день.
3. Зменшено займану площу та кількість робочого персоналу.
4. Відповідає вимогам Кіотського договору.
5. Забезпечує замкнений цикл переробки – рециклінг відходів.
6. Відсутність процесу спалювання забезпечує повністю екологічну переробку відходів.

Література:

1. Рута Бендере, гл. ред. Управление твёрдыми бытовыми отходами. — NRJ, 2008. — 97 с.
2. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. — ФАИР-ПРЕСС, 2002. — 336 с.
3. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
4. Кампин де Сильги. История мусора. М., 2011.
5. <http://waste.org.ua/>
6. <http://ekoinvest.com.ua/>
7. https://zaxid.net/vivezennya_smittya_tag47600/
8. https://uk.wikipedia.org/wiki/Велика_тихоокеанська_сміттєва_пляма
9. <https://lenta.ru/news/2015/12/06/groundwater/>
10. <https://lenta.ru/news/2016/09/28/bangladesh/>
11. Каргин В.А. Энциклопедия полимеров том 1, 1972, 612 с.
12. Тагер А.А. Физикохимия полимеров, 1968, 545 с.

УДК 621.3

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ: БУДИНОК МАЙБУТНЬОГО

Н.Г. Захарчук,

*Славутицький ліцей Славутицької міської ради Київської
області, вул. Героїв Дніпра 6, м. Славутич, Київська
область, 07101, Україна, тел.: 04579 21727,
e-mail: sliceum@gmail.com*

У роботі розглянуто шляхи енергозбереження української хати, підтверджена їх доцільність законами теплопровідності. Доведено, що сучасний будинок, побудований за принципами української хати, з використанням новітніх технологій та відновлюваних джерел енергії, відповідає критеріям енергоефективності. Зроблено висновки про те, що енергозбереження не передбачає відмову від благ цивілізації чи обмеження власних потреб, а є раціональним використання енергоресурсів.

Ключові слова: енергозбереження, пасивний будинок, теплопровідність, конвективний теплообмін, променевий теплообмін, відновні джерела.

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES: A HOUSE OF THE FUTURE

N. Zaharchuk,

*Slavutych Lyceum of Slavutych City of Kyiv Region; Heroiv
Dnipra str., 6, Slavutych, Kyivska oblast, 07101, Ukraine.
tel: 04579 21727, e-mail: sliceum@gmail.com.*

The article presents ways of Ukrainian original hut energy saving technologies and proofs their conformity to thermal conductivity laws. This work demonstrates that a modern house, constructed according to the principles of Ukrainian hut but using new technologies and renewable sources of energy meets the criteria for energy efficiency and energy saving.

Keywords: *energy saving, a passive house, thermal conductivity, radiative forcing agents, renewable energy.*

Сьогодні Україна є однією з найменш енергоефективних країн у Європі. Ця проблема викликає занепокоєння не тільки в держави чи власників домогосподарств, а перш за все у молодого покоління. Цьому служать ряд причин, серед яких можна виділити :

- питання енергетичної безпеки України;
- дефіцит і постійне зменшення природних ресурсів;
- висока енергоемність української економіки;
- щорічне зростання цін на імпортовані Україною енергоресурси.

Наші предки ефективно утеплювали свої житла з давніх часів. Сіно і солома, заготовлені для харчування домашніх тварин, зберігалися на горищах, зовні вздовж стін викладали дровітні, по периметру будинку влаштовували засипні призьби, вікна невеликих розмірів закривали матами з соломи. У масштабах поселень розроблявся план забудов згідно з кліматичними умовами. У стінах будинків з північної та північно-західної сторін не прорубувалися віконні та дверні прорізи. Усе це продумано до найменших дрібниць, відповідно до законів теплообміну.

Існують три види теплообміну: теплопровідність, конвективний та променевий теплообміни.

Теплопровідність – це молекулярний процес переносу теплоти в суцільному середовищі, обумовлений наявністю градієнта температури.

Конвективний теплообмін спостерігається між середовищем, що рухається, і поверхнею (твердим тілом).

Променевий - здійснюється за відсутності матеріального середовища й обумовлений поширенням електромагнітних хвиль та їх поглинанням речовиною.

На практиці теплообмін реалізується всіма трьома вище названими способами і називається складним теплообміном.

Спираючись на теорію теплообміну, досвід попередніх поколінь, сучасні технологічні розробки та власну зацікавленість, стає зрозумілим, що будинком майбутнього є пасивний будинок, побудований за наступними принципами.

1. Пасивне використання енергії :

- архітектурний проект, що передбачає форму будівлі та даху, орієнтацію у просторі, розміщення вікон та дверей тощо;
- вентиляційний теплообмін, який складається із системи каналів, встановлених в ґрунті;
- сонячні колектори, роль яких можуть виконувати вікна;
- інноваційна обігрівальна система – теплова помпа.

2. Використання сучасних високоякісних, екологічно чистих матеріалів у будівництві та теплоізоляції.

3. Використання відновлюваних джерел енергії.

4 Інші фактори: кліматичні умови, топографія, орієнтація будівлі за сторонами світу, освітленість або

затінення місця, сила та напрямок вітрів, захищеність будівлі зеленими насадженнями тощо

Переваги пасивного будинку: теплоізоляція, система вентиляції, використання сонячної енергії та внутрішні джерела тепла, економія витрат на енергію при максимальному комфорті.

Недоліки: відсутність змінних температур, низька вологість повітря, правила експлуатації, вартість. Пасивний будинок вимагає більших витрат на утеплення, спеціальні вікна, двері та систему вентиляції. Натомість, заощаджується на системі опалення.

Використовуючи дані власного кабінету з газопостачання заміського будинку, було прораховано, що заміна вікон та зовнішнє утеплення стін у 2016 році дало економію в середньому 20% у порівнянні з середньо статистичними показаннями по регіону та близько 30% по даному домогосподарству.

Про енергозбереження в Україні говориться давно й багато, але є прості й зрозумілі покрокові інструкції, які може впровадити кожний. Щоб тепло в квартиру не поверталось у вигляді величезних рахунків за опалення, варто скористатися доступними кожному методами збереження тепла навіть без значних фінансових вкладень. Вікна – не тільки склопакети, з так званими кліматичними клапанами та теплоізоляційною плівкою, а й відкриті для сонячного світла; батареї - покриті темною фарбою з віддзеркалювачами тепла і не заставлені меблями чи закриті шторами, також витерті від пилу; килими на підлозі; правильне провітрювання – усе це реальні кроки енергоощадності.

Ефективне використання, а отже, і економія теплової енергії, зрештою, не є надто складною справою. У більшості випадків це вирішення двох питань: зміна звичок та усунення втрат тепла за допомогою покращення ізоляції. Одним із найбільш дієвих засобів збільшення ефективності використання енергії є застосування сучасних технологій енергозбереження, прикладом впровадження яких може бути пасивний будинок.

Література:

1. Глухов Н.Д. и др. Беседы о физике: науч.-попул. пособие [Текст]. – М.: Высш. шк., 1990. – 160с.: ил. – 32,36.
2. Енерговитрати можна зменшити на 30% за рахунок правильно висаджених дерев [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zyma.in.ua/articles/304>. - Назва з екрану.
3. Элементарный учебник физики: учебное пособие: В 3-х т. / Под ред. Г.С. Ландсберга. – т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. – М.:Шрайк, В.Роджер [Текст]. – 1995. – 608 с., илл. – с.405-407.
4. Загальні основи фізики: У 2-х. кн. Кн. 1. Механіка. Термодинаміка та молекулярна фізика: Навч. посібник/ І.Г. Богацька та ін; за ред., Д.Б. Головка, Ю.Л. Ментковського [Текст]. – К.: Либідь, 1998. – 192с. – с.96-111, 153-155.
5. Концепція пасивного будинку і її реалізація в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/12_ENXXI_2010/Stroitelstvo/65295.doc.htm. - Назва з екрану.
6. Пасивний Дім [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ekosystem.lviv.ua/p-energyhome>. - Назва з екрану
7. Постачання та передача електричної енергії – Споживачам електроенергії [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://dp.uz.gov.ua/ukr/print/electr_spog. - Назва з екрану.
8. Соколович Ю.А., Богданова Г.С. Фізика: Довідник з прикладами розв'язання задач [Текст]. – Х.:Веста:Ранок, 2008. – 464с. – с.213 - 216.

9. Сонячний повітряний колектор з водостічних труб своїми руками [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zyma.in.ua/articles/245>. - Назва з екрану.

10. Українці: народні вірування, повір'я, демонологія/ Упор., прим. та біогр. нариси А.П. Пономарьова та інші; Вст. ст. А.П. Пономарьова; Іл. В.І. Гордієнка. – 2-е вид [Текст]. – К.:Либідь, 1991. – 640с.; іл.(« Пам'ятки історичної думки України»). – с.173-176.

11. Что такое когенерация? [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ges-ukraine.com/maininfo_20.html. - Назва з екрану.

12. Як зберегти тепло в будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zyma.in.ua/articles/246>. - Назва з екрану.

13. Як утеплюлися дерев'яні будинки на Русі, які способи утеплення використовували наші предки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zrobi.info/yak-uteplyuvali-budinki-v-starovinu/>. – Назва з екрану.

УДК 536.8

ТЕПЛОВІ НАСОСИ ЯК ЗАСІБ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕВАГИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

I.В. Федюк,

*Славутський навчально-виховний комплекс
«Спеціалізована школа I-III ступенів, ліцей «Успіх», вул.
Ярослава Мудрого 59,
м. Славута, 30000, Хмельницька область, Україна,
тел.: +(380) 971028106, e-mail: uspich09@meta.ua*

У роботі теплові насоси розглянуто як один із засобів енергозбереження та розглянуто переваги їх застосування для різних будівель.

Ключові слова: теплові насоси, енергозбереження, опалювальні системи, низькопотенційні джерела тепла.

HEAT PUMPS AS MEANS OF ENERGY SAVING AND THE BENEFITS OF THEIR APPLICATION

I. Fedyuk,

*Slavutsky educational complex "Specialized school of I-III
degrees,
lyceum "Success", 59 Yaroslav the Wise str., Slavuta,
Khmelnytsky region, Ukraine, 30000*

In the work, heat pumps are considered as one of the means of energy saving and the advantages of their application are considered for different buildings.

Keywords: heat pumps, energy saving, heating systems, low-potential heat sources.

ORCID: 0000-0002-5320-7748.

У наш час внаслідок значного подорожчання та невідновлюваності джерел природного газу, що традиційно використовується для опалення промислових та житлових приміщень, в Україні особливо гостро виникла проблема енергозбереження й пошуку ефективних, альтернативних джерел теплової енергії. Одним з таких джерел є використання геотермальної й сонячної енергії за допомогою теплових насосів. Цей метод екологічно безпечний і досить дешевий. Він уже багато років використовується для опалення будівель різного призначення і гарячого водопостачання в ряді країн Західної Європи, США, Японії та інших [1-2,4,5].

На сьогодні теплові насоси опалюють одно- і багатоквартирні будинки, музеї, церкви, лікарні, школи, фабрики, аеропорти, підігрівають злітно-посадочні смуги, дахи, дороги, газони футбольних полів. Ними обладнані реконструйований Рейхстаг у Німеччині, близько 30% адміністративних і житлових будівель.

Теплові насоси – це компактні економічні й екологічно чисті системи опалювання, що дозволяють отримувати тепло для гарячого водопостачання й опалювання будівель за рахунок використання тепла низькопотенційного джерела (тепло ґрунту, ґрунтових, артезіанських вод, озер, морів, тепло повітря) шляхом перенесення його до теплоносія із вищою температурою. На відміну від газових котлів, котлів на рідкому і твердому паливі, теплові насоси мають відмінні показники економічності роботи (щомісячні витрати зменшуються від 2 до 7 разів!). Витративши 1 кВт електричної енергії, можна отримати 3–5

кВт для опалення або 7–10 кВт для охолодження [3]. Джерелом низькопотенційного (низькотемпературного) тепла для теплового насоса можуть виступати наступні середовища: ґрунт; навколишнє повітря; ґрунтові, артезіанські, термальні води; води річок, озер, морів; промислові та очищені побутові стоки; вода технологічних циклів.

За кількістю переваг, тепловий насос перевершує будь-яку з сучасних систем опалення:

- вирішення двох завдань – опалення та охолодження;
- здешевлення експлуатації в комбінації з існуючими дизельними або електричними котлами;
- висока ефективність перетворення (на 1 кВт електроенергії до 5 кВт теплової енергії);
- термін служби до 50 років;
- теплові насоси вибухо- і пожегобезпечні;
- відсутність викидів в атмосферу шкідливих речовин – екологічно чиста технологія;
- надійна автономна робота системи на теплових насосах;
- мінімальні експлуатаційні витрати;
- короткий термін монтажу для підведення тепла в будинок.

В порівнянні з системами опалення установка теплового насоса дозволяє вирішити завдання опалення та охолодження приміщення протягом всього року, замінюючи стандартні системи опалення в осінньо-зимовий період і кондиціонування в літній [2].

Переваги використання теплових насосів:

1. Економічність.

Низьке енергоспоживання досягається за рахунок високої ефективності теплового насоса (від 300 % до 700 %) і дозволяє отримати на 1 кВт витраченої електричної енергії 3–7 кВт теплової енергії. Відсутність необхідності в закупівлі, транспортуванні, зберіганні палива та витраті грошових коштів, пов'язаних з цим.

2. Екологія.

Екологічно чистий метод опалення та кондиціонування, т.к. не проводиться емісія CO₂, NO_x та інших викидів, які призводять до порушення озонового шару і кислотних дощів.

3. Надійність.

Захист від перебоїв електроенергії. Практично не потребує обслуговування.

4. Комфорт.

Немає ніяких спеціальних вимог до приміщення котельні, не потрібно спеціальних погоджень в інстанціях. Коливання температури і вологості в приміщенні мінімальні, великі можливості в програмних настройках.

5. Гнучкість.

Сумісний з будь-якою циркуляційної системою опалення, а також є можливість використовувати дану систему для охолодження приміщення.

6. Автономність.

Теплові насоси працюють повністю в автоматичному режимі.

7. Універсальність.

Підходить для використання у промисловому та в приватному будівництві.

Тепловий насос – це екологічно чиста система опалення, гарячого водопостачання й кондиціонування, що переносить тепло з навколишнього середовища.

Перевагами його застосування є: істотне зниження витрат на опалення й кондиціювання; відсутність у потребі газу чи іншого займистого носія; використання поновлюваних джерел енергії; екологічна безпека; забезпечення стабільної температури протягом усього року.

Теплові насоси зменшують споживання викопних видів палива, економлячи цінні ресурси планети і зменшуючи викиди CO₂, шкідливі для земного клімату. Окрім класичного застосування, як генератор тепла, вони можуть у спекотну погоду приносити в будинок приємну прохолоду. Вже на етапі проектування можна врахувати конструкційні та геологічні особливості будинку, або особисті побажання.

Теплові насоси придатні для нових будинків і для реконструкції старих. Можуть поєднуватись у мультивалентну систему з сонячними колекторами, або ж системами опалення на рідкому чи газоподібному паливі, що дозволить найбільш повно втілити свої індивідуальні побажання.

Література:

1. Васильєв Г.П. *Анализ перспектив использования тепловых насосов в Украине [Електронний ресурс] // Режим доступу – www.insolar.com.ua.*
2. *Стратегія розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року. – Офіц. вид. – К. : М-во палива та енергетики України, 2006.*
3. Ткаченко С.Й. *Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С.Й. Ткаченко, О.П.Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176с.*
4. Бірюк В. Ю. *Перспективи використання теплонасосних систем на електростанціях / В. Ю. Бірюк // Холодильна техніка і технологія. – 2011. -№ 5. – С.67-69.*
5. *Ефективність впровадження енергоощадних заходів в житлово-комунальному господарстві України [Текст] / О. М. Лівінський, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. С. Бойко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2012. – Вип. 45. – С. 115-119.*

УДК 620.98+620.91

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНОЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЛАМП

Д.В. Романов,

*Дворічанський ліцей Дворічанської ради Харківської
області, вул. Слобожанська 14а, смт. Дворічна,
Дворічанський район, Харківська область, 62702, Україна,
тел.: +38(095)4370283,
e-mail: danil200380067@gmail.com*

У роботі здійснено дослідження енергоефективності світлодіодної та енергозберігаючої ламп у порівнянні з лампою розжарювання, показано, яка кількість шкідливих речовин не потрапить в атмосферу завдяки цій ефективності.

Ключові слова: світлодіодна та енергозберігаюча лампи, енергоефективність, екологія.

THE STUDY OF ENERGY EFFICIENCY OF THE LIGHT- EMITTING DIODE AND THE ENERGY-SAVING BULBS

D. Romanov,

*Dvorichna Lyceum of Dvorichna Council, Kharkiv region,
Slobozhanska St., 14a, Dvorichna district, Kvarkov region ,
Ukraine, 62702.*

tel.: +380954370283, email: danil200380067@gmail.com

In this scientific writing the study of energy efficiency of the light- emitting diode and the energy-saving bulbs in comparison with the light lamp has been done. It is demonstrated which quantity of the harmful chemicals will not be emitted to the atmosphere due to this efficiency.

Keyword: *light-emitting and energy-saving bulbs, energy efficiency, ecology.*

ORCID: 0000-0002-8357-1874.

Проблема підвищення рівня енергозбереження, енергетичної ефективності не є новою для України загалом, для кожного її регіону і для кожної людини зокрема.

По-перше, попит на енергоресурси і їх вартість в світі та в Україні зростає. По-друге, запаси невідновлюваних джерел енергії – нафти, газу, вугілля, деревини – вичерпуються, по-третє сучасні засоби виробництва енергії завдають непоправної шкоди довкіллю та людині внаслідок шкідливих викидів. На фоні цих проблем спостерігається недостатнє відповідальне ставлення до енергозбереження та енергоефективності і, як наслідок, несформованість екологічної свідомості та відповідної поведінки людей. Що ж робити?

Вихід є: необхідно заощаджувати енергію і впроваджувати в життя енергоефективні технології. Економити енергію значно легше й дешевше, ніж виробляти її і постачати споживачам.

Мета нашої роботи: показати енергоефективність світлодіодної та енергозберігаючої ламп в порівнянні з лампою розжарювання.

Ми зробили це наступним чином: порахували електроенергію для трьох лампочок, окремо врахувавши, що кожна з них працює кожного дня по 4 години протягом 2 років. Розрахунки здійснили за формулою (1):

$$E_0 = P \cdot t \cdot N', \quad (1)$$

де P – потужність лампочки в (кВт) кіловатах, t – час праці лампочки в (год) годинах, N' – кількість днів за 2 роки. Тоді для лампи розжарювання кількість електроенергії складе: $E_{00}=0,1*4*730=292$ (кВт*год), для світлодіодної – $E_{01}=0,012*4*730=35$ (кВт*год), для енергозберігаючої – $E_{02}=0,025*4*730=65,7$ (кВт*год).

Економію електроенергії на світлодіодній та енергозберігаючій лампах можна обчислити за формулою (2):

$$E_i = E_{00} - E_{0i}, \quad (2)$$

Тоді економія на світлодіодній лампочці складе: $E_1=292-35=257$ (кВт*год), а на енергозберігаючій лампочці – $E_2=292-73=219$ (кВт*год).

Далі обчислили вартість спожитої електроенергії за формулою (3):

$$N_i = E_{0i} * 0,9, \quad (3)$$

Вартість спожитої електроенергії лампою розжарювання складає $N_0=292*0,9=262,8$ (грн), світлодіодною – $N_1=35*0,9=31,5$ (грн), енергозберігаючою – $N_2=73*0,9=65,7$ (грн).

Економію, яку досягли при використанні світлодіодної та енергозберігаючої ламп, можемо обчислити за формулою (4):

$$W_{0i} = N_1 - N_i. \quad (4)$$

Для світлодіодної лампочки економія в гривнях складає $W_{01}=262,8-31,5=231,3$ (грн), а для енергозберігаючої – $W_{02}=262,8-65,7=197,1$ (грн).

Обчислимо економічність лампочки з врахування її вартості за формулою (5):

$$W_i = W_{01} - P_i \quad (5)$$

де P_1 - вартість лампи розжарювання, P_i - вартість світлодіодної та енергозберігаючої ламп. Тоді



економічність для світлодіодної лампочки складе:
 $W_1=231,3-51=1801,3$ (грн), для енергозберігаючої $W_2=197,1-45=152,1$ (грн).

Обчислили економію природних ресурсів, яку отримуємо завдяки світлодіодній та енергозберігаючій лампочкам, у кілограмах (кг). При цьому вважали, що ТЕС має ККД=30%, а питома теплота згорання для кам'яного вугілля дорівнює $q_1=27$ МДж/кг, для мазуту – $q_2=39$ МДж/кг, для природного газу – $q_3=44$ МДж/кг. З формули ККД для ТЕС, виразили масу (6):

$$m_i = E_i / \text{ККД} \cdot q_i \quad (6)$$

За формулою були здійснені обчислення, а отримані результати занесли в таблицю 1. Результати, які отримали, вражають.

Таблиця 1. Економія природних ресурсів на ТЕС(кг).

Природні ресурси	Маса m, кг.		Питома теплота згорання палива q, МДж/кг
			
Кам'яне вугілля	114	97	27
Мазут	79	67	39
Природний газ	70	60	44







Потім відшукали скільки шкідливих речовин потрапляє в атмосферу при згоранні одного кілограма палива. Отримані результати занесли в таблицю 2.

Таблиця 2. Кількість викидів в атмосферу шкідливих речовин (кг) при згоранні 1 кг палива.

Викиди	Вид палива		
	Кам'яне вугілля	Мазут	Природний газ
CO ₂	2,82	3,06	2,5
SO _x	0,06	0,034	0,000008
NO _x	0,009	0,014	0,008
Тверді частинки	0,002	0,0005	0,0003

Завдяки зробленим вище розрахункам ми обчислили, скільки в атмосферу не потрапить шкідливих речовин. Отримані результати занесли в таблицю 3.

Таблиця 3. Кількість шкідливих викидів (кг), які не потраплять в атмосферу завдяки економії електроенергії на одній лампочці.

Викиди	Вид палива					
	Кам'яне вугілля		Мазут		Природний газ	
						
CO ₂	312,5	273,5	241,7	205	175	150
SO _x	6,84	5,82	2,7	2,28	0,00056	0,0005
NO _x	1,03	0,87	1,11	0,94	0,56	0,48
Тверді частинки	0,23	0,19	0,04	0,034	0,021	0,018

Звертаємо вашу увагу на те, що всі розрахунки були зроблені нами на одну лампочку, яка працювала в нашій оселі протягом двох років по 4 години кожного дня. А враховуючи, що в домашній оселі працює 4-5 лампочок, то економія електроенергії, коштів, енергоресурсів буде досить значна. Кількість шкідливих речовин, які не потраплять в атмосферу, буде вимірюватись в тоннах.

На заключному етапі дослідження ми виготовили постер, в якому показали енергоефективність світлодіодної та енергозберігаючої ламп та їх екологічну доцільність при використанні.

Література:

1. Кузьменко С. М. Енергозберігаючий практично-орієнтований проект: «Збережи енергію!». URL: http://nmc-pto.dp.ua/doc/2015/kordos_19.pdf (дата доступу 28.11.2018)
2. Енергозбереження – крок до майбутнього. URL: <http://razom.tv/news/livschyna/ekonomika/energozbrezenня-krok-do-majbutnyho/> (дата доступу 28.11.2018)
3. Молодь – це наше майбутнє. Енергоефективність – це наш очевидний шлях розвитку. URL: <https://zhytlo.in.ua/ua/napryamok/energozberezhennya/molod-ce-nash-e-majbutn-energoefektinst-ce-nash-ochevidnij-shlyah-rozvitku.html> (дата доступу 28.11.2018)
4. Шевцов А. І., Бараннік В. О., Земляний М. Г., Рязова Т. В. Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи. URL: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/energoefekt-b40dc.pdf> (дата доступу 28.11.2018)
5. Дзядичевіч Ю. В., Бурак М. В., Розум Р. І. Енергетичний менеджмент. Тернопіль: Економічна думка, 2010. 295 с. URL: http://library.tne.u.edu.ua/files/EVD/Dzyadykevych_EM.pdf (дата доступу 28.11.2018)
6. Данілкова А. Ю. Категорійно-понятійний апарат у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: аналіз, удосконалення, впровадження. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2016/10/82.pdf> (дата доступу 28.11.2018)
7. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / В.Г.Андрійчук. – м. Київ: КНЕУ, 2000. – 356 с.
8. Словник української мови. URL: <http://sum.in.ua> (дата доступу 28.11.2018)
9. Словник української мови. URL: <http://sum.in.ua> (дата доступу 28.11.2018)
10. Закон України про енергозбереження. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/Z007400.html (дата доступу 28.11.2018)
11. Енергозбереження. Факти й проблеми. URL: http://esco.co.ua/journal/industry/2013_10/art217.pdf (дата доступу 28.11.2018)
12. Канило П.М., Сарапина М.В. Анализ энергоэкологических показателей тепловых станций. URL: <https://docplayer.ru/74194806-Analiz-energoekologicheskikh-pokazateley-teplovyyh-elektrostantsiy.html> (дата доступу 28.11.2018)

УДК 620.91

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ
ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ
СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ**

О.М. Рябошапка, І.А. Коваленко,

*Богуславська спеціалізована школа №1 –
загальноосвітній навчальний заклад I – III ступенів з
поглибленим вивченням окремих предметів Богуславської
районної ради Київської області, вул. Миколаївська 72, м.
Богуслав, Київська обл., 09700, Україна,
тел.: +38(096)3070133,
e-mail: ryaboshapkaolya48@gmail.com*

*У роботі досліджено кількість годин сонячного
сяння для Богуславського району за 2018 рік; підраховано
масштаби установки для електрозабезпечення м.
Богуслава з урахуванням кліматичних особливостей
місцевості, використовуючи відновлювальні
джерела енергії - в даному випадку, енергії сонця.*

*The paper is studies the number of hours of sunshine for
the Boguslav district for 2018; the scale of the installation for the
electrical supply of the city of Boguslav has been calculated
taking into account the climatic features of the area, using
renewable energy sources - in this case, the energy of the sun.*

ORCID: 0000-0001-8212-3298.

Тема, яку я досліджував у науковій роботі, на мою думку
дуже актуальна, тому що однією з основних проблем
сучасної науки, на наш погляд, є пошук та впровадження
нових способів видобування енергії.

Сонячна електроенергетика - один з найбільш швидкозростаючих секторів альтернативної енергетики. Великий потенціал зростання сонячної енергетики обумовлений необхідністю забезпечення національної та екологічної безпеки, а також стійким подорожчанням традиційних джерел енергії.

Метою нашої роботи стало дослідження перспективи використання сонячних панелей для повного електрозабезпечення системи вуличного освітлення міста.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати дослідження можна використати для встановлення енергозберігаючих ліхтарів по місту, в місцях, де максимально сконцентровані житлові будинки та існує рух населення у вечірній та нічний час.

В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори такі як Швеція, Німеччина, США. Уся територія України придатна для розвитку систем тепло- та електропостачання з використанням сонячної енергії.

Провівши дослідження кількості годин сонячного сяяння для Богуславського району за 2018 рік, виявили, що за цей період близько 2300 годин придатні для отримання енергії від сонячних панелей, найбільш сприятливими для отримання електроенергії сонячними батареями є літні місяці. Це пояснюється більшою тривалістю світлового дня (14-16 годин проти 8-10 годин в зимовий період), кутом падіння сонячних променів (до 63° проти 18° в зимові місяці) та переважною більшістю ясних днів.

В середньому за рік в Богуславському районі Сонце активне 6,2 із 10 годин сонячного дня, або 62% дня придатні для отримання електричної енергії від сонячних батарей.

Якщо взяти до уваги той факт, що більшість сучасних комерційних сонячних батарей мають ККД $\sim 20\%$, а середньорічний показник сонячної радіації на нашій широті складає порядку 1150 Вт/м^2 .

Цю енергію, яку нам дає Сонце кожного дня, ми можемо використати на збереження природи, зменшивши споживання електроенергії, яку виробляють ТЕС. А це і зменшення шкідливих викидів в атмосферу й зменшення видобутку природних копалин.

Ми розрахували автономні системи вуличного освітлення із застосуванням світлодіодних технологій та відновлюваних джерел енергії: LED-світильників, опор та сонячних батарей українського виробництва. Такі автономні системи освітлення встановлюються в потрібній кількості на вибраних місцях незалежно одна від одної.

Ми вивчили питання споживання електричної енергії мереж зовнішнього освітлення на території міста Богуслав, у межах, визначених затвердженням виконавчим комітетом Богуславської міської ради, сезонним добовим графіком, у вечірньому і нічному режимах.

Ми підраховали скільки електричної енергії використовує кожна точка обліку, до яких підведені вулиці міста та з'ясували за якою адресою вони розміщені. За даними наведеними у таблиці видно, що за 2018 рік містом використано 64556 кВтгод електричної енергії.

На даний час ПрАТ «Київобленерго» забезпечує зовнішнє освітлення населених пунктів за другим класом напруги (до $27,5 \text{ кВ}$) за таким тарифом: $254,567 \text{ коп/кВт*год}$.

Звернувшись до комунального підприємства Богуславської міської ради «Богуславблагоустрій», ми з'ясували, що по місту працює 1246 світильників, які кріпляться на алюмінієвих кронштейнах. Отже, є можливість

кріплення установки на існуючу опору, що дає можливість суттєвої економії.

За нашими дослідженнями, термін окупності даного проекту становить близько 11 років, згідно наступного підрахунку: оскільки вартість освітлення одного ліхтаря близько 150 грн у місяць, а один ліхтар на сонячній панелі коштує близько 20000 грн, звідси: $20000\text{грн}/1800\text{грн} = 11$ (років).

Для встановлення 1246 ліхтарів необхідно закупити обладнання на суму 18690000грн, а щорічно витрачаємо на оплату електричної енергії за освітлення міста 165000грн.

Таким чином отримуються незалежні джерела енергії для освітлення вулиць, доріг і т. д. в темний час доби.

Автономні вуличні ліхтарі – сучасні світлодіодні і фотоелектричні технології, які дуже добре підходять для вуличного освітлення. Ці системи є економічною альтернативою традиційному освітленню тому, що не потребують затрат енергоносіїв, використовують економічно чисту енергію, мають довгий термін експлуатації, стійкість до впливу природних факторів, являють собою економічне та надійне джерело енергії з привабливим виглядом.

Література:

1. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії/ [Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П. та ін.]. – Київ, 2008.
2. Бабіченко В.М., Дячук В.А. Клімат України. – Київ: Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, 2003.
3. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі/ Бурячок Т.О. Буцьо З.Ю. Варламов Г.Б. [та ін.] – Київ, 2010.
4. Скришевський. В. А. Батарея сонячна модульна. – Київ, 2009.
5. Титко Р., Калініченко В. Відновлювальні джерела енергії. – Варшава, 2014.

УДК 535.8:608

СТВОРЕННЯ ДЕШЕВОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ- КОНЦЕНТРАТОРА

А.І. Кучерявенко,

*комунальна установа Сумська спеціалізована школа І-ІІІ
ступенів №10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка,
вул. Новомістенська, 30, м. Суми, 40000, Україна,
тел.: +380669686590*

У роботі наведено наукове обґрунтування і створення такого сонячного колектору-концентратора, що разом із відносно великим ККД поєднує в собі якомога низьку собівартість та найбільш просту технологію збірки.

Ключові слова: колектор-концентратор, відновлювальна енергетика, сонячна енергетика.

The paper presents the scientific substantiation and creation of such a solar collector-concentrator, which together with a relatively high efficiency combines the lowest possible cost and the simplest assembly technology.

Keywords: collector-concentrator, renewable energy, solar power.

ORCID: 0000-0003-0137-8147.

Сьогодні енергетика України вимагає значного споживання традиційних джерел енергії (нафти, газу, вугілля, атомної енергії). Проте їх використання пов'язане із виникненням ряду труднощів, серед яких теплове, хімічне, радіоактивне забруднення навколишнього середовища та вичерпність їх запасів. Рівень забруднення атмосфери

невпинно зростає, що призводить до руйнування біосфери. І хоча є багато сучасних технологій, що дадуть змогу ще на багато років забезпечити людство атомною енергією, однак це не вирішить таких проблем, як зберігання відходів, наслідки від аварій та теплового і радіаційного забруднення. Все це спонукає до інтенсифікації використання альтернативних джерел енергії (енергії сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі), оскільки вона може ефективно трансформуватись в теплову та електричну і використовуватись для потреб опалення та гарячого водопостачання.

У середині XX ст. використання відновних джерел енергії було незначним, проте енергетична криза 70-х років минулого століття, Чорнобильська катастрофа 1986 року та катастрофа на АЕС "Фукусіма-1" в Японії 2011 року докорінно змінили погляди людства на відновлювальні джерела енергії. Європейська Спільнота вимагає від країн, які прагнуть до неї вступити, збільшення частки відновлювальних джерел енергії в національному виробництві енергії до 6%, а до 2030 року – до 20%. В Україні показник використання альтернативних видів енергії знаходиться на рівні 0,7%. Це пов'язано з тим, що альтернативна енергія є недоступною для середньостатистичного українця. Тому дане дослідження є досить актуальним.

Впродовж останніх десятиліть було сконструйовано та досліджено велику кількість сонячних колекторів. Головною метою цих досліджень було підвищення коефіцієнта корисної дії сонячного колектора та зниження його вартості, оскільки підвищення ефективності, зазвичай, супроводжується зростанням ціни сонячних колекторів. Тому доцільним є пошук оптимальних параметрів сонячного

колектору, що дасть змогу отримати максимальний коефіцієнт корисної дії за мінімальних економічних затрат.

Метою роботи є наукове обґрунтування і створення такого сонячного колектору-концентратора, що разом із відносно великим ККД поєднує в собі якомога низьку собівартість та найбільш просту технологію збірки.

Ми розробили технологію та створили дослідний зразок сонячного колектору-концентратора для приватного й промислового застосування з дуже привабливими характеристиками: надзвичайно проста технологія зборки, зручна регуляція відносно висоти Сонця над горизонтом, низька ціна, відсутність складних технологічних операцій, відносно великий ККД. Наш пристрій здатен генерувати високі температури.

Створений нами дослідний зразок має ефективну площу 0,5 м² і здатен збирати до 500 Вт сонячної енергії. При цьому на його побудову було витрачено матеріали зі звичайного будівельного магазину на суму 418 грн. Це надзвичайно приваблива та конкурентоздатна ціна на ринку сонячних колекторів.

Перспективи подальших досліджень: на підставі удосконаленої технології, ми плануємо створити теплову електростанцію побутового масштабу та випробувати її в приватному господарстві.

Література:

1. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні // Електричний Журнал. — Запоріжжя: ВАТ "Гамма", 1998. — №1. — С.63-64.
2. Капралов А.И. Рекомендации по применению жидкостных солнечных коллекторов / А.И. Капралов. — М.: ВИНТИ, 1988. — 56 с.
3. Солнечный душ // Наука и жизнь. — 1986. — №1. — С. 131.
4. Шаповал С. Г. Комбінована система теплопостачання із потрійно-орієнтованими сонячними колекторами та термоаккумуляцією : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 / Шаповал — Львів, 2011. — 21 с.

УДК 621.311

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА І ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Б. Прокопенко,

*Васильківська загальноосвітня школа I-III ступенів №6,
вул. Гетьмана Сагайдачного 60, м. Васильків,
Київська обл., 8602, Україна, тел: +38(097)5140242,
e-mail: prokopenkobogdan1980@gmail.com*

*У роботі наведено перспективні напрямки
застосування вітрової енергетики в Україні.*

Ключові слова: *вітроенергетика, технології,
системи.*

WIND POWER ENGINEERING AND PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT IN UKRAINE

B. Prokopenko,

*Vasylkivska secondary school of I-III degrees №6,
street Hetman Sagaidachni 60, Vasylkiv, Kyiv region.
8602, Ukraine, tel: +38 (097) 5140242,
e-mail: prokopenkobogdan1980@gmail.com*

*The paper presents perspective directions application of
wind energy in Ukraine.*

Keywords: *wind energy, technology.*

ORCID: 0000-0001-8590-2967.

Сила вітру – це одне з найстародавніших
використовуваних людством джерел енергії. Мореплавці
використовували силу вітру для морських подорожей під

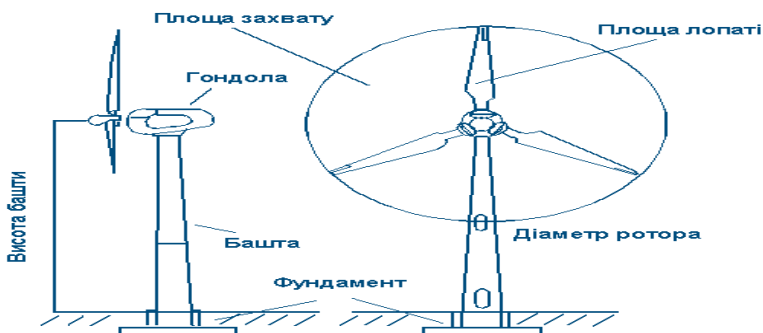
вітрилами ще за 3500 років до нової ери. Прості вітряки були широко поширені в Китаї 2200 років тому. На Середньому Сході, в Персії, близько 200 року до н.е. почали використовуватися вітряки з вертикальною віссю для перемелювання зерна. Використовували енергію вітру з давніх часів і в Україні. В 1917 року тут було близько 30 тисяч вітряків, потужність, яких становила близько 200 тис. кВт.

А тепер повернемося до наших часів. Завдяки дослідженням інститутів НАНУ, ми змогли дізнатися, що Україна здатна ефективно використовувати енергію вітру в окремих зонах при середньорічній швидкості вітру понад 4-5 м/с. Такі швидкості, достатні для будівництва ВЕС мають: Хмельницька і Волинська області, Азово-Чорноморське узбережжя (Донецька і Херсонська), зони на Кіровоградщині та Дніпропетровщині, вітрові зони в Харківській області, Криму (Керченський і Тарханкутський півострови, околиця Ай-Петринської яйли, повернута до Чорного моря), Карпатах. У світі Україна займає 14 місце за встановленою потужністю вітроагрегатів.

Середньорічна швидкість вітру в приземному шарі на території України досить низька – 4,5 м/с. Багато вітрогенераторів починають виробляти промисловий струм починаючи з швидкості вітру 5 м/с. Якщо враховувати, що вони можуть використовувати енергію вітру до висоти 50 м (на деякій висоті від поверхні швидкість вітру зростає), то енергетичний потенціал на території України складає гігантську величину - 330 млрд. кВт і перевищує встановлену потужність електростанцій України в 6 тисяч разів. Зрозуміло, ніхто не допускає думки про спроможність його цілковитого використання, та все одно ця величина вражає. Хоча, слід зазначити, що це орієнтовні

розрахункові дані, оскільки прямі вимірювання швидкості вітру на висотах вище за щоглу флюгера поодинокі.

Давайте розглянемо, що таке вітроенергетична установка (ВЕУ, або вітряк) та яку конструкцію він має. Вітроенергетична установка - це технічна конструкція, що перетворює енергію рухомих повітряних мас в електричну. У конструкції сучасних вітрових електростанцій закладені новітні наукові і експериментальні розробки використання кінетичної енергії вітру, що дозволили добитися високої ефективності, надійності експлуатації і низької вартості електроенергії, що виробляється.



Основними елементами вітроенергетичних установок є вітроприймальний пристрій (лопаті), редуктор передачі крутильного моменту до електрогенератора, електрогенератор і башта. Вітроприймальний пристрій разом з редуктором передачі крутильного моменту утворює вітродвигун. Завдяки спеціальній конфігурації вітроприймального пристрою в повітряному потоці виникають несиметричні сили, що створюють крутильний момент. Також у використанні вітроенергетики є ряд таких переваг:

1. **Екологічно-чистий вид енергії.** Виробництво електроенергії за допомогою "вітряків" не супроводжується викидами вуглекислого чи будь-якого іншого газу.

2. **Ергономіка.** Вітрові електростанції займають мало місця і легко вписуються в будь-який ландшафт, а також відмінно поєднуються з іншими видами господарського використання території.

3. **Відновлювана енергія вітру**, на відміну від викопного палива, невичерпна.

4. **Краще рішення для важкодоступних і віддалених місць**, де встановлення вітрових електрогенераторів може бути найкращим і найдешевшим рішенням.

Я вважаю, що повітряні електростанції є економічно та енергетично вигіднішими за ТЕС або АЕС. Для забезпечення розвитку вітроенергетики в Україні, нам слід проводити відповідну енергетичну політику, вдосконалювати нормативно-правову базу та сприяти залученню інвестицій у розвиток нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Література:

1. <http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/28225/1/Vitroenergetika.pdf>
2. <http://saee.gov.ua/sites/default/files/Konechenkov26052017.pdf>.
3. Книга "Відновлювані джерела енергії"
<http://www.confcontact.com/2009ip/kravch.php>

УДК 620.92

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

О.О. Громей, Н.А. Доренська, О.М. Кравченко,
*КЗ «Запорізька спеціалізована школа-інтернат
«Січовий колегіум», Ювілейний проспект, 19, Запоріжжя,
Запорізька область, 69000, тел.: +38 061 224 93 21,
e-mail: sichoviycolegium@gmail.com*

В роботі досліджена вітроенергетика та доцільність її використання в Запорізькій області.

Ключові слова: *вітроенергетика, альтернативна енергетика.*

ALTERNATIVE ENERGY

O. O. Gromey, N. A. Dorens`ka, O. M. Kravchenko,
*PI «Zaporizhzhya specialized boarding "Sichovy
collegium», Jubilee avenue, 19, Zaporozhye,
Zaporozhye region*

The paper studies wind energy and the feasibility of its use in the Zaporozhye region.

Keywords: *wind power, alternative energy.*

Мета цієї роботи - дослідження найбільш перспективних альтернативних джерел енергії, які доцільно розвивати в Україні.

Енергетичні проблеми нашої країни в останні роки все більше загострюються, тут достатньо лише згадати проблеми з постачанням природного газу 2009 року. Не краща ситуація і в електроенергетиці. Сьогодні половина всієї електроенергії в нашій країні виробляється за

допомогою теплових електростанцій, які є одними з найбільших забруднювачів повітря. Сьогодні Україна залишається забруднювачем атмосфери. Ми викидаємо в атмосферу приблизно 3 тонни парникових газів, тоді як більшість країн Євросоюзу — приблизно 0,2 тонни. Крім того, вартість електроенергії, що виробляється на теплових електростанціях (ТЕС) та теплоелектроцентралях (ТЕЦ), хоч і залишається однією з найдешевших у Європі, але внаслідок постійного росту цін на газ, мазут та вугілля, з кожним роком продовжує неухильно зростати.

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ. По даним Міжгалузевого науково-технічного центру вітроенергетики Національної академії наук України, територія нашої країни має значні ресурси вітрової енергії, які оцінюються в 30 ТВт·год./рік (табл. 1, рис. 1.1). На території України придатними для будівництва ВЕС вважаються площі до 7 тис. км², це — карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, Харківська й Полтавська області. По розрахунках науковців, при максимальному використанні сили вітру в цих регіонах можна було б одержувати електроенергію в обсягах, які б надавали можливість забезпечити до 50% загального енергоспоживання країни. У Європі планується промислове виробництво вітроенергетичних установок одиничною потужністю 6 МВт, а найпоширеніша застосовувана потужність одного вітряка становить 2–3 МВт. В Україні ж тільки освоюється випуск установок одиничною потужністю до 2 МВт, до цього випускалися вітроелектростанції по 110–600 кВт. В той же час, на відміну від країн СНД, тільки Україна має налагоджене серійне виробництво ліцензійних ВЕУ.

Таблиця 1

Питомий енергетичний потенціал вітрової енергії в Україні

№ району	Середньорічна швидкість вітру, V_{cp} , м/с	Висота, м	Природний потенціал вітру, кВт×год/м ² рік	Технічно-досяжний потенціал вітру, кВт×год/м ² рік
1	<4,25	15	1120	200
		30	1510	280
		60	2030	375
		100	2530	460
2	4,5	15	2010	390
		30	2710	520
		60	3640	700
		100	4540	850
3	5,0	15	2810	520
		30	3790	690
		60	5100	860
		100	6350	975
4	5,5	15	3200	620
		30	4320	830
		60	5810	1020
		100	7230	1150



Рисунок 1.12 – Потенціал вітрової енергії на території України

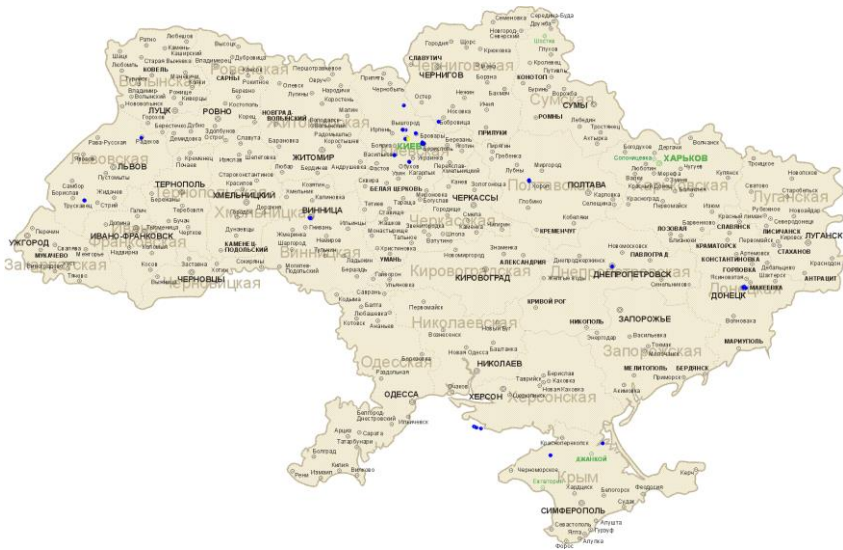


Рис. 1. Карта будівництва вітроелектростанцій в Україні

25 вересня 2008 року був схвалений «зелений» тариф на електроенергію, отриману з альтернативних джерел. Документом передбачається, що ДП «Енергоринок» повинне купувати таку електроенергію у два рази дорожче отриманої із традиційних джерел. У такий спосіб уряд планує залучати іноземних інвесторів та стимулювати промислове виробництво електроенергії за допомогою вітроенергетичних установок, поступово замінюючи нею природний газ і насамперед переводячи на неї організації теплокомуненерго. До речі, про бажання інвестувати в український вітер у 2010 році заявляє цілий ряд країн, серед яких визнані лідери з будівництва вітроелектростанцій — Франція, Німеччина та Японія.

Поряд з цим в Україні набирало оберти використання вітряків малої потужності, які встановлюються

домогосподарствами для власних потреб. Невеликі вітроенергетичні установки (від 200 Вт до 20 кВт) привабливі тим, що їх можна достатньо швидко встановити та вони оптимально підходять там, де немає інших джерел енергії, або коли підключення до існуючих мереж занадто дороге. Варто відзначити, що вітроустановки з потужністю до 20 кВт не вимагають ніяких дозвільних документів та ліцензій на застосування. Електроенергія, що потрібна для живлення середнього будинку дорівнює 3–5 кВт на добу, вітряна установка подібної потужності коштує від 30 тис. гривень в залежності від виробника та комплектації.

Починаючи з 2007 року, в нашому Запорізькому регіоні за допомогою спеціальних випробувальних установок потенційними інвесторами з Чехії було проведено низку досліджень щодо наявності достатнього вітрового енергетичного потенціалу.

В цілому планувалося побудувати 2077 вітроелектростанцій (рис. 1.2) потужністю 2 мегават кожна. Розвиток повітряної електроенергетики в Запорізькій області не потребує додаткового фінансування з державного та місцевих бюджетів, оскільки всі витрати бере на себе інвестор. Компанія Euro Cape New Energy Limited вже уклала договір на розробку проекту будівництва вітрової електростанції на території Приазовського району з запорізьким державним інститутом «Гіпропром». Ними запропоновано будівництво 180 вітроелектричних установок загальною потужністю 450 МВт.

Промислово-фінансова група "Конкорд" (м. Дніпро) пропонувала план-графік будівництва в Приморському районі понад 50 вітрових електроустановок різної потужності за рахунок власних і кредитних коштів (загальний обсяг капіталовкладень за 15 років становить

понад 700 млн. грн.), при цьому річне постачання електроенергії в 2013 році планувалося на рівні 185 млн. кВт/год.

Література:

1. Мхітарян Н.М. «Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы» - К.: Наукова думка, 1992.
2. Перлі С. Б. «Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты» - М.: Ветроэнергетика, 1982.
3. Чумаков В. «Токи ветров» - Вокруг света, №8 (2815) (Август 2008).
4. Ярас Л. та ін. «Энергия ветра» - М.: Ветроэнергетика, 1982.
5. ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ: <http://ecost.lviv.ua>

УДК 0000-0001-7759-1599

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ – ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

А.С. Моркотун, О.В. Сутунова,
*Загальноосвітня школа I-III ступенів № 12,
вул. Одеська, 45, м. Бердичів, 13300, Україна,
тел: +38(098)0247358,
e-mail: angelinkamor684@gmail.com*

У статті розглянуто ефективність застосування таких інструментів, як енергозбереження та енергоефективність з метою вдосконалення державної політики України. Оцінено механізми формування політики підвищення енергоефективності, можливості їх застосування.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, ефективні інструменти управління.

ENERGY SAVING IS A PRIORITY DIRECTION OF THE STATE POLICY OF UKRAINE

A.S. Morkotun, O.V. Sutunova,
*Secondary school of I-III degrees № 12, Odesska street, 45,
Berdychiv, 13300, Ukraine, tel: +38 (098) 0247358,
e-mail: angelinkamor684@gmail.com*

The article considers the effectiveness of using such instruments as energy saving and energy efficiency in order to improvement the state policy of Ukraine. The mechanisms of formation of the policy of increasing energy efficiency, possibilities of their application are estimated.

Keywords: *energy saving, energy efficiency, effective management tools.*

Енергозбереження на державному рівні визнано одним із пріоритетів економічної політики. Сучасні системи енергопостачання побутових споживачів характеризуються великими втратами й низькою ефективністю. Тому ми провели розрахунок енергоефективності на прикладі Бердичівської загальноосвітньої школи I-III ступенів №12 після провадження енергоощадних заходів, зокрема заміни старих ламп розжарювання на люмінесцентні.

В школі – 26 кабінетів для проведення уроків. У кожному кабінеті до впровадження енергоощадного заходу працювало по 16 ламп розжарювання потужністю 100Вт, які потім замінили на 16 світлодіодних ламп потужністю 12 Вт, енергоефективність яких у 5 - 6 разів більша за лампи розжарювання. Корисна віддача світлодіодних ламп – 20-30%, тоді як ламп розжарювання – 5-8%. Отож, адміністрація школи за 3 навчальних роки зекономить 84198,8 грн. (1380780,42 грн. – 46581,62 грн.) тільки при використанні світлодіодних ламп у порівнянні з використанням ламп розжарювання., що свідчить про великий потенціал енергозбереження в Україні.

Україна є енергодефіцитною державою, яка імпортує 75% природного газу та 85% нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичного балансу є критичною і неприйнятною з точки зору енергетичної безпеки. Також на енергетику України впливають зношені теплові та водопостачальні станції у житлово-комунальних комплексах, які працюють з малим показником ККД і постачають енергію по таких же зношених мережах.

Для порівняння візьмемо той факт, що ККД ТЕС з паровими турбінами складає 35 % (а на деяких станціях навіть 25 %), то у світі активно впроваджуються парогазові установки (ПГУ) з ККД 50–60 % [3].

Тому головними цілями та заходами реалізації державної політики в сфері забезпечення енергетичної ефективності є: усунення регуляторних та нерегуляторних бар'єрів; зміцнення співробітництва між споживачами, виробниками, постачальниками енергії, а також, державними; популяризація та використання високоефективних технологій; використання енергії з відновлюваних джерел споживачами енергії; законодавче впровадження фінансових та податкових механізмів; сприяння розвитку ринку енергосервісу [1].

Одним із важливих факторів економічного зростання в Україні є розвиток енергозбереження та енергоефективності. Основними механізмами реалізації політики енергоефективності ми виділили: регулятивні норми, нормативно-правові акти, інформаційні, економічні, адміністративно-контрольні механізми, державний контроль та нагляд.

В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори (Швеція, Німеччина, США тощо). Уся територія України придатна для розвитку систем теплопостачання з використанням сонячної енергії [2]. Найперспективнішим регіоном країни для розвитку сонячної енергетики є степова зона України. У 2010 році Україна не мала жодної великої сонячної електростанції, в 2011 - в країні вже працювали батареї потужністю 67,55 мВт.

Попри те, що популярність сонячних електростанцій у приватних домогосподарствах зростає, ефект від цього - це крапля в морі. Збільшити частку відновлювальної енергетики в загальному балансі можна лиш завдяки будівництву промислових електростанцій. Саме тому на Житомирщині побудували потужну сонячну електростанцію «Ганська СЕС» неподалік села Великі Низгірці Бердичівського району. Площа станції 30 гектарів, потужність 15 МВт. Це ще один крок до енергонезалежності нашої області.

Потужність електростанції дозволить забезпечити понад 1000 будинків зеленою електроенергією. При цьому викиди CO₂ скоротяться приблизно на 5 500 т на рік. А це дозволить виробляти доступну сонячну енергію на благо споживачів і всього населення України.

У приватному секторі на Житомирщині 102 домівки користуються електроенергією за рахунок встановлення сонячних панелей на своїх домівках або біля них. Тоді як у Бердичеві таких домівок 16.

Вітрова електростанція (ВЕС) — електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Із технічної точки зору вітрова електроенергетика на сьогодні вже впритул наблизилася до традиційної: на сучасних вітрових турбінах коефіцієнт використання встановленої потужності сягає 42%. Це майже стільки, як на турбінах поширених нині теплових електростанцій. Переважно в Бердичеві поширені схеми гібридної вітро-сонячної електростанції.

На підставі отриманих результатів зроблено висновки, що впровадження інноваційної стратегії та стратегії енергозбереження і енергоефективності має синергетичний ефект, позитивно впливає на рівень виробництва та

призводять до зниження витрат і підвищенню якості, що, у свою чергу, веде до підвищення конкурентоспроможності продукції і підприємства в цілому. Тому для досягнення реального покращення енергетичної ефективності підприємств і організацій має ґрунтуватися не тільки на технічних рішеннях, але й на більш досконалому управлінні.

Література:

1. Булгакова М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація / М. Булгакова, М. Приступа. – Рівне : О. Зень, 2011. – 56 с.
2. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії / Під заг. ред. А.К. Шидловського; Авт.: Бевз С.М., Бондаренко Б.І., Денисюк С.П. та інш. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 500 с.
3. Ковалко М. П. Енергозбереження — пріоритетний напрямок державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк; за заг. ред. А. К. Шидловського — К.: УЕЗ, 1998. — 506 с.

УДК 620.91:662.997:631.563.2

БУДИНОК МРІЇ З ЕКОЛОГІЧНИХ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Д.В. Завгородній¹, Н.О. Ротт², Л.Г. Макаренко³,

^{1,3}КЗ «Слобожанський НВК № 1 ССР»,

***вул. Будівельників, 1, смт. Слобожанське, Дніпровський
район Дніпропетровської області, 52005, Україна,
тел.: +38(095)021-92-15, e-mail: blackzavjack@gmail.com***

***²ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва
та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпро,
49005, Україна, тел. +38(098)890-24-67, e-mail:
natalyrott@gmail.com***

*Мета роботи – дослідження та аналіз енергетичної
ефективності використання місцевих екологічних
матеріалів при зведенні доступного малоповерхового
житла.*

Ключові слова: будинок мрії, енергоефективність,
екологічні матеріали

USE OF NEW MATERIALS IN THE DESIGN OF ECOLOGICAL, ENERGY SAVING SMALL-STEAM BUILDINGS (HOUSE OF DREAMS)

***^{1,3} CI institution "Slobozhansky educational complex №1" SSE,
1, Budivelnkyiv str. vct. Slobozhansky, Dniprovsky district,
Dnipropetrovsk region, 52005, Ukraine,***

tel.: +38(095)021-92-15, e-mail: blackzavjack@gmail.com

***²SHEE "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering
and Architecture", 24a Chernyshevskogo St., Dnipro str.,
49005, Ukraine, tel. +38 (098) 890-24-67,
e-mail: natalyrott@gmail.com***

The purpose of the work is to study and analyze the energy efficiency of the use of local environmental materials in the construction of affordable low-rise housing.

Keywords: *house of dreams, energy efficiency, ecological materials*

Забезпечення населення доступним та якісним житлом, що відповідає принципам сучасної світової політики стійкого розвитку – є важливою стратегічною соціальною задачею, яка актуальна для України. Для успішної вирішення цієї задачі необхідно впровадження в масове будівництво енергоефективних економічно виправданих технік застосування екологічних матеріалів при проектуванні малоповерхових житлових будинків.

Для житлового будівництва України в умовах національної екологічної, економічної та соціальної кризи є дуже актуальним питання зниження використання енергоресурсів при експлуатації житла, розвиток нових екологічних енергоефективних технологій нового будівництва, створення альтернативного та якісного доступного житла.

Особливу увагу при проектуванні доступного енергоефективного житла приділяється питанням утилізації конструкцій після закінчення терміну експлуатації, що обумовлено економічними та екологічними проблемами знесення фізично і морально застарілого житла вже існуючого на сьогоднішній день.

Витрати на ліквідацію (знесення) будівлі залежать від типу конструкції виду матеріалів та їх стану, ступеня щільності забудови в розглянутому районі.

За всіма даними параметрами малоповерхові будівлі з застосуванням дерев'яного каркаса та утеплення стін з

місцевих екологічних матеріалів є найбільш економічним типом конструкції. Крім того сам процес утилізації будівель даного типу може бути економічно позитивним, завдяки переробці та брикетуванню дерев'яних відходів з подальшим їх застосуванням у якості твердого палива, використовуваного для опалення та виготовлення органічного добрива [1].

Зараз я живу в простій квартирі, але мрію про замиське житло.

Мій ідеальний будинок знаходиться за містом, є просторим і світлим.

Це двоповерховий будинок, який забезпечує сам себе електрикою і гарячою водою. Побудований з дерева в середині має утеплювач (багаття конопель).

Фасад пофарбований в жовтий колір і оздоблений облицювальною цеглою.

Дах зроблений з плит з очерету на яку прикріплені сонячні панелі, котрі є найголовнішими в цьому будинку, адже завдяки їм мій будинок оснащено електрикою.

Загальний вигляд «будинку мрії» представлений на рис. 1, конструктивно-планувальне рішення – на рис. 2, схема огорожувальних конструкцій – на рис. 3.

Житловий будинок – двоповерховий, покрівля – двухскатна. Загальна площа будинку – 146,3 м², житлова площа – 82,6 м², опалювальна площа – 146,3 м², висота першого поверху – 3,275 м, мансардного поверху – 2,7 м.

Фундаменти монолітні стрічкові залізобетонні та залізобетонні стійки, об'єднуються ростверком, піднесеним над відміткою денної поверхні на 490 мм – до низу ростверку. Рівень чистої підлоги знаходиться на 1,6 м вище позначки землі.



**Рис. 1. Енергоефективний малоповерховий житловий будинок
«Будинок мрії»**

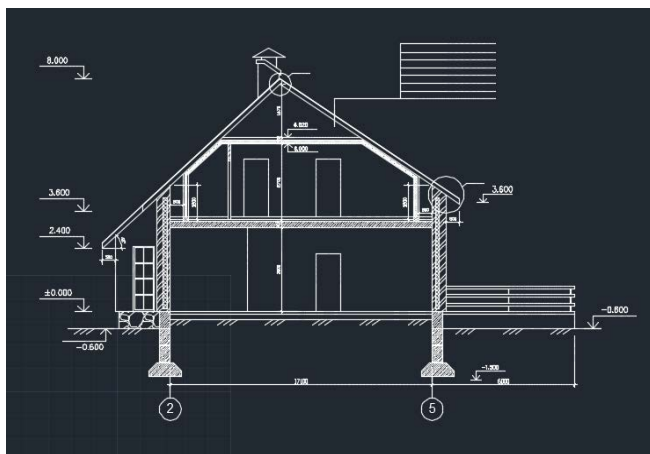




Рис. 2. Загальний вигляд «Будинку мрії»

Конструктивна схема будинку – каркасна з дерев'яним каркасом. Зовнішні стіни являють собою просторову каркасну конструкцію заводського виготовлення, яка складається з дерев'яних стійок типу «сходи» з кроком 500 мм, заповнених теплоізоляційним органічним матеріалом з багаття конопель. Товщина стінового огороження – 500 мм. Внутрішня і зовнішня обробка стін – цегла-сирець товщиною 120 мм.

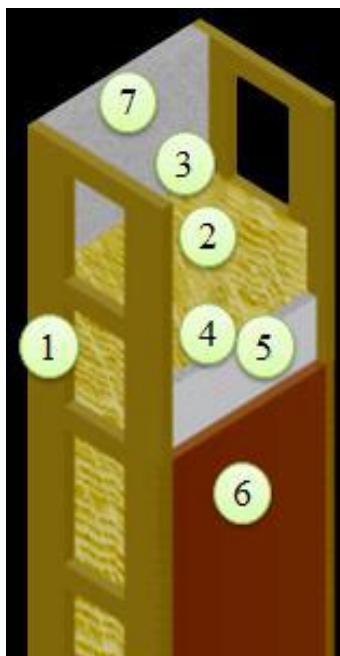
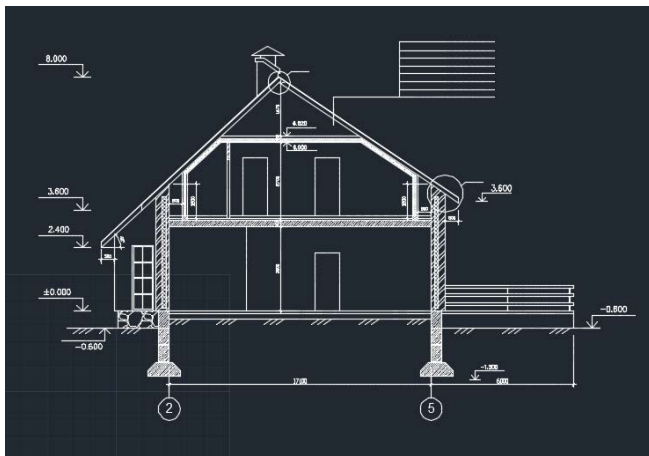


Рис. 3. Конструкція малоповерхової будівлі[1]



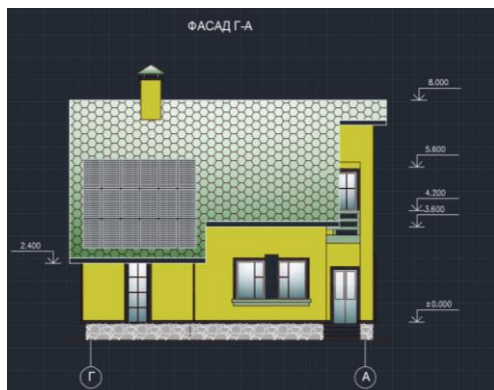


Рис. 4 . Загальний вигляд «Будинку мрії»

Покриття покрівлі – плити з очерету. Вікна та двері – дерев'яні зі склом. Скління – потрійне з низькоемісійним покриттям і заповненням склопакета інертним газом. Опір теплопередачі склопакета $R_{\text{пр}} = 0,85 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ [2].

На першому поверсі розташовані веранда площею $3,4 \text{ м}^2$; тамбур – $2,5 \text{ м}^2$; хол – $14,1 \text{ м}^2$; санвузол – $3,5 \text{ м}^2$; вітальня – $19,6 \text{ м}^2$; кухня-їдальня – $16,3 \text{ м}^2$; кабінет – $16,6 \text{ м}^2$; тераса – $30,3 \text{ м}^2$.

На другому (мансардному) поверсі розташовані: три спальні площею $11,7 \text{ м}^2$, $16,6 \text{ м}^2$ та $11,2 \text{ м}^2$, відповідно; кладова – $3,8 \text{ м}^2$; хол – $23,5 \text{ м}^2$; санвузол $3,5 \text{ м}^2$; балкон – $5,7 \text{ м}^2$.

У якості опалення я планую використовувати тепловий насос повітря-повітря, в якості енергоносіїв – сонячні панелі.

Література:

1. Куліченко І.І., Савицький М.В., Бабенко М.М. та ін. Економічна ефективність використання місцевих екологічних матеріалів в малоповерховому будівництві доступного житла / І.І. Куліченко, М.В. Савицький, М.М. Бабенко, А.С. Коваль, Ю.Б. Бендерський, Н.М. Новіченко // *Строительство, материаловедение, машиностроение*. – № 69. – 2013. – С. 257 – 264.

УДК 620.93

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Є.С. Колєсник¹, П.В. Савранський²

*Комунальний заклад "Навчально-виховний комплекс
"Єлизаветівська загальноосвітня школа I-III ступенів -
дошкільний навчальний заклад" Приморської районної
ради Запорізької області, вул Шкільна 27 ,
с. Єлизаветівка Приморського району , Запорізької
області, 72130, тел.: +380 99 079 78 42,
email : elizkznvk@gmail.com*

*У роботі наведено розрахунки і особливості
використання середніх показників швидкості вітру.
Розглянуті основні тенденції розрахунку швидкості
вітру, щодо збільшення їх енергетичної ефективності.*

Ключові слова: середня швидкість вітру,
вітроелектрична установка

FEATURE OF USE OF WIND ENERGY RESOURCES

E. Kolesnik¹, P. Savransky²,

*Municipal institution "Educational complex" Elizavetov
secondary school of I-III grades", Primorsk district council of
Zaporizhzhya region, 72 130*

*The calculations and features of the use of average wind
speed indicators are presented in the work. The main
tendencies of calculation of wind speed, in relation to increase
of their energy efficiency are considered.*

Keywords : average wind speed, wind power
installation.

ORCID: ¹0000-0002-6634-8830, ²0000-0002-2460-8905.

Вітроелектрична установка (ВЕУ) - це пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру в електричну.

Розрахунки вітроенергетичних ресурсів залежать від типу вітроустановки, тому її будова визначає, яка частина вітрової енергії буде перетворена на електричну енергію. Принцип роботи сучасних вітрогенераторів полягає в наступному: сила вітру впливає на вітрове колесо з лопатями, що приводить в дію відповідний редуктор. У вітроустановці відбувається перетворення механічної енергії в електричну відповідно. Варто зазначити, що потужність вітрового генератора може залежати від таких факторів, як ККД, довжина лопатей, швидкість вітру, розміри вітрового колеса, висоти башти вітряка .

Висота башти ВЕУ-075 на яку встановлюється вітродвигун, дорівнює 11 м, тому для розрахунку виробітку енергії ВЕУ потрібно здійснити приведення середньомісячних швидкостей вітру до висоти 11 м над поверхнею землі.

Щоб використовувати дані щодо швидкості вітру, використовують ступеневу функцію вигляду :

$$v_1 = v_2 \cdot h \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^m \quad (1)$$

де v_1 та v_2 – швидкість вітру на висотах h_1 та h_2 ; m – показник степеня.

Залежність степеня можна визначити за наступним розрахунком

$$m = 0,6 \cdot (\bar{v})^{-0,77} \quad (2)$$

де \bar{v} – середньорічна швидкість вітру [1]

Виробництво енергії залежить від середньої швидкості вітру. Енергія вітру на земній кулі оцінюється приблизно в 175-220 тис. ТВт·год/рік, при цьому потужність вітрової енергії досягає $(20-25) \cdot 10^9$ кВт. Це приблизно в 2,5 рази більше сумарних витрат енергії на планеті. Вважається, що корисно можна використати лише 5 % цієї величини [2].

Частина сонячної енергії, яка досягає зовнішніх шарів земної атмосфери, перетворюється на кінетичну енергію частинок повітря, які рухаються. Кінетична енергія вітрового потоку (Дж) дорівнює :

$$A = \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

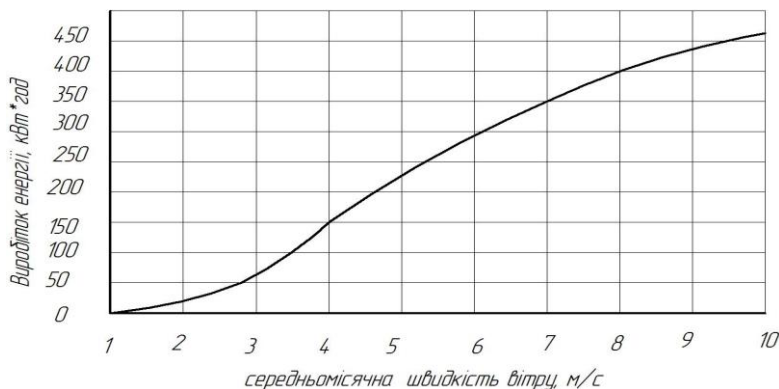


Рис. 1. Теоретична залежність місячного виробітку енергії BEU-075 від середньої швидкості вітру

Де m - маса повітря, що рухається, кг; v – швидкість вітру;

Потужність вітрового потоку (Вт) визначається як

$$P = \frac{A}{\tau} = \rho \frac{F \cdot v^3}{\tau}, \quad (4)$$

де τ – час протягом якого виконується робота A , с;
 ρ – густина повітря, кг/м³; F – площа, яку перетинає вітровий
потік, м²; v – швидкість вітру, м/с.

Актуальність використання середніх показників вітру полягає в тому, що для вітроенергетичних ресурсів характерні значні міжрічні та міжмісячні зміни, до 20 % протягом року. Метод визначення середніх швидкостей надає найбільш стабільні результати для роботи вітрових турбін ніж метод повторюваності різних градацій швидкості вітру .

Література

1. С.А. Величко, О.С. Третьяков *Альтернативна енергетика України, Харків, видавнича група «Основа» 2010 р 128с.*
2. О.І Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник , А.В. Чернявський, Г.В. Курбака ; За заг. ред. О.І. Солов'я – Черкаси : ЧДТУ, 2007. С. 484.

УДК 620.91:662.997:631.563.2

**КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ І ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ
АКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ
ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ**

І.О. Пуша¹, Н.О. Ротт², Л.Г. Макаренко³,

*^{1,3}КЗ «Слобожанський НВК № 1 ССР», вул. Будівельників,
1, смт. Слобожанське, Дніпровський район
Дніпропетровської області, 52005, Україна,
тел.: +38(050)999-64-57, e-mail: fup5801@gmail.com*

*²ДВНЗ «Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури», вул. Чернишевського,
24а, м. Дніпро, 49005, Україна, тел. +38(098)890-24-67,
e-mail: natalyrott@gmail.com*

*У роботі представлено методологічний підхід і
результат проектування енергозабезпечення
малоповерхового екологічного житлового будинку за
стандартом «нуль енергії».*

Ключові слова: енергозабезпечення, екологічного
житлового будинку, «нуль енергії».

**STRUCTURAL SOLUTIONS AND ENGINEERING
SYSTEMS OF ACTIVE ENVIRONMENTAL
HORTICULTURAL HOUSING HOUSES**

I. Pusha¹, N. Rott², L. Makarenko³,

*^{1,3}CI institution "Slobozhansky educational complex № 1" SSE,
1, Budivelnkyiv str.*

*vct. Slobozhansky, Dniprovsky district, Dnipropetrovsk region,
52005, Ukraine,*

tel. : +38 (050) 999-64-57, e-mail: fup5801@gmail.com

²*SHEE "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24a Chernyshevskogo St., Dnipro str., 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 890-24-67, e-mail: natalyrott@gmail.com*

The methodological approach and the result of the design of energy supply of low-rise ecological residential building according to the "zero energy" standard are presented in the paper.

Keywords: *energy supply, ecological dwelling house, "zero energy".*

ORCID: ¹0000-0001-9995-6122, ²0000-0002-3839-6405, ³0000-0001-9232-4691.

Будинки нульового споживання є практичними і вже переходять з «майбутнього» в сьогодення. Все залежить від бажання власника жити в злагоді з природою, а далі проєктанти, будівельники і інсталятори зроблять все, щоб будинок став називатися будинком нульового споживання [1].

На сьогоднішній день використання сонячної енергії є одним з перспективних напрямків у галузі альтернативної енергетики.

Існує три види сонячних батарей монокристалічні, полікристалічні, тонкоплівкові.

Монокристалічні батареї мають однорідний колір, що є свідченням того, що вихідний кристал складається з одного зерна.

Полікристалічні елементи мають квадратну форму і неоднорідну структуру, яка обумовлюється різними розмірами і формою кристалів.

Тонкоплівкові варіанти сонячних батарей складаються з тонких шарів кремнію. Кремній напильюється на фольгу або скло в умовах вакууму. Такі батареї можуть відрізнятися матеріалами шарів, які формуються з аморфного кремнію, телуриду кадмію, а також ряду інших сполук [2].

При сучасному проектуванні інженерних систем все частіше застосовуються замість традиційних радіаторів, більш енергоефективні конструктивні рішення. Одним з таких є використання теплої підлоги для обігріву малоповерхових будинків.

Обігрів теплими підлогами має масу переваг, в порівнянні з іншими видами опалення: економія вільної площі, економія ресурсів, відсутність протягів, здоровий клімат в будинку. Крім цього, водяні системи інтегруються в опалення, де використовуються альтернативні джерела енергії: тепловими насосами, сонячними батареями, конденсаційними котлами.

Сучасні моделі колекторів оснащені насосами, терморегуляторами, стабілізаторами тиску і дозволяють підключати кілька опалювальних приладів, які вимагають різну температуру теплоносія [3].

Питання енергозбереження та збереження тепла в будинку є актуальним в країнах з помірно-континентальним кліматом, до яких і відноситься Україна. Для вирішення цього питання, вченими були розроблені енергозберігаючі плівки на вікна, що мають потрібні теплоізоляційні властивості, в значній мірі знижують теплові втрати в холодну пору року і допомагають зберегти прохолоду влітку.

Сучасна енергозберігаюча плівка для вікон є багатошаровим композиційним матеріалом, де на кожен її

шар товщиною в кілька мікрон наноситься неймовірно тонкий шар металу.

Підтвердженням ефективності енергозберігаючих плівок є факт, що при виконанні сертифікації плівок було відмічено, що коефіцієнт опору теплопередачі при використанні енергозберігаючих плівок на однокамерному склопакеті підвищився до 0,46. Це більше ніж опір теплопередачі двокамерного склопакету, що має значення 0,44 [4].

Для того, щоб довести, що в умовах селища Слобожанське, Дніпропетровської області є можливість і доцільність зведення автономного енергонезалежного малоповерхового житлового будинку відповідно до стандарту «нуль енергії» на базі ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» були проведені проектування будинку та розрахунки економічної ефективності.

Місце розташування житлової будівлі – середньо-європейська зона з приходом енергії сонячного випромінювання 1 223 кВт годину на 1 м² в рік.

Житловий будинок площею 130 м² призначений для проживання сім'ї в складі 3 - 4 чоловік. Габарити будівлі – 6 х 10 м, поздовжня вісь будівлі має орієнтацію схід-захід. Будинок двоповерховий з мансардним поверхом. Перший поверх – напівпідвальний. Корисна площа одного поверху – 50 м², мансардного поверху – 30 м². Висота приміщень на поверхах – 2,5 м, мансардного поверху – 2,2 м. Будинок має теплоізоляцію з розрахунковими тепловтратами 25 Вт/м³. Вся побутова техніка в будинку розрахована на живлення однофазним електричним струмом напругою 220 В. [6]

Загальна вартість елементів архітектурно-конструктивно-технологічної системи будівлі «нуль енергії»

для смт. Слобожанське. складає біля 14 200 грн. за 1 м². А, вартість 1 м² в новобудові (наприклад в ж/к Дніпровська брама) становить в середньому 13 000 грн. Проте, якщо звести будівлю «нуль енергії», то в майбутньому ми зможемо заощаджувати на енергоносіях за рахунок використання сонячної енергії для опалення і живлення електроприладів.

Література:

1.Савицький М. В. Екологічне та енергоефективне малоповерхове будівництво / М. В. Савицький, О. О. Коваль, Є. Л. Юрченко, М. М. Бабенко, А. С. Коваль // *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения.* - 2010. - Вып. 55. - С. 26-31. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc_2010_55_7

2.Як вибрати сонячні батареї? Переваги та недоліки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ekosystem.lviv.ua/p-solar>

3.Водяной теплый пол своими руками: материалы, устройство, монтаж [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://budmaydan.com/remont/vodyanoj-teplyj-pol-svoimi-rukami-materialy-ustrojstvo-montazh/>

4.Енергозберігаюча (теплогберігаюча) плівка для вікон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zbuduvaly.ho.ua/833-energozberigajucha-teplozberigajucha-plivka-dlja.html>

5.Савицкий Н.В., Попов В.И., Кобзарь С.И. и др. Методология и результаты проектирования энергообеспечения малозэтажного экологичного жилого здания «нуль энергии» на основе солнечной энергии / Н.В. Савицкий, В.И. Попов, С.И. Кобзарь, М.М. Бабенко, Ал. Н. Савицкий // *Строительство, материаловедение, машиностроение.* – Вып. 100, 2017. – С. 138–145.

6.Технология строительства домов из соломенных панелей [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://lifehousebuilding.com/>– Загл. с экрана. – Проверено – 20 июля 2017

УДК 620.91:662.997:631.563.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЛОГІЧНИХ ВИДІВ ПАЛИВА В УКРАЇНІ

А.А. Черевата¹, В.В. Паришкура,
*Миронівський районний ЦДЮТ, гурток «Юний дослідник»,
вул. Перемоги, 33, м. Миронівка, Київської області,
Україна, тел.: +38(098)477-86-62,
e-mail: anna_132319@ukr.net*

У роботі розглянуто потенційні можливості отримання і використання біомаси кукурудзи, досліджені передумови для ефективного її використання в енергетичному напрямку. Наведено інформацію про паливні характеристики стебел кукурудзи та властивості її золи. Визначено основні види біопалив, які можна отримувати з рослинної та зернової маси кукурудзи. Враховано переваги та недоліки використання кожного виду палива. Розкрито пріоритетні напрямки комплексного використання кукурудзи для виробництва біологічних видів палив в Україні, з урахуванням світового досвіду.

Ключові слова: економіка, біоенергетика,
кукурудза, сировина, біетанол, тверде біопаливо, біогаз.

THE EFFICIENCY OF THE COMPLEX USE OF CORN FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICAL FUELS IN UKRAINE

A.A. Cherevata¹, V.V. Paryshkura,
*Mironovsky District Ecology Department, "Young researcher"
Club Member,*

*Victory St., 33, Myronivka city, Kyiv region, Ukraine,
ph.: +38(098)477-86-62, e-mail: anna_132319@ukr.net.*

The paper discusses the potential scopes for obtaining and using biomass of corn, investigated the prerequisites for its effective use in the energy sector. Reduced information on fuel characteristics of corn stalks and properties of its ash. The main types of biofuels that can be obtained from plant and grain weight of corn are determined. The advantages and disadvantages of using each type of fuel are taken into account. The priority directions of complex use of corn for production of biological fuels in Ukraine, taking into account the world experience, are revealed.

Keywords: *economy, bioenergy, corn, raw materials, bioethanol, solid biofuel, biogas.*

ORCID: 10000-0001-5875-3927.

Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямками енергетичної політики більшості країн світу. В умовах загострення проблеми енергоспоживання нашої країни постає нагальна необхідність переглянути структури наявних джерел енергії на користь технологій, що використовують відновлювані енергоресурси. Найбільш сприятливим напрямом вирішення проблеми стає пошук і використання відновлюваних джерел енергії, серед яких масового поширення набувають енергоносії біологічного походження або так звані біопалива, що в найближчому майбутньому забезпечуватимуть близько 10% світових потреб у паливі. Використання палива на основі біоетанолу, який охопив значну частину світового ринку енергоносіїв, набуває все більшої актуальності. Також біоетанол потрібно розглядати

як вагомий політичний чинник, який у недалекій перспективі буде виступати в ролі активного контраргументу проти необґрунтованого зростання світових цін на нафтові продукти. Багато вчених та організацій із захисту навколишнього природного середовища вважають, що біоетанол – це паливо майбутніх поколінь. Серед широко використовуваних біологічних видів палив біоетанол є важливим і практично єдиним ефективним заміником нафти на глобальному рівні.

Кукурудза – одна з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі, в тому числі й в Україні, яка є високоенергетичною конкурентоспроможною сировиною для виробництва різних видів біопалива. За площею посіву кукурудза посідає третє місце в світі після пшениці та рису. Загальна світова площа її посівів становить 130 млн га. Великі площі під кукурудзою у США (29 млн га), Бразилії (12 млн га), Індії (5,8 млн га), Аргентині (3,5 млн га). На значних площах вирощують її в Румунії, Югославії, Італії, Угорщині, Болгарії.

В Україні також наміtilись позитивні напрямки нарощування врожайності даної культури. Багато господарств України на великих площах збирають по 50—60 ц/га зерна та по 300—500 ц/га зеленої маси кукурудзи.

Кукурудза відома як культура, що формує велику вегетативну масу протягом сезону, і накопичує багато органіки. З 1 т зерна можна отримати до 470 л етилового спирту. Стебла кукурудзи, як первинну енергетичну сировину, також можна використовувати в незмінній формі або брикетувати для прямого спалювання в якості твердого біопалива.

Проте, найвищу валову продуктивність на гектар дає виробництво біогазу з кукурудзи. Лише з однієї тони

кукурудзяного силосу можна отримати від 200 до 400 м³ біогазу., а вихід біогазу з однієї тони сухої речовини стебел кукурудзи буде становити 420 м³. Дане біопаливо з високою ефективністю може трансформуватися в інші види енергії, зокрема, при його використанні як палива на газогенераторах коефіцієнт корисної дії доходить до 83%.

В результаті виробництва біогазу в спеціальних біореакторах, так званих метантенках, отримують високоякісні органічні добрива (біогумус). Завдяки великій кількості біологічно активних речовин, вони виконують роль універсального регенератора ґрунтів. Специфічна мікрофлора і ферменти здатні відновити "мертвий ґрунт", забезпечивши усі його функціональні особливості та надавши йому властивостей високої потенційної родючості.

Таким чином, промислове виробництво біологічних видів палива в Україні є надзвичайно важливим фактором, що дозволить не тільки зменшити імпорт енергоносіїв та заощадити значні валютні ресурси, а також зміцнити економічну незалежність держави, покращити екологічну ситуацію, створити нові робочі місця та підвищити інтерес аграріїв до вирощування сільськогосподарських енергетичних культур, зокрема кукурудзи як основного виду сировини.

УДК 629.620

**ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВОГО ТА
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА СОНЯЧНОЇ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ХМЕЛЬНИЧЧИНІ**

А.В. Тишко,

*Полонська ЗОШ I-III ст. №4 Полонської ОТГ,
вул. І.Франка, 82, м. Полонне, 30500, Україна,
тел. +38(096)755-63-75, e-mail: andrii.tishko@gmail.com*

*У цій роботі ми розглянемо перспективи
промислового та індивідуального виробництва сонячної
електроенергетики на території Хмельниччини.*

Ключові слова: *сонячна електроенергетика,
промислова і індивідуальна сонячна електроенергетика.*

**PROSPECTS FOR INDUSTRIAL AND INDIVIDUAL
PRODUCTION OF SOLAR ELECTRICITY IN
KHMELNYTSKY**

A.V. Tishko,

*Polonskaya secondary school I-III centuries №4, Polonskaya
UTC, Ivan Franko street, 82, t. Polonne, 30500, Ukraine,
tel. +38 (096) 755-63-75, e-mail: andrii.tishko@gmail.com*

*In this research work, we will consider the prospects of
industrial and individual solar power generation in the territory
of Khmelnytsky region*

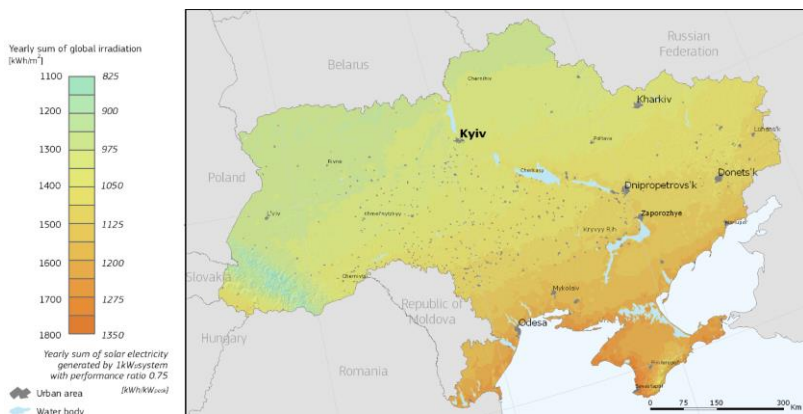
Keywords: *Solar Power, Industrial and Individual Solar
Power.*

ORCID: 0000-0001-7303-9852.

В світі сьогодні сонячні батареї міцно ввійшли в побут як джерело екологічно чистої й безкоштовної енергії. Середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні 1235 кВт·год / м² є досить високим і набагато вищий, ніж у Німеччині, яка найбільш використовує сонячну енергетику, або навіть у Польщі - 1080 кВт·год / м².

З метою візуально дослідити сонячний потенціал саме нашого міста протягом 2013-2014р було проведено щоденне спостереження та фіксування погодніх умов (таблиця). Враховуючи, що для хорошої роботи сонячної батареї прийнятні як сонячні так і мало сонячні дні ми маємо гарні можливості для ефективного використання сонячної енергетики

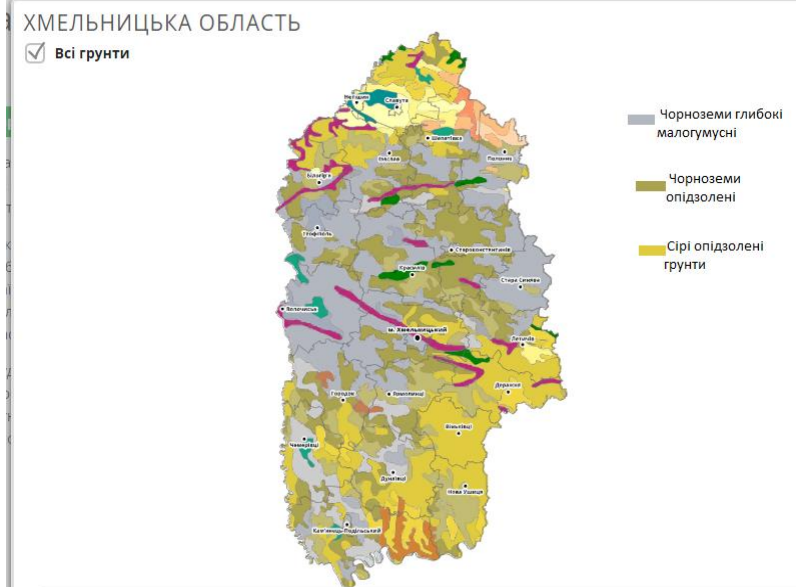
Вона може розвиватись як в промислових так і в індивідуальних масштабах.



	Зима	Весна	Літо	Осінь
Кількість сонячних днів	11	26	54	24
Кількість хмарних днів	57	29	17	39
Кількість малосонячних днів	22	37	21	28

Промислове виробництво геліоенергетики вимагає використання великих площ. Розгляньмо карту земельних угідь Хмельницьчини. На цій карті чітко видно, що більшість території зайнята чорноземами.

В період світової продуктової кризи, чорнозем є капіталом, Це ставить під сумнів доцільність виділення чорноземів під побудову промислової СЕС. Варто враховувати і те, що ціна 1 кВт·год для населення визначається як середня від ціни за кожен із видів електроенергії. За такими правилами, чим більше прогнозується дорогої сонячної, тим вища ОРЦ. Адже в Україні "зелений тариф" передбачає ціну на електроенергію від нетрадиційних джерел набагато вищу яку, При цьому ринок електроенергії зобов'язаний обов'язково купувати її.



Отже промисловий розвиток сонячної енергетики супроводжуватиметься подорожчанням електроенергії і відповідно вироблення кожного товару промисловості стає більш затратним, що б'є по карманам українців та України в цілому.

Тож подорожчання та використання великих площ чорноземів, що могли б мати сільськогосподарське призначення, ставить під сумнів доцільність промислового виробництва сонячної електроенергії

Більш перспективнішою є її виробництво для індивідуальних потреб, так звані сонячні дахи. Це не потребує великих вільних площ, мільйонних капіталовкладень, дійсно здешевлює ціну 1 кВт·год і є екологічно безпечно.

У ясний сонячний день із сонячної батареї площею 10 м², розміщеної на даху будинку, можна отримувати більш 1кВт енергії, що може забезпечити роботу комп'ютера, телевізора, кількох лампочок. У цілому, для будинку, де живе 3-4 людини (необхідна потужність 200-300 кВт на місяць), у світлий час доби й теплу пору року буде достатньо сонячних батарей площі 20 м². Якщо ж площа сторони даху орієнтованого на південь складає 40 м², то це може при 18-20 сонячних днях дати до 500кВт на місяць.

Суттєвим аргументом, що гальмує використання «сонячних дахів» є висока, для пересічного українця ціна і великий термін окупності сонячної панелі.

Отже ми зробили висновок: на території Поділля промислові СЕС не мають великого потенціалу адже займають великі площі чорнозему і збільшують ціну на 1 кВт енергії, а індивідуальні СЕС є прогресивними, адже не займають великих площ.

Література

1. *Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики*
<http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-2/2-1/2-1-3>(дата звернення 08.03.2019 р.)
2. *Зупиніться! В Україні слід негайно припинити будівництво сонячних електростанцій по чинному зеленому тарифу*
http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79056/Zupynitsa_V_Ukraini_slid_negajno_pryrynyty_budivnytstvo(дата звернення 08.03.2019 р.)
3. *Сонячна енергетика: фінансова бульбашка?*
<https://www.epravda.com.ua/publications/2018/04/3/635638/>(дата звернення 08.03.2019 р.)
4. *Сонячна енергетика - перепустка у майбутнє*
<https://www.sea.com.ua/solnechnaya-energetika/news/sonacna-energetika-perepustka-u-majbutne/> (дата звернення 08.03.2019р.)
5. *Якими є перспективи розвитку сонячної енергії в Україні*
<https://ua-energy.org/uk/posts/yakymy-ie-perspektyvy-rozvytku-soniachnoi-enerhii-v-ukraini> (дата звернення 08.03.2019р.)

УДК 620.91:662.997:631.563.2

ГІБРИДНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

В.С. Бабич,

*Політехнічний ліцей НТУУ "КПІ", проспект Перемоги 37,
м. Київ, 03056, Україна, тел.: +38(050)490-19-43,
e-mail: varvara.babich13@gmail.com*

У роботі наведено спосіб підвищення ефективності використання альтернативних джерел енергії за допомогою комбінування декількох різних відновлювальних електростанцій в одній – сонячних батарей та вітрогенератора.

Ключові слова: *підвищення ефективності, альтернативні джерела енергії, комбінування альтернативних джерел енергії, сонячні батареї, вітрогенератор.*

HYBRID POWER PLANTS ON RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

V. Babych,

*Polytechnic institute NTUU "KPI", Prosp.Peremohy 37, Kyiv,
03056, Ukraine.*

The article presents a way of raising the effectiveness of alternative sources of energy by combining different renewable power plants into one - solar panels and a wind generator.

Keywords: *raising the effectiveness, alternative sources of energy, combining alternative sources of energy, solar panels, wind generator.*

ORCID: 0000-0002-9496-4454.

Облаштування комфортного побуту і життя в цілому неможливе без використання енергії. Пошук нових джерел енергії та підвищення ефективності відомих раніше є актуальним завданням сучасної індустрії, яка споживає все більшу кількість енергії.

Традиційні види енергетики забезпечують людство електрикою і теплоносіями, але при цьому завдають істотної шкоди навколишньому середовищу, крім цього, за оцінками науковців, ресурси корисних копалин планети обмежені, їх запасів на потреби теплоенергетики вистачить максимум на 100 років. Вирішенням такої проблеми може стати розвиток альтернативної енергетики.

Сонячна та вітряна енергетика – одні з найперспективніших напрямків альтернативної енергетики, проте сонячні батареї мають вагомі недоліки, зокрема невисокий ККД, причиною якого є недостатнє освітлення, а також вони займають великі площі та спричиняють ерозію ґрунтів. Недоліками вітрогенераторів є обмежені умови використання, високий рівень шуму, небезпека потрапляння під лопаті птахів тощо.

Актуальність моєї теми в тому, що розробка покращених генераторів енергії є передумовою прогресу у розвитку альтернативних джерел.

Ідея моєї роботи полягає в тому, що при об'єднанні в одній конструкції сонячних та вітряних генераторів, можна отримувати значно більше електричної енергії, використовуючи при цьому менші ресурси. Такі електростанції зможуть працювати цілодобово, за наявності хоча б одного необхідного чинника (сонячного світла або вітру).

В рамках реалізації цієї ідеї була збудована гібридна сонячно-вітрова електростанція.

Практична цінність цієї роботи полягає в тому, що таку установку можна використовувати для створення гібридних електростанцій будь-яких розмірів і типів - як для приватного використання так і промислового масштабу, використовуючи при цьому менше ресурсів.

Література:

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»
2. Відновлювані джерела електричної енергії (аналіз, перспективи, проекти): монографія / І. О. Сінчук, С. М. Бойко, І. А. Луценко, Г. І. Ткаченко ; під ред. Сінчука О. М. - Кременчук ст. 101
3. «Пан'європейські стратегічні рамки екологізації економіки»
4. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 340 с. : іл. – Бібліогр.: с. 323-337 (176 назв)
5. Аеродинаміка вітродвигунів = AerodynamictheoryofwindTurbines : Навч. посіб. / Є. Р. Абрамовський. – Д. : Наука і освіта, 2008. – 242 с
6. Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Сполом, 2015. - 116 с. - Бібліогр.: с. 113-116.
7. Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : матеріали сьомої міжнар. наук.-практ. конф., 10-11 квіт. 2013 р., Львів : зб. наук. ст. / Львів. обл. адмін., Львів. міська рада, Нац. ун-т "Львів. політехніка [та ін.]. – Л. : ЛвДЦНП, 2013. – 230 с

УДК 620.9:502.5:504:624.07

УКРАЇНСЬКА ГІМНАЗІЯ МАЙБУТНЬОГО: ЧИСТА ЕНЕРГІЯ ТА СПРИЯТЛИВА ЕКОСИСТЕМА

М.-Ю. М. Мазур,

*Івано-Франківське обласне відділення Малої академії наук
України, вул. Шевченка, 79, к. 101, м. Івано-Франківськ,
76018, Україна, тел.: +38(050)433-38-81,
e-mail: myroslav.mazur@gmail.com*

Розроблено інноваційну конструкцію дахового покриття для внутрішнього двору гімназії, яке поєднує в собі одночасно три рішення: надлегку вантову конструкцію, систему енергоефективного інфрачервоного опалення та інсоляційну систему з одночасною генерацією фотоелектричної енергії.

Ключові слова: сучасна школа, відновлювальні джерела, енергоефективність, екологія.

UKRAINIAN HUMAN SCIENCE OF THE FUTURE: POWER ENERGY AND A SUSTAINABLE ECOSYSTEM.

M.-Yu. M. Mazur,

*Ivano-Frankivsk Regional Branch of the Small Academy of
Sciences of Ukraine, str. Shevchenko, 79, room 101, Ivano-
Frankivsk, 76018, Ukraine.*

The innovative design of the roof covering for the inner courtyard of the gymnasium, which combines at the same time three solutions: an ultra-slim design, a system of energy-efficient infra-red heating and insolation system with simultaneous generation of photovoltaic energy, is developed.

Keywords: *Modern School, Energy Efficiency, Renewable Energy, Ecology.*

ORCID: 0000-0001-7854-0363.

В якості об'єкта дослідження нами розглядається приміщення Української гімназії № 1, де учні проводять більшу частину свого активного часу протягом дня. Вона для нас є другим домом і важливо, щоб тут було комфортно, цікаво й пізнавально.

Предметом дослідження я вибрав внутрішній простір гімназії, аналіз енергоефективності будівлі, можливість впровадити в гімназії новітні джерела енергії. За мету ми поставили вдосконалити простір гімназії, зробивши його комфортнішим для навчання і дозвілля, шляхом перекриття внутрішнього двору та використання сонцезахисних навісів. При цьому планується застосування електрогенеруючих й світлорегуючих поверхонь та новітніх систем опалення, що створить особливу внутрішню екосистему, а учні на практиці вчитимуться бережливо ставитись до навколишнього середовища [1,2].

Для вирішення поставленого завдання у роботі виділено три компоненти, які у сукупності дозволять не просто модифікувати приміщення, а створити простір для навчання нового типу. До цих компонент відносяться: розрахунок системи перекриття та системи опалення внутрішнього двору (створення комфортного простору); встановлення фотоелектричних компонент – жалюзів (генерування енергії та покращення функціональності робочого простору); утеплення фасаду (зменшення тепловтрат та покращення енергоощадності гімназії). Серед запропонованих нами рішень є як вдосконалення

існуючих, так і розробка таких, які запропоновані у цій роботі вперше.

Запропоновано та спроектовано інноваційну конструкцію дахового покриття для внутрішнього двору гімназії, яке поєднує в собі одночасно три рішення: надлегку конструкцію, інсоляційну систему та систему генерації фотоелектричної енергії (Рис.1). Як найбільш оптимальний варіант нами запропоновано підвісне покриття з поздовжньою вантовою системою.

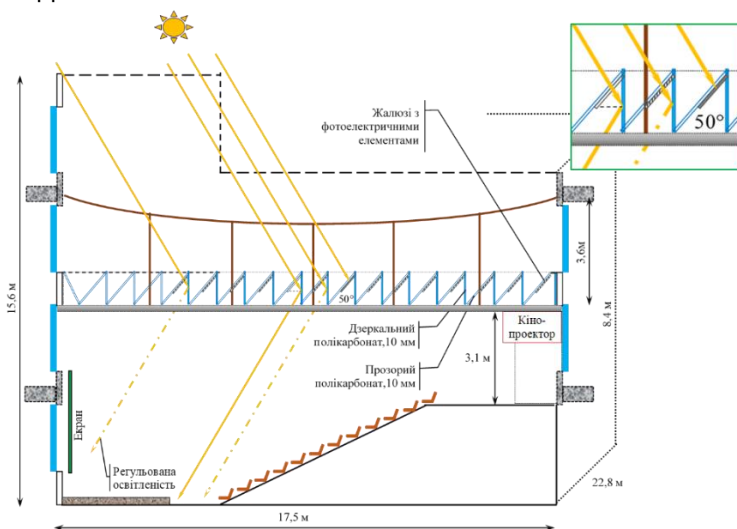


Рис.1. Комбіноване покриття приміщення для забезпечення оптимальних інсоляційних умов з одночасною генерацією фотоелектричної енергії

Проаналізовано ефективність різних систем обігріву гімназії та запропоновано новітню систему енергоефективного інфрачервоного обігріву актової зали.

Розроблено інсоляційну систему забезпечення природнього освітлення зали з одночасною генерацією електричної енергії. При проектуванні покриття актової зали крім конструкторських, теплоенергетичних рішень

важливим моментом є оптимальні інсоляційні рішення, оскільки це не тільки створює сприятливе середовище для перебування там учнів, а й дозволить значно заощадити на штучному освітленні. Це важливо, оскільки освітлення природнім світлом не тільки сприятливо впливає на зір та самопочуття, але й дозволяє заощадити електроенергію і є енергоефективним. Спроековано систему, яка поєднує в собі функції фотоелектричного генератора та сонцезахисних екранів. Розглянуто можливість використання системи в якості генератора не тільки електричної, а й теплової енергії [2].

Проведено зовнішнє дослідження будівлі гімназії в інфрачервоному діапазоні, виявлено основні шляхи втрати теплової енергії та запропоновано оптимальні шляхи ліквідації даних недоліків.

Узагальнено проведені дослідження, запропоновано першочергові шляхи оптимізації енергоспоживання та намічені подальші перспективи досліджень в даному напрямі. Зібрано, узагальнено та систематизовано загальні техніко-економічні параметри будівлі гімназії.

Сподіваємось, що при реалізації розглянутих рішень, навчання в гімназії основ енергоефективності носитиме не стільки характер знань, а й наочно демонструватиме їх застосування на практиці, тобто учні здобуватимуть компетентності в цій царині.

Література:

1. *Енергозбереження. Посібник з раціонального використання ресурсів та енергії для учнів загальноосвітньої школи / Мельникова О.В., Праховник А.В., Даг Арне Хойстад, Іншеков Є.М., Дешко В.І., Конеченков А.Є. // Видання друге виправлене та доповнене. Київ. - 2004. - 104 с.*
2. *Будинок «нуль» енергії. Збірник статей / Укладач Денис О.Б. – Вид.4-е, допов. – Львів: Екоінформ, 2009. -336 с.*
3. *Мачулін В., Литовченко В., Стріха М. Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України // Вісник Національної академії наук України. Загальнонауковий та громадсько-політичний журнал. — 2011, № 5*

УДК 621.311.21

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ПЕРСПЕКТИВНИХ МІСЦЬ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МАЛИХ ГЕС НА РІЧЦІ СЛУЧ В КРАСИЛІВСЬКОМУ РАЙОНІ

Б. Шуманський,

*М. Краси́лів, 11 клас, Краси́лівська ЗОШ I - III ступенів
ім. П. Кі́юна, e-mail: shymanskyb@gmail.com*

В умовах постійного подорожчання природних носіїв енергії - вугілля, нафти, газу, що веде до постійного підвищення тарифів на електроенергію і негативно позначається, як на житті пересічних громадян так і розвитку держави, ми маємо використовувати безкоштовний необмежений природний ресурс – воду, котра тече в ріках і здатна виробляти електроенергію за допомогою МГЕС, яка є по суті безкоштовною, екологічно чистою, при тому використовуючи природний потенціал який нам дала природа, а не бездумно його втрачати.

У даній роботі розглядаються проблеми та перспективи розвитку малої гідроенергетики на річці Случ в межах Краси́лівського району.

Предметом дослідження стало визначення гідропотенціалу річки Случ в Краси́лівському районі.

Об'єктом нашого дослідження стало визначення найбільш вигідних ресурсно-перспективних місць для встановлення малих ГЕС з мінімальним затратами часу, ресурсів і впливом на екосистему.

Річка Случ являється за класифікацією середньою річкою, і в нижній і середній течії має МГЕС і має енергопотенціал у згаданій частині. На початку XX ст. на

наших територіях були збудовані малі ГЕС, але з розвитком централізованої електрифікації вони занепали. Цікаво дізнатись, чи має річка Случ в межах Красилівського району енергетичний потенціал для встановлення сучасних гідротурбін таким чином, щоб витрати і вплив на природу були мінімальні.

Методи дослідження під час написання роботи були використані такі: експедиційний, спостереження, вимірювання, аналізу, математичний, статистичний, картографічний, порівняльний.

В першій частині даної роботи розглянуто гідроелектроенергетику світу, України та річки Случ. Вивчені тенденції розвитку галузі, реальний вплив на екологію і проблеми та перспективи малих ГЕС.

У другій частині представлені результати вимірів неподалік гребель з визначенням витрат води, також був проведений аналіз *зручності* встановлення гідротурбін, та їх орієнтовної потужності.

Також була розроблена картосхема (рис. 1), що показує витрати води річки Случ на окремих її ділянках. Під час роботи з джерелами ми дійшли до думки, як має працювати річкова мережа та МГЕС, щоб не страждала екосистема річки, при умові вже збудованих каскадних споруд.

Результати отримані в процесі досліджень витрат води: визначені найперспективніші місця на річці Случ в межах Красилівського району для встановлення з мінімальними витратами МГЕС та подані рекомендації їх використання, щоб не завдавати шкоди навколишнім екосистемам.

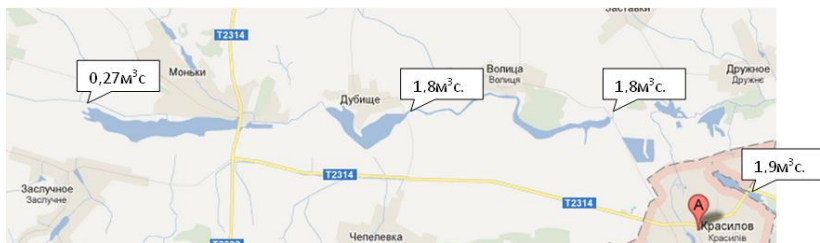


Рис. 1. Картосхема можливого розташування МГЕС на річці Случ

Література:

1. Авраменко О. В., Кудлай А. В., Петряев О. О. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка. — Х.: ХНЕУ, 2005. — 112 с.
2. Гусарев Б. І. Енергія і людина. — К.: Рад. шк., 1988. —191 с. іл..
3. Долінський А. А., Карп І. М., Корчевой Ю. П., Кулик М. М., Півняк Г. Г. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали: У 2 т./ Б.С. Стогній (ред.кол.) — К.: Академперіодика, 2006. — Т. 1: Загальні засади енергозбереження. — 508 с.
4. Електроенергетика України: стратегія ефективності: Матеріали конф., 8 червня 2001 року/ І. Р. Юхновський (відп.ред.). — К., 2001. — 88 с.
5. Єрмілов С.Ф. Проблеми та шляхи удосконалення державної політики України у галузі енергозбереження // Економіка України.- 2006.- № 9.- С. 4-12.
6. Ковалко М. П. Енергозбереження – досвід, проблеми, перспективи / НАН України; Держкоменергозбереження України. — К., 1997. — 162 с.
7. Малкін Е. С., Пісарев В. Є. Енергетичний стан в Україні та енергозбереження. — К.: КНУБА, 2001. — 16 с.
8. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Енергетика, довкілля, енергозбереження. — Х. : Рубікон, 2004. — 368 с.
9. Мартинов А. В., Неженцев О. Б., Шевченко М. О. Основи енергозбереження. — Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2003. — 231 с.
10. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка України. — Т.: Економічна думка, 2005. — 310 с.
11. Стеченко Д. М. Розміщення продуктивних сил і регіоналістика. — К.: Вікар, 2006. — 400 с.

12. Суходоля О. *Поєднання ринкового і державного регулювання енергозбереження // Економіка України.- 2004.- № 5.- С.31-37.*

13. Хвесик М. А., Горбач Л. М., Пастушенко П. П. *Розміщення продуктивних сил та регіональна економіка. — К.: Кондор, 2005. — 344 с.*

14. Чернюк Л. Г., Клиновий Д. В. *Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка. — К.: Ун-т Україна, 2005. — 245 с.*

15. Шевченко В. І., Півень Л. З. *Енергетика України: Який шлях обрати, щоб вижити? (Незалежне дослідження електроенергетики). — К.: Просвіта, 1999. — 186 с.*

УДК 621.311

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ П'ЄЗОЕЛЕМЕНТІВ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Я.А. Варваров,

*Комунальний заклад «Навчально-виховний комплекс
«Спеціалізована школа І ступеня з поглибленим
вивченням української мови – гімназія №39 імені
гетьмана України Богдана Хмельницького» Деснянського
району м. Києва», пр. Лісовий, буд. 13а, кв. 15, м.Київ,
02166, Україна, тел.: 093-135-08-27, e-mail:
yarikvarvarov@ukr.net*

*У роботі наведені електропровідні можливості
діелектриків та розглянуто раціональні можливості їх
застосування.*

Ключові слова: поляризація діелектриків,
п'єзоелектрик, п'єзоефект, п'єзоелементи.

INVESTIGATION OF OPPORTUNITIES FOR THE USE OF PIEZOELEMENT AS AN ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY

Y.A. Varvarov,

*Municipal institution «Educational complex «Specialized
primary school with in-depth study of the Ukrainian language -
Gymnasium №39 named after Hetman of Ukraine Bogdan
Khmelnysky» Desniansky district of Kyiv», Lisvyi avenue,
13a, Apt 15, Kyiv, 02166, Ukraine, tel .: 093-135-08-27,
e-mail: yarikvarvarov@ukr.net*

This paper presents electrical conductivity of dielectrics and rational possibilities of applying piezoelectrics.

Keywords: *polarization of dielectric, piezoelectric, piezoelectric effect, piezoelectric element.*

ORCID: 0000-0002-0124-5320.

На сьогодні питання альтернативних джерел енергетики є дуже актуальним і обговорюваним. Проте дослідження та експлуатація найпопулярніших з них: сонячних та вітрових, – показують, що, незважаючи на їх ряд переваг, вони мають і безліч недоліків. Тому деякі вчені почали пошуки ефективних само відновлювальних автономних джерел електричної енергії, що базуються на нових принципах [2]. Все частіше увага приділяється дослідженню та пошуку доцільних сфер використання п'єзоелектриків для генерування електричного струму з його подальшим накопиченням та використанням в областях малої енергетики.

У діелектриків майже відсутні вільні заряджені частинки, а отже, проходження через них струму практично неможливе, на практиці ж виявилось, що абсолютних діелектриків не існує. В зовнішньому електричному полі зв'язані заряджені частинки можуть зміщуватись на невеликі відстані в межах атомів, молекул чи відносно вузлів кристалічної ґратки, але не можуть переміщуватись по всьому об'єму діелектрика. З цього можна зробити висновок, що важливу роль у прояві електропровідності діелектриків відіграє *явище поляризації* [3]. Залежно від того, чи схильні діелектрики до поляризації, вони розділяються на пасивні (ізолятори) та активні (керовані). Останні у свою чергу бувають п'єзоелектриками,

сегнетоелектриками, піроелектриками та електретами. Кожний з них широко застосовується у повсякденному житті, проте найцікавіший та найперспективніший вид активного діелектрика у сфері енергоефективності – п'єзоелектрик, тому що саме у ньому найяскравіше проявляється явище п'єзоефекту [4]. Суть п'єзоелектричного ефекту полягає в тому, що пластинка п'єзоелектричного кристалу може слугувати перетворювачем механічної енергії в електричну і навпаки – з електричної в механічну.

Теоретичні розрахунки та досліді показують, що із п'єзоелектричних матеріалів, що працюють на явищі прямого п'єзоефекту, можна створити екологічно чисте джерело електроенергії. Проте тенденція розвитку методів та способів використання таких перетворювачів зростає, на жаль, дуже повільно і лише за кордоном [1].

Провівши ряд експериментів, ми дійшли висновку, що генерувати енергію за допомогою п'єзоефекту можна краплями води, які при падінні деформують п'єзоелемент перетворювача; опором повітря, що стискає п'єзоелемент, таким чином призводячи до виділення електричного заряду. Характерним являється і той факт, що чим інтенсивніше деформується пластинка п'єзоперетворювача, тим більше виділяється електроенергії. Також, порівнявши п'єзоелементи з найпопулярнішим джерелом альтернативної енергетики:, якою є сонячна батарея, дійшли висновку, що при оптимальному застосуванні п'єзоелементів, вони як джерело енергії будуть не менш ефективними та прибутковими.

Ґрунтуючись на експериментах, ми можемо впевнено запропонувати такі можливі сфери застосування п'єзоелементів як: метро, школи, багатолюдні офіси,

трамвайні лінії, турбіни та крила літаків, лопаті гелікоптерів, крівлі будинків на територіїх, яким притаманні великі опади, клавіатури та комп'ютерні миші як джерела деформації п'єзоелементів для накопичення електричної енергії, що задовольняла би потреби малої енергетики.

Література:

1. *Ranier Clement Tjiptoprodjo. On a Finite Element Approach to Modeling of Piezoelectric Element Driven Compliant Mechanisms. – Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan Saskatoon, April 2005.*
2. *Акопьян В.А. Пьезогенераторы – новое перспективное направление малой энергетики / В.А.Акопьян, И.А.Паринов, И.В.Истомин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/tgu-www.woa/wa/Main?textid=2928&level1=main&level2=articles>.*
3. *Горячева Т.В. Електротехнічне матеріалознавство: Конспект лекцій. Для студентів навчального напрямку 6.050301 «Електромеханіка» / Т.В.Горячева, – Красноармійськ: КІІ Дон НТУ, 2010 р. – 114 с.*
4. *Титюк В.К. Конспект лекцій з дисципліни «Процеси у діелектриках» / В.К.Титюк, Р.О.Пархоменко. – Кривий ріг, 2010. – 99 с.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИДОБУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ НА ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ ПОЛІГОНІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

А.П. Гедзюк,

*Загальноосвітня школа I-III ступенів №4 міста
Славута Хмельницької області, вул. Миру 69, м.
Славута, 30000, Україна, тел.: +38(038)422-65-05,
e-mail: s4slavuta@gmail.com*

У роботі досліджено стан українських сміттєзвалищ, їх негативний вплив на екологію. Детально описано принцип роботи дегазаційних установок, які зменшують негативний вплив полігонів твердих побутових відходів на довкілля. Переглянута економічна вигідність таких установок в зв'язку з продажом електроенергії за «зеленим» тарифом. Дослідження проводилося на базі дегазаційної установки Хмельницького полігону твердих побутових відходів.

Ключові слова: *звалищний газ, біогаз, дегазація, «зелений» тариф, полігон твердих побутових відходів (ТПВ).*

**INVESTIGATION OF THE FEATURES OF
EXTRACTION AND PROCESSING OF LANDFILL GAS
INTO ELECTRICITY AT KHMELNITSKY LANDFILL OF
SOLID HOUSEHOLD WASTE**

A. P. Gedzyk,

*Secondary school of I-III grades №4 of the city of
Slavuta of Khmelnytsky region, st. Myru 69, m. Slavuta,
30000, Ukraine*

The state of Ukrainian landfills and their negative impact on ecology are researched in this work. The principle of operation of degassing plants, which reduce the negative impact of solid waste landfills on the environment, is described in detail. The economic utility of such plants in connection with the sale of electricity at the "green" tariff is revised. The research was carried out on the basis of the degassing plant of Khmelnytsky landfill solid household waste.

Keywords: *landfill gas, biogas, degassing, green tariff, solid waste landfill (SWL).*

ORCID: 0000-0003-3376-4982.

Метою дослідження є вивчення особливостей негативного впливу сміттєзвалищ на довкілля, дослідження характеру роботи дегазаційної установки Хмельницького полігону твердих побутових відходів, оцінка екологічної та економічної доцільності проекту.

Реалізація поставленої мети передбачає розв'язання наступних завдань:

1. Розглянути негативну дію сміттєзвалищ на довкілля;
2. Дати характеристику місця розташування Хмельницького полігону твердих побутових відходів;

3. Дослідити процес відбору звалищного газу з полігону;

4. Розглянути будову та принцип роботи комплексу;

5. Обрахувати економічну ефективність установки;

6. Проаналізувати екологічні покращення через запровадження проекту.

Об'єктом дослідження є особливості процесу видобутку та переробки звалищного газу в електроенергію.

Предметом дослідження виступає Хмельницький полігон побутових відходів.

Методи дослідження: опис, аналіз, узагальнення, статистичний.

Актуальність дослідження полягає в описі методу, який допоможе зупинити масове зростання сміттєзвалищ в Україні, до того ж метод покращить екологію, буде забезпечувати вироблення електроенергії.

Наукова новизна полягає у висвітленні методу, який може допомогти іншим містам України в процесі боротьби зі сміттєзвалищами виробляти електроенергію. Дану роботу можна використовувати для ознайомлення учнів та студентів з принципом роботи дегазаційних електроустановок.

Література:

1. *Методы решения экологических проблем / Под ред. проф. Л.Г. Мельника. – Сумы: Университетская книга, 2001.*
2. *Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні. Аналітична*

записка БАУ №12. / Г.Г Гелетуха., Желєзна Т.А., Крамар В.Г.,
Кучерук П.П. – 2015

3. REMAP – 2030. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року / Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики IRENA. – 2015

4. Єфремов, І. С. Проблеми поводження з твердими побутовими відходами / І. С. Єфремов, С. В. Марчук // IV-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. – Вінниця - 2013.

5. <http://www.biteco-energy.com/svalochnyj-gaz-3/>

6. <http://ua.tiseco.com.ua/>

7. <https://ecotown.com.ua/news/>

8. <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/>

УДК 62-238.9

**ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПАДІННЯ СОНЯЧНИХ
ПРОМЕНІВ ПІД КУТОМ НА СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ,
ВСТАНОВЛЕНИХ НА МУЛЬТИКОПТЕРАХ**

К.Ю. Безпалий,

*Ліцей №142, провулок Політехнічний 2А, м. Київ, Україна,
тел.: +38(050)931-92-31, e-mail: bezpaliykostya@gmail.com*

У роботі наведено технічне рішення підвищення ефективності застосування сонячних панелей у мультикоптерах, та наведено розрахунки для гексакоптера із сонячною панеллю.

Ключові слова: сонячна панель, мультикоптер.

**TECHNICAL SOLUTION OF PROBLEMS OF FALLING
SOLAR RADIATION ON THE SOLO PANEL INSTALLED ON
MULTIPROPERERS**

K.Y. Bezpaliy,

*Lyceum №142, Polytechnic 2A, Kyiv, Ukraine, phone:
+38(050)931-92-31, e-mail: bezpaliykostya@gmail.com*

The work presents a technical solution for increase of effectiveness of using solar panels in multicopters, and provides calculations for a hexacopter with a solar panel.

Keywords: solar panel, multicopter.

ORCID: 0000-0002-6456-0432.

Моє рішення є модифікацією вузлів кріплення двигунів. Замість перманентного статичного положення

використовується зовнішня сфера з отвором в 60 градусів зверху в профілі і внутрішня сфера з отвором для стержня осі гвинта, в якій знаходиться сам двигун. Покриття сфер підбирається таким чином, що б тертя між сферами було мінімальним (цього можна досягти застосуванням відповідного масла). Виходить, що не зафіксована внутрішня сфера може вільно обертатися в зовнішній. Для фіксації нижня частина внутрішньої сфери повинна бути пористою, тоді в "тунелі", що з'єднує вузол з іншими комплектуючими можна розмістити металеві стрижні відповідної товщини, що будуть всуватись у пори або висуватись. Коли треба нахилити гексакоптер, на відповідні двигуни у вільному обертанні просто подається більша або менша потужність, і, в результаті різниці сил зльоту на різних вузлах, гексакоптер крениться потрібним чином. Така система є досить простою, так як до звичайного пакету управління додається, по суті, тільки елемент управління системою фіксації двигунів.

Розрахуємо на скільки більше тривалість польоту з використанням цього рішення у широтах з кутом падіння сонячних променів β :

$$\Delta t = t_0 \frac{N_{\text{витрати}} N_{\text{панелі}} (1 - \cos \beta)}{(N_{\text{витрати}} - N_{\text{панелі}})(N_{\text{витрати}} - \cos \beta N_{\text{панелі}})}$$

Для кута $\beta=30^\circ$, $\Delta t=8$ хвилин. Що вельми непогано, так як збільшує тривалість польотудесь на 14%.

За розрахунками, парусність, створювана таким креном, невелика і сильно не вплине на поведінку гексакоптера в нормальну погоду (швидкість вітру до 12 м).

Література:

1. Арзамасцев Александр Анатольевич, Крючков Алексей Александрович. Математические модели для инженерных расчетов летательных аппаратов мультироторного типа (часть 1).
2. Мультикоптер, матеріал з Вікіпедії:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B5%D1%80>
26.05.2018.
3. <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-bespiotnikov-na-solnechnyh-batareyah>.
4. <https://ecotechnica.com.ua/technology/3468-kvadrokopter-na-solnechnyh-batareyakh-sposoben-letat-ves-svetovoj-den.html>.
5. [http://oreluniver.ru/file/pk/olimp/bir/solutions/s.ph10_21.02.2016.p
df](http://oreluniver.ru/file/pk/olimp/bir/solutions/s.ph10_21.02.2016.pdf).

УДК 620

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ СПОРТМАЙДАНЧИК

Є.К. Мазур,

*Роменська міська Мала академія наук учнівської молоді,
вул. Соборна, 41, м. Ромни, 42000, Україна,
тел. +38(097)50-74-088, e-mail: juicyfellow1304@gmail.com*

У роботі запропоновано ідею «розумного» спортмайданчика та розглянуто шляхи раціонального використання енергії діючої моделі велогенератора.

Ключові слова: енергоефективний спортмайданчик, велогенератор, «розумний» спортмайданчик.

ENERGYEFFECTIVE SPORTING GROUND

Y. Mazur,

*Romny Minor Academy of Sciences,
41 Soborna str., Romny, Ukraine, 42000*

The article offers an idea of smart sports ground and reviewed rational ways to using energy by operating model of led generator.

Keywords: energyeffective sporting ground, led generator, reasonable sporting ground.

ORCID: 0000-0003-0672-6948.

Сучасне життя важко уявити без електричної енергії. Виробництво, транспорт, сільське господарство, побут – це далеко не повний перелік галузей, де застосовується електрична енергія. Щорічно зростають як потреби людства

у цій енергії, так і проблеми, пов'язані з її виробництвом. Нині існує багато проектів вироблення та заощадження електричної енергії.

Мета проекту – створити діючу модель спортивного майданчика, який сам забезпечуватиме себе енергією.

Завдання етапів проекту: опрацювати наукову літературу з проблемних питань; розглянути процес виробництва електроенергії з механічної енергії; ознайомитися з будовою та принципом дії генератора струму; збудувати діючу модель велогенератора; розрахувати ККД механізму; запропонувати сфери застосування вищезазначеного пристрою.

Енергія (від грец. *ἐνέργεια* — діяльний) — це скалярна фізична величина, загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Енергія не виникає ні з чого і нікуди не зникає, вона може тільки переходити з одного стану в інший (закон збереження енергії). Поняття енергії поєднує всі явища природи в одне ціле, є загальною характеристикою стану фізичних тіл і фізичних полів. Поняття енергії пов'язане зі здатністю фізичного тіла або системи виконувати роботу. При цьому тіло або система частково втрачає енергію, витрачаючи її на зміни в навколишніх тілах. Розрізняють кілька типів енергії: механічна, електромагнітна, хімічна, ядерна, теплова, гравітаційна та ін. Механічна енергія, в свою чергу, поділяється на кінетичну (енергія рухомого тіла) та потенціальну (енергія взаємодії тіл або частин тіла між собою чи з полем).

Під час тренувань із важкої атлетики неодноразово доводилося спостерігати скільки зусиль прикладають спортсмени на виконання тієї чи іншої вправи, скільки енергії при цьому витрачають. То чи не можна цю енергію перетворити на електричну, заощадити її в акумуляторах, а

потім використати на потреби тієї ж тренажерної зали.

Спробуємо розрахувати потужність середньостатистичного спортсмена: До 1 хвилини (зазвичай 20-30 секунд) людина може розвивати анаеробними «швидкими» м'язами велику потужність (200-700 Вт в залежності від тренувань). Далі її потужність залежить не стільки від сили м'язів, скільки від здатності постачати кисень і вуглеводи в клітини. Спортсмен здатний витратити потужність 1 к.с. (735 Вт) протягом 30 с, здорова нетренована людина - протягом 12 с. Елітні світові велоспринтери за 1 хвилину можуть видати середню потужність понад 700 Вт з піком до 1,7 кВт.

Мощность, Вт	МСМК	III разряд	Любитель
50	>24 ч	>24 ч	24 ч
100	24 ч	15 ч	10 ч
180	15 ч	5 ч	1 ч
250	4 ч	1 ч	10 мин
400	2 ч	30 мин	5 мин
500	20 мин	10 мин	3 мин
600	5 мин	2 мин	1 мин
700	2 мин	30 с	15 с

У таблиці наведено потужність та тривалість виконання вправ людиною. Виберемо час тренування 1 година. За цей час любитель розвине середню потужність 180 Вт і виконає роботу 180 Вт·год. Тренований атлет відповідно виконає роботу 250 Вт·год. Якщо тренажерна зала працює 8 годин і, в середньому, щогодини в ній займається 10 чоловік, то маємо 800 год. Нехай середня потужність за годину – це середнє арифметичне від потужності спортсмена та пересічної людини $(180+250)/2=215$ Вт. Відповідно виконана робота – $215 \cdot 800 = 172000$ Вт·год = 172 кВт·год.

З'ясуємо, яка частка виробленої енергії може бути перетворена на електричну. Для цього було збудовано модель велогенератора (рис. 1), яка складається з диску, що обертається; ременя (перетворює обертальний рух диска на рух ротора генератора електричного струму); генератора електричного струму; з'єднувальних проводів та електричної лампочки.



Рис. 1. Модель велогенератора в дії

Принцип дії приладу наступний. Обертається ротор генератора. Внаслідок явища електромагнітної індукції генератор виробляє електричний струм, про що свідчить горіння лампочки.

Для визначення ККД було проведено наступні вимірювання: виміряно масу диска, обчислено його момент інерції та кінетичну енергію - середню затрачену енергію за певний час; визначено за паспортними даними номінальну потужність світлодіода; розраховано ККД пристрою, який складає 35%.

Раніше ми вже порахували яку енергію виробляють спортсмени щодня в тренажерній залі. З урахуванням значення ККД=35% отримаємо виробленої електроенергії – $0,35 \cdot 172 \text{ кВт} \cdot \text{год.} = 60,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ Для порівняння – середньостатистична родина споживає за місяць 120-200 кВт·год електричної енергії.

Висновки. Розглянуто процес перетворення кінетичної енергії на електричну енергію. Створено діючу модель велогенератора та визначено її ККД (35%). Запропоновано та обґрунтовано ідею «розумного» спортмайданчика. Визначено енергетичний ефект від використання аналогів приладу. Впровадження запропонованої ідеї в практику дозволяє не лише зменшити витрати електроенергії на конкретному об'єкті, але й зменшити негативний вплив на довкілля від процесу виробництва електричної енергії. У подальшому планується розглянути варіанти перетворення механічної енергії різноманітних тренажерів на електричну.

Література:

1. Баланчевадзе В. І. *Енергетика сьогодні і завтра* / В. І. Баланчевадзе, О. І. Барановський та ін.; Під ред. А. Ф. Дьякова. – М.: Вища школа, 1990. – 344 с.
2. *Джерела енергії. Факти, проблеми, рішення.* – М.: Наука і техніка, 1997. – 110 с.
3. *Енергетичні ресурси світу* / За ред. П. С. Непорожного, В. І. Попкова. – М.: Вища школа, 1995. – 232 с.
4. Юдасин Л. С. *Енергетика: проблеми та надії* / Л. С. Юдасин. – М.: Просвещение, 1990. – 207 с.

УДК 620.92

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМІ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОРУДИ ГУРТОЖИТКУ

М.М. Пецоляк,

*Дніпровське територіальне відділення МАН України
КЗО «Дніпропетровський обласний ліцей-інтернат
фізико-математичного профілю»*

В роботі було проведено дослідження, ціллю якого було покращення системи геліоколекторів, яка була розроблена для збільшення автономності у сфері енергоспоживання споруди гуртожитку КЗО «Дніпропетровський обласний ліцей-інтернат фізико-математичного профілю», з використанням теплових насосів.

Ціль: Збільшення енергоефективності споруди гуртожитку КЗО «Дніпропетровський обласний ліцей-інтернат фізико-математичного профілю»

Для виконання роботи були поставлені такі задачі:

1. Аналіз існуючих моделей та типів теплових насосів;
2. Аналіз і висновок щодо створеної системи теплозабезпечення споруди гуртожитку;
3. Аналіз існуючих способів використання теплових насосів разом із геліоколекторами;
4. Розрахунок необхідних даних для вибору, експлуатації і потужності теплового насосу;
5. Встановлення теплових насосів в оптимальному місці для перетворення енергії;

В роботі описані основні типи теплових насосів та принцип їх дії, існуючі фабрики-лідери по збірці теплових насосів. Аргументовано встановлення вакуумних теплових насосів на території України, зокрема в Дніпропетровській області. Проаналізовані можливі випадки синергії теплових насосів і геліоколекторів. Розрахована необхідна кількість та модель теплового насосу, визначено оптимальне місцезнаходження теплового насосу на території споруди гуртожитку. Запропонована схема енергозбереження теплового насосу.

За рахунок аналізу існуючих типів теплових насосів, а також зроблених розрахунків, були зроблені такі висновки:

1. Використання теплових насосів разом із системою геліоколекторів є економічно- та екологічно-вигідним;
2. Використання теплових насосів типу «Повітря-Повітря» в таких місцях, як м. Дніпро є економічно-вигідним;
3. Покращення систем екологічно-чистого видобування електроенергії є потенційний шлях до екологічно-чистого та здорового майбутнього;

Література:

1. Альтернативні джерела енергії [Електрон. ресурс] // Матеріали з Вікіпедії – вільної інциклопедії. -2018 – 22.05. –Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Альтернативні_джерела_енергії
2. Чим такі хороші теплові насоси? Переваги і недоліки теплових насосів / Статті [Електрон. ресурс] // Елементум. – 2018 – 14.09. – Режим доступу: <https://elementum.com.ua/blog/teplovye-nasosy-preimutshestva-i-nedostatki/>
3. Тепловий насос [Електрон. ресурс] // Матеріали з Вікіпедії – вільної інциклопедії. – 2018 – 02.12. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Тепловий_насос
4. Типи теплових насосів. Атмосфера – технології природи [Електрон. ресурс] // Copyright–Атмосфера України. – 2003 – 2018. –

Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/teplovi-nasosi/tipi-teplovix-nasosiv/>

5. Воздух Вода / Тепловий насос в домі 150 м кв[Електрон. ресурс] // ООО «Воздух Вода». - 2018 – 23.03. – Режим доступу: <http://teplovoy-nasos.com/Информация/Примеры-применения-тепловых-насосов.html>

6. Теплові насоси. Продукція IDM[Електрон. ресурси] // IDM. – 2018. – Режим доступу: <https://www.nibe.ua/ru/References/5x2120-20/>

7. Сонячний колектор SurrainTZ 58/1800 – 30 R1AВакуумний [Електроний ресурс] // Мoyo. – Режим доступу: <https://teplodvir.com.ua/p736113309-vakuumnyj-solnechnyj-kollektor.html>

8. Типи геліоколекторів. Вакуумні геліоколектори[Електрон. ресурс] // SiontSolar. – Режим доступу: <http://www.sintsolar.com.ua/info/types-of-helium-reservoir-ua.html>

9. Сонячна активність в Україні [Електрон. ресурс] // Polarsol. – Режим доступу: http://polarsol.com.ua/?page_id=413&lang=ua

10. Тепловий насос + сонячні колектори: як об'єднати дві енергоефективні технології / Статті [Електрон. ресурс] // Сахара. – Режим доступу: <https://сахара.ua/en/kompaniya/statti /teplovij-nasos-sonjachni-kolektori-jak-objednati-dvi-energoefektivni-tehnologii>

11. Клімат України [Електрон. ресурс] // Матеріали з Вікіпедії – вільної енциклопедії. – 2018 – 07.09. –Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Украины

12. Будівельні норми і правила (ДБН, СНиП) [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://dnaor.com/398/2458>

13. Viderus P. Справочник по проектированию и монтажу тепловых насосов [Текст]: проектная документация. 2005 г. – 142 с. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/121479/>

14. Повітрянні теплові насоси [Текст]: збірник статей; технічна література. - ISBN: 978-5-905024-09-2, 2012. – Режим доступу: <http://avidreaders.ru/book/vozdushnye-teplovye-nasosy.html>.

УДК 620

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІЮЧОЇ
МОДЕЛІ ТЕПЛОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

В.А. Пархоменко,

*Роменська міська Мала академія наук учнівської
молоді, вул. Соборна, 41, м. Ромни, 42000, Україна,
тел.: +38(068)57-83-501,
e-mail: parhomenko.andrey78@gmail.com*

*У роботі розглянуто створення діючої моделі міні-
ТЕС та визначено доцільність її використання.*

Ключові слова: *міні-ТЕС, теплоелектро-
енергетика.*

**RESEARCH OF PROCESS OF PRODUCTION OF
ELECTRIC ENERGY BY MEANS OF OPERATING MODEL
OF THERMAL ELECTRO-STATION**

V. Parkhomenko,

*Romny Minor Academy of Sciences,
41 Soborna str., Romny, Ukraine, 42000*

*The article reviewed creation of operating model mini-
TES and defined expediency of its use.*

Keywords: *mini-TES, thermal electric energy.*

ORCID: 0000-0002-8277-5402.

Потреби людства в електроенергії щороку зростають. Теплова енергетика шкодить довкіллю, негативно впливає на здоров'я людей, вичерпує запаси викопних паливних

ресурсів. У зв'язку із низьким рівнем споживання альтернативної енергії, складною економічною ситуацією Україна не може повністю відмовитися від теплових електростанцій. Останнім часом популярними стають міні-ТЕС. Виникає необхідність знайти способи підвищення ККД теплової енергетики та зменшення шкідливих викидів у атмосферу.

Мета проекту – створити модель теплової електростанції та дослідити її роботу, вивчити чинники, що впливають на ефективність перетворення теплової енергії на електричну.

Завдання етапів проекту: опрацювати наукову літературу з проблемного питання; вивчити будову та принцип дії теплової електростанції; з'ясувати відмінності у роботі ТЕС та міні-ТЕС; збудувати модель ТЕС та дослідити її роботу; розглянути можливі варіанти зменшення викидів продуктів згоряння палива.

Теплова електростанція (ТЕС) – це електростанція, в якій первинна енергія має хімічну форму і вивільняється шляхом спалювання вугілля, рідкого палива чи газу. На парових електростанціях у топці парового котла відбувається перетворення хімічної енергії палива в тепло газів – продуктів згорання. Це тепло передається воді та водяній парі, пара з котла надходить до парової турбіни, де тепло перетворюється на кінетичну енергію обертання електрогенератора, з'єданого з турбіною. Відпрацьована в турбіні пара надходить до конденсатора і віддає тепло охолоджувальній воді.

Основним призначенням міні-ТЕС є вироблення електричної і теплової енергії з різних видів палива.

Концепція будівництва міні-ТЕС в безпосередній близькості до споживача має ряд переваг та недоліків.

Переваги: стабільне й якісне енергопостачання з постійним рівнем напруги і тепла; можливість використання однієї установки для виробництва електрики та опалення; відносно невисока вартість вироблюваної енергії, що дозволяє заощадити значну суму в порівнянні з використанням звичайної електромережі; високі екологічні якості, завдяки виробництву тепла та електрики, а при необхідності і холоду для кондиціонування приміщень; швидка окупність, оскільки в складі однієї міні-ТЕС може використовуватися до 12 генераторів, причому потужність одного досягає 9 кВт; економія на ремонті тепломереж, так як установка розташовується в безпосередній близькості до об'єкта; невеликі розміри дають можливість розміщення обладнання не лише на прилеглий до об'єкта території, але й безпосередньо на його площі; терміни будівництва і введення в експлуатацію не перевищують 3 місяців при можливості використання обладнання до 25 років; проста і зручна експлуатація; висока надійність.

Недоліки: для роботи станції потрібне органічне паливо; в процесі згоряння палива атмосфера забруднюється продуктами згоряння, як і у випадку звичайної ТЕС; викиди вуглекислого газу в атмосферу від багатьох міні ТЕС порівняні з викидами звичайних станцій; температура довкілля підвищується за рахунок високої температури диму; часточки сажі вітром переносяться по всій планеті, осідають на льодовиках і прискорюють процес танення льоду; при зведенні великої кількості міні ТЕС, ГЕС та інших джерел електроенергії у теплоенергетичній галузі

ймовірний хаос.

З метою докладного вивчення будови та принципу дії міні-ТЕС було збудовано діючу модель теплової електростанції (рис. 1), яка складається з таких вузлів: 1 - топка парового котла; 2 - котел з водою; 3 - парова турбіна; 4 - генератор електричного струму; 5 - неонові лампи.

Принцип дії моделі полягає в наступному. В нагрівнику (топці) згорає паливо (сухий спирт). Виділяється певна кількість теплоти. За рахунок цієї енергії вода в котлі нагрівається до 100°C і перетворюється на пару. Пара під тиском вивільняється на парову турбіну і тисне на лопаті з певною силою. Турбіна починає обертатися і обертати вал ротора генератора електричного струму. В обмотці ротора виробляється електричний струм.



Рис. 1. Mini-TEC

Наступним етапом дослідження було визначити ККД пристрою. Він становить 20%. Отримане значення ККД відповідає значенням ККД для теплових машин. Деякі відхилення результатів експерименту від теоретичних значень пояснюються похибками, допущеними при вимірюванні фізичних величин, недостатньою питомою теплотою згоряння палива та втратами енергії на нагрівання навколишнього середовища.

Висновки. Збудовано модель ТЕС, вивчено її роботу,

переваги та недоліки. Встановлено, що використання цих станцій в окремих випадках доцільно, за умови наявності відходів соломи, тирси, тощо. Однак, масове встановлення подібних автономних джерел негативно вплине на довкілля та здоров'я населення. Тенденція до переходу індивідуальних споживачів на міні-ТЕС може призвести теплоелектроенергетику країни до повного руйнування. Процес встановлення будь-яких міні електростанцій повинен перебувати під суворим контролем держави.

Література:

1. Резинских В. Ф. Повышение надежности и эффективности действующего оборудования ТЭС / В. Ф. Резинских, А. Г. Тумановский // Труды конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем». – 2010. – С. 124–128.
2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов / В. Я. Рыжкин. – М.-Л.: Энергия, 1967. – 400 с.

УДК 620

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ МІСТА РОМНИ ТА РОМЕНСЬКОГО РАЙОНУ

I.O. Sencha,

*Роменська міська Мала академія наук учнівської молоді,
вул. Соборна, 41, м. Ромни, 42000, Україна,
тел. +38(098)71-22-729, e-mail: vanya7575.a@gmail.com*

У роботі обґрунтовано перспективи використання сонячних модулів для вирішення енергетичних проблем Роменщини Сумської області.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, сонячна електроенергетика, інсоляційна картограма, полікристалічні інсоляції, інсоляційна «подільська вісь».

PROSPECTS OF THE USE OF SUN ENERGY IN THE CONDITIONS OF THE CITY ROMNY AND ROMNY DISTRICT

I. Sencha,

*Romny Minor Academy of Sciences,
41 Soborna str., Romny, Ukraine, 42000*

The article founded the perspectives of the using of solar panels for solution the energetic problems of Romny District of the Sumy region.

Keywords: Alternative Energy Sources, solar power, Insolation cartogram, polycrystalline insolation, insolation "Podilsky axis".

ORCID: 0000-0001-7630-4172.

Різке підвищення тарифів на тепло та енергопостачання спонукає українців шукати альтернативу звичним енергоресурсам. Ще у 2016 році більшість українців постала перед вибором: або визнати себе неплатоспроможним та почати оформлення субсидій (що вже в якійсь мірі принизливо), або спробувати знайти додаткові джерела доходів. Однак, для держави, що перебуває у стані гібридної війни, тривале субсидування може виявитися непосильним, а пошук заробітку генерує чергову хвилю мігрантів до Польщі й інших країн. Крім того, для Росії газ навіть у мирний час був потужним засобом політичного впливу на імпортерів, а тепер перетворився на високоефективну зброю, що здатна призвести до хаосу в економіці України та деморалізувати населення. «Газова» криза 1 березня 2018 року лише підтвердила наші прогнози. Переорієнтація на дорогий європейський газ та транзит територіями, теж готовими до шантажу Польщі («історичного») та Угорщини («мовного»), – це достойна тактична відповідь російському агресору, але занадто ризикована стратегічно. Ситуацію ускладнює окупація тією ж Росією основних вугледобувних регіонів Донбасу. Тому, ми вважаємо, що пошук стратегічних шляхів досягнення реальної енергетичної незалежності набуває нечуваної раніше **актуальності** на всіх рівнях економіки: макроекономічному (умова збереження української державності), мезоекономічному (механізм успішної євроінтеграції), мікроекономічному (засіб адаптації українських виробників до стандартів Євросоюзу та виживання домогосподарств українців).

Усі ці обставини сприяли зміцненню суспільної думки про те, що енергетика майбутнього повинна базуватися на масштабному використанні сонячної енергії. Сонячні

батареї почали використовувати для її отримання (0,26 ГВт) у 1960 році в США. Державна програма субсидування діяла до 1979 року, коли сонячні масиви досягли 1,23 ГВт за рік [5]. У 2018 році потужності цієї країни зросли до 12,2 ГВт, але в розвитку енергетики з відновлюваних джерел її випередили Німеччина (36,3 ГВт на рік), Китай (19,9 ГВт), Італія (17,7 ГВт), Японія (13,5 ГВт) [5]. Звичайно, ці успіхи виглядають скромними на фоні загальних обсягів генерації електроенергії, але приклад Данії, де частка вітрової вже перевищила 42% від усієї, свідчить, що в енергетиці грані між фантастикою та реальністю фактично не існує.

Мета дослідження – обґрунтувати перспективи використання сонячних модулів для вирішення енергетичних проблем Роменщини Сумської області.

Завдання дослідження: вивчити основні принципи та особливості функціонування сонячних батарей як джерела надійного енергопостачання; оцінити радіаційні ресурси Роменщини та довести доцільність розвитку сонячної енергетики в її умовах.

Наукова новизна: доведення економічної рентабельності сонячних електростанцій на Роменщини; інсоляційне районування Сумської області та створення її інсоляційної картограми; розрахунок коефіцієнта сонячних днів, синтез показників інсоляції та коефіцієнта сонячних днів для обґрунтування розвитку сонячної електроенергетики. Для обчислень використані особисто систематизовані автором реальні дані діючих СЕС, методологія розрахунку коефіцієнтів та принципи побудови картограми є власними ідеями виконавця роботи і засновані на життєвому досвіді членів його сім'ї та родичів.

Практичне значення: запропонований проект може бути використаний при установці нових сонячних електростанцій Роменщини, інсоляційна картограма – для обґрунтування програм розвитку сонячної енергетики

області та розробки аналогічних картограм для інших областей.

Сонячна енергія на Україні та в світі серед відновлюваних джерел має значні перспективи. Головним способом її використання найближчим часом будуть залишатись сонячні батареї. Для умов нашої місцевості найбільш придатні полікристалічні через оптимальне співвідношення ефективного використання інсоляції, найтривалішого терміну експлуатації та найменшій втраті потужності у процесі амортизації.

Місто Ромни недооцінене за показниками тривалості сонячного сяйва, а цей показник суттєво впливає на потенційні можливості виробництва сонячної енергії в регіоні.

Для обґрунтування енергетичних програм розвитку регіонів ми пропонуємо використовувати коефіцієнт «сонячних днів» та картограму інсоляційного районування області на основі адміністративних одиниць.

Радіаційних ресурсів Роменщини достатньо для розвитку сонячної енергетики, насамперед, завдяки існуванню сприятливої для цього інсоляційної «подільської осі».

Системний аналіз інсоляційної карти України та розробленої нами картограми Сумщини дозволяє стверджувати, що місто Ромни та Роменський район найсприятливіші для розвитку сонячної електроенергетики на території області.

Аналіз практичного використання сонячних електростанцій фізичними особами на території міста Ромен засвідчив: окупність сонячних батарей триває 3-5 років, а термін праці не менший ніж 25 років; ефективність використання модулів може значно підвищитись за рахунок своєчасної корекції експозиції; сонячні модулі є економічно вигідними для своїх власників, оскільки до 40 років даватимуть фактично безкоштовну енергію; з роками помітна втрата потужності внаслідок амортизації; «зелені» тарифи забезпечують швидку окупність капіталовкладень;

перевищення кількості виробленої електроенергії над спожитою домогосподарством дислокації модулів підтверджують її вигідність.

Місто Ромни та Роменський район мають достатні для розміщення енергогенеруючих потужностей площі. Найбільш економний варіант монтажу комунальних СЕС досягається при комплексності вирішення проблем вдосконалення та реконструкції об'єктів соціальної інфраструктури.

Розміщення комунальних сонячних електростанцій в школах буде гарантувати не тільки економічний, а й освітній та виховний ефект, наочно демонструючи підростаючому поколінню ресурсозберігаючу стратегію суспільства для забезпечення сталого розвитку країни.

Література:

1. «Види сонячних батарей». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tehnnonovator.com.ua/ua/energy-ua/sun-battery-ua/types-sun-battery-ua.html>
2. «Зелений тариф». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=24429>
3. «Карта сонячної інсоляції». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/Index.aspx>
4. «Кількість сонячних днів». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/ru/noroda/прогноз/modelclimate/Сумы_Украина_692194
5. «Провідні країни в акумулюванні сонячної енергії». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrenerho.com/top-10-krayin-z-vikoristannya-sonyachnoyi-energiyi/>
6. «Система автономного освітлення». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page_id=194&lang=ua
7. «Сонячна інсоляція». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-181-2/99.htm>

УДК 620

МАГЛЕВ В УКРАЇНІ: ФАНТАСТИКА ЧИ РЕАЛЬНІСТЬ

М.В. Філь,

*Роменська міська Мала академія наук учнівської молоді,
вул. Соборна, 41, м. Ромни, 42000, Україна,
тел. +38(098)93-78-653, e-mail: f_v_v_1981@ukr.net*

У роботі розглянуто тенденції розвитку сучасної транспортної системи та перспективи впровадження левітуючого потягу «Маглев» в Україні.

Ключові слова: левітуючий потяг «Маглев», PRT (Personal Rapid Transit), плаваючий автобус Nirro, Метрорам, екраноплан.

MAGLEV IN UKRAINE: FANTASY OR REALITY

M. Fil,

*Romny Minor Academy of Sciences,
41 Soborna str., Romny, Ukraine, 42000*

The article considers the tendencies of development of the modern transport system and the prospects for introducing the levitation train of «Maglev» in Ukraine.

Keywords: levitation train of «Maglev», PRT (Personal Rapid Transit), floating bus of Nirro, Metrotram, ekranoplan.

ORCID: 0000-0001-9293-4246

Неможливо уявити життя сучасної людини без сучасного транспорту. І доки всі цивілізовані країни впроваджують фантастичні, на перший погляд, проекти, як то маглеви, екраноплани, Hyperloop, Україна закуповує

допотопні Хюндаї. Транспортний парк нашої держави морально і технічно застарілий. Транспорт рухається повільно, споживає багато електричної або теплової енергії, істотно забруднює повітря. Пасажири витрачають час, кошти, але не отримують, натомість, ні комфорту, ні швидкості. Міський транспорт переповнений, рухомий склад безперервно виходить з ладу, травмує пасажирів. Ціни на перевезення пасажирів істотно завищені у порівнянні із зарплатами та пенсіями населення. У зв'язку з цим існує нагальна потреба у створенні нової сучасної концепції громадського та міжміського транспорту.

Саме тому важливо дослідити тенденції розвитку сучасної транспортної системи, та обрати найбільш зручні варіанти для України. Для цього було вирішено ознайомитися з новітніми зразками транспорту, обрати серед них найбільший оптимальний для нашої країни та з метою перевірки даного аспекту створити діючу модель магнітного потягу, як зразок екологічного транспорту.

На сьогоднішній день цікавими є проекти Канади (плаваючий автобус Hipro починає свій рух на суші, а потім перетворюється на невелике судно), Великобританії (PRT – (Personal Rapid Transit) – невеликі обтічні кабінки схожі на ліфт, без водія), Китаю (левітуючий потяг «Маглев» - розвиває швидкість до 431 км/год, майже не торкається рейок; ескалатори Central-Mid Levels – 20 ескалаторів та 3 рухомі доріжки), Росії (Метротрам – спочатку рухається по рейках на поверхні, на трьох станціях пірнає під землю, перетворюючись на метро, розвиває швидкість 65 км/год).

З-поміж них для України найбільш оптимальним варіантом буде «Маглев». Щоб перевірити дану ідею, було вирішено створити модель левітуючого потяга.

Конструкція складається із котушки з мідного дроту,

всередину якої вміщуємо гальванічний елемент із прикріпленими неодимовими магнітами. Магніти виготовлені з провідного матеріалу і з'єднують клеми батареї з мідним дротом, так що батарея, магніти і мідний дріт утворюють контур, який генерує магнітне поле в безпосередній близькості від батареї. З боку цього поля на магніти діє сила, яка й змушує «потяг» рухатися.

За принципом дії запропонована модель найближче до «Маглева» – потяга на магнітних подушках. В обох випадках використовується енергія магнітного поля. І хоча існує й істотна відмінність, як-то магнітна левітація у випадку «Маглева», ця ідея є досить цікавою. Технічно створити діючу модель нашого потяга в промислових масштабах важко, оскільки це вимагає величезних матеріальних затрат, та й вартість такого проекту висока.

А от втілити ідею з левітуючим потягом в Україні, на мою думку, реально і цікаво. Лишень уявіть собі, що відстань від Луганська до Ужгорода 1635 км він долатиме за 4-5 год, від Києва до Львова 572 км ви дістанетеся за 1,5 год.

Звичайно, проект «Маглев» має свої недоліки. Це – висока вартість створення та обслуговування колії; вага магнітів, споживання електроенергії; електромагнітне поле, яке створюється магнітною підвіскою може виявитися шкідливим для бригад потяга та навколишніх мешканців; потрібно на високій швидкості (сотні км/год) контролювати проміжок між дорогою і потягом (кілька сантиметрів). Для цього потрібні надшвидкісні системи управління; потрібна складна дорожня інфраструктура. Тому малоймовірно, що лінії маглева будуть утворювати розгалужені мережі з розвилками і перетинами.

Серед переваг можна вказати такі: теоретично

найвища (603 км/год на квітень 2015) швидкість з тих, які можна отримати на серійному (не спортивному) наземному транспорті; низький шум; відсутність викидів в атмосферу продуктів згоряння палива; комфорт.

Висновки. Досліджено проблеми транспортної системи України. Розглянуто сучасні тенденції в транспортних технологіях. Вивчено будову та принцип дії «Маглева» – потяга на магнітній подушці. Збудовано модель магнітного потяга, яка ілюструє процес перетворення енергії магнітного поля на механічну енергію. З'ясовано, що нові види транспорту покликані полегшити життя людини, зробивши його ще більше комфортним, а також забезпечити дотримання екологічних норм, які з кожним днем стають дедалі жорсткішими.

Нові види транспорту, коротку характеристику яких дали у цій роботі, є лише малою частиною всіх удосконалень, які зроблено людиною останні кілька років. Окремі є нині діючими системами, інші очікують запровадження в експлуатацію після випробувань, треті - занадто футуристичні й дорого коштують. Встановлено, що для України оптимальним варіантом стане левітуючий потяг «Маглев».

Література:

1. *Основи теорії транспортних процесів і систем. Навч. посіб. Для ВНЗ* / М. Ф. Дмитриченко, Л. Ю. Яцківський, С. В. Ширяєва, В. З. Докуніхін. – К.: Видавничий дім «Слово», 2009. – 336 с.
2. *Рибчук А. В. Глобальні тенденції розвитку світової транспортної системи* / А. В. Рибчук, Т. Я. Павець. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.confcontact.com/2008dec/1_ribchuk.php.

УДК 620.91

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗБУДОВИ СОНЯЧНОЇ ТА ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Н.О. Голіней, Ю.С. Пиріг,

*Івано-Франківський фізико-технічний ліцей-інтернат
Івано-Франківської обласної ради, Івано-Франківське
обласне відділення Малої академії наук України*

Метою роботи є аналіз можливостей переходу паливно-енергетичного комплексу України на сонячну та водневу енергетику. Актуальність дослідження полягає в тому, що сучасний світ потребує альтернативних джерел енергії через виснаження викопних енергоресурсів у недалекому майбутньому.

Ключові слова: *паливно-енергетичний комплекс, воднева енергетика, сонячна енергетика, електроліз, енергетичний сектор, високотехнологічні підприємства, сонячний модуль, енергоефективність.*

Keywords: *fuel and energy range, hydrogen energy, solar energy, electrolysis, the energy sector, high-tech enterprises, solar modules, energy efficiency.*

ORCID: 0000-0003-4560-7634.

Паливно-енергетичний комплекс України за своїм змістом не відповідає сучасним технічним та економічним вимогам і потребує докорінної перебудови. У його структурі переважають такі дорогі імпорتنі види палива, як нафта і газ, а в промисловому виробництві велика частина

енергоємних підприємств потребує негайної модернізації [8]. Крім того, такі виробництва разом з електрогенеруючими підприємствами активно забруднюють навколишнє середовище, тобто є екологічно небезпечними об'єктами [4]. Практично все обладнання, яке використовується в паливно-енергетичній галузі України, починаючи від шахт і свердловин та закінчуючи електричними станціями і мережами, є зношеним і застарілим.

Очевидно, що наша економіка потребує докорінної перебудови енергетичного сектора і, по суті, створення нової енергетики країни. Виникає риторичне, а заодно і стратегічне запитання, чи варто проводити повну модернізацію традиційних галузей енергетики, чи розвивати новітні галузі, зокрема, сонячну та водневу енергетику. Розвиток технологій підказує, що, підтримуючи в належному технічному та екологічно безпечному стані традиційну енергетику, треба активно розвивати новітні галузі енергетики. В недалекому майбутньому вони дозволять суттєво підвищити енергоефективність та кардинально зменшити шкідливий вплив на довкілля.

У нашій державі умови для використання сонячної енергії не гірші, ніж у Німеччині, яка є одним з лідерів розвитку сонячної енергетики у світі. Вся територія України придатна для розвитку електричних систем, які використовують енергію Сонця [1]. За один рік на території нашої країни в середньому можна отримати до 1,5 тисячі кВт·год електроенергії на 1м².

Американські дослідники вираховали, що електроенергія, яка генерується із сонячного світла, почне конкурувати за вартістю із роздрібними цінами на електрику в більшості країн світу вже в цьому десятиріччі. Дані

дослідницької компанії із США Navigant Consulting (працює із 1999 року) збігаються із нещодавно оприлюдненими даними про таку ж тенденцію і в українській енергетиці [7, 9].

Враховуючи те, що в недалекому майбутньому природний газ як енергоносіє буде вичерпаний, йому на зміну може прийти інший газ – водень. На відміну від природного газу, який є викопним енергоресурсом, водень можна отримати тільки технологічно. До інфраструктури водневої енергетики, як і до традиційної газової, повинні входити промислова трубопровідна система, призначена для транспортування водню та водневі заправні станції [6]. У водневих заправках, які не розташовані поруч з водневою трубопровідною системою, постачання водню можна здійснювати цистернами із стисненим або зрідженим воднем, або виробляти водень на місці, використовуючи електрохімічний метод розщеплення води – електроліз [2]. Електроенергію для цього можна отримувати від традиційних або сонячних електростанцій. Особливе місце у виробництві водню займатиме електроенергія, вироблена атомними електростанціями в нічний час (так званий провальний режим). Оскільки технологія виробництва електроенергії на атомних електростанціях, на відміну від теплових, не дозволяє швидко зменшувати потужність енергоблоків, то вироблена енергія зараз ефективно не використовується. Воднева енергетика може суттєво підняти енергоефективність галузі.

Комплексний розвиток сонячної та водневої енергетики дозволить підняти на якісно новий рівень енергетичний сектор української економіки, не боятися вичерпання традиційних викопних енергоресурсів, оптимально задіяти науково-технічний потенціал держави,

побудувати нові високотехнологічні підприємства для розвитку нової енергетики і створити десятки, якщо не сотні тисяч робочих місць. Ці новітні екологічно чисті енергетичні технології допоможуть суттєво зменшити шкідливий вплив енергетики на довкілля.

Розглянемо, чи реально з допомогою сонячних батарей протягом року виробляти в Україні таку кількість електроенергії, яка відповідає величині всіх спожитих енергоресурсів у державі за цей період. Усе споживання енергоресурсів поділяють на чотири приблизно однакові групи: промисловість, енергетика, транспорт і житлово-комунальне господарство. Кількісні співвідношення цих груп різні для різних країн, тому для порівняння використовують розмір споживання енергоресурсів на душу населення, який нині становить приблизно 17 тис. кВт·год на людину на рік [3].

На широті України 1 м² сонячної батареї при нинішньому ККД за рік виробляє в середньому 1500 кВт·год електроенергії. Відповідно до цього для забезпечення одного жителя України енергоресурсами у вигляді електроенергії необхідно $17000 : 1500 = 11,3$ м² сонячних фотоелементів. Нехай в Україні проживає 42,4 мільйони громадян [5]. Тоді для річного забезпечення їх енергоресурсами треба побудувати сонячні електростанції із загальною площею батарей $42,4 \text{ млн.} \cdot 11,3 \text{ м}^2 = 479,12 \text{ млн. м}^2 = 479,12 \text{ км}^2$.

Згідно адміністративного поділу в нашій державі є 490 районів. Площа території – 603,6 тис. км². Середня площа одного району складає трохи більше 1230 км². Це означає, що побудувавши сонячні модулі загальною площею меншою половини одного середньостатистичного адміністративного району можна повністю забезпечити

енергоресурсами нашу країну. Для цього можна використовувати території негосподарського призначення.

При сучасному розвитку відновлюваної енергетики в Україні проект переходу на сонячні батареї виглядає доволі складним у своїй реалізації. Але при належному розвитку сировинної бази, інтенсивній розбудові високотехнологічних профільних підприємств, потужним інвестиціям, можна в досить короткі терміни вийти на випуск такої кількості сонячних модулів та обладнання до них, які б зробили даний проект реальним і економічно вигідним.

Література:

1. Бондаренко В. І., Варламов Г. Б., Вольчин І. А., Карп І. М. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-4/section-3>.
2. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. – Махачкала, 2005. – 246 с.
3. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник [Електронний ресурс]. – 2-е видання. – Х.: «Видавництво САГА», 2008. – 320 с. – <http://eprints.kname.edu.ua/5763/3/Ustanovki.pdf>
4. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основи екології: Підручник. – К., 2012. – 558 с.
5. Чисельність населення (за оцінкою) на 1 лютого 2018 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/>.
6. Сонячна енергетика дешевшає і в світі, і в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ubr.ua/market/industrial/soniachna-energetika-deshevsha-v-svt-v-ukran-244628>.
7. Шевцов А. І., Земляний М. Г., Вербинський В. В. Воднева енергетика: перспективи України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.db.niss.gov.ua/docs/energy/194.htm>.
8. Шидловський А.К., Випанасенко С.І., Іванов О.Б. Енергетичні ресурси України: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 178 с.
9. Navigant: Advisory, Consulting, Outsourcing Services [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.navigant.com/>

УДК 620.91:697.1

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ЗОШ I-III СТУПЕНІВ

В. В. Манченко¹, С. О. Фатєєва²,

¹Миколаївська ЗОШ I-III ст., член гуртка «Юні екологи»,
Зачепилівського БДЮТ Зачепилівської селищної ради
Харківської області, 11 клас; вул. Садова, 16, с.
Миколаївка, Зачепилівський район, Харківська область,
64423, Україна, тел.: + 38 (066) 332-94-43,
e-mail: Vichka.Manchenko@mail.ru

²вчитель біології Миколаївської ЗОШ I-III ст.
Зачепилівської селищної ради Харківської області,
спеціаліст вищої категорії

У роботі було визначено обсяги споживання енергетичних ресурсів в Миколаївській школі за певний період до використання енергозберігаючих технологій і після їх застосування, проведено розрахунки та обчислено економію енергоресурсів і грошових коштів.

Ключові слова: енергозберігаючі технології, енергоресурси.

RATIONAL ENERGY USE IN SCHOOL OF MYKOLAIVKA

V.V. Manchenko¹, S.O. Phateeva²,

¹school of Mykolaivka, member of the "Young Ancologists",
circuit Zachepilivka the House Children and Youth Creation,
Zachepilivka cettlement council Kharkiv region, 11 th
grade, street Sadova, 16, village Mykolaivka, Zachepilivka
district, Kharkiv region, 64423, Ukraine, phone: + 38 (066)
332-94-43, e-mail: Vichka.Manchenko@mail.ru

²teacher of biology school of Mykolaivka Zachepilivka
cettlement council Kharkiv region, specialist of the highest
category

The paper was determined by the volume of consumption of energy resources in the precautionary period for a certain period to the use of energy-saving technologies and after their application, calculations and calculated savings of energy resources and cash.

Keywords: energy resources, energy-saving technologies.

ORCID: 0000-0002-6489-3472.

Школа – це наш другий дім. У ній ми проводимо більшу частину свого часу. Тому простір навколо нас має бути ідеально продуманим і максимально зручним. А для цього в школі повинно бути тепло, затишно, у кабінетах повинні стояти комп'ютери та різноманітні технічні засоби. А для того, щоб все це працювало теж потрібна енергія, яку ми повинні раціонально використовувати. На сьогоднішній день проблема енергозбереження є **актуальною** не тільки в усьому світі, а і для нашої школи.

Об'єктом дослідження є енергозберігаючі заходи у школі. **Предметом** – обсяги споживання енергії за певний період до використання енергозберігаючих технологій і після їх застосування. **Метою** нашої роботи є дослідження раціонального використання енергії в школі.

У школі є 13 кабінетів, спортзал, майстерня, бібліотека та їдальня. Класи великі, світлі. В кожному по 2 великих вікна, а в 10 кабінеті – 3 (це найбільший клас). Частина тепла втрачається через стіни за батареями. Теплові втрати збільшуються на 3-4% від тепловіддачі приладів, якщо вони стоять у нішах. Аби зменшити ці втрати, між батареєю і стіною у кожному класі, а також в коридорах були встановлені своєрідні теплозахисні екрани з алюмінієвої фольги або з алюмінієвим покриттям.

Ще однією важливою проблемою є втрати тепла через вікна. За період вересень 2014 року – жовтень 2014 року у нашій школі замінили 67 старих дерев'яних вікон на пластикові. Температура в класах з пластиковими вікнами збільшилася на 2 –3°C. У 2013-2014 навчальному році до заміни вікон школа витратила природного газу на 1066-2065 м³. А перевитрати електроенергії складали 1065 Гкал. Після заміни вікон економія природного газу у лютому 2019 року складала 342 м³, електроенергії – 402 Гкал.

Враховуючи, що економія теплової енергії складає 30 % від витраченої, можна обчислити, що буде витрачатися на $Q_{\text{екон}} = 0,3 \cdot 663 = 198,9$ Гкал менше, що відповідає економії грошових коштів на суму 1034,28 тис. гривень за рік.

Якщо провести теплоізоляцію стін, враховуючи, що економія складе 44% від витрачених коштів, можна заощадити : $Q = 0,44 \cdot 663 = 291,72$ Гкал, або 5460 гривень щорічно. За період 2013 по 2019 рік в школі іде заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі.

В 2013 році було 115 ламп розжарювання, а зараз 32. Енергозберігаючих ламп у 2013 році було 15, а зараз 83.

За результатами роботи ми дійшли висновку, що:

1. Теплозахисний екран заощаджує тепло між батареєю і стіною.

2. За рахунок заміни вікон було зекономлено 663 Гкал.

3. Потужність енергозберігаючих ламп вище, навіть при малій кількості від ламп розжарювання.

4. Споживання електроенергії за період 2013-2019 роки зменшилось.

5. Більшість учнів розуміють що таке енергія, енергозбереження, вміють ефективно використовувати енергію вдома.

Було визначено обсяги споживання енергетичних ресурсів, проведено розрахунки. Виявлено можливості більшого заощадження та економії енергії.

Енергоощадна поведінка повинна формуватися від самого маленького віку і тривати весь час навчання в школі. До того ж вивчаючи енергозбереження під час шкільних занять та виконуючи домашні завдання школяри будуть привертати увагу батьків до важливості енергозбереження в побуті.

Література:

1. Гудзь В., Долгий В., Заклевський О., Міль М. *Основи енергозбереження. 7 клас. Тернопіль. Мандрівець, 2006 р.*
2. Добрянський П.А., Мазур В.С. *Факультатив з фізики „Основи енергозбереження” 10-11 класи. Видання друге, перероблене і доповнене. Ярмолинці 2009 р.-176 с.*
3. Дутко В.В., Мазур В.М., Петрук С.В., Мусійчук А.В., Дробишинець М.Я. *Методичний посібник перепідготовки енергоменеджерів бюджетних установ. Луцьк 2012 р. – 135 с.*
4. Коваленко М. П., Денисюк С. П.; відповідальний ред. Шадловський А. К. -К., *Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України УЕЗ, 1998 р.*
5. Мельникова О.В., Праховник А.В., Даг Арне Хойстад, Іншеков Є.М., Дешко В.І., Конеченков А.Є. *Енергозбереження. Посібник з раціонального використання ресурсів та енергії для учнів загальноосвітньої школи. Видання друге виправлене та доповнене. Київ – 2004 р.-104 с.*
6. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. *Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002 р. – 120 с.*
7. Соловей О. І., Праховник А. В., Іншеков Є. М. та інші. *Від виробництва до ефективного споживання енергії. Посібник для вчителів., Київ–1999 р. (Енергозбереження, Кн. 2).*
8. Хацко Ю. *«Енергія вашої квартири» Львів, видавництво «СПОЛОМ», 2001 р. – 93 с.*

УДК 638.9:537.2:330.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

О.А. Вергелюк,

*КЗО «Гімназія №3», вул. Гулі Корольової 14б,
м. Дніпро, 49000, Україна, тел.: +38(095)517-98-00,
e-mail: alexvergelyuk@gmail.com*

В роботі описано структурну схему розробленої власноруч системи автоматичного освітлення навчального класу та наведено розрахунки можливої економії при впровадженні таких систем у класах навчального закладу.

Ключові слова: *система автоматичного освітлення, енергоефективність, швидка окупність, доступність.*

THE RESEARCH OF ECONOMICAL AND TECHNICAL PARAMETRES OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC LIGHTING

A. Vergelyuk,

*KZO «Gymnasia №3» 14b Gulya Korolyova ST,
Dnipro, 49000, Ukraine, phone: +38(095)517-98-00,
e-mail: alexvergelyuk@gmail.com*

In this work we describe the structural scheme of the system of automate lighting of the classroom developed by our independent research and we give the calculations of possible economy of such systems when they are installed in the classroom of educational establishments.

Keywords: *the system of automatic lighting, energy efficiency, quick repayments, availability.*

ORCID: 0000-0002-0931-5362

В останні роки ми почали використовувати дедалі більше приладів, які потребують постійного чи періодичного під'єднання до електромережі. У зв'язку з цим значно збільшуються витрати на електроенергію. В освітньому закладі ці цифри настільки великі, що навіть заощадження кількох відсотків призведе до суттєвого економічного ефекту. Застосування системи автоматичного освітлення може знизити витрати на світло майже вдвічі [3].

За показами лічильника за 2018 рік навчальним закладом, в якому я навчаюсь, було витрачено близько 67500 кВт*год електроенергії на суму понад 150 000 гривень і зменшення цієї цифри хоч на декілька відсотків матиме вагомий економічний ефект. Тому створення засобів для економії є актуальним, особливо, якщо це ще й додає трохи комфорту.

За нашими спостереженнями світло в багатьох класах продовжує горіти і вдень, коли воно вже не потрібно. В кабінеті, що розглядався, воно горіло кожного дня від початку уроків о 8 ранку і приблизно до 12 години. В той же час потреба у штучному освітленні виникає в залежності від хмарності. За даними сайту gismeteo.ua за 2018 рік на навчальні дні припало 52 сонячні дні, 34 дні з мінливою хмарністю і 80 хмарних днів [5]. Через різну кількість сонячного світла в ці дні світло можна вимикати раніше і заощаджувати на цьому. В обраному класі світло вмикається за рядами, тому можна освітлювати лише ті

парти, де сонячного світла не вистачає. За якої хмарності, скільки і як треба освітлювати клас наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Потреба в освітленні.

	Сонячно	Мінлива хмарність	Хмарно
3 ряди	—	8:00-8:45	8:00-10:00
2 ряди	8:00-9:00	8:45-10:45	10:00-11:00
1 ряд	9:00-10:00	—	11:00-12:00

Для вирішення поставленої задачі ми розробили власну систему автоматичного освітлення на базі мікроконтролера ATMEGA328. Її робота буде заснована на датчиках руху та освітленості. Датчик руху фіксує зміну інфрачервоного випромінювання від появи людини [4].

При його спрацьовуванні мікроконтролер починає опитувати датчики освітленості. В разі їх спрацьовування відповідний сигнал йде на реле, воно створює мережевий струм і подає його на пристрої освітлення. Однією з переваг нашої системи є те, що передбачені стандартні вимикачі, які мають більший пріоритет при вмиканні світла. Іншими словами, при ввімкненні світла стандартним способом, система ніяк не зможе вимкнути світло.

За допомогою статистичних даних з сайту gismeteo.ua [5], було вираховано можливу економію від встановлення такої системи в класі. За минулий рік витрати становили 430.272 кВт*год, а могли б бути скорочені до 235.16 кВт*год. У відсотковому співвідношенні це становило б близько 45%. При встановленні таких систем у всіх навчальних класах економія становила б трохи більше 10% від загальних витрат на електроенергію. Це заощадило б близько 15 000 гривень на рік. Окупиться система за перший рік.

Таким чином, використання системи автоматичного освітлення допоможе значно підвищити енергоефективність навчального закладу. Економія при встановленні в одному кабінеті становитиме близько 450 гривень, а в усіх класах – 15 000 гривень. Термін окупності системи становитиме трохи більше одного року.

Література:

1. Ашрятов А. А. Повышение энергоэффективности осветительных установок общественных помещений [Электронный ресурс] / А. А. Ашрятов, С.А. Вишневский, Н. Н. Потапкин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №2. – Режим доступа: www.science-education.ru/ru/article/view?id=20831
2. Справочная книга по светотехнике [Электронный ресурс] / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак. – 972 с. – Режим доступа: http://krispen.ru/knigi/ajzenberg_01.pdf
3. Сукачев Д. В. Инфракрасные датчики движения и присутствия –реальный способ экономии электроэнергии [Электронный ресурс] / Д. В. Сукачев // Энергосвет. – 2010. – № 1 (6). – с. 18-21. – Режим доступа: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=43
4. Сукачев Д. В. Инфракрасные датчики движения и присутствия –реальный способ экономии электроэнергии [Электронный ресурс] / Д. В. Сукачев // Энергосвет. – 2010. – № 1 (6). – с. 18-21. – Режим доступа: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=43
5. <https://www.gismeteo.ru>

УДК 502.21:523.9 (477)

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ УКРАЇНИ

Ю.Т. Шевченко¹, В.Г. Матвієнко²,

*Мала академія наук учнівської молоді Мелітопольської
міської ради Запорізької області, вул. Івана Богуна, 46, м.
Мелітополь, Запорізька область, 72311, Україна,
тел.: 0971374573, e-mail: manmelitopol@gmail.com*

*90% українських звалищ працюють у
перевантаженому режимі. Сьогодні в нашому регіоні є
велика необхідність у побудові сміттєпереробного
заводу, який буде вирішувати проблему забруднення
побутовими відходами.*

Ключові слова: *піроліз, тверді побутові відходи,
сміттєпереробний завод.*

ALTERNATIVE ENERGETICS AS A WAY OF SOLVING UKRAINIAN ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Yu.T. Shevchenko¹, V.H. Matviyenko²,

*Minor Academy of Sciences of Melitopol Town Council of
Zaporizhia Oblast 46, Ivana Bohuna str., Melitopol, Zaporizhia
Oblast, Ukraine 72311, tel.: 0971374573,
e-mail: manmelitopol@gmail.com*

*90% of the Ukrainian landfills are overloaded. Nowadays
our region needs construction of waste processing plant,
which can solve the problem of household waste pollution.*

Keywords: *pyrolysis, solid household waste, a waste
processing plant.*

ORCID: ¹0000-0001-9847-8982, ²0000-0001-5014-5214.

Площа звалищ і полігонів в Україні займає більше територію, ніж площа об'єктів природного заповідного фонду України. Заводи сміттєпереробки завантажені приблизно на 15-20%. Україна переробляє лише 7% сміття за рік, тоді як, наприклад, Німеччина – 70%, а Швеція – 90%. За рік у м. Мелітополі виробляється 50 т сміття. На даний момент мелітопольський полігон ТПВ розміщує 3 млн. т відходів. Тому ми пропонуємо побудувати сміттєпереробний комплекс поблизу нашого міста, який буде вирішувати проблему забруднення побутовими відходами.

Сміттєпереробний завод не можна розташовувати поблизу об'єктів нерухомого майна, житлової і громадської забудови. Відстань від них має становити від 500 до 1000 метрів. Саме тому ми пропонуємо розташувати завод на деякій відстані від міста та навколишніх сіл. Таке розташування сміттєпереробного заводу є вигідним, бо навколо нього існують шосейні дороги, а через Мелітополь проходить залізниця (рис. 1).



Рис. 1. Заплановане розташування сміттєпереробного заводу.

Будівництво сміттєпереробного заводу саме в Мелітополі дозволить завозити ТПВ з усіх найбільш забруднених зон Запорізької області [2].

Створення сміттєпереробного заводу (рис. 2) дозволить утилізувати відходи без забруднення навколишнього середовища, отримати якісне і дешеве синтетичне автомобільне паливо, частково вирішить проблему безробіття, покращить екологічну ситуацію в нашому регіоні та в Україні в цілому.

Основним ресурсом сміттєпереробного заводу є сміття (якого в нашому регіоні достатньо). За інформацією Мінрегіону [3], до 40% обсягу побутових відходів складаються з ресурсів, які можуть бути повернені у господарський обіг. Основну частину ТПВ займають харчові відходи, папір та упаковки, пластикові пляшки та поліетиленові вироби.



Рис. 2. Схема сміттєпереробного заводу.

Вирішенням проблеми зберігання та вторинної переробки твердих побутових і частково промислових

відходів є побудова заводу з сортування та переробки сміття з використанням технології піролізу [1]. У промисловості піроліз вуглеводних проходить під температурою 800-900°C та під тиском, що близький до атмосферного (на вході у нагрітий трубопровід – пірозмійовик ~ 0,3 МПа, на виході з нього – 0,1 МПа надлишкового тиску). Час проходження сировини через пірозмійовик дорівнює 0,1-0,5 секунд. Для подолання вказаних проблем планується розробити додаткові заходи. Наприклад, метод хемосорбції, який базується на поглинанні газів та пари рідкими і твердими поглиначами з утворенням хімічних сполук, і використовується при очищенні викидів через вентиляції гальванічних ділень. При цьому розчинником для очищення викидів від хлористого водню є 3% – й розчин їдкого натрію. Цей метод використовується також для очищення викидів від окисів азоту [4].

За попередніми підрахунками завод може виробляти до 3000 літрів синтетичного палива за годину, отже дохід складатиме:

$3\,000 \text{ л./годину} \cdot 24 = 72\,000 \text{ л./день}; 72\,000 \text{ л.} \cdot 365 \text{ днів} = 26\,280\,000 \text{ л./рік};$

$26\,280\,000 \text{ л.} \cdot 10 \text{ грн./л.} = 262,800,000 \text{ грн./рік}.$

Вважаємо, що одним з факторів інвестиційної привабливості – швидка окупність (15 місяців). А в наступні роки прибуток складатиме $262,800,000 \text{ грн./рік} - 126,000,000 \text{ грн./рік} = 136,800,000 \text{ грн./рік}$

До одноразових витрат відносять установку ТІМ-3000 (70 млн. грн.), будівництво комплексу (60 млн. грн.), купівля устаткування (30 млн. грн.), купівля двох смітєвозів (1 млн. 200 тис. грн.), двох автоцистерн (800 тис. грн.). До постійних витрат відноситься: річна заробітна плата (6

млн. грн.); податок на прибуток (34 млн. грн.); податок до пенсійного фонду (86 млн. грн).

Щорічно на промислових, сільськогосподарських та інших підприємствах області утворюється більше 5,5 млн. тонн відходів які зберігаються на 54 сміттєзвалищах загальною площею 5501,3 га. Організована централізована санітарна очистка лише в 61 населеному пункті області, в решті населених пунктів робота по збору й вивозу сміття проводиться не регулярно. В області виявлено 700 несанкціонованих звалищ в зонах відпочинку. Збудований сміттєпереробний завод має забезпечити регулярний вивіз твердих відходів в населених пунктах та зонах відпочинку.

Література:

1. Мухина Т. Н. Пиролиз углеводородного сырья [Текст] / Т. Н. Мухина, Н. Л. Барабанов, С. Е. Бабаш. – М. : Химия, 1987. – 240 с.
2. Строительство мусороперерабатывающего завода в городе Мелитополье Запорожской области. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://invest-melitopol.gov.ua/Documents/Presentations/Melitopol_TBO.pdf
3. Тверді побутові відходи – утворення та переробка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.saleprice.com.ua/ua/publications/ municipal_solid_waste.html.
4. Заходи зниження екологічних ризиків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bestreferat.ru/referat-110528.html#_Toc275635676.

УДК: 621.311.243-032.2(477)

СОНЯЧНО-ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПІДІГРІВУ ВОДИ

Є.О. Ворона¹, С.М. Коломієць²,

*Мала академія наук учнівської молоді Мелітопольської
міської ради Запорізької області, вул. Івана Богуна 46, м.
Мелітополь, Запорізька область, 72311, Україна, тел.
0971374573, e-mail: manmelitopol@gmail.com*

*Зі всіх видів поновлюваних джерел енергії найбільш
перспективним і доступним є Сонце. Запас сонячної
енергії невичерпний, а фізичні принципи перетворення
цієї енергії у види, зручні для вжитку, прості, надійні і
безпечні.*

Ключові слова: *геліоустановка, сонячна енергія.*

SOLAR WATER HEATING PLANT

Y.O. Vorona¹, S.M. Kolomiyet²,

*Minor Academy of Sciences of Melitopol Town Council of
Zaporizhia Oblast, 46, Ivana Bohuna str., Melitopol, Zaporizhia
Oblast, Ukraine 72311, tel. 0971374573, e-mail:
manmelitopol@gmail.com*

*Sun is the most promising renewable free source of
energy. Solar energy is sustainable and physical principles of
solar energy conversion to usable heat are simple, reliable and
safe.*

Keywords: *solar power plant, solar energy.*

ORCID: ¹0000-0002-5360-9202; ²0000-0002-4307-0709.

В умовах південного сходу України 25...30% енергії, що витрачається на нагрівання води, можна зекономити, використовуючи Сонячну енергію за допомогою геліоустановок. Встановлено, що ККД наявних геліоустановок поки низький і сильно залежить від схемного рішення. Так при порівнянні теплопродуктивності установок з системою орієнтації за положенням Сонця над горизонтом і без неї встановлено, що в першому випадку теплознімання з одиниці площі геліополя підвищується на 30% і протягом світлового дня воно вирівнюється, тобто, немає чітко виражених піків максимумів і мінімумів температури теплоносія.

Ми пропонуємо геліопідігрівач води (рис. 1), який складається з наступних основних вузлів: геліоколектора (1) з системою поворотної орієнтації; бака-акумулятора з електropідігрівачем (2), вентилів (3).

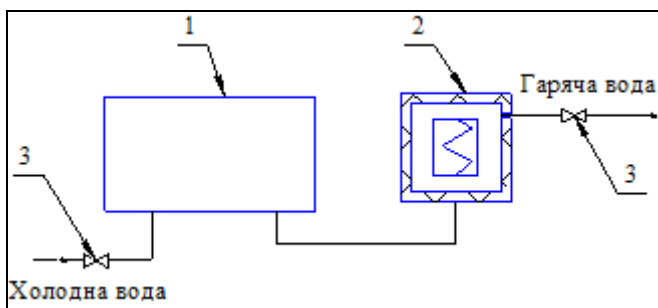


Рис. 1. Технологічна схема геліоустановки.

Сонячний тепловий колектор зображений на Рис. 2.

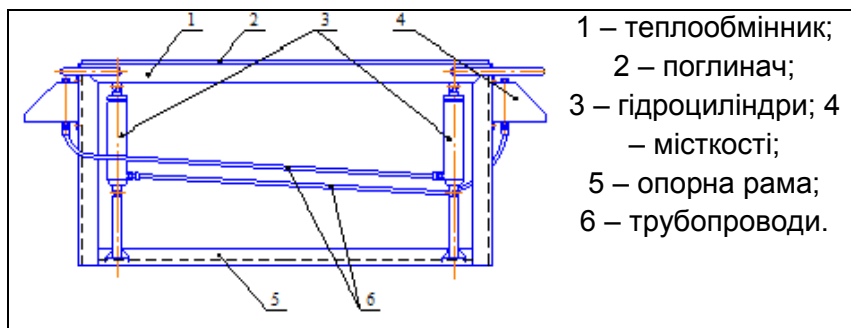


Рис. 2. Сонячний тепловий колектор.

При розробці геліоустановки виходимо з того, що вона повинна бути проста за устроєм і надійна в роботі, вимагати на обслуговування мінімальних трудовитрат при повному дотриманні технічних норм.

Для даної геліоустановки оцінювали наявність таких недоліків насосної циркуляції як складність технічного обслуговування всього вказаного устаткування, необхідність в додатковому устаткуванні, додаткова витрата електроенергії електроприводом. Позбавлена вказаних недоліків термосифонна циркуляція має перед насосною ще і ту перевагу, що вона дозволяє мимоволі змінювати подачу теплоносія при зміні інтенсивності геліорадіації, що сприяє підвищенню ККД установки [2]. Встановлено, що теплове навантаження за розрахунковий період з квітня по жовтень (214 днів) довіннює 40,32 МДж. Надходження сонячної енергії (E_k) за розрахунковий період на поверхню колектора визначаємо за формулою:

$$E_k = E \cdot R, \text{ МДж/м}^2\text{день}, \quad (1)$$

де E_k – надходження сонячної енергії за розрахунковий період на поверхню колектора, МДж/м²день; E – прихід сумарної сонячної енергії на горизонтальну поверхню,

МДж/м²·день; R – коефіцієнт перерахунку сонячної енергії з горизонтальної на похилу поверхню.

Для квітня: $E_{\text{кк}} = 15,84 \cdot 1,1 = 17,424$ МДж/м²день.

Для червня: $E_{\text{кч}} = 23,62 \cdot 1,1 = 25,982$ МДж/м²день.

Нами були визначені наступні технологічні параметри геліоустановки: місткість бака $Q_{\text{г}} = 0,05$ м³; коефіцієнт перерахунку сонячної енергії з горизонтальної на похилу поверхню $R = 1,1$; коефіцієнт, який враховує непостійність кліматичних умов, $Q = 0,843$; прихід сумарної сонячної енергії на горизонтальну поверхню (E) для квітня = 15,84 і для червня $E = 23,62$ МДж/м²·день [1]. В результаті розрахунку механізму орієнтації колектора визначені зусилля, що розвивається гідроциліндром $R_{\text{г}}$, вага колектора G, сила тертя $R_{\text{тер}}$ в конструктивних елементах і шарнірах, сила інерції $R_{\text{і}}$, діаметр поршня циліндра D (з урахуванням номінального тиску $P_{\text{н}}$ і коефіцієнта корисної дії гідроциліндра $\eta_{\text{ц}}$), розрахункові навантаження штока при прямому $P_{\text{п}}$ і зворотному $P_{\text{з}}$ ході. Максимальне робоче навантаження на штоці гідроциліндра R_{max} з умови подовжнього вигину дозволяє обрати відповідний гідроциліндр механізму орієнтації колектора.

Ефективність застосування геліоустановок обумовлена територіальним розташуванням об'єкта, кількістю сонячних днів в році, прозорістю атмосфери і висотою території над рівнем моря.

Річний економічний ефект (витрати на електроенергію для базового варіанта) розраховували за наступною формулою:

$$P_{\text{еф}} = T_{\text{р}} \cdot P_{\text{ед}} \cdot B_{\text{е}} \cdot D, \text{ грн}, \quad (2)$$

де, T_p – час роботи електронагрівача протягом доби, год.,
 $T_p=3$ год.; D – кількість днів роботи електронагрівачів
протягом року (3 квітня до жовтня включно 214 діб), діб; $P_{ед}$ –
вживана потужність електронагрівача ($P_{ед}=1,5$ кВт¹ [4]),
кВт; B_e – вартість електроенергії, $B_e=1,68$ грн/кВт·год.

Експлуатація пропонованої геліоустановки для підігріву води дозволить отримати річний економічний ефект – 1618 грн, термін окупності капітальних вкладень 2,2 року [3].

Проектована геліоустановка для нагріву води розроблена згідно державних стандартів [4]. Проектом передбачається розміщення геліоустановки на відкритому повітрі. Проектована установка має систему орієнтації колекторів за Сонцем, що приводиться в дію від гідроприводу, у зв'язку з чим відповідає вимогам, що пред'являються до гідравлічних приводів і пристроїв за ГОСТ 12.2.064-81 ССБТ «Органи управління виробничого устаткування. Загальні вимоги безпеки».

Література:

1. Горячев О. Н. Математическое моделирование солнечной водонагревательной установки. Совершенствование технологий и технических средств производства в животноводстве: сб. научных трудов; ВНИПТИМЭСХ / О. Н. Горячев. – зерноград, 1988. – 248 с.
2. Усаковский В. М. Водоснабжение в сельском хозяйстве / В. М. Усаковский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 280 с.
3. Шерязов С. К. Оценка эффективности использования комбинированных солнечных установок / С. К. Шерязов, П. А. Санлин // Техника в сельском хозяйстве. – №2. – 1991. – С. 25-26.
4. ДСТУ 8635:2016 Геліоенергетика. Площадки для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи. – Введ. 01.01.2017. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016

УДК 621.311.243

**ФУНКЦІОНУВАННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ СИСТЕМИ
СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ YINGLI SOLAR ТА ІНВЕРТОРА
FRONIUS SYMO**

А.В. Хабовська,

*Кам'янець-Подільський ліцей, вул. Лесі Українки 29, м.
Кам'янець-Подільський, 03849, Україна,
тел.: +380384951014, +380680271678,
e-mail: nastahabovska@gmail.com*

У роботі наведено дослідження впливу зовнішніх факторів на роботу фотогальванічної системи, а саме затінення та кута падіння сонячних променів до площини фотомодуля, представлено алгоритм виведення формули для розрахунку потужності залежно від освітленості, температури панелі та кута падіння сонячних променів для батарей Yingli Solar YL265P-29/b4BB, запропоновано способи оптимізації роботи системи та боротьби із затіненням.

Ключові слова: сонячна батарея, потужність, затінення, трекер.

**FUNCTIONING OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM OF
SOLAR PANELS YINGLI SOLAR AND INVERTER FRONIUS
SYMO**

A.V. Khabovska,

*Kamyanets-Podilsky lyceum, 29 Lesya Ukrainka st.,
Kamyanets-Podilsky, Ukraine, 0384, tel.: +380384951014,
+380680271678, e-mail: nastahabovska@gmail.com*

The article presents the exploration of the influence of external factors on the photovoltaic system's work, namely the shading and angle of incidence of sun rays to the photomodule's plane, an algorithm for inferencing the formula for calculating the power depending on the illumination, panel temperature and the angle of incidence of the sun rays for the Yingli Solar YL265P-29 / b4BB, proposes ways to optimize system performance and combat shading.

Keywords: solar panel, power, shading, tracker.

ORCID: 0000-0003-1045-5247.

Потужність панелі залежить від наступних показників [5]:

$$P = S\eta Ik \sin \alpha , \quad (1)$$

де P , S , η , E , I , k , α – електрична потужність (Вт), площа батареї (м^2), коефіцієнт корисної дії та сонячна радіація ($\text{Вт}/\text{м}^2$), освітленість (Лк), коефіцієнт пропускання сонячної радіації крізь атмосферу та кут між площиною батареї та променями відповідно. Оскільки при зміні температури зазнає змін ККД фотоелемента, створимо наступну формулу:

$$\eta = \eta_c + \Delta t \eta_T , \quad (2)$$

Де η_c – ККД за температури 25°C , вказане виробником, дорівнює 16,3%; Δt – різниця між необхідною температурою панелі та стандартом; η_T – температурний коефіцієнт, дорівнює -0,42%.

Після підстановки усіх сталих величин у формулу (2) отримаємо:

$$\eta = 16,3\% - 0,42\%(t - 25^\circ\text{C}) \quad (3)$$

Підставивши значення ККД (3) і площі панелі в (1), отримаємо:

$$P = 1,6236(16,3\% - 0,42\%(t - 25^{\circ}\text{C})) I_k \sin \alpha. \quad (4)$$

Формула (4) підходить для розрахунку необхідних величин для сонячних батарей Yingli Solar YL265P-29/b4BB. Для будь-яких інших панелей вона розраховується за таким алгоритмом з підстановкою індивідуальних параметрів батареї. Скориставшись нею, можемо розрахувати потужність панелі при стандартних умовах ($t=25^{\circ}\text{C}$, $\alpha=90^{\circ}$, $k=1$) та освітленості 200 Лк:

$$P = 1,6236 \times 0,163 \times 1 \times 1 \times 200 = 53 \text{ Вт} \quad (5)$$

Для освітленості 400, 600, 800 та 1000 Лк аналогічно (табл. 1):

Таблиця 1. Потужність батареї залежно від освітленості

Освітленість, Лк	200	400	600	800	1000
Потужність, Вт	53	106	159	212	265

Ці дані були передані виробнику батарей та лабораторії Photon.

Дослідження впливу затінення на функціонування фотомодуля. Наша панель складається з 60 фотоелементів, по 20 з яких (2 в шир. і 10 в вис.) під'єднані до одного з трьох шунтувальних діодів. При поступовому затіненні її частин ми отримали дані, на основі яких встановлено наступне.

При затіненні 5 рядів фотоелементів у ширину струм дорівнює 0, бо спрацьовують всі шунтувальні діоди для запобігання перегріванню та виходу з ладу батареї. Такі ж показники отримуємо при затіненні всіх шести рядів у

ширину, причому немає значення, скільки фотоелементів затінено у висоту. При освітленні 1 ряду та 12,5% другого в ширину струм становить 0,8 А. Шунтувальний діод, який замикає коло цих двох рядів, не вимикає їх, адже струм, генерований фотоелементами першого ряду, може вільно протікати через другий ряд. При поступовому збільшенні освітленої площі другого ряду фотоелементів генерація панелі зростає. При відкриванні третього ряду фотоелементів сила струму залишиться попередньою, адже відкрита ділянка, підключена до другого діода, не утворює замкненого кола. А при опусканні тіні на частину четвертого ряду струм знову може протікати і шунтувальний діод, відповідальний за 3 і 4 ряди, не вимикає їх.

Вимірявши потужність батареї при роботі одного, двох та трьох шунтувальних діодів, можемо порахувати втрати. При відключенні третини панелі втрати потужності складають

$$327,6 / 293,7 \approx 1,115 \approx 11,5\% \quad (6)$$

При вимиканні 2/3 фотомодуля втрачається 24,3%, а при спрацюванні всіх трьох діодів батарея перестає генерувати струм, втрата потужності 100%.

З вищесказаного робимо висновок, що при затіненні будь-якої кількості рядів фотоелементів по ширині панелі діоди відключають всі три сектори і струм не генерується. А при затіненні менш, ніж 5 рядів по висоті, струм протікає через панель. Тобто для зменшення втрат від затінення краще встановлювати сонячні батареї довгими рядами горизонтально, коли тінь падає знизу чи зверху, та вертикально при затіненні збоку. Це може бути одним зі способів оптимізації роботи СЕС.

Кут падіння променів на площину фотомодуля суттєво впливає на його роботу. Тому доцільним є питання встановлення трекерів. Згідно досліджень, проведених у ХНУ на кафедрі машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем, ефективність саморобного трекера коливається від 33% у ясну погоду до 5% у похмуру [2, 4].

Проаналізувавши роботу стаціонарної, одноосьової та двоосьової професійних трекерних установок, виявили коливання ефективності в межах (17% (листопад) – 43% (травень). Звідси можна зробити висновок, що встановлення трекерів є повністю доцільним, причому вигідніше обрати одноосьові трекери, адже розбіжності в ефективності з двоосьовими складають лише 1,5%, а цінова політика є суттєвою [3].

Література:

- 1.Воловик П.М. Фізика для університетів.–К.; Ірпінь: Перун, 2005. – 864с.;
- 2.Данко В.М., Смутко С.В., Поліщук О.С. Розробка конструкції трекерної системи для сонячних панелей // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №1. – С. 232-235.
- 3.Іванчук В.Ю. Підвищення енергетичної ефективності фотоелектричних станцій за допомогою поворотних механізмів [Електронний ресурс]: Jour.fea.kpi.ua, 2016 / – Режим доступу: <http://jour.fea.kpi.ua/article/viewFile/96170/91550>.
- 4.Литвинов О.О. Розробка стенду для дослідження ефективності міні сонячних електростанцій: кваліф. роб. магістра: 11.12.18 / Литвинов О.О. – Хмельницький: Хмельницький національний університет, 2018;
- 5.Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наук. думка, 1999. – 314 с;

УДК 535:53.03:53.07

НОВІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

М.В. Власов¹, І.М. Гусь,

*Харківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів №59,
пров. Чаплигінський 10, м. Харків, 61093, Україна, тел.:
+38(050)136-04-35, e-mail: vlasovkolya.komp@gmail.com*

У роботі наведені сучасні джерела світла, якими користуються у побуті, їхню енергоефективність та історію створення, а також природу світла

Ключові слова: світло, джерела світла, енергоефективність.

NEW LIGHT SOURCES

M.V. Vlasov¹, I.M. Gus,

*Kharkov general education school I-III degrees 59, lane
Chaplyginskiy 10, c. Kharkov, 61093, Ukraine, phone:
+38(050)136-04-35, e-mail: vlasovkolya.komp@gmail.com*

The work is presented modern light sources that are used in everyday life, their energy efficiency and the history of creation, as well as the nature of light.

Keywords: light, light sources, energy efficiency.

ORCID: 10000-0001-9397-4776.

Сучасне суспільство важко уявити без широкого використання штучного світла. Світлові прилади створюють необхідні умови оптимального зорового сприйняття (бачення) навколишньої дійсності, що дозволяє отримати близько 90% інформації, від оточуючого людини світу.

Світло створює придатні умови для роботи й навчання, поліпшує наш побут. Без сучасних освітлювальних приладів неможлива робота шахт і копалень, підприємств, у безліхтарних і безвіконних будинках, метрополітену, багатьох вибухо- та пожежонебезпечних виробництв. Без штучного світла не може обійтися жодне сучасне місто, без нього неможливі будівництво та сільськогосподарські роботи в темний час доби, а також функціонування деяких видів транспорту. Світло дає змогу літати в космос, досліджувати Світовий Океан. Оптичне випромінювання все ширше застосовується в сучасних технологічних процесах у промисловості та сільському господарстві, стає невід'ємною частиною фотохімічних виробництв, відіграє важливу роль у підвищенні продуктивності тваринництва і птахівництва, врожайності рослинних культур. Без освітлювальних приладів як елементів декоративного оформлення не обходиться жодна рекламна акція. За допомогою освітлювальних елементів на стенді чи на щиті вітрини формуються три основні оптичні зони: показу, пересування й комунікації.

Література:

1. Литвинов В.С., Рохлин Г.Н. *Тепловые источники оптического излучения.* – М.:Энергия, 1975. – 246 с.
2. Гуторов М.М. *Основы светлотехники и источники света* – М.:Энергия, 1968. – 392 с.
3. Вугман С.М., Волков В.И. *Галогенная лампа накаливания* – М.:Энергия, 1980-136 с
4. ВаккерА., Мюллер С. *Источники света: ситуация 2000 // Светотехника – 2001. – №2. – с. 11-13*

5. Айзенберг Ю.Б. *Что нужно знать о светильниках с люминисцентными лампами* // Ю.Б.Айзенберг – М.:Энергия, 1964. – 104 с.

6. Ефимкина В.Ф. *Светильники с газоразрядными лампами высокого давления* // В.Ф.Ефимкина, Н.Н.Сафронов – М.:Энергоатомиздат, 1984. – 104 с. ил.-(Библиотека светотехника; вып. 8)

7. Шуберт Ф.У. *Светодиоды* // Ф.У.Шуберт – М.:Физматлит, 2008. – 496 с.

8. *Справочная книга по светотехнике* // под общ.ред. Ю.Б.Айзенберга – М.:Энергоатомиздат, 2006. – 972 с.

9. Айзенберг Ю.Б. *Световые приборы* // Ю.Б.Айзенберг – М.:Энергия, 1980. –380 с.

10. Баришев У., Трутаев У. *Джерело енергії - у її економії* //Белор. думка. 1997.

11. Герасимов В.В. *основні напрями розвитку енергетики Республіки Білорусь у* //Нестор-вестник-НВ. 1997.

12. *Основи енергозбереження:Учеб. посібник* // М. В. Самойлов, В.В.Паневчик, О.Н. Ковальов. 2-ге вид., стереотип. – Мн.:БГЭУ, 2002. – 198 с.

13. *Стандартизация энергоспожivanja - основа энергозбереження* / П. П. Безруков, Є.В. Пашков, Ю.О.Церерин, М. Б.Плущевский //Стандарти і якість. 1993.

УДК 620.9

**ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СЕЛАХ
ПРИЛІСНЕНСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ РАДИ МАНЕВИЦЬКОГО
РАЙОНУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Б. Телебей¹, Т. Михайлюк²,

*¹ОЗ "ЗОШ I-III ступенів с. Прилісне" Прилісненської
сільської ради ОТГ Маневицького району Волинської
області, 10 клас, слухачка Волинської обласної Малої
академії наук,*

тел.0966476786, e-mail: tetyana. m 1966 @ ukr.net

*²вчитель ОЗ "ЗОШ I-III ступенів с. Прилісне"
Прилісненської сільської ради ОТГ Маневицького району
Волинської області,
керівник секції "Екологічно безпечні технології та
ресурсозбереження" Волинської обласної Малої академії
наук*

*У роботі висвітлено потенційні можливості
використання альтернативних джерел енергії у селах
Прилісненської сільської Ради Маневицького району
Волинської області.*

***Ключові слова:** альтернативні джерела енергії.
енергія вітру. сонячна енергія.*

**POTENTIAL USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN
PRYLISNE MANEVYCHI DISTRICT VOLYN REGION.**

B. Telebey¹, T. Mikhailuk²,

*Municipal institution «Small Academy of Sciences in Volyn
Oblast».*

This work shows the potential use of alternative energy sources in Prilisne.

Keywords: *alternative energy sources, wind power, solar energy.*

ORCID: ¹0000-0002-0755-9056, ²0000-0002-0941-1215.

На тлі енергетичної кризи в Україні актуальним є питання переходу від традиційних джерел енергії до нових, альтернативних, які екологічно менш небезпечні. Саме через це **актуальною** є проблема пошуку альтернативних джерел енергії. Особливо важливим є пошук таких видів, які б мали мінімальний негативний вплив на довкілля.

Тому **метою нашої роботи** є вивчення альтернативних джерел енергії та можливості їх використання в Україні та у селах Прилісненської сільської Ради. Для досягнення цієї мети постають наступні **завдання**:

1. З'ясувати, які види альтернативних джерел енергії на сьогоднішній день розроблені і можуть бути використані на практиці.

2. Проаналізувати ефективність застосування нетрадиційних видів енергії у розвинених країнах світу;

3. Дослідити, які альтернативні джерела енергії є у селах Прилісненської ОТГ та які перспективи їх використання.

Об'єктом нашого дослідження є потенційні можливості використання альтернативних джерел енергії у селах Прилісненської сільської Ради.

Предмет дослідження: альтернативні джерела енергії.

Методи дослідження: аналітичні, статистичні, картографічні.

Наукова новизна: оцінка потенційних можливостей використання альтернативних джерел енергії у селах Прилісненської ОТГ.

Науково-практичне значення: наші дослідження можна використати як аргумент, щоб переконати адміністрацію ОТГ та її жителів переходити на альтернативні види енергії.

Тому, одним із напрямків інвестиційної політики Прилісненської ОТГ є альтернативна енергетика на основі місцевих біоенергетичних ресурсів. Іншим актуальним рішенням для нашої місцевості є гаряча вода від сонця, адже воно світить щодня і його енергію можна направляти у правильне русло та використовувати на свою користь. Сонячні батареї можуть не лише постачати будинки електроенергією, а й використовувати «зелений» тариф, що дозволить швидко окупити вартість установки та заробляти в подальшому. Можна взяти кредит під заставу самих батарей і вони окуплять себе протягом 7 – 8 років.

Пропонуємо встановити сонячні колектори на даху дитячого садочка «Колобок», оскільки із припиненням опалювального сезону відсутня гаряча вода у централізованій системі. Такими установками можна буде підігрівати воду у басейні, який змушений простоювати фактично 6 місяців. А також, у майбутньому, встановити сонячну електростанцію на даху нової амбулаторії, реалізувавши проект «Сонячна лікарня», яким уже скористалися 30 медичних закладів Волині. Завдяки таким установкам у Волинській обласній лікарні щороку планують економити на електроенергії понад 300 тис. грн.

Не допустити закриття або приватизацію ДП «Волиньторф», оскільки воно є прибутковим і стратегічним підприємством для області, району та громади. Завод

сплачує у бюджет області і ОТГ 9,5 млн. грн., тобто 80% свого прибутку віддає державі. Торфобрикетами опалюється 70% соціальних закладів Волині. Тому цей вид палива дозволяє зекономити десятки тисяч гривень для шкіл, садочків та лікарень. А ще наш завод централізовано опалює дев'ять 40-квартирних будинків, дитячий садочок, школу, клуб, приватні садиби. Не зважаючи на це, виконавча влада області не погоджує відведення земель під розробку торфу. Між тим у статті 23 Кодексу України «Про надра» передбачено, що «Землевласники і землекористувачі у межах наданих їм земельних ділянок мають право без спеціальних дозволів та гірничого відводу видобувати корисні копалини місцевого значення і торф загальною глибиною розробки до 2 метрів». Офіційно ж виконавча влада посиляється на статтю 150 Земельного кодексу України, у якій йдеться про те, що торфові землі з покладами більше 1 метра є особливо цінними, а це вимагає певної процедури їх виділення.

Ми вивчили досвід сусідньої Білорусії, досить успішної в економічному відношенні держави. У 2004 році уряд цієї країни розглянув питання про забезпечення населення паливом на перспективу до 2020 року, в якому наголосив на необхідності активно використовувати власні енергетичні ресурси. Було вирішено майже у 1,5 рази збільшити видобуток торфу і зобов'язати районні комунальні господарства при обігріванні селищ і міст не менше чверті тепла отримувати за рахунок місцевих видів палива. А у нас, стараннями держави, одне з найприбутковіших підприємств області ДП «Волиньторф» на межі повного закриття. Як наслідок, 400 працівників заводу лишаються без засобів існування, а область, де

багато установ на торф'яному паливі, где катастрофічна ситуація.

Література:

1. Авраменко С.Х., Лебєдєва О.М., Левицька О.Г. Перспективи екологічно чистих систем теплопостачання. // Екологічна безпека. – 2010. – №9. – С. 20-23.
2. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Шокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // Електронний журнал. Запоріжжя: ВАТ «Гамма», 2015. – №1. – С. 63-64.
3. Ворошило О. Незалежні як Сонце, або чи вигідно в Україні впроваджувати альтернативні джерела енергії? – К., Просвіта, 2017.- 231с.
4. Захарченко А. Газова залежність, брудне довкілля чи вітряки? // Економічна правда. – 2017. – №7.
5. Лукомський М. До питання розвитку альтернативних джерел енергії. Сонячна енергетика. // Альтернативні джерела енергії. – 2009. – №1.
6. Проблеми розвитку енергетики України. // Вісник НАН України. – 2018. – №2. – С. 40-44.
7. Програма дій «Порядок денний на XXI століття»- К.,Інтелсфера, 2000- 359с.
8. Реймерс Н.С. Природокористування. Словник-довідник.-К., Просвіта, 1990.-637с.
9. Яремчак І.Г. Екополітика природокористування.-К. Просвіта, 2000.-430с.
10. Електронний ресурс: www.ae-systems.com
<https://uaminerals.wordpress.com/mopф/>

УДК 621.54

ВІТРОГЕНЕРАТОР МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ПОТРЕБ

В.Тимчук¹, *учень 10-го класу*, ***О.Татарин²***, *студент 5-го курсу*, ***А.Татарин³***, *вчитель фізики*,

*^{1,3}КЗ "Луцький НВК №26 Луцької міської ради
Волинської області",*

*²Факультет інформаційних систем, фізики та
математики СНУ імені Лесі Українки,*

У роботі проаналізований вітровий потенціал Волинської області та можливості використання вітрогенераторів малої потужності.

Ключові слова: вітрогенератори, вітровий потенціал, відновлювальна енергетика

LOW POWER GENERATOR FOR HOUSEHOLD NEEDS

V. Tymchyk¹, O. Tataryn², A. Tataryn³,

The paper analyzes the wind potential of the Volyn region and the possibility of using low-power wind turbines.

Keywords: *wind turbines, wind power, renewable energy*

ORCID: ¹0000-0001-6258-189X, ²0000-0002-7129-8612,
³0000-0002-8050-756X.

Планетарні запаси енергії вітру у рази перевищують світові енергетичні потреби. Розвиток вітроенергетики є екологічно доцільним і за сучасного рівня розвитку технологій економічно вигідним способом одержання електроенергії. Проте вітроелектростанції виробляють в Україні менше 0,5% всієї електроенергії.

Потужність, яка виробляється вітроагрегатом, складає до 40 % потужності повітряного потоку. На Волині середньорічна швидкість вітру лежить у межах 3,3-3,7 м/с залежно від району, що достатньо для роботи вітрогенераторів середньої і малої потужності. Незважаючи на це, енергія вітру використовується лише на поодиноких об'єктах. Інформаційна та просвітницька робота у цьому напрямку, що є потрібною і актуальною, практично не проводиться.

В Україні не виготовляються мікрогенератори для побутових потреб, які б надійно працювали при малих швидкостях вітру. Ми на практиці доводимо дослідникам і виробникам перспективність таких пристроїв. Це і зумовило **актуальність** вибору теми дослідження.

Мета роботи: показати, що Україна має природні умови та науково-технічний потенціал для широкого впровадження вітроелектростанцій різної потужності та розробити мінівітрогенератор, що надійно працює при малих швидкостях повітряного потоку.

Значимість роботи полягає в популяризації екологічних та економічних переваг вітроенергетики над видобутком енергії з традиційних джерел та практичному доведенні можливості і доцільності використання вітрової енергії у регіонах з невеликими швидкостями вітру.

Крім вітроустановок для виробництва електроенергії в промислових масштабах та автономних установок кіловатного класу енергію вітру можна використовувати і у вітрогенераторах малої потужності. Така міні-вітроелектростанція завжди згодиться у віддалених місцях, де немає доступу до електричної мережі чи є перебої з електропостачанням, наприклад, на дачній ділянці, на рибалці, у туристичному поході.

У своїй роботі ми довели можливість використання слабких повітряних потоків для електроживлення малопотужних приладів. Ми створили простий у виготовленні, дешевий вітрогенератор потужністю кілька ват, який працює при силі вітру менше 1м/с.

Провівши теоретичні розрахунки та практичні дослідження, ми встановили, що міні-вітрогенератори можуть працювати у вентиляційних каналах будинків (без примусової вентиляції) і використовуватись для сигнального освітлення. В ході роботи над вітрогенератором малої потужності ми визначили фактори, від яких залежить ККД установки: швидкість вітру (чим більша швидкість, тим більша напруга на виході генератора; але при досягненні певної швидкості наш перетворювач обмежує швидкість для запобігання згоряння світлодіода); форми і ваги лопатей (різні лопаті починають обертатися при різній мінімальній швидкості вітру). Вітрогенератор може зарядити акумуляторні батареї для автономної роботи малопотужної домашньої техніки та освітлення, наприклад мобільний телефон, MP3 плеєр, ліхтар та ін.

Література:

1. Алексєєв Б.А. Міжнародна конференція по вітроенергетиці. // Електричні станції.// Б.А. Алексєєв - 1996. №2.
2. Безруких П.П. Економічні проблеми нетрадиційної енергетики. // Енергія: Екон., техн., екол.// П. П. Безруких - 1995. №8.
3. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // Електричний журнал. // Г.М. Бабієв, Д.В. Дероган, А.Р. Щокін - Запоріжжя: ВАТ "Гамма", 2010. - №1. - С.63-64.
4. Драковські М., Вянцковські С. К. Про енергетику для споживачів та скептиків.// М. Драковські, С. К. Вянцковські. - Львів: ЕКОінформ, 2007.
5. Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел. //Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії".// Д. В. Дероган, А. Р. Щокін -Київ: АТ "Укренергозбереження", 1999.- №2, - С.30-38.

УДК 547.915: 615.012.014

ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Н. Богдан¹, 10 клас, слухач Волинської обласної МАН,
В. Федорчук-Мороз², к.т.н., доцент Луцького НТУ
КЗ «Луцький НВК «Гімназія №14 ім. Василя
Сухомлинського» Луцької міської ради Волинської області

Розглянуто можливості використання рослинної сировини для виготовлення різних видів біопалива, зокрема біодизеля. Досліджено екстрагування олії з насіння амарантової рослинної сировини органічними розчинниками.

Ключові слова: біопаливо, екстрагування, біодизель, насіння, амарантова сировина, олія.

EXTRACTING DESTINATION COMPONENTS FROM VEGETABLE RAW MATERIAL

N. Bohdan, 10th form, member of Volyn regional Mala Academy of Science, **V. Fedorchuk-Moroz**, PhD (engineering), associate professor of Lutsk NTU, "Lutsk educational complex "Vasyl Sukhomlynskyi Gymnasium №14" of Lutsk City Council

The article has examined possibilities of using vegetable raw material to produce different kinds of bio fuel, particularly bio diesel. Extracting oil from amaranth seeds by organic solvents has been investigated.

Keywords: *biofuel, extraction, biodiesel, seeds, amaranth material, oil.*

ORCID: ¹0000-0002-0755-9056, ²0000-0002-0941-1215.

Енергетична криза світового масштабу вже не один десяток років не дає спокою провідним вченим нашої планети. Останнім часом досить актуальним стало питання біопалива, яке на фоні підвищення світових цін на стандартні енергоносії виступає «рятівним жилетом» для вітчизняної енергетики, особливо зважаючи на потенціал України в даній сфері.

Хоча в останні роки ринок біопалива України розвивається досить швидкими темпами, але продовжує залишатись на досить низькому рівні. Причиною цього явища є те, що більшість підприємств-виробників біопалива (зокрема сільськогосподарські) виготовляють його для задоволення власних потреб і не відчують вагомих стимулів та підтримки для розширення виробництва з боку держави.

На даний час, маючи значні аграрні задатки, Україна не може налаштувати власну систему виробництва та споживання біопалива. Більшість аграрного потенціалу України або занедбана, або використовується не належним чином, тобто результати від такої діяльності могли б бути набагато кращими.

За даними, наведеними в літературі, технічно доступний потенціал продукування біодизельного пального з ріпаку, соняшнику та сої в Україні становить більше 37,6 ТВт-год/рік. Для цього необхідна площа для вирощування рослинної сировини близько 65500 км², з якої можливо одержати 3,6 млн т/рік біодизельного пального. В Україні

вироснується олійних культур (соняшник, ріпак, соя) в 2,5 рази більше, ніж потрібно державі, щоб забезпечити населення олією, а аграріїв – біодизелем [1, 2].

Проблема виробництва і використання біопалива, через її загальну високу важливість, закономірно знаходить широкий відгос у науковій літературі. Можливості збільшення частки біопалива у структурі джерел задоволення енергетичних потреб є предметом наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, а саме А. Гжибека, П. Градзюка, М. Волкова, М. Ільчука, Г. Калетника, Г. Квітки, В. Клименка, Е. Лакемеєра, М. Маліка, В. Марченка, І. Масло, О. Медведовського, Б. Оверченка, В. Перебийноса, А. Редзюка, А. Рошковського та інших. Проте недостатньо є вивченими проблеми формування й ефективності використання сировинної бази для виробництва біопалива на регіональному рівні, тому отримання необхідних даних для ефективнішого вилучення цільових компонентів із рослинної сировини є актуальною проблемою.

Об'єктом нашого дослідження обрано рослинну сировину, зокрема насіння олійних рослин.

Мета дослідження – вивчення процесу екстрагування цільових компонентів (олії) з рослинної сировини для виготовлення біодизельного палива.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні завдання: проаналізувати українські ресурси для виготовлення біопалива; ознайомитися з особливостями структури рослинної сировини та процесу екстрагування цільових компонентів із неї; вивчити процес екстрагування олії з рослинної сировини органічними розчинниками; підібрати необхідні екстрагенти; визначити вихід олії з

рослинної сировини. розглянути переваги і недоліки біопалива.

Екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини здійснюють різними методами, основними з яких є метод занурювання сировини в розчинник, який, переважно, подається проти током для безперервних процесів, та ступінчасте зрошування сировини розчинником. Для дослідження процесу екстрагування олії з насіння олійних рослин використовувався метод занурення як найбільш поширений. Методом ступінчастого зрошування користувалися для визначення виходу олії в апараті Сокслета. Як розчинник використовували, в основному, н-гексан, а також бензен і хлороформ.

Перевагами цього методу є порівняно висока швидкість процесу, короткотривалість, простота апаратурного оформлення. Недоліками методу є низька концентрація цільових компонентів у міцелі, відносно високий вміст домішок в міцелі та складність процесу фільтрації.

Процес екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини – це складний процес, який включає як зовнішню молекулярне перенесення речовини, так і внутрішню дифузію і який, у спрощеному варіанті, можна поділити на три етапи.

У реальних умовах процес екстрагування набагато складніший.

Важливим етапом процесу екстрагування цільових компонентів органічними розчинниками є процес регенерації розчинника. Цей процес переважно здійснюють у два етапи: прямою відгонкою розчинника та відгонкою під вакуумом.

Як засвідчує аналіз літератури, сьогодні немає єдиних поглядів на кінетику екстрагування цільових

компонентів із пористих структур, особливо з рослинної сировини. Деякі дослідники вважають, що перенесення речовини в пористій структурі визначається режимом переміщення рідини в капілярах (вимушений рух чи природна конвекція). Варто підкреслити, що саме визнання дифузійного механізму екстрагування недостатнє, оскільки необхідно вирішити питання, що лімітує процес – зовнішня чи внутрішня дифузія [3].

Однак деякі дослідники ігнорують ці відмінності, що характерні для процесів екстрагування, і поряд з визначенням коефіцієнтів внутрішньої дифузії, визначають коефіцієнт зовнішньої дифузії. Хоча в обох випадках перенесення цільового компонента дифузійне, проте механізм його різний, оскільки одна із стадій, яка є найповільнішою, визначає швидкість всього процесу.

Методом ступінчастого зрошування користувалися для визначення виходу олії з насіння амарантової сировини в апараті Сокслета. Як розчинник використовували, в основному, н-гексан, а також бензен і хлороформ.

В результаті гравіметричного аналізу було визначено, що вихід олії з амаранту хвостатого вищий, ніж з амаранту мітлистоного. Пояснити це можна різною природою насіння.

Література:

1. Дворник І.В. Біопаливо та перспективи його розвитку в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https:// irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis.../cgiirbis_64.exe](https://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis.../cgiirbis_64.exe).
2. Скорук О.П., Здор І.А. Розвиток ринку біопалива в Україні та світі: стан та перспективи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https:// econjournal.vsau.org/files/pdfa/527.pdf](https://econjournal.vsau.org/files/pdfa/527.pdf).
3. Федорчук-Мороз В.І. Математична модель екстрагування цільових компонентів на основі сколу зерна // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: Освіта, наука, виробництво». – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. – №4. – С.251-255.

УДК 620.91

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТИМЧАСОВОГО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО УКРИТТЯ ДЛЯ РОСЛИН

М.І. Поздєєв¹, О.Г. Безрукава², Л.І. Книш³,
*КЗО «Дніпропетровський обласний ліцей-інтернат
фізико-математичного профілю», вул. Абхазька, 9а, м.
Дніпро, 49107, Україна, e-mail: dolifmp.kzo@gmail.com,*

В роботі наведена модель процесів теплообміну в захисній споруді й результати дослідження енергетичних показників у тимчасовому захисному укритті в умовах Новомосковського району Дніпропетровської області без додаткового обігріву.

Ключові слова: теплообмін, температура, захисна споруда

DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM AND RESEARCH ON ENERGY EFFICIENCY OF TEMPORARY ENERGY SAVING PLANT SCRIPTURES

M. Pozdeev¹, O. Bezrukava², L. Knish³

The article presents a model of heat transfer processes in a protective structure and the results of research of indicators in a temporary protective shelter in the conditions of the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region without additional heating.

Keywords: heat exchange, temperature, protective construction

ORCID: ¹0000-0002-5875-3334, ²0000-0003-4197-6301,
³0000-0003-3525-4804.

Сучасні кліматичні зміни сприяють тому, що становиться можливим вирощувати теплолюбні рослини у відкритому ґрунті в умовах центральної частини України. Для цього необхідне зимове укриття, яке може забезпечити захист рослин від ризиків перепадів температур [1] і система контролю за показниками температури і вологості в укритті.

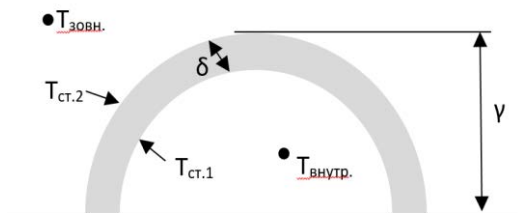


Рис. 1. Схема моделі укриття

Була розроблена модель процесів теплообміну [2, 3] в захисній споруді й розраховано коефіцієнт її ефективності. Розрахунок проводився для споруди у формі напівсфери(рис.1):

Густина теплового потоку між внутрішньою поверхнею укриття і зовнішньою ($q \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$): $q = k(T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн.}})$, де $T_{\text{вн}}$ – температура внутрішньої поверхні покриття; $T_{\text{зовн.}}$ – температура зовнішньої поверхні покриття; k – коефіцієнт ефективності.

Коефіцієнт ефективності складається з наступних компонентів:

- теплопровідність покриття: $q = \frac{\lambda}{\delta} (T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн.}})$, де

λ – коефіцієнт теплопровідності плівки; δ -толщина плівки.

- конвекція між поверхнею та середовищем (повітрям): $q = \alpha_{\text{конв.}} (T_{\text{вн.}} - T_{\text{зовн.}})$, де $\alpha_{\text{конв.}}$ – коефіцієнт, який враховує конвекцію;

- випромінювання: $q = \alpha_{\text{пром.}} (T_{\text{внутр.}} - T_{\text{зовн.}})$, де $\alpha_{\text{пром.}}$ – коефіцієнт, який враховує випромінювання. Цей коефіцієнт розраховується за формулою, $\alpha_{\text{пром.}} = 0,227 * \varepsilon * \left(\frac{T_{\text{зовн.}} + T_{\text{ст.1}}}{200} \right)^3$, де ε -ступінь чорноти (для нашого випадку приймемо $\varepsilon \approx 0,5$), $T_{\text{ст.1}}$ - температура внутрішньої поверхні укриття.

Конвективна тепловіддача складається із конвекції між зовнішньою поверхнею та зовнішнім повітрям ($\alpha_{\text{конв.зовн.}}$) та конвекції між внутрішньою поверхнею і повітрям всередині теплиці ($\alpha_{\text{конв.внутр.}}$). Вклад цих складових визначався за емпіричними формулами [4]: $\alpha_{\text{конв.зовн.}} = 5,3 * \omega^{0,8}$, $\alpha_{\text{конв.внутр.}} = 1,94 * \sqrt[4]{\frac{T_{\text{вн.}} - T_{\text{ст.2}}}{T_{\text{вн.}} * \gamma}}$, де ω – середня швидкість вітру, для нашого регіону, яка, згідно кліматичним даним, дорівнює 3,5- 4 м/с; γ - висота укриття в м.

Тоді щільність теплового потоку можна визначити за наступними виразами:

$$\begin{cases} q_{\text{зовн.}} = (\alpha_{\text{пром.}} + \alpha_{\text{конв. зовн.}}) * (T_{\text{ст.1}} - T_{\text{ст.2}}) \\ q_{\text{стінки}} = \frac{\lambda}{\delta} (T_{\text{ст.2}} - T_{\text{ст.1}}) \\ q_{\text{всер.}} = \alpha_{\text{конв.внутр.}} * (T_{\text{внутр.}} - T_{\text{ст.2}}) \end{cases}$$

При умові стаціонарного режиму: $q = q_{\text{зовн.}} = q_{\text{стінки}} = q_{\text{внутр.}}$, Тобто

$$\begin{cases} T_{\text{ст.1}} - T_{\text{зовн.}} = \frac{q}{\alpha_{\text{пром.}} + \alpha_{\text{конв.зовн.}}} \\ T_{\text{ст.2}} - T_{\text{ст.1}} = \frac{q}{\frac{\lambda}{\delta}} \\ T_{\text{внутр.}} - T_{\text{ст.2}} = \frac{q}{\alpha_{\text{конв.внутр.}}} \end{cases}$$

Склавши рівняння системи отримаємо:

$$T_{\text{внутр.}} - T_{\text{зовн.}} = q * \left(\frac{1}{\alpha_{\text{пром.}} + \alpha_{\text{конв.зовн.}}} + \frac{1}{\frac{\lambda}{\delta}} + \frac{1}{\alpha_{\text{конв.внутр.}}} \right)$$

$$\text{Звідси: } k = \frac{1}{\alpha_{\text{пром.}} + \alpha_{\text{конв.зовн.}}} + \frac{1}{\frac{\lambda}{\delta}} + \frac{1}{\alpha_{\text{конв.внутр.}}}$$

Розрахунок дозволив визначити коефіцієнт енергоефективності при використанні різних матеріалів укриття (Таб.1).

Таблиця 1. Визначення коефіцієнту енергоефективності для різних матеріалів укриття при їх фіксованій товщині 0,02 м

Матеріал	Пузирчаста плівка	Пінопласт	Мінеральна вата
Коефіцієнт енергоефективності	1,15	0,55	0,89

Із вищезазначеного можна зробити висновок, що найбільший захист дає укриття із пінопласту, його коефіцієнт 0,55. Але реально використовується укриття у вигляді пузирчастої плівки.

За допомогою розробленого пристрою на платформі Arduino були зроблені вимірювання, які показали, що в умовах СТ «Машинобудівник» Новомосковського району Дніпропетровської області захисне укриття у вигляді пузирчастої плівки забезпечує температуру $\sim 0^{\circ}\text{C}$, що достатньо для зимівлі деяких теплолюбних рослин.

Аналіз створеної моделі процесів теплообміну і проведені випробування показали, що в Дніпропетровській області можна створити умови необхідні для зимівлі теплолюбних рослин при наявності укриття у вигляді плівки без додаткового обігріву.

Література:

1. Хазін В.Й., к.т.н., професор Затуливітер О.М. Аналіз різноманітних видів сучасних плівкових покриттів теплиць та парників Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). - Вип. 2 (30). - 2011.-ПолтНТУ, с. 234 – 240.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М., Энергия, 1975. – 486 стр. (accessed: 20.01.2019).
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М. Энергия, 1973. – 320 стр. (accessed: 20.01.2019).
4. Кныш Л.И. Особенности расчета температурных показателей фотозлектрического модуля / Кныш Л.И. // Вісник Дніпропетровського університету. Серія Механіка. 2014. – С.87 – 92. (accessed: 20.01.2019).

УДК 621.311

СОЛОМА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

***М. М. Тюнін, учень 10 класу,
Павлівської ЗОШ I-III ступенів Мар'їнського району
Донецької області***

В роботі розглянуто доцільність використання соломи як джерела енергії, приведені розрахунки можливостей використання соломи як енергетичного ресурсу, виходячи з показників нашого регіону.

Ключові слова: солома, питома теплота згоряння, енергетичний еквівалент, паливні пелети.

SALAME AS A SOURCE OF ENERGY

***M.M. Tjunin, student of the 10th form,
Pavlivska Secondary School of Mariynsky District, Donetsk
Region,***

The paper considers the expediency of using straw as an energy source, calculates the possibilities of using straw as an energy resource, based on the indicators of our region.

Keywords: straw, specific heat of combustion, energy equivalent, fuel pellets.

ORCID: 0000-0003-3292-3531.

Широких масштабів останніми роками набуло спалювання соломи і всіх післяжнивних органічних залишків на поверхні ґрунту, що дає вкрай негативні наслідки.

Метою нашої роботи є оцінка можливостей використання соломи як енергетичного ресурсу, виходячи з показників нашого регіону (Мар'їнський район Донецької області).

Зараз у світі все більше уваги приділяється розробці та виробництву альтернативного палива. І справді, одним з видів альтернативного палива є паливні пелети. Їх отримують з деревних відходів і відходів сільського господарства: кора, тирса, тріска, солома, лушпиння і т.д. Перевага такого палива - велика теплотворність в порівнянні з дровами або тріскою, що збільшує ККД котелень. Це екологічно чисте паливо, мало схильне до samozаймання.

Еталонними пелетами є деревні гранули, але значно вигідніше опалювати пелетами, зробленими із соломи (табл. 1-3). Це недороге паливо, яке щороку відновлюється, на відміну від деревних.

Таблиця 1. Середня урожайність деяких злакових культур та соломистість.

Зернова культура	Урожайність, центнерів	Коефіцієнт соломистості	Соломистість, центнерів
озима пшениця	30-35	1/1,5-2	45-70
яра пшениця	25-27	1/1,5	37,5-40,5
ячмінь	24-25	1/1	24-25
жито (озиме)	33-35	1/2	66-70
гречка	15-17	1/1	15-17
овес	23-25	1/1,5	34,5-37,5

Соломистість може варіювати в залежності від того яким було літо – дощовим чи посушливим, інших агротехнічних факторів.

Таблиця 2. Питомі теплоти згоряння деяких видів палива.

Паливо		Еквівалент		
Одиниці вимірювання	МДж/кг	Природний газ, м ³	Диз. паливо, л	Мазут, л
Солома	15,70	0,469	0,364	0,387
Кукурудзяні лопуцьки	14,65	0,438	0,340	0,361
Лушпиння соняшникове	17,00	0,508	0,394	0,419
Кам'яне вугілля	27,00	0,806	0,626	0,665

Таблиця 3. Розрахунки економії природного газу при спалюванні в якості палива соломи злакових культур.

Зернова культура	Вихід соломи, кг/га	Економія природного газу, м ³
озима пшениця	4500-7000	2110-3280
яра пшениця	3750-4050	1760-1900
ячмінь	2400-2500	1126-2000
жито (озиме)	6600-7000	3095-3283
гречка	1500-1700	704-797
овес	3450-3750	1618-1759

Є ще одна суттєва особливість пелет на відміну від вугілля, що є основним видом палива у нас в регіоні – від пелет немає тієї сажі, яка утворюється в димоходах при

опаленні вугіллями. Дуже часто люди, які мешкають в приватних будинках, бувають змушені трусити сажу просто серед зими, а коли й кілька разів впродовж опалювального сезону залежно від сорту вугілля. А це дуже непроста справа, надто трудомістка.

Таблиця 4. Питома теплота згоряння пелет.

Паливо		Еквівалент		
Одиниці вимірювання	МДж/кг	Природний газ, м ³	Диз. паливо, л	Мазу т, л
Пелети з соломи	14,51	0,433	0,336	0,357
Пелети з лушпиння соняшникового	18,09	0,540	0,419	0,445
Пелети з деревини	17,17	0,513	0,398	0,423

Солома дає серйозні можливості економії дорогих енергоресурсів. Ми вже знаємо, що Україна володіє величезним потенціалом соломи, використання якої сьогодні вкрай мале, що пов'язано з відсутністю обладнання і техніки для правильного збирання соломи з полів. Різні експерти оцінюють величину цього потенціалу по різному, адже солома активно використовується ще і в тваринництві, частина її повинна залишатися на полі для відновлення ґрунту. Тут доречно спиратися на приклад Данії, яка є світовим лідером з використання соломи в енергетичних цілях – в країні спалюється щорічно до 14% усієї виробленої сільським господарством соломи. Розрахунок кількості паливної соломи за параметрами Данії показує, що мінімум п'ять мільйонів тонн цієї сировини, що залишається тільки після збору злакових культур, може бути використана в Україні для виробництва паливних

гранул. Повна утилізація цих обсягів для виробництва пелет могла б сприяти економії в загальнодержавному масштабі до трьох мільярдів кубометрів природного газу.

Відрядно, що Енергетичною стратегією України на період до 2020 року та подальшу перспективу передбачається значне розширення використання відновлюваних джерел енергії, серед яких найвагоміший вклад має забезпечити використання місцевих видів палив та біомаси.

Література:

1. Бараннік В.О., Земляний М.Г. *Енергозбереження — пріоритетний напрям енергетичної політики та підвищення енергетичної безпеки України* // 36. наук, праць Міжнар. наук.-практ. конф. "Енергоефективність — 2004". — О., 2004. — С. 97—108.
2. <http://dobrda.gov.ua/cilske-hospodarstvo/do-vidoma-silhospyvnykiv/do-vidoma-silgospvirobnikiv>
3. Демчишин А. М., Даньків К. Я. *Спалювання стерні це злочин проти ґрунтів України*
4. *Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.*
5. <https://news.finance.ua/ua/news/-/303122/navishho-ukrayini-biopalyvo-z-solomy-i-nasinnya>

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ВЛАСНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ

І.М. Стародубець, Д.Б. Кіріченко,

*Криворізький Центрально-Міський ліцей, вул.
Лермонтова 12, м. Кривий Ріг, 50002, Дніпропетровська
область, Україна, тел.: +38(067)1217628,
e-mail: knyzy619@gmail.com*

В роботі висвітлено тему ефективності використання вітрогенераторів у промислових і побутових масштабах. Робота спрямована на ознайомлення простого споживача з можливістю використання власного вітрогенератора в заміських будинках і на дачах, при неможливості протягнути лінію електропередач або ж при частих відключеннях в сільській місцевості.

Ключові слова: вітроенергетика, вітряки, переваги вітрогенератора.

PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT UKRAINIAN WINDENERGETICS AND DESIGNING OF OWN- WINDGENERATOR

I.M. Starodubets, D.B. Kirichenko,

*Kryvyi Rih Central - Town Lyceum, Lermontov Street, 12 Kryvyi
Rih, 50002, Dnipropetrovsk region, Ukraine, tel .: +38 (067)
1217628, e-mail: knyzy619@gmail.com*

The work highlights the topic of using the wind turbines in industrial and household scales. The work is aimed at familiarizing a simple consumer with the possibility of using his own wind turbine in the country houses and cottages, when it is impossible to extend a power line or during frequent tripping in rural areas.

Keywords: *wind power, wind turbines, advantages of the wind turbine.*

Альтернативна енергетика - сукупність перспективних способів отримання, передачі та використання енергії, які поширені не так широко, як традиційні, проте представляють інтерес через вигідності їх використання при, як правило, низький ризик заподіяння шкоди навколишньому середовищу.

У своїй роботі я детально розгляну тільки одне джерело і вид електростанцій - це вітряки. На сьогоднішній день, на мою думку, це найперспективніший напрямок.

Вітрогенератор (вітроелектричної установки або скорочено ВЕУ) - пристрій для перетворення кінетичної енергії вітрового потоку в механічну енергію обертання ротора з подальшим її перетворенням в електричну енергію.

Вітрогенератори ділять на типи по наступних чотирьох критеріях:

1. По напрямку осі обертання лопатей: вертикальні та горизонтальні
2. За кількістю лопатей (в цьому випадку вітрогенератори бувають дво-, три- і багато лопатеві).
3. За використаним матеріалом (виділяють з жорсткими і вітрильними лопатями. Основна відмінність в

тому, що вітрильні коштують дешевше, але вони менш міцні);

4. За способом управління лопатями (існують з фіксованим і змінним кроком лопатей. Фахівці рекомендують фіксований крок лопатей, так як змінюваний викликає труднощі у використанні).

Сучасному вітрогенератору немає необхідності в сильному вітрі. Його конструкція на стільки продумана, що для приватного будинку досить швидкості вітру приблизно 4 - 5 м / с.

Потужність вітроустановки розраховується за такою формулою:

$$P = 0.5 * Q * S * V^3 * C_p * N_g * N_b \quad [1]$$

P - потужність (Вт); Q - щільність повітря (1,23 кг / м³); S - площа охоплення ротора (м²); V - швидкість вітру, (м/с); C_p - коефіцієнт використання енергії вітру (0,35 в кращому випадку); N_g - ККД генератора (в нашому випадку 0,6 буває до 0,8); N_b - ККД редуктора (візьмемо 0,7).

Виходячи з того що швидкість вітру, на яку ми можемо розраховувати становить 6,2 м/с біля мого будинку і споживання електроенергії в місяць у нас 750 кВт, тобто нам потрібен генератор, який би видавав потужність близько 1050 Вт (750000 / 30днів / 24год), з таблиці бачимо, що радіус такого генератора становить приблизно 4 м. Діаметр виходить просто величезний - 8 метрів. Генератор такого діаметру посеред міста просто використовувати не допустимо. Щоб збільшити швидкість вітру необхідно підняти висоту щогли:

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^\alpha [2]$$

V_1 - швидкість вітру, V_2 - швидкість обертання лопастей, H – висота, α - коефіцієнт збільшення швидкості вітру зі збільшенням висоти

$$V_2 = 3.2 * \left(\frac{40}{10}\right)^{0.6} = 7.36 \text{ (М/с)}$$

І знизимо своє споживання електроенергії до 600 кВт в місяць, тобто потужність генератора 830 Вт. З цими параметрами вітроколесо можна зменшити до 5,4 м (радіус 2,7 м).

Заключним етапом установки вітрогенератора є збірка нашої електросистеми. Вітрова електростанція складається з вітрової турбіни, однієї або декількох батарей зберігання енергії, виробленої генератором, блокуючого діода, що запобігає обертання двигуна від запасеної електроенергії акумулятора, навантаження для надлишкової енергії, коли батареї повністю заряджені, контролера заряду для запуску всієї системи, а в кінці стоїть інвертор для перетворення струму постійного в струм змінний, який використовується нашими побутовими приладами.

Ми зробили вітрову установку в домашніх умовах: допустили, що ми зможемо отримати всі дозволи на її установку. Припустили, що швидкість вітру в нашому районі буде тільки збільшуватися. Отже споживання електроенергії в місяць у нас становить 750 кВт. В рік це буде складати:

$$\text{Споживання електроенергії} = 750 \text{ кВт} * 12 = 9000 \text{ кВт}$$

Витрати при використанні традиційних джерел енергії при тарифі 1,68 грн за 1 кВт складають:

$$\text{Витрати за рік} = 9000 \text{ кВт} * 1,68 = 15\,120,00 \text{ грн.}$$

Отже, наша теоретична саморобна модель повинна окупиться менше ніж за рік. Але є багато але, адже ця модель теоретична і на практиці може не працювати або бути більш витратною.

Звісно, одразу перейти на альтернативні джерела енергії майже не можливо, адже вони дуже дорогі, але ніхто і не говорить про моментальний перехід. Поступово, з року в рік, виділяючи кошти та установку нових, заміну та ремонт старих ми зможемо це зробити.

Але користуватись лише енергією вітру було б необачно, адже ніхто не відміняв відсутність достатньої його швидкості. Саме тому необхідно впроваджувати всі доступні альтернативні джерела енергії, які я приводив на початку, і знаходити нові, щоб за відсутності одного джерела ми могли скористатися іншим.

Література:

1. Безруких, П. П. Ветроэнергетика / П.П. Безруких. - М.: Энергия, 2010. - 665 с.
2. Загрядцкий В. И., Харитонова Л. Г. К вопросу создания автономного энергосберегающего источника энергии / В. И. Загрядцкий, Л. Г. Харитонова. - Москва: ИЛ, 2008. - 957 с.
3. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК. Учебное пособие / В.И. Земсков. - М.: Лань, 2014. - 368 с.

УДК 621.311

ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНОГО МЕТАНУ

*Р.П. Чишко, учень 10 класу,
Микільської ЗОШ I-III ступенів Волноваського району
Донецької області*

В роботі проведено розрахунок доцільності побудови газової електростанції, яка б працювала на шахтному метані.

Ключові слова: *нормалізований видобуток метану, електричний ККД сучасної газової електростанції, річний об'єм видобутого метану.*

USE OF MINE METHANE

*R.P. Chishko, a student of the 10th form,
Mykilska secondary school of I-III degrees of Volnovak district
of Donetsk region*

In this paper, the calculation of the expediency of constructing a gas power plant that would work on mine methane was carried out.

Keywords: *normalized methane extraction, electric efficiency of modern gas power plant, annual volume of extracted methane.*

ORCID: 0000-0002-1991-545X.

За рахунок власного видобутку викопного органічного палива Україна може забезпечити свої потреби лише частково: нафта — на 10-12%, природний газ — на 20-25%, вугілля — на 85-90%. Значного збільшення енергоресурсів у перспективі в країні не прогнозується. Значне підвищення цін на природний газ і нафту, обмеженість їх власних запасів, низька ефективність використання палива на

теплових електростанціях та повільні темпи реструктуризації і оновлення вуглевидобувної галузі, військові дії на сході країни, окупація частини Донбасу, де зосереджені основні запаси вугілля в державі, стали причиною того, що тепла енергетика України уже почала зазнавати дефіциту в органічному енергетичному паливі. При цьому недостатньо уваги приділяється потенційним можливостям використання внутрішніх резервів, що є більш доцільним з фінансово-економічної точки зору. Україна має величезні обсяги такого альтернативного палива, як шахтний метан. Шахтний метан, як побічна корисна копалина, використовується понад 50 років. Найбільш раціональним способом утилізації шахтного метану є його використання безпосередньо в місцях його отримання.

На першому етапі вибору найбільш кращого варіанту використання шахтного метану є вибір з можливих способів використання шахтного метану, тих, які можна було б застосувати на шахті. Переважними варіантами використання шахтного метану на гірничодобувному підприємстві є:

- використання в якості палива для котелень;
- використання в газотурбінних установках;
- використання в якості моторного палива;
- використання метану, що міститься в повітрі;
- вироблення теплової енергії та електричної енергії;
- спалювання шахтного метану в факелі;
- утилізація шахтного газу з малим вмістом метану;
- когенерація.

Проведемо розрахунки по найбільшому підприємству нашого регіону ДП «Шахта ім. Миколи Сафоновича Сургая». Мета – порахувати доцільність побудови газової електростанції, яка б працювала на добутому шахтному метані.

Електричний ККД сучасної газової електростанції сягає 55-60%, а вугільної - всього 32-34%. Таким чином, газ

економічно ефективніше інших видів палива та альтернативних джерел енергії і є найдоступнішим і економічно виправданим рішенням для виробників і споживачів електроенергії, які рахують гроші.

Будівництво газової електростанції займає всього 14-18 місяців. На будівництво сучасної вугільної електростанції піде 54-58 місяців. Для того, щоб спорудити атомну електростанцію (АЕС), буде потрібно не менше 56-60 місяців.

Добовий видобуток вугілля на підприємстві – 2200 т, річний - 803000 т. Як відомо, нормалізований видобуток метану на 1 т. видобутого вугілля становить 31,1 кубічного метра. Річний об'єм видобутого метану: $803000 \text{ т} \cdot 31,1 \text{ м}^3/\text{т} = 24973300 \text{ м}^3$. Густина метану - $0,656 \text{ кг/м}^3$, тоді маса дорівнює $0,656 \text{ кг/м}^3 \cdot 24973300 \text{ м}^3 = 16382484,8 \text{ кг}$. Питома теплота згоряння метану $q = 49,8 \text{ МДж/кг}$, кількість теплоти, що виділяється при згорянні: $Q = q \cdot m$, $Q = 49,8 \text{ МДж/кг} \cdot 16382484,8 \text{ кг} = 815847743 \text{ МДж}$.

Приймемо ККД електростанції 55%, тоді кількість теплоти, яка перетвориться в електроенергію складе 448716256,7 МДж. Переведемо це число в кВт·год. Як відомо, $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \text{ МДж}$, а тому $448716256,7 \text{ МДж} = 124643405 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

На 2019 рік за матеріалами тендерної документації підприємство закупляє 100507000 кВт·год, що в 1,24 рази менше, ніж кількість електроенергії, яку б могла виробляти невеличка газова електростанція, що працювала б на видобутому метані. У випадку, коли б ККД складав 60%, то це число виростає на 11% до 1,35.

На цих простих розрахунках пересвідчуємось, що в державі є потужні енергетичні ресурси. Впровадження подібних електростанцій може дати істотний економічний ефект, забезпечить вугільне підприємство якісним, безперебійним електропостачанням.

Наукове забезпечення реалізації програм енергозбереження на сьогодні є не просто недостатнім,

воно потребує негайного та кардинального поліпшення за всебічної державної підтримки щодо впровадження передових технологій та забезпечення фінансування розробки нових прогресивних технологій, особливо в галузях чи видах діяльності, які для України вже є або стануть ближчим часом ключовими у світовому розподілі виробництв.

Реалізація проекту по використанню метану вугільних родовищ дозволить забезпечити отримання економічного, екологічного та соціального ефекту. Використання метану, як альтернативного джерела палива, зробить Україну менш залежною від імпорту палива.

Література:

1. Касьянов В. В., Ламберт *Перспективи розвитку метанової галузі в Україні* / В. В. Касьянов. – К., 2000. – С. 6–11.
2. Безпflug В. А. *Утилізація шахтного метану в ФРН і її можливості в Україні* / В. А. Безпflug. – К., 2006. – С. 45–48.
3. https://manbw.ru/analitics/why_as_fuel_for_power_stations_is_advantageous_and_promising_gas.html
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki>
5. Мирошниченко Д. В., к. т. н. Зав'ялова О. Л. *Донецький національний технічний університет, Україна Використання шахтного метану як альтернативного джерела енергії в умовах гірничодобувних підприємств.*
6. *Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні : VIII Міжнародний бізнес-форум (Київ, 19 березня 2015 р.) ; відп. ред. А.А. Мазаракі. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2015. – 272 с. ISBN 978-966-629-714-6*

УДК 662.756.3

**АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА
БІОДИЗЕЛЮ З HELIANTHUS ANNUUS TA BRASSICA
NAPUS НА ПОЛТАВЩИНІ**

В.Е. Володавчик,

Спеціалізована загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів № 4 з поглибленим вивченням англійської мови Горішньоплавнівської міської ради Полтавської області, вул. Конституції, 20, м. Горішні Плавні, Полтавська область, Україна, 39800, тел.: +38 (096) 5344013, e-mail: volodavchyk.szosh4.koms@gmail.com

Робота є комплексним дослідженням передових технологій вироблення біодизельного пального. В ній обґрунтовано переваги виробництва біодизелю за циклічною технологією з використанням каталізатора, розглянуто комбінації сировини, проведено тестування та визначено екологічну, технічну та економічну доцільність виробництва біодизелю в агропідприємствах Полтавщини.

Ключові слова: *біодизель, біодизель з олій, циклічна технологія з використанням каталізатора, переетерифікація, науково-обґрунтована сівозміна.*

**AGRI-ENVIRONMENTAL ASPECT OF PRODUCTION THE
BIODYSEL FROM HELIANTHUS ANNUUS AND BRASSICA
NAPUS IN POLTAVA REGION**

V. Volodavchyk,

Specialized school № 4 with extensive English learning of Horishni Plavni town council of Poltava region, 20 Constitution Str., Horishni Plavni, Poltava region, Ukraine

The research paper is a comprehensive research of advanced technologies for the production of biodiesel fuel. For the first time the production of biodiesel was based on cyclic technology using a catalyst, a combination of raw materials, tested and identified the ecological, technical and economic feasibility of biodiesel production in agro-enterprises of Poltava region.

Keywords: *biodiesel, biodiesel from oils, cyclic technology using a catalyst, reeteterification, scientifically grounded crop rotation.*

ORCID: 0000-0001-7274-0612.

Значний негативний вплив на стан повітря (40 % від усього антропологічного впливу) становить використання транспорту з великим споживанням пального, що зумовлює більше використання нафтопродуктів. Однак, чимале зменшення запасів нафти, забруднення атмосферного повітря, висока ціна на дизельне пальне спонукають шукати альтернативу даному виду палива для виробництва пального. Із досвіду країн Європи, існують можливості суттєвого посилення енергетичної незалежності за рахунок вирощування і переробки олійних культур на дизельне біопальне, що і визначає **актуальність** теми даної роботи.

Мета роботи: аналіз переваг і недоліків, джерел сировини, технологій виробництва дизельного біопального з визначенням найбільш ефективної та екологічно-безпечної технології його виробництва.

Біодизель – це альтернативний, екологічно безпечний вид автомобільного пального, що виготовляється з рослинних олій або тваринних жирів методом переетерифікації та ретельного фільтрування отриманого ефіру з метою отримання чистого та, з технічної точки зору, ефективного пального.

Найкращими джерелами сировини для Полтавського регіону визначено соняшник та ріпак, проте треба дотримуватись спеціальних агротехнологій, науково-обґрунтованих сівозмін для того, щоб під час одержання сировини, з якого роблять біопальне, не «втрачалася» родючість земель сільськогосподарського призначення.

Найкращими попередниками озимого ріпаку є чорні та зайняті пари, зернобобові, зернові колосові культури, картопля, кукурудза, однорічні та багаторічні трави. Добрим попередником вважаються посіви ярого ріпаку, що дає змогу ефективно використати післядію внесених восени в ґрунт добрив і гербіцидів. У цьому разі весняну оранку на такому полі слід замінити передпосівним обробітком одночасно з сівбою ярого ріпаку, що дасть змогу зберегти значний запас вологи в ґрунті

Циклічна технологія виробництва дизельного біопалива з використанням каталізатора широко використовується на господарських та малих заводах з річним виходом дизельного біопалива від 100 до 5000 т/рік. Ця технологія виробництва дизельного біопалива складається з переетерифікації; розділення на фракції метилового ефіру (дизельного біопалива) та гліцеролу; очистки дизельного біопалива (відгонки метанолу та очистки від гелеподібного осаду шляхом фільтрації). До переваг цієї технології можна віднести: менші енерговитрати в порівнянні з промисловою технологією, доступність у використанні, менші затрати та габаритність обладнання, низька собівартість отриманої продукції, відсутність технологічної операції промивки з наступним зневодненням біодизельного палива, що в свою чергу зменшує енергозатрати та знижує продуктивність виробництва за рахунок збільшення часу відстоювання. Агропромислова технологія виробництва дизельного

біопалива може задовольнити потреби господарюючих суб'єктів власним паливом для роботи машино-тракторних агрегатів, вона доступна за матеріальними витратами та проста у використанні.

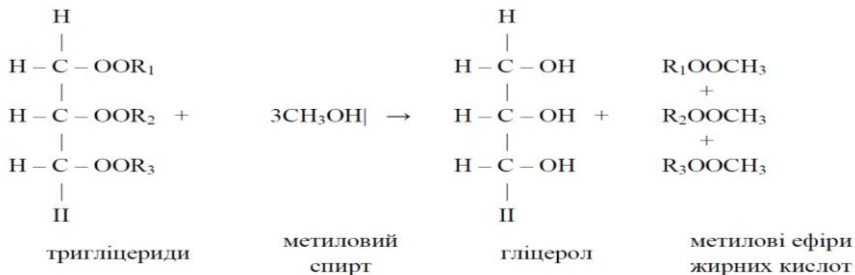


Рис. 1. Схема рівняння хімічної реакції переетерифікації.

де R1, R2, R3 – довгі ланцюги залишків вищих карбонових кислот.

Основні результати роботи:

1. Біодизель має низку переваг, порівняно з традиційними видами пального, як екологічних, так і експлуатаційних: високе цетанове число – 51; висока температура горіння, зменшення викидів шкідливих речовин автомобілів в атмосферу: сірки – на 98%, твердих частинок від 50 до 60%, гідрокарбонатів та вуглекислих монооксидів на 30-35%. Основними недоліками є: недовгий термін зберігання, нестійкість до низьких температур та нижча, порівняно з дизельним паливом, енергоємність.

2. З метою найефективнішого отримання сировини для виробництва біодизелю та раціональному користуванню ґрунтів, доречно використовувати науково-обґрунтовану сівозміну.

3. Найбільш безпечною та ефективною є циклічна технологія з використанням каталізатора.

4. Експериментальним шляхом та математичними обрахунками було визначено найкраще співвідношення сировини для виробництва біодизелю – 3 частини відпрацьованої соняшникової та 1 частина ріпакової олій.

5. Виробництво дизельного біопального з олій – це перший крок до розвитку в Україні альтернативної паливної енергетики. Утім майбутнє за наступними поколіннями виробництва біопального – з відходів деревини та ціанобактерій.

Література:

1. Аналіз сучасних технологій виробництва біодизельного пального / [Г. Л. Рябцев, О. Є. Колосов, Д. Е. Сідоров та ін.] / Вісник НТУУ "КПІ ім. Сікорського" [Г. Л. Рябцев, О. Є. Колосов, Д. Е. Сідоров та ін.]. – Київ, 2015. – С. 1–6.
2. Андрієнко А. Л. Фактори впливу на ефективність вирощування соняшнику / А. Л. Андрієнко // Агроном. – 2010. – №4. – С. 64–70.
3. Безуглий М. Енергоносії з біосировини. Роль науки : [соняшник] / М. Безуглий // Аграрний тиждень. Україна. – 2010. – №14. – С. 7.
4. Біодизель та біоетанол / [В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, В. М. Поліщук та ін.]. – Київ: ЮНІДО, 2015. – 52 с. – (Навчально-методичні матеріали).
5. ДСТУ 3868-98. Паливо дизельне. Технічні умови.

УДК 620.3

ВПРОВАДЖЕННЯ ГІБРИБНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ. ПЕРЕВАГИ ТА ЗАСАДИ. МЕТОДИ ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.

О.В. Єрмоленко¹,

тел.: 099-25-80-190, e-mail: alexandrermolenko11gmail.com

Ключові слова: сонячна енергетика , гібридні
сонячні колектори.

ORCID: 0000-0002-5324-9390.

На сьогодні у погоні людства за «зеленими» джерелами енергії, одне з перших місць займає сонячна енергетика .Мова буде йти про поєднання сонячної фотоенергетики та теплоенергетики, про так званий (PV-T) гібридний сонячний колектор.

Конструкція гібридного модуля передбачає розміщення в одному корпусі як геліосистеми так і фотопанелі, симбіоз яких дозволяє розширити можливості сонячної енергетики в цілому, а також відкриває споживачу більш компактне рішення, своїх енергетичних потреб. За рахунок зменшення площі можна досягти більшої енергоефективності, коли дана система зможе автономно забезпечувати віддалених споживачів.

Отже, **переваги** комбінованої системи:

- підвищений ККД (за рахунок тепла, що відводиться від нагрітих фотопанелей до геліоприймача)

- у 2 рази зменшена площа (для установки колекторів)

Але як і в кожній системі є і **недоліки**:

- строк окупності (близько 15 років)
- збільшення загального ККД тягне за собою спад максимального ККД геліоколектора.
- відсутня база для виготовлення гібридного модулю як єдиного пристрою.

Строк окупності можна зменшити за рахунок пошуку більш дешевих матеріалів, тобто знизивши собівартість пристрою.

Для підвищення енергоефективності можливо до системи додати тепловий насос. У якості низькопотенційного джерела енергії виступить теплота, що виділяється фотопанеллю. Для забезпечення стабільності гарячого водопостачання до контуру можна додати електронагрівач, що розігріє воду споживачу до потрібної температури, а також на випадок аварійних або форс-мажорних ситуацій (відсутність сонця).

Конструктивно таку систему буде простіше встановлювати в приватні будинки на етапі будування (через громіздкість загальної системи), але є можливим встановлювати у вже готові споруди.

Сукупність запропонованих систем дозволить значно зменшити енерговитрати у мережі. Більш того, надлишок енергії можна віддавати в мережу по зеленому тарифу.

Література:

- 1.http://zvt.abok.ru/articles/106/Gibridnii_solnechnii_kollektor
- 2.Charalambous P. G. a kol. Photovoltaic Thermal (PV/T) Collectors
- 3.<http://kiaton.com.ua/stati/12-aktualnost-solnechnoy-energetiki.html>

УДК 62.519

ДИСТАНЦІЙНЕ КЕРУВАННЯ ВІДДАЛЕНИМИ ПРИСТРОЯМИ

А.О. Ярмоліук,

*Ліцей імені Михайла Семеновича Рудяка, вул. Миру 14, м.
Старокостянтинів, Хмельницька обл., 31100, Україна,
тел.: +38(067)2863499, e-mail: an.yar.2004@mail.ru*

У роботі описаний алгоритм створення та практично реалізований спосіб дистанційного керування сонячними панелями та вітровими електростанціями за допомогою плати Arduino UNO та мобільного додатку.

Ключові слова: дистанційне керування, плата Arduino UNO, мобільний додаток.

REMOTE CONTROL OF DISTANT DEVICES

A. Yarmoliuk,

*Lyceum named after Myhailo Rudiak, Myra Street, 14
Starokostiantyniv, Khmelnytsky region, 31100, Ukraine,
tel.: +38(067)2863499, e-mail: an.yar.2004@mail.ru*

The creation algorithm of the remote control of solar panels and windmills is described in this research paper. This way was realized practically with the help of Ardino Uno board and the mobile application.

Keywords: remote control, board, mobile application.

ORCID: 0000-0002-1706-5287.

На даний час використання альтернативних джерел енергії є досить актуальним питанням. Одним із важливих напрямків розвитку технічної науки – є створення механізмів та систем щодо покращення та збільшення ефективності відповідних установок. Щоб приватні будинки та великі господарства стали автономними у сфері енергетики, необхідно зробити пристрої доступними та енергоефективними.

Наприклад, застосування трекерної системи для сонячних панелей збільшує ефективність порівняно зі стаціонарною, проте впровадження такої функції потребує додаткових витрат.

Альтернативним варіантом стеження за сонцем можна використати спосіб дистанційного керування пристроями.

Для конструювання виробу необхідна плата Arduino, що побудована на базі мікроконтролера ATmega328 [1,3]. Середовище програмування – ArduinoIDE. Складовим елементом також є блютуз -модуль бездротового зв'язку CN-05, що дозволяє передавати та отримувати дані по радіоканалу на дозволеному ISM діапазоні частот від 2.4 ГГц до 2.5 ГГц [2]. Функцію керування пристроєм виконує мобільний гаджет.

Створення проекту включає роботу в програмному середовищі RemoteXY. Для здійснення заданої функції використовуємо кнопку-слайдер. Це звичайний повзунок, зміна положення якого приводить до автоматичного виконання команди. Програма RemoteXY формує шаблонний скетч, який необхідно доопрацювати у середовищі ArduinoIDE та запрограмувати плату. У мобільному пристрої необхідно завантажити додаток RemoteXY через PlayMarket та відкрити свій проект.

Додаток передаватиме сигнал на плату, що в свою чергу керуватиме процесом [4,5].

За допомогою виготовленого макету можна продемонструвати функцію дистанційного керування сонячною панеллю. Модель є досить бюджетною та технічно простою у конструюванні. Ця техніка є автоматизованою та дозволяє налаштувати кут повороту пристрою згідно положення сонця для ефективнішої його роботи.

Для збільшення дальності дії дистанційного керування, тобто для зміни положення пристроїв на досить віддалених місцевостях, алгоритм створення залишається аналогічним. Для простоти виконання доцільно замінити Arduino на плату NodeMCU з мікроконтролером ESP-12E. Плата містить вбудований модуль ESP 8266, що забезпечує передачу та отримання даних через Wi-Fi за допомогою спеціальної антени [6,7].

Дана функція реалізує можливість дистанційного керування різними механізмами. Такий модуль можна використовувати у різних сферах, особливо на місцевостях небезпечних для людини. Також дана функція буде корисною для механізації меблів та тренажерів для людей з особливими потребами [6].

Література:

1. Андреев А. М. Використання апаратно-програмного комплексу *arduino* в інноваційній діяльності майбутніх учителів фізики та учнів. / А. М. Андреев, А. Г. Кулинич. // Інформаційні технології в освіті. – 2017. – №7. – с. 20-31;
2. Аронець О.В. *Arduino для початківців: навчальний посібник* / О.В. Аронець. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2018. – 224с.;
3. Дорошенко Ю.О. Навчання інформатики у структурі 12-річної загальної середньої освіти / Ю.О. Дорошенко, Н.С. Прокопенко /

Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. – 2006. – №1. – с.55-72.

4. Кривонос О. М. Огляд та перспективи використання платформи ArduinoNano 3.0 у вищій школі. / О. М. Кривонос, С. В. Кузьменко // *Інформаційні технології і засоби навчання. – 2018. – №6. ст. 56 – с. 77-87;*

5. Кривонос О. М. Робототехніка в школі. Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі. / О. М. Кривонос. – Київ: 2017. – с. 90–91;

6. Ловейкін В.С. Мехатроніка. / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. – Навчальний посібник. – К., 2012. – 357 с.;

7. Макаренко А.Ю. Бездротові технології передачі даних Wi-Fi. / А.Ю. Макаренко, А.О. Парфенова, С.Б. Могильний // *Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010. – №41. – с.55;*

УДК 620.91

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УТЕПЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ДОПОМОГОЮ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ

Д.О. Андрієвський¹, О.Г. Безрукава²,

*КЗО «Дніпропетровський обласний ліцей-інтернат
фізико-математичного профілю», вул. Абхазька, 9а, м.*

Дніпро, 49107, Україна,

е-mail: ¹andrievskiy02@meta.ua, ²dolifmp.kzo@gmail.com

тел.: ¹+38(066)-036-52-99

У роботі було досліджено теплові витрати через стіни без утеплення, виведено формулу демонстрації економії втрат тепла, визначено відсоток заощадження кімнати з утепленням та розроблено мобільний додаток, що автоматизує процес розрахунків.

Ключові слова: енергозберігаюча кімната, утеплення, теплові витрати.

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF WARMING SYSTEMS WITH MOBILE APPLICATION

D.O. Andrievskiy¹, O.G. Bezrukava²,

*Public Educational Institution «Dnipropetrovsk regional
physical and mathematical boarding lyceum», street*

Abkhazkia, 9-A, Dnipro, 49107, Ukraine,

е-mail: ¹andrievskiy02@meta.ua, ²dolifmp.kzo@gmail.com

тел.: ¹+38(066)-036-52-99

In this work heat losses were researched through the walls without insulation, a formula for demonstrating the saving

of heat losses was derived, a percentage of room saving with insulation was determined and a mobile application that automates the calculation process was developed.

Keywords: energy saving room, warming, heat expenses.

ORCID: ¹0000-0003-2220-7742, ²0000-0003-4197-6301.

У наш час дуже великою є проблема парникового ефекту, яка виникла в тім числі і внаслідок опалення промислових та житлових приміщень та роботу теплових електростанцій, що забезпечують їх енергією. Утеплення може допомогти запобігти надмірному споживанню енергії у цьому випадку. Також не варто відкидати проблему обмеженості природних паливних ресурсів, бо вони є вичерпними і рано чи пізно вони закінчатся.

Мета цієї роботи – дослідити зниження теплових втрат при утепленні і автоматизувати цей процес шляхом розробки мобільного додатку.

Для досягнення мети були поставлені і вирішені наступні задачі:

- Дослідження теплових витрат через стіни без утеплення.
- Виведення формули для демонстрації економії втрат тепла.
- Визначення відсотка заощадження кімнати з утепленням.
- Розробка мобільного додатку, що автоматизує процес розрахунків.

Загальна формула відсотка тепловитрат при утепленні:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{S_{CT} \cdot \lambda_{CT} \cdot \lambda_{YT}}{L_{CT} \cdot \lambda_{YT} + L_{YT} \cdot \lambda_{CT}} + \frac{S_B}{R_B}}{\frac{S_{CT} \cdot \lambda_{CT}}{L_{CT}} + \frac{S_B}{R_B}},$$

S_{CT} – площа стіни, m^2 , L_{CT} – товщина стіни, m , L_{YT} – товщина утеплювача, m , λ_{CT} – коефіцієнт теплопровідності стіни, $Вт/м \cdot ^\circ C$, λ_{YT} – коефіцієнт теплопровідності утеплювача, $Вт/м \cdot ^\circ C$, S_B – площа вікна, m^2 , R_B – опір теплопередачі вікна, $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$.

На основі розрахунків, виконаних з допомогою розробленого мобільного додатку, були зроблені такі висновки:

1) Втрати тепла при утепленні є нижчими у порівнянні з неутепленою стіною.

2) Втрати тепла при утепленні пінопластом, мінватою, скловатою, лляним волокном та піносклом відповідно на 27,9%, 28,9%, 26,7%, 28,7% та 27,6% нижчі, в порівнянні зі стіною без утеплення.

3) Пінопласт є кращим матеріалом для утеплення, а лляне волокно є кращим серед розглянутих екологічно чистих утеплюючих матеріалів.

4) Мобільний додаток під iOS дозволяє усім користувачам робити подібні розрахунки для своїх кімнат.

Література:

1. Гребер Г., Эрк С. Основы учения о теплообмене. М.: Из-во иностранной литературы. – 1958. – 558 с.
2. www.uk.wikipedia.org/
3. <http://narodna-osvita.com.ua/>
4. <http://bibliograph.com.ua/>
5. <http://teplokomfort.kiev.ua/ua/утеплення-будинків>
6. <https://keramikfest.com.ua/>
7. Фізика 8 клас В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова, С.О. Довгий (за редакцією В.Г. Бар'яхтара, С.О. Довгого) 2016 р.
8. <http://rukamy.in.ua/uteplennya/vidi-teploizolyatsiynih-materialiv.html#.XAPzpS1eMUs>
9. <http://www.pinosklo.com.ua/vopros-otvet.html>

УДК 620.92; 621.36

**ОБ'ЄДНАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ
ЕНЕРГЕТИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ККД
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ**

В. Гуцуляк, Г. Гургула,

*Коломийський навчально-виховний комплекс №9
«Школа-природничо-математичний ліцей», 78003, м.
Коломия, вул. Драгоманова, 1*

Щорічне світове споживання енергії еквівалентно 13 ТВт. До кінця цього століття прогнозована чисельність населення та економічне зростання підвищаться більше, ніж у три рази, що призведе до відповідного збільшення світового споживання енергії [1]. Все це, а також загроза глобальної зміни клімату, ставлять нові виклики, які визначають енергетику як пріоритетну основу сьогодення: пошук нових, екологічно чистих та поновлюваних перспективних джерел енергії. У представлений роботі подано аналіз сучасного стану розвитку альтернативної енергетики в Україні, особливу увагу звернено на використання її енергетичного потенціалу, на основі досліджень існуючих передових технологій впровадження альтернативних джерел енергії, а саме комплексного підходу, запропоновано методи їх покращення шляхом об'єднання сонячних колекторів з термоелементами, що дозволить підвищити ККД перетворення сонячної енергії у випадку з сонячними панелями на 70 %, а в випадку з сонячними колекторами на 80 %.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії,

термоелектричні перетворювачі.

Keywords: *alternative energy sources, thermoelectric converters.*

ORCID: 0000-0003-0263-5862.

Постійне зростання споживання електроенергії населенням планети призводить до загострення питання про розвиток та оптимізацію роботи джерел електроенергії. Дослідження показують збільшення виробництва електроенергії усіма відомими методами. Частка відновлюваних джерел енергії є досить значною, відповідно слід звернути більше уваги на можливості генерації електроенергії.

Метою роботи є вивчення потенціалу застосування різних видів відновлювальної енергетики та дослідження способів підвищення ККД перетворювачів енергії шляхом об'єднання різних джерел в одному пристрої. Для цього були поставлені і виконані такі завдання: провести дослідження різних типів джерел відновлювальної енергії та на основі отриманої інформації запропонувати оптимальний тип комбінованої енергосистеми.

Використання одного з видів поновлювальних джерел енергії може бути пов'язаним із нерівномірністю постачання енергії, що має природну основу (геліоенергетика, вітроенергетика). В деяких випадках рівень енергії поновлювального джерела недостатній для його прямого використання (вітроенергетика, геотермальна енергетика, фотоенергетика). В таких випадках доцільне комбіноване використання поновлювальних джерел, а також їх робота з

акумуляторами енергії. Серед можливих варіантів комбінованих використань поновлювальних джерел і акумуляторів – комбінована енергосистема для енергозабезпечення житлових та промислових об'єктів сільського господарства та автономна комбінована енергосистема

На жаль наявні рішення лише впроваджують наявні джерела енергії на одному об'єкті і не дозволяють підвищити ККД перетворення.

Проаналізувавши принципи роботи альтернативних джерел енергії можна зробити наступні висновки:

- біомаса зазвичай використовується для отримання біогазу на віддалених від житлових зон територіях;
- геотермальна енергетика присутня тільки на окремих територіях;
- вітрова та гідроенергетика за своїм принципом роботи не дозволяє застосування додаткових механізмів перетворення енергії для збільшення його ККД;
- залишається сонячна енергетика, яка, окрім прямого перетворення енергії сонця в електричну, має теплову складову, яку можна додатково перетворювати в електроенергію.

Слід зауважити, що сонячна енергія містить дві складові: теплову і світлову. Відповідно енергію сонця доцільно перетворювати різними методами, а саме фотоелектричним (сонячні панелі) та тепловим (сонячні колектори).

Зараз все більшого розвитку набувають сонячні панелі, що дозволяють перетворювати сонячну енергію у електричну для побутових потреб. Дане перетворення має достатньо високий коефіцієнт корисної дії (для сучасних установок 40-50 %). Проте інша частина енергії іде на

нагрівання самої сонячної панелі, що негативно впливає на її роботу. Відповідно дане тепло потрібно відводити для стабільної роботи системи. Вивчивши літературні дані та провівши власний експеримент було встановлено, що під час експлуатації робоча поверхня сонячної панелі нагрівається до температур 80-180 °C в наших кліматичних умовах в залежності від пори року. В більш жарких частинах світу дана температура досягає значень 250-270 °C.

Окрім фотовольтаїчних панелей встановлюють сонячні колектори для нагріву води. Сучасні конструкції колекторів сонячної енергії дозволяють через використання спеціально сконструйованих поворотних пристроїв – трекерів і концентраторів нагрівати робочу рідину до температур 150-300 °C (в абсолютній шкалі температур це 450-600 K).

Ми пропонуємо не відводити теплову енергію від сонячних панелей та колекторів, а перетворювати її в електричну за допомогою термоелектричних перетворювачів енергії. Їх створюють на базі напівпровідників та їх сполук. В залежності від напівпровідникового матеріалу термоелектричний перетворювач може ефективно працювати в різних діапазонах температур. Сьогодні розрізняють три діапазони робочих температур перетворювачів: низько, середньо та високо температурні діапазони. Як бачимо для відбору тепла з подальшим його перетворенням із робочої поверхні сонячної панелі доцільно використовувати термоелектричні перетворювачі із низькотемпературного діапазону, а для сонячних колекторів - термоелектричні перетворювачі із середньо температурного діапазону.

Отож, ми пропонуємо дообладнувати сонячні панелі та сонячні колектори термоелектричними перетворювачами енергії. Дане рішення дозволить підвищити ККД перетворення сонячної енергії у випадку з сонячними панелями на 70 %, а в випадку з сонячними колекторами на 80 %.

Література:

1. *Basic Research Needs for Solar Energy Utilization, Report of the Basic Energy Sciences Workshop on Solar Energy Utilization, USA: DOE, April 18–21, 2005.*
2. Кудря С.О. Тенденції розвитку відновлювальної енергетики / С. Кудря, О. Пепелов // *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції, 27-29 вересня 2017 р., м. Київ.* – С.23-25.

ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ КЕРОВАНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Ю.Лашко

Кременчуцький ліцей №4 «Кремінь»

Кременчуцької міської ради

Полтавської області

Тел.: +380974748960, email: laskojuliya2210@gmail.com

У роботі наведена порівняльна оцінка впровадження різних видів керованих інженерних споруд у плані покращення енергетичної ефективності житлових будівель.

Ключові слова: енергетична ефективність, керовані інженерні споруди, термомодернізація.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS THROUGH THE INTRODUCTION OF MANAGED ENGINEERING FACILITIES

Y.Lashko

Kremenchuk Lyceum №4 "Kremin"

Kremenchug Town Council

Poltava region

Tel .: +380974748960, email: laskojuliya2210@gmail.com

The article presents a comparative assessment of the implementation of various types of managed engineering facilities in terms of improving the energy efficiency of residential buildings.

Keywords: *energy efficiency, controlled engineering structures, thermo-modernization.*

Різке подорожчання енергетичних ресурсів обумовлює проблему пошуку та впровадження заходів з покращення енергетичної ефективності об'єктів різного призначення та форм власності. Для житлового фонду це насамперед означає перехід до реальної економії спожитих ресурсів, що напряму обумовлюють комунальні платежі. Так як однією з основних статей витрат є оплата послуг за теплопостачання, даний напрямок є найбільш актуальним. Простому вирішенню цього питання перешкоджають два вагомні фактори – невизначеність вихідного стану будівлі та її інженерних комунікацій та обмеження у фінансуванні, що не дозволяє провести комплексну термомодернізацію.[1]

Аналіз стану теплових комунікацій, тепловізійний аналіз зовнішніх огорожувальних конструкцій та проведені особисті бесіди з мешканцями досліджуваних будівель дозволили прояснити картину з особливостей їх теплозабезпечення в опалювальний сезон (рис. 1). Для усіх об'єктів характерним є перегрів верхніх поверхів та недогрів нижніх із значною втратою теплоносія при його транспортуванні.[2]

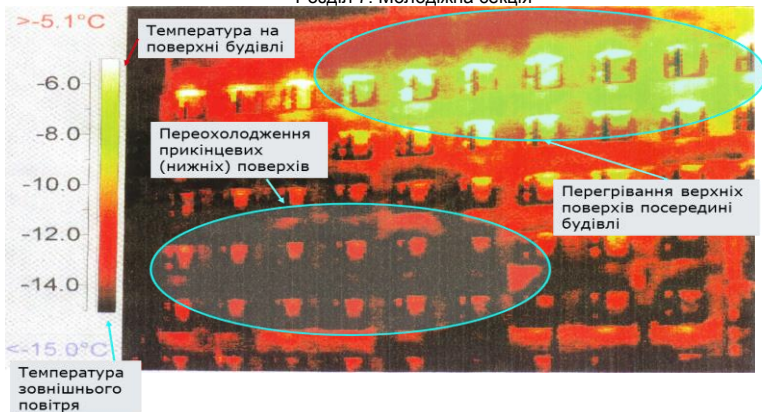


Рисунок 1 – Особливості тепло забезпечення будівель в опалювальний період

Відповідно до загальних рекомендацій головам ОСББ досліджуваних будівель було запропоновано наведений у табл. 3 порядок проведення заходів з термомодернізації.

№	Сутність робіт	Енергоефективність (за рахунок чого)
1.	Встановлення теплового лічильника	Незначна, до 5 % (не оплачуються частина витрат з транспортування енергоносія до будинку, але при цьому визначається реальне енергоспоживання)
2.	Енергетичний аудит	Відсутня (аналізуються реальні тепловитрати та теплові втрати, що у дозволяє розробляти ефективні заходи із енергозбереження)
3.	Впровадження індивідуальних тепловпунктів	До 30 % (за рахунок регулювання, більший ефект досягається при автоматичному режимі роботи з погодним регулятором)

4.	Теплоізоляція труб та будівлі у цілому	До 10–15 % (за рахунок виключення переохолодження труб із теплоносієм у підвальних та технологічних приміщеннях та зменшення витоків тепла з поверхні будинку)
5.	Балансування системи опалення	До 10 % (за рахунок вирівнювання теплового профілю будинку та забезпечення належного обігу теплоносія)
6.	Перехід на індивідуальне регулювання	До 20 % (за рахунок додаткового регулювання температури у невикористовуваних приміщеннях та у період відсутності мешканців)

Рекомендований порядок проведення заходів з термомодернізації

Оглянувши ринок контролерів, призначених для керування ІТП, було зроблено висновок, що майже усі вони працюють за схожими принципами, заснованими на погодному регулюванні. Таким чином вибір визначався їх додатковим функціоналом. У підсумку вибір було зупинено на контролері ECL Comfort 310 фірми Danfoss (Данія).[3]

Порівняльний аналіз проводився після припрацювання систем за контрольними вибірками параметрів, знятих фактично за однакової температури зовнішнього повітря. У вибраних умовах керування (сталість розходу теплоносія та приблизно однакова опалювальна площа), найкращі показники відповідають ІТП за незалежною схемою з балансуванням та утепленням, трохи гірші – ІТП за незалежною схемою з утепленням і найгірші – ІТП за залежною схемою.

Література:

1. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. *Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель*. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 47 с.
2. *Gevorkian P. Alternative Energy Systems in Building Design*. – McGraw-Hill. 2010. – 545 p.
3. ДСТУ– Н Б В.2.5 - 37:2008 "Інженерне обладнання будинків і споруд".

УДК: 625.8

ПЕРСПЕКТИВИ ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКУ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ДОРІГ

А. О. Букшань

*Ліцей імені Михайла Семеновича Рудяка, вул. Миру 14,
м. Старокостянтинів, Хмельницька обл., 31100, Україна,
тел.: +38(068)1727949, e-mail:
alinaolegbukshan2004@gmail.com*

У роботі описана технологія використання вторинного пластику у будівництві довговічних доріг з мінімумом шкоди для навколишнього середовища. Використання гранул пластику після вторинної переробки відходів пластмаси є екологічно важливим, енергомічним та може відкрити нові можливості у дорожньому будівництві.

Ключові слова: довговічність дорожнього покриття, пластик, екологія, енергомічність.

THE PROSPECTS OF PLASTIC RECYCLING IN THE ROAD CONSTRUCTION TECHNOLOGY.

A. O. Bukshan

*Lyceum named after M.S.Rudiak, Myra Street
14, Starokostiantyniv,
Khmelnyskyi region, 31100, Ukraine tel.: +38(068)1727949,
e-mail: alinaolegbukshan2004@gmail.com*

The research paper examines the technology of recycled plastic use in the construction of durable roads with the minimal harm to the environment. The use of plastic

granules after plastic waste recycling is critical for the environment and energy-efficient. It can lead to innovative opportunities in road construction.

Key words: *durability road surface, plastic, ecology, energy efficiency.*

ORCID: 0000-0003-0566-5928.

Через різкі перепади температур дороги у нашому кліматі потребують частих ремонтних робіт і постійного технічного обслуговування. Бітум для будівництва асфальтних доріг наша країна вимушена купувати у своїх ворогів, а будівництво бетонних доріг вимагає більше коштів.

Конструкції сучасних автомобільних доріг і технології їхнього будівництва засновані на двох альтернативних типах дорожнього покриття, що конкурують між собою, – це нежорстке покриття – асфальтобетонне, і жорстке покриття – цементобетонне. В Україні віддають перевагу будівництву доріг з асфальтобетону, у загальній кількості їх понад 90%. [1,2]

Результати аналізу забруднень навколишнього середовища асфальтобетонними заводами свідчать про їхній негативний вплив на організм людини. Вартість будівництва цементобетонних доріг вища, ніж асфальтобетонних, вартість бетонної дороги першої категорії становить 18-20 млн. грн. за кілометр, тоді як один кілометр асфальтної становить 15-17 млн. грн. Бетонні дороги потрібно рідше ремонтувати, а значить експлуатація обійдеться дешевше. Крім вищої вартості на етапі будівництва, недоліком цементобетонної дороги є те, що вона більш гучна. [3]

Переробка відходів пластмаси у гранули для доріг не потребує складного очищення і підготовки, достатньо промити і підсушити, а потім подрібнити і розплавити при температурі 170°C. [4]

Технологія укладання гранул з переробленого пластику така ж, як і під час укладання асфальту, не вимагає зміни процесу, що дуже зручно. Також потрібно добре змішати дві частини піску з однією частиною щебеню, підігріваячи при цьому, в окремій ємності третину частини вторинного пластику (гранули з переробленого пластику повністю замінюють потребу в бітумі, оскільки бітум виготовляють з сирової нафти і використовують в якості зв'язування компонентів) до температури 170°C, залити в щєбінь з піском. Продовжувати перемішувати. Викладати, як і асфальтобетон – гарячим. [5]

Пластикова дорожня суміш на 60% міцніша і прослужить в 10 разів довше, ніж стандартний асфальт, збільшуючи тривалість життя дороги і запобігаючи появі вибоїн. [6]

Проведемо розрахунки. 1 тонна асфальту коштує на ринку (мінімальна ціна) 1860 грн. і складає в об'ємі 0,5м³. Для покриття дороги з товщиною шару 1 см, на 1м² дороги витрачається 25 кг асфальту. Тоді на 5 см – 125 кг асфальту. За відповідними дорожніми нормативами, ширина двохполосної смуги руху в середньому становить 7 м, тоді довжина дороги в 1 км матиме площу 7000 м². Нескладні розрахунки доводять, що на 1 км дороги товщиною 5 см потрібно 7000·125=875 000 кг =875 тонн асфальту. 875·1860=1 627 500 гривень.

Як правило, дорожнє покриття на 90% складається з каменю, піску та вапняку, і на 10% з бітуму. Бітум частково отримують з нафти і використовують в якості зв'язки компонентів асфальту. За словами вчених із США,

бітум може отруювати воду, тому його всіляко намагаються замінити іншими компонентами з відповідними фізичними властивостями.

На 1 м² дороги витрачають 0,5 л рідкого бітуму. Тобто, на 1 км ми витратили 3 500 л бітуму, який, до того ж, купуємо у ворогуючої країни. Якщо ж його замінити гранулами, то ми зекономимо суттєву суму коштів, тому що проблем з пластиком не буде.

Використання переробленого пластику для будівництва доріг не тільки допомагає зменшити кількість сміття, але й створює робочі місця для тисяч людей. До того ж пластик більш міцний, ніж звичайний асфальт, безпечний для навколишнього середовища і дозволяє заощадити бітум. [7]

Література:

1. Бачурін А. Н. Проблема утилізації і використання твердих побутових відходів / А. Н. Бачурін. – Макіївка: Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Сучасні будівельні матеріали, 2009. – 89 с.
2. Білоус М.М. Перспективи використання модульного покриття для укріплення лісових доріг / М. М. Білоус, А. Ю. Виговський, Р. А. Фрайнд // Научный взгляд в будущее. – Иваново : 2016. – Вип. 4. – Т. 9. – С. 4-6.
3. Кулицький С. Проблеми розвитку мережі автомобільних доріг в Україні [Електронний ресурс] / С. Кулицький // Україна: події, факти, коментарі. – 2017. – № 22. – С. 56–65.
4. Ла Мантия Ф. Вторичная переработка пластмасс / Пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. — СПб.: Профессия, 2006. — 400 с.
5. Лункіна Т. І., Каратай Т. М. Утилізація твердих побутових відходів в Україні як фактор економічного піднесення країни. Наукова праця/Т.І.Лункіна, Т.М.Каратай// Економіка МНАУ. – Миколаїв, – 2016.
6. В Індії побудували з переробленого пластику понад 100 000 км доріг. [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/>
7. Миронова В. Дороги из резины, пластика и бетона. Какое будущее водителям готовят новые технологии // finance.ua / В. Миронова. – 2016. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://news.finance.ua/ru/news/>

Матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції

**ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ**

Київ, 15 – 16 травня 2019 року

Оригінал-макет підготовлено редакційним відділом ІВЕ НАНУ.

Наукові редактори: Кудря С. О., Резцов В. Ф., Суржик Т. В.,
Рєпкін О. О., Кузнецов М. П., Васько П. Ф., Морозов Ю. П.,
Головко В. М., Будько В. І., Ключ В. П., Ключ С. В., Пепелов О. В.

Редакційна група: Щокін А. Р., Пономаренко О. П., Щокіна В. А.,
Іванчук О. І.

Обкладинку розробив: Пепелов О. В.

Верстка: Тефнанц М. А., Пономаренко О. П., Щокіна В. А., Кушнір І.О.

Підписано до друку 05.04.2019 р. Протокол №9 від 05.04.2019 р.
Формат 60 x 84/16. Умовн. друк. арк. 22.75.

Видавець: ТОВ «НВП «ІНТЕРСЕРВІС»,
02099, м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Зареєстровано 01.09.2004, свідоцтво: серія КВ, № 9115.
Ціна договірна.