

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

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

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ТА
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ – REMS'22**

Збірник матеріалів конференції



IEE

15-17 листопада 2022 р.

м. Київ

Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 15-17 листопада 2022 р. – Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 87 с.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

ГОЛОВА

ДЕНИСЮК Сергій

Директор Навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВИ:

БОЙЧЕНКО Сергій

завідувач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів НН ІЕЕ

ДЕРЕВ'ЯНКО Денис

завідувач кафедри електропостачання НН ІЕЕ

Члени програмного комітету:

Басок Борис, член-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

Бесараб Олександр, доцент

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Босий Дмитро, проф.

Український державний університет науки і технологій, Україна

Бурбело Михайло, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Бялобржеський Олексій, доцент

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

Гонсалес-Лонгатт Франсіско, проф.

Університет південно-східної Норвегії, Норвегія

Губін Сергій, проф.

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Україна

Дупак Олександр,

Науково-технічна спілка енергетиків та електротехніків України

Жаркін Андрій, академік НАН України

Інститут електродинаміки НАН України, Україна

Жуйков Валерій, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Захарченко Віктор, проф.

Національний авіаційний університет, Україна

Каплун Віктор, проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Качан Юрій, проф.

Національний університет «Запорізька політехніка» Україна

Кіорсак Михайло, проф.

Інститут енергетики АН Молдови, Молдова

Комар Вячеслав, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Кудря Степан, проф.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Україна

Курляк Петро, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Лазуренко Олександр, проф.

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Лежнюк Петро, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Лі Бернт, проф.

Університет південно-східної Норвегії, Норвегія

Марченко Андрій, проф.

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Папайка Юрій, проф.

Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна

Плсшков Петро, проф.

Центрально український національний технічний університет, Україна

Садовий Олександр, проф.

Дніпровський державний технічний університет, Україна

Сегеда Михайло, проф.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Сінчук Олег, проф.

Криворізький національний університет, Україна

Стржелецькі Ришард, проф.

Гданський університет технологій, Польща

Шрам Олександр, доцент

Національний університет «Запорізька політехніка» Україна

Щокін Вадим, проф.

Криворізький національний університет, Україна

Адреса організаційного комітету конференції:

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту. 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22, к. 315, тел./факс (38-044) 204-85-14; сайт: pems.kpi.ua, e-mail: pems@kpi.ua

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE**

**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute”**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL,
METHODOLOGICAL CONFERENCE**

**PROBLEMS OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM –
PEMS’22**

Conference proceedings



IEE

15-17 November 2022

Kyiv

Problems of Energy Management System. Conference proceedings of the 7th International Scientific-Technical, Methodological Conference in Kyiv on 15-17 November, 2022. Kyiv, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2022, 87p.

CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

HEAD

DENYSIUK Serhii

Director of the Educational And Scientific Institute of Energy saving and Energy management “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

DEPUTIE HEADS:

BOICHENKO Serhii

Head of the Automation of Electrical and Mechatronic Complexes Department IEE

DEREVIANKO Denys

Head of the Power Supply Department IEE

Members of program committee:

Basok Borys, Ass. Member of NAS Ukraine

Institute of Engineering Thermophysics NAS Ukraine, Ukraine

Besarab Oleksandr, Docent

Odesa National Polytechnic University, Ukraine

Bosyi Dmytro, Prof.

Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

Burbelo Mykhailo, Prof.

Vinnytsya National Technical University, Ukraine

Bialobrzheskyi Oleksii, Docent

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, Ukraine

Honsales-Lonhatt Fransisko, Prof.

The University of South-Eastern Norway, Norway

Hubin Serhii, Prof.

National Aerospace named after M.E. Zhukovsky “KhAI”, Ukraine

Dupak Oleksandr,

Scientific and technical Association of power engineers and electrical engineers of Ukraine

Zharkin Andriy, Academician of NAS Ukraine

Institute of Electrodynamics NAS Ukraine, Ukraine

Zhuikov Valeriy, Prof.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

Zakharchenko Victor, Prof.

National Aviation University, Ukraine

Kaplun Viktor, Prof

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Kachan Yuriy, Prof.

Zaporizhzhya State Engineering Academy, Ukraine

Kiorsak Mykhailo, Prof

Institute of Power Engineering of Moldova AS, Moldova

Komar Viacheslav, Prof.

Vinnytsya National Technical University, Ukraine

Kudrya Stepan, Prof.

Institute of Renewable Energy NAS Ukraine, Ukraine

Kurliak Petro, Docent

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Lazurenko Oleksandr, Prof.

National Technical University of Ukraine “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Lezhniuk Petro, Prof.

Vinnytsya National Technical University, Ukraine

Li Bernt, Prof.

The University of South-Eastern Norway, Norway

Marchenko Andrii, Prof.

National Technical University of Ukraine “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Papaika Yuriy, Prof.

Dnipro University of Technology, Ukraine

Plieshkov Petro, Prof.

Central Ukrainian National Technical University, Ukraine

Sadovyi Oleksandr, Prof.

Dniprovsky State Technical University, Ukraine

Sheda Mykhailo, Prof.

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Sinchuk Oleg, Prof.

Kryvyi Rih National University, Ukraine

Strzheletski Ryshard, Prof.

Gdansk University of Technology, Poland

Shram Oleksandr, Docent.

Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

Shchokin Vadym, Prof.

Kryvyi Rih National University, Ukraine

Organizational committee of the conference:

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Institute of Energy saving and Energy management. 3056, Ukraine, Kyiv, 115 Borshchagivska st., b. 22, r. 315, tel./fax (38-044) 204-85-14;

e-mail: pems@kpi.ua, link: pems.kpi.ua

ЗМІСТ

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Денисюк С.П., Шовкалюк М.М. КПІ НА ШЛЯХУ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО СУСПІЛЬСТВА: 25-РІЧНИЙ ДОСВІД	8
Басок Б. І., Давиденко Б. В., Гончарук С. М., Лисенко О.М., ЧИСЕЛЬНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД	11
Зайцев Є.О., Закусило С.А., Блінов І.В., Березниченко В.О. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВАРІЙНИХ СТАНІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ	13
Кучанський В.В., Тугай Ю.І. КОМПЕНСАЦІЯ НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ КЕРОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	16
Кірін Р.С. СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ПРО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ	18

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Дерев`янку Д.Г., Крижанівська М.О. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РИНКІВ УКРАЇНИ ТА КРАЇН ЄС	20
Денисюк С.П., Коцар О.В., Шовкалюк М.М. ПРОВЕДЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ ФАХІВЦІВ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НА БАЗІ ЦЕНТРУ ПІДГОТОВКИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ НН ІЕЕ	22
Степаненко В.А., Замулко А.І., Веремійчук Ю.А. ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	24
Басок Б.І., Недбайло О.М., Божко І.К., Мартенюк В.О. ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОХКАМЕРНИХ ВЕНТИЛЬОВАНИХ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	26
Горський В.В., Майстренко Н.Ю., Маляренко О.Є. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗА РЕГІОНАМИ УКРАЇНИ (МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА)	28

МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

Довгаль М.О., Замулко А.І. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЦ НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЦІНОВИХ ОБМЕЖЕНЬ НА РИНКУ	30
Бориченко О.В., Сербенівський Ю.К. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕХОДУ НА АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА ДЛЯ ВИРОБНИЦВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	32
Карпенко А.В., Веремійчук Ю.А. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ З ВСТАНОВЛЕННЯМ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ	34
Прокопенко В.В., Чорний А.О. СТВОРЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЕНЕРГОРЕСУРСИ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ	36
Цюх В.О., Веремійчук Ю.А. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	38

Бориченко О.В., Чернявський А.В., Поплігіна В.С. ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	40
Бориченко О.В., Чернявський А.В., Чеховська А.С. МОНІТОРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ	42
Бориченко О.В., Чернецька Ю.В., Єгоренко А.А. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАКЕТІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ БЮДЖЕТНИХ УСТАНОВ	44
Владиченко В.В., Замулко А.І. ІНТЕГРАЦІЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ГАЗОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	46

ХІММОТОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

Кизима С.М., Марчук Л.Р., Сліденко В. М. П'ЄЗОДЕПРЕСАТОР АКТИВІЗАЦІЇ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ	48
Волчок В.О. ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ І СКЛАДУ ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА	50
Antypov I. O., Tarasenko S. Ye. ASSESSMENT OF THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF THE IMPLEMENTATION OF HEAT ACCUMULATORS BASED ON ENVIRONMENTALLY CLEAN STORAGE MATERIALS IN THE HEATING SYSTEM OF A PUBLIC	51
Мирутенко П.П., Лістовщик Л.К. ГРАВІТАЦІЙНІ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ	53
Ribun V., Boichenko S. PROBLEMS AND PROSPECTS IN GAS-TO-LIQUID TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MOTOR FUELS	56
Зайченко С., Деревянко Д., Побігайло В., Жукова Н. RESEARCH OF THE THERMAL MODE OF THE DRUM MOTOR DRIVE OF THE BELT CONVEYOR	57
Костенко Г.П. SWOT-АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ	59
Квашук Д. М. МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ОБЕРТАЛЬНИХ МОМЕНТІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВОГО ІНФОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРУ	61
Старушенко Г.А. НЕСТАЦІОНАРНИЙ ТЕПЛООБМІН В КОМПОЗИТНИХ МЕМБРАНАХ	63
Костенко Г.П. АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНО СПРЯМОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	65
Дубровська В.В., Шкляр В.І., Гавриленко Є.В., АНАЛІЗ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ CO ₂ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГЕЛІОСИСТЕМ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЮДЖЕТНИХ ОБ'ЄКТІВ	67
Коберник В.С. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ	69
Докшина С.Ю., Бойченко С.В., Розен В.П., Шкільнюк І.О., Куберський І.О. КОНЦЕПЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЧЕРЕЗ УТИЛІЗАЦІЮ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ І ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН	71
Marhasova V., Hnedina K. ECOLOGICAL SAFETY OF WATER RESOURCES IN UKRAINE: MODERN CHALLENGES AND THREATS TO HYDROPOWER POTENTIAL SAVING IN WARTIME CONDITIONS	74
Марчук Л.Р., Поліщук В.О., Сліденко В. М. ЕНЕРГООЩАДНА АДАПТАЦІЯ ВІБРОУДАРНОГО КОВША МАНІПУЛЯТОРА ДО ЗМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА	76
Новиков А.О., Ткаченко, В.О., Сліденко В.М. РЕКУПЕРАТИВНИЙ АМОРТИЗАТОР ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	78

Третякова Л.Д. ВИБІР ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЯХ	80
Бойко В.В., Войченко Ю. І., Хлевнюк Д.В., Хлевнюк Т.В., Ган А.Л., Ган О.В. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СПІНЕНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ПРИ РОЗМІНУВАННІ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	82
Єзгор А.В., Жукова Н.І. ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗИФІКАЦІЇ ТОРФУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ В УКРАЇНІ	84
Бондарчук Ю. В., Вовк О.О. ЗАСТОСУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У ВИЛУГОВУВАННІ МЕТАЛІВ З РУД ТА ВІДВАЛІВ РУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ	86

УДК 690.9

Денисюк С.П., д-р.техн.наук, проф.,
Шовкалюк М.М., канд.техн.наук, доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

КПІ НА ШЛЯХУ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО СУСПІЛЬСТВА: 25-РІЧНИЙ ДОСВІД

Вступ. Для вирішення завдань енергетичної безпеки Україна потребує висококваліфікованих фахівців, що мають відповідну підготовку для того, щоб ефективно контролювати, управляти енергоспоживанням та зберігати енергоресурси. Такі фахівці повинні мати необхідні знання та компетенції для того, щоб в майбутньому працювати у організаціях, що займаються: впровадженням систем енергетичного менеджменту, розробкою і виконанням місцевих енергетичних планів міст, виконанням цільових програм енергоефективності, впровадженням енергоефективних технологій та розосередженої генерації, енергоаудитами та енергетичною сертифікацією. Таким чином, питання якісної підготовки фахівців у сфері енергоефективності для нашої країни є надзвичайно актуальним.

Мета роботи: аналіз досвіду діяльності і результатів впровадження освітніх програм з енергетичного менеджменту на базі НН ІЕЕ ім.Ігоря Сікорського, а також міжнародних проєктів, програм підвищення обізнаності в сфері енергоощадності для школярів, молоді і широкого кола фахівців.

Матеріал і результати дослідження.

Система навчання та підготовки кадрів у сфері енергозбереження вперше на пострадянському просторі почала створюватись в Україні прийняття ЗУ «Про енергозбереження» (1994) та затвердження «Комплексної державної програми з енергозбереження». Згідно Постанови КМУ № 148 від 05.02.97 р. ІЕЕ є базовим інститутом в Україні з підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації, популяризації знань у галузі енергозбереження та енергоменеджменту. У 1997 р. в ІЕЕ було відкрито вперше спеціальність «Енергетичний менеджмент», розроблено відповідне нормативно-методичне забезпечення, яка надалі було використано для організації випуску фахівців в інших університетах України. Спочатку до складу ІЕЕ входили кафедри електропостачання та загальної теплотехніки, НДІ автоматики і енергетики «Енергія» та центр підготовки енергоменеджерів (ЦПЕМ). Пізніше, у 1998 році, з об'єднанням ІЕЕ та гірничотехнічного факультету (заснований у 1946 році) створено Інститут енергозбереження та енергоменеджменту у його нинішньому складі [1]. В 2022 році маємо знаменну і приємну подію – 25 років створення спеціальності «Енергетичний менеджмент». На початку діяльності інститут очолював професор А.В.Праховник [2], а з 2013 р. - д.т.н., професор С.П. Денисюк. Інститут було створено і метою проведення освітньої, наукової, методичної, організаційної та інформаційної діяльності в галузі енергозбереження, енергоменеджменту, енергоаудиту, впровадження ресурсозберігаючих технологій. На сьогодні до складу НН ІЕЕ входить: 4 кафедри, 2 науково-дослідні центри, навчально-наукові та дослідні лабораторії.

Праховник А.В. започаткував освітній процес щодо підготовки студентів-енергоменеджерів на базі випускової кафедри електропостачання (ЕП). Вже з 1998-1999 навчального року було набрано дві групи прийому на перший курс із напрямку підготовки «Специфічні категорії» (код освітньо-кваліфікаційного рівня: 7.000008 – спеціаліст, 8.000008 – магістр) [2]. Ця спеціальність поєднує теплотехнічну та електротехнічну підготовку з менеджерсько-управлінською і була акредитована в багатьох університетах України. Викладачі двох кафедр здійснювали освітній процес і сумісно готували студентів за програмами підготовки «Енергетичний менеджмент» згідно з переліком спеціальностей 2006 р. (табл. 1). Перший набір на кафедру ТЕ відбувся у 2007р., а 1-й випуск - у 2013 р. (випуск на кафедрі ТЕ обумовлено переходом до нової класифікації). За таблицею відповідностей старих переліків (2006, 2010) новому (2015) спеціальність «Енергоменеджмент» відповідає: 14 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, галузь знань 14 (Електрична інженерія).

Таблиця 1 – Перелік напрямів, за якими велася підготовка енергоменеджерів

Норм. документ	Галузь знань	Код	Напрямок підготовки	Професійно-орієнтовна програма
Постанова КМУ від 13.12.2006 р. № 1719 (Перелік-2006)	0507 - Електро-техніка та електромеханіка	6.050701 -бакалавр, 7.05070108 - спеціаліст, 8.05070108 -магістр	Електро-техніка та електро-технології	Енергетичний менеджмент
	0506 – Енергетика та ен-чне машинобудування	6.050601 – бакалавр, 7.05060105 - спеціаліст, 8.05060105 -магістр	Тепло-енергетика	Енергетичний менеджмент

У 2022 р. навчання за напрямком «Енергоменеджмент» в Україні здійснюється:

- за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка, та електромеханіка»: для бакалаврів - за 18 освітніми програмами, для магістрів - за 17 освітніми програмами
- за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»: для бакалаврів - за 10 освітніми програмами, для магістрів - за 9 освітніми програмами.

В ІЕЕ на сьогодні розроблено 10 сертифікатних програм.

Просвітницька діяльність. У 2007 році в ІЕЕ було розроблено Типову програму підготовки і підвищення кваліфікації фахівців і понад 1500 вітчизняних фахівців підвищили кваліфікацію в ЦПЕМ за напрямками «Основи енергозбереження та енергетичний менеджмент» та «Енергетичний аудит». В ЦПЕМ було також розроблено програми навчання та проведено тренінги для: НАЕК «Енергоатом», НЕК «Укргідроенерго», ДТЕК, ТОВ «Метінвест-Промсервіс», регіональних і місцевих органів влади, міністерств та комітетів. В рамках співпраці ЦПЕМ із GIZ та Мінрегіонбудом було проведено цикл триденних семінарів з розбудови енергетичного менеджменту для представників територіальних громад в багатьох містах України.

Для поширення позитивного досвіду КПІ ім. Ігоря Сікорського в питаннях енергоефективності замовлення МОН в ІЕЕ розроблено: «Методику проведення енергетичного аудиту закладів освіти», «Типове положення про запровадження енергетичного менеджменту в навчальних закладах та установах МОН України», «Програму МОНУ щодо зменшення споживання енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти...». Важливим та актуальним напрямком роботи є залучення фахівців університету до гармонізації міжнародних стандартів з енергоефективності з нормативною базою України, а також розробка освітніх програм для підвищення кваліфікації енергоменеджерів у відповідності з вимогами стандартів.

Також в різні роки викладачами ІЕЕ було розроблено посібники для: школярів і вчителів, муніципальних енергоменеджерів, енергоменеджерів навчальних закладів, енергоаудиторів промислових підприємств та ЖКГ. Щороку в ІЕЕ проводиться триденна Всеукраїнська олімпіада зі спеціальностей «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент». Започатковано щорічний всеукраїнський з міжнародною участю конкурс наукових робіт «Інтелект молоді. Рациональне природокористування та новітні енергоефективні технології».

Співпраця з провідними організаціями. Здійснюється успішна співпраця з кафедрою цільової підготовки НАНУ: проводяться спільні наукові дослідження, аспіранти та магістри кафедри слухають курс лекцій «Моніторинг параметрів режимів роботи електроенергетичних систем». Здійснюється дуальна освіта з бакалаврської і магістерської підготовки запроваджена з ДТЕК. В рамках виконання договору про співробітництво між ІЕЕ та Управлінням ЖКГ Солом'янської РДА за 2017–2019 р.р. студентами виконано курсові проекти з енергоаудиту на 97 об'єктах (школи, садочки).

Здійснюється співпраця ІЕЕ та Служби енергоменеджменту університету: студенти проходять переддипломну практику в СЕМ, на об'єктах КПІ здійснюють інструментальні виміри в рамках вивчення навчальних дисциплін, виконують моделювання, прогнозування енергетичних витрат та науково-практичні дослідження.

Міжнародне співробітництво. Наші студенти та аспіранти мають можливість навчатися в провідних навчальних закладах 14 країн (Іспанія, Італія, КНР, Корея, Литва, Люксембург, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Португалія, Туреччина, Фінляндія, Франція). Починаючи з 2010 року 107 студентів-енергоменеджерів навчалися за різними програмами. В рамках академічної мобільності з 2014 р. в ІЕЕ навчалось 42 студенти та аспіранти з 18 країн (Азербайджан, Алжир, В'єтнам, Гана,

Гвінея, Грузія, Йорданія, Ірак, Іспанія, КНР, Лівія, Нігерія, РФ, Сенегал, США, Сьєрра-Леоне, Туреччина, ФРН). З 2019 року в НН ІЕЕ діє програма подвійного диплому спільно з Варшавським технологічним університетом.

Студентське життя в мирні часи було різноманітне, проводилися різні культурно-масові заходи («Містер та Міс ІЕЕ», «День Першокурсника», «День ІЕЕ», «Битва факультетів»), Спартакіада ІЕЕ та Тижні енергоефективності». В ІЕЕ діють 7 наукових гуртків та загальноуніверситетський гурток «КРІ CyberSport». Студенти мають можливість навчатися на бюджеті, отримувати академічну стипендію, вчитися за міжнародними програмами, проходити військову підготовку. Студенти ІЕЕ мають свій навчальний корпус №22 та гуртожиток №16. Відсоток працевлаштованих випускників, які навчалися за бюджетною формою фінансування (за останні 5 років) становить 100%, що говорить про сьогоденний попит спеціалістів. Випускники працюють експертами, енергоаудиторами, керівниками і провідними спеціалістами міністерств, відомств, підприємств та організацій, надають консалтингові та інжинірингові послуги.

Наукова діяльність. Спеціалізована вчена рада Д 26.002.20, створена в НН ІЕЕ, за період з 15.04.2014 до 31.12.2021 була єдиною в Україні із захисту докторських дисертацій за спеціальністю 05.14.01 «Енергетичні системи та комплекси».

Здобутки НН ІЕЕ. За останні роки викладачі ІЕЕ, що навчають енергоменеджерів, ставали лауреатами багатьох конкурсів і премій, в т.ч. премії Верховної ради України, стипендіатами КМУ, а також тричі отримували Премію Президента України для молодих учених. Медіа-компанія Forbes Україна 13 квітня 2021 р. опублікувала перший список 100 найкращих факультетів українських ВУЗів: Інститут енергозбереження та енергоменеджменту (єдиний інститут / факультет вузів України енергетичного профілю), потрапив у ТОП 10 Інститутів/факультетів промисловості.

Список використаних джерел:

1. Денисюк С.П. 75 славних і знаменних років навчально-науковому інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім.Ігоря Сікорського // С.П. Денисюк, А.Л. Ган, О.В. Данілін, М.І. Сергієнко. Енергетика: економіка, технології, екологія. № 3, 2021. С.7-17. Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/issue/view/15107>.

2. Інститут енергозбереження та енергоменеджменту. Спеціальності і та кафедри: Довідник / Уклад: А.В. Праховник, І.С. Рябенко, О.І. Соловей та ін. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2001. – 240 с.

References:

1. Denisyuk S.P. 75 glorious and significant years of the educational and scientific institute of energy conservation and energy management of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute // S.P. Denisyuk, A.L. Gan, O.V. Danilin, M.I. Sergiyenko. Energy: economy, technologies, ecology. No. 3, 2021. P.7-17.

2. Institute of Energy Saving and Energy Management. Specialties and departments: Directory / Composition: A.V. Prakhovnyk, I.S. Ryabenko, O.I. Solovei et al. - K.: IVC "Polytechnic Publishing House", 2001. - 240 p.

Басок Б. І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Давиденко Б. В., д-р техн. наук, с.н.с.,
Гончарук С. М., канд. техн. наук, с.н.с.,
Лисенко О.М., канд. техн. наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України

ЧИСЕЛЬНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

При дослідженні теплового стану будівель виникає необхідність в розрахунку температурних полів, розподілу температури повітря в об'ємі приміщень і по поверхнях стін, вікон та по інших внутрішніх поверхнях, полів швидкості руху повітря та тиску в об'ємі приміщень та біля поверхонь будівлі. Експериментальні методи натурних досліджень для вирішення задачі комплексного аналізу теплового режиму будівлі не набули широкого розповсюдження через суттєву складність їх реалізації. Також для визначення температурного поля всередині огорожувальної конструкції (ОК) проведення такого експерименту практично неможливе. Для дослідження теплового режиму будівлі в цілому експериментальні дослідження в основному проводять для верифікації створеної теплофізичної моделі досліджуваного процесу або ж для визначення реальних теплотехнічних параметрів ОК, що закладають в граничні умови теплофізичного моделювання. Тобто для вирішення комплексної задачі по дослідженню теплового режиму будівлі в цілому слід застосовувати розрахунково-експериментальний підхід.

В даній роботі розглядаються результати застосування вдосконаленої теплофізичної чисельної моделі теплоперенесення всередині будівлі, з використанням якої було встановлено характерні особливості розподілу температури в будівлі в залежності від розміщення приміщень в її загальному об'ємі та визначено тепловтрати через ОК за рахунок тепловіддачі з поверхонь огорож та внаслідок інфільтрації.

Для спрощеного розв'язання задачі розрахунку теплового режиму приміщень будівлі, що взагалі можна одержати з розв'язання тривимірної системи рівнянь гідродинаміки та теплоперенесення, в даній роботі використана наближена теплофізична модель приміщення з зосередженими параметрами [1-3]. Згідно з нею, в досліджуваних приміщеннях розглядаються окремі теплообмінні поверхні, температури яких вважаються однорідними. Для проведення теплофізичного моделювання температурного режиму будівлі в цілому проводився гідравлічний розрахунок системи теплопостачання будівлі, що дав можливість через визначення витрат теплоносія через окремі розподільчі трубопроводи системи опалення встановити температуру опалювального пристрою в кожному окремому приміщенні будівлі [4].

Проникнення повітря в приміщення здійснюється внаслідок різниці тисків вітрового потоку з навітряної та завітряної сторін будівлі. Крім того, внаслідок різниці температур повітря зовні та всередині будівлі, повітрообміну сприяє природна тяга, що виникає завдяки Архімедовій силі. Для розрахунку вимушеної повітряної течії через окремі приміщення та всю будівлю в цілому складається наближена система рівнянь збереження маси та система рівнянь, що описує перепад тиску в повітряній течії на місцевих опорах (щілинах) заданого розміру. Така система рівнянь складалася для кожного приміщення та будівлі в цілому. З її розв'язання визначається середній тиск в кожному приміщенні та витрати повітря, що надходить з зовнішнього простору до кімнат (з боку надлишкового значення тиску) та витрати повітря, що виходить з кімнат в зовнішній простір з боку знижених рівнів тиску повітряного потоку. Для розрахунку повітрообміну будівлі, що здійснюється шляхом проникнення холодного повітря зовні та його видалення з приміщення через нещільності в віконних рамах та дверях, використовуються дані про розподіл тиску вітрового потоку по поверхнях ОК [5].

Для верифікації запропонованої моделі проведено розрахунок стаціонарного температурного режиму одного з приміщень досліджуваної будівлі. Результати верифікації приведеної моделі з використанням пірометра «Німбус 760» показали задовільне узгодження теоретичних та експериментально отриманих даних. Розбіжність між даними розрахунків та експерименту не перевищувала 4%.

За запропонованою методикою проведено дослідження динаміки температурного режиму

будівлі в цілому при змінних в часі значеннях температури зовнішнього повітря. В якості вихідних даних для розрахунку були використані результати вимірювання за певний період часу температури зовнішнього повітря, температури і витрати теплоносія на вході в систему опалення будівлі. В результаті розрахункових досліджень визначалися залежності від часу температури теплоносія на виході з системи опалення, а також сумарні тепловтрати будівлі. Отримані розрахунковим шляхом значення температури теплоносія на виході з системи опалення порівнювалися з даними експериментальних вимірювань. Розрахункові значення температур теплоносія дещо перевищують експериментальні. Найбільше відхилення спостерігається на початковому періоді, що є наслідком не повної відповідності початкових умов, прийнятих для розрахунку, реальним умовам. З плином часу, по мірі зниження впливу початкових умов на результати обчислень, різниця між розрахунковими і експериментальними величинами зменшується. Подібна картина спостерігається також при порівнянні розрахункових значень тепловтрат будівлі і експериментально знайдених величин сумарної потужності опалювальної системи.

Висновки. Вдосконалено чисельну модель для дослідження теплоперенесення всередині будівлі. Розроблено наближений метод чисельного аналізу температурного стану повітряного середовища, ОК та системи опалення будівлі, що ґрунтується на вирішенні задачі теплоперенесення з зосередженими параметрами. Проведено аналіз динаміки температурного режиму будівлі в зимовий період року, визначені рівні тепловтрат з поверхонь його ОК, а також за рахунок інфільтрації. Знайдено характерні особливості розподілу температури в будівлі в залежності від розміщення приміщень в її загальному об'ємі.

Список використаних джерел:

1. Басок Б.И. Температурный режим отапливаемого помещения. Приближенная теплофизическая модель / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, С. М. Гончарук, О. М. Лысенко // Пром. теплотехника. – 2013. – Т. 35, № 4. – С. 23-30.
2. Басок Б.И. Эффективность прерывистого режима отопления помещений / Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, С.М. Гончарук, О.М. Лысенко // Пром. теплотехника. – 2013. – Т. 35, № 6. – С. 39-46.
3. Басок Б.И. Теплофизичне моделювання теплового режиму будівлі / Б.И. Басок, Б.В. Давиденко, С.М. Гончарук, М.П. Новіцька // Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи: Е61 наук.-техн. зб.: матеріали II Міжнар. наук.-пр. конф. (Київ, 4-5 червня 2019 р.). – К.: Основа, 2019. – С. 9-19.
4. Басок Б.И. Гидравлический расчет системы отопления здания / Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, С.М. Гончарук, М.П. Новіцька // Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи: Е61 наук.-техн. зб.: матеріали III Міжнар. наук.-пр. конф. (Київ, 2-3 червня 2020 р.). – К.: Основа, 2020. – С. 89-103.
5. Гончарук С.М. Теплофізичні аспекти підвищення енергоефективності громадських будівель / С.М. Гончарук, О.М. Лисенко // – КИЇВ: НАУКОВА ДУМКА (монографія), 2021. – 230 с.

References:

1. Basok B.I. Temperature regime of a heated room. An approximate thermophysical model / B.I. Basok, B.V. Davydenko, S.M. Goncharuk, O.M. Lysenko // Promishlennaya teplotekhnika. – 2013. T.35, №4. – P. 23-30.
2. Basok B.I. Efficiency of intermittent heating regime of room / B.I. Basok, B.V. Davydenko, S.M. Goncharuk, O.N. Lysenko // Promishlennaya teplotekhnika. – 2013. T.35, №6. – P. 39-46.
3. Basok B.I. Thermophysical modeling of the thermal regime of the building / B.I. Basok, B.V. Davydenko, S.M. Goncharuk, M.P. Novitskaya // Energy saving and occupation safety: challenges and opportunities: E61 scientific and technical collection: materials of the II International scientific and practical conference (Kyiv, June 4-5, 2020). – K. : Osнова, 2019. – P. 9-19.
4. Basok B.I. Hydraulic calculation of the heating system of the building / B.I. Basok, B.V. Davydenko, S.M. Goncharuk, M.P. Novitskaya // Energy saving and occupation safety: challenges and opportunities: E61 scientific and technical collection: materials of the III International scientific and practical conference (Kyiv, June 2-3, 2020). – K. : Osнова, 2020. – P. 89-103.
5. Goncharuk S.M. Thermophysical aspects of increasing the energy efficiency of public buildings / S.M. Goncharuk, O.M. Lysenko // – KYIV: NAUKOVA DUMKA (monograph), 2021. – 230 p.

Є.О. Зайцев, д.т.н., с.н.с.
 Інститут електродинаміки НАН України, Національний транспортний університет
 С.А. Закусило, аспірант
 Інститут електродинаміки НАН України
 І.В. Блінов, д.т.н., с.н.с.,
 Інститут електродинаміки НАН України
 В.О. Березниченко, молодший науковий співробітник
 Інститут електродинаміки НАН України

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВАРІЙНИХ СТАНІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ

Вступ Сьогодні в Україні активно реалізуються процеси впровадження в сферу електроенергетики нових інформаційних технологій, які мають істотний вплив на розподільчі електричні мережі. Це дозволяє забезпечити перехід на новий якісний рівень розвитку і функціонування мереж відповідно до концепції Smart Grid.

Актуальним питанням розвитку електричних мереж у відповідності до цієї концепції є підвищення рівня моніторингу на основі засобів ідентифікації аварійних станів в розподільчих мережах.

Ефективним способом забезпечення експлуатаційної надійності електропостачання споживачів в розподіленій мережі є використання індикаторів пошкоджень. Їх використання сумісно із засобами інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє мінімізувати час визначення та пошуку пошкодженої ділянки у розподільчих мережах, а також забезпечити підвищення якості надання послуг з електропостачання споживачів.

Такі засоби дозволяють реалізувати автоматизацію управління потоками енергії, регулювання режимів її перетоків та споживання електроенергії з планомірним використанням маневрених потужностей, а також забезпечити швидке і точне визначення місця пошкодження ліній електропередачі з одночасним зменшенням транспортних витрат на обхід ліній електропередавання та мінімізацією загального часу організації ремонтно-відновлювальних робіт.

Типова структура системи моніторингу аварійних станів за концепцією Smart Grid приведена на рисунку.

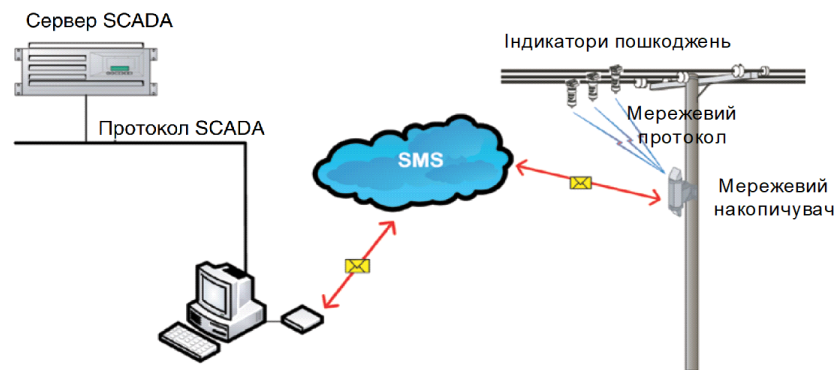


Рис. 1 Типова структура системи моніторингу аварійних станів

Стандартна структура системи моніторингу аварійних станів містить: **індикатори пошкоджень**, які з'єднуються з шлюзовими вузлами по мережевому протоколу; **мережеві накопичувачі-шлюзи**, які концентрують дані, що передаються індикаторами та ретранслюють їх через глобальну мережу на наступний рівень системи моніторингу; **системний накопичувач даних та програми обробки результатів** мережі моніторингу, який містить інструменти для накопичення та обробки отриманих даних, такі як база даних, програми роботи з даними та інтерфейси користувачів. В якості мережевих протоколів та глобальних мереж можуть бути використані різні технології, які є актуальними. В конкретному прикладі в якості глобальної мережі використаний сервіс SMS-повідомлень. В якості мережевого протоколу може бути використана технологія радіо-зв'язку, одним з представників таких технологій є LoRa.

LoRa (Long Range) - запатентована, пропріетарна технологія модуляції сигналів, яка дозволяє розгорнути малопотужної мережі передачі зі швидкістю 0,3-50 кб/с і дальністю від 1-2 до 10-15 км (в ідеальних умовах) в діапазоні частот, що не ліцензується.

Дана технологія заснована на методах модуляції з розширеним спектром, отриманих на основі технології chirp spread spectrum (CSS) (англ.), яка була розроблена Cycleo з Гренобля, та придбана компанією Semtech, членом-засновником LoRa Alliance.

LoRa використовує безліцензійні радіочастотні діапазони нижчі 1 ГГц:

- EU433 (433,05-434,79 МГц) та EU863-870 (863-870 / 873 МГц) в Європі

LoRa забезпечує передачу сигналів на великі відстані з низьким енергоспоживанням. Технологія охоплює фізичний рівень, у той час як інші технології та протоколи, такі як LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), покривають верхні рівні. Він може досягати швидкості передачі даних від 0,3 кбіт/сек до 27 кбіт/сек залежно від коефіцієнта розширення.

Технологія має свій логотип, наведений на рис. 2. Сигнал, який модулюється повідомленням має вигляд наведений на рис. 3.



Рис. 2 Логотип технології

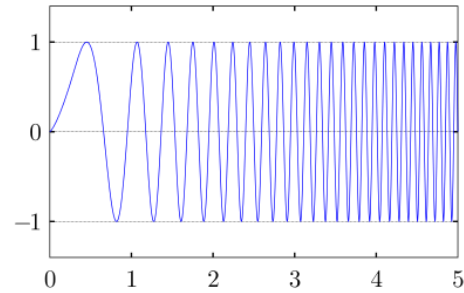


Рис. 3 Сигнал, який модулюється повідомленням LoRa

Характеристики технології LoRa

Технологія LoRa є представником класу бездротових мереж передачі даних, до основних переваг якої можна віднести:

- великий радіус покриття;
- низьке енергоспоживання;
- використання неліцензійних частот;
- високу захищеність від перешкод;
- сучасний захист змісту повідомлень.

Технологія LoRa WAN розширює використання технології LoRa для інтеграції її шлюзів з глобальними мережами.

Інші представники даного класу мереж:

- мережі мобільного зв'язку (3G, 4G),
- бездротові комп'ютерні мережі (WiFi),
- мережі технологій IoT (інтернет речей).

На рис. 4 окреслені сфери застосування безпроводних мереж, стільникових мереж та LoRa мереж.

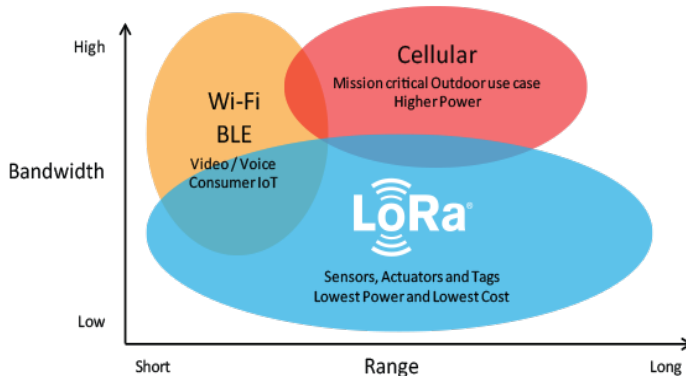


Рис. 4 Сфери застосування безпроводних мереж

З рисунку видно, що стільникові мережі використовуються в сферах, де потрібна висока швидкість з'єднання та великі відстані. Бездротові мережі типів WiFi та Bluetooth використовуються на малих відстанях, де потрібна висока швидкість з'єднання. Технологія LoRa може працювати як на малих так і на великих відстанях, але не може забезпечити високу швидкість передачі інформації.

Загальна структура розгортання мережі LoRa WAN. Така структура приведена на рис. 5. Така мережа містить: кінцеві вузли; базові станції; сервер додатків; базу даних. Слід відмітити, що технологія LoRa WAN на рівні радіомережі та на рівні глобальної мережі використовує шифрування повідомлень за технологією AES 64 або 128 біт, що задовольняє безпековим вимогам сучасних інформаційних мереж.

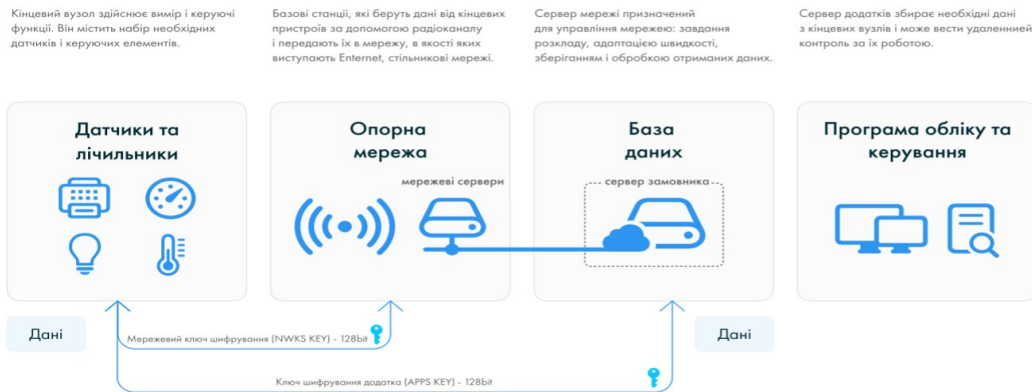


Рис. 5 Структура мережі сенсорів в мережі LoRa WAN

Характеристики та властивості (+переваги до існуючої) запропонованої системи

Актуальні системи часто мають структуру, яка складається з датчиків/ лічильників, які або заведені на централізований пульт через кабельну мережу, або потребують обходу інспекторами.

Якщо побудувати систему моніторингових датчиків з використанням технології LoRa в якості комунікаційного середовища, то така система буде мати наступні властивості:

- великий час роботи автономного сенсора на одному елементі живлення, або можливість забезпечення такого датчика автономним джерелом живлення;
- малий час використання людських ресурсів для збору інформації;
- можливість масштабувати систему в разі розгортання мережі датчиків;
- гнучкість адміністрування системи.

Оптимізація функціонування

При проектуванні мережі датчиків на основі технології LoRa в якості оптимізаційних параметрів можна використовувати:

- максимізація часу автономної роботи датчика;
- гарантоване надання даних на пульт;
- мінімізація втрат даних при передачі.

Для першого пункту слід визначити інтервал часу, в який датчик буде передавати показники (при інтенсивності 1 сеанс / годину автономна робота датчика приблизно 1 рік).

Другий критерій дає обмеження на мінімальну кількість концентраторів опорної мережі сітки (приблизно 1000 датчиків на 1 базовий шлюз)

Втрата даних при передачі може виникати при колізії передачі даних від кількох сенсорів одночасно. Запобігати цьому можна або збільшуючи кількість шлюзів опорної мережі, зменшуючи частоту передач від сенсорів, реалізацією в протоколах обміну механізму підтвердження передачі, комбінуванням сенсорів в групи, які використовують один пакет передачі для посилання даних кількох сенсорів

Висновки

Використання технології LoRa для організації інформаційного обміну в системах контролю цілісності ліній розподілених мереж дозволить отримати енергоефективну сітку автономних датчиків з можливістю розташування їх на великих (мінімум 700 м) відстанях від базових шлюзових станцій мережі з малими затратами на розгортання, адміністрування, обслуговування та масштабування.

1. Кириленко О.В., Білов І.В., Танкевич С.Є. Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах. Технічна електродинаміка. 2012. № 3. С. 47 – 48.

2. Зайцев Є.О., Березниченко В.О., Щербань А.П. Засоби ідентифікації аварійних станів в розподільчих мережах ОЕС України. Приладобудування: стан і перспективи: Матеріали XXI Міжнародної науково-технічної конференції, 17–18 травня 2022 р. м. Київ, Україна, С.265-267.

2. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. Ред. Акад. НАН України Кириленко О.В.. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.

3. Baranov G., Komisarenko O., Zaitsev I.O., Chernytska I. SMART technologies for transport tests networks, exploitation and repair tools. In Proc. of the International Conference Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS). 25-27, March 2021, Pichanur (India), 2021. pp. 621-625. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9396055>

4. Егорова О.Ю., Егоров О.Б., Карова Т.А. Порівняльний аналіз методів визначення місця пошкодження ПЛЕП. Системи озброєння і військова техніка. 2009. № 2. С. 141-144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2009_2_36.

5. Griffel D., Leitloff V., Harmand Y., Bergeal J., A new deal for safety and quality on MV networks. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 1997. Vol. 12, №. 4. pp. 1428–1433.

КОМПЕНСАЦІЯ НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ КЕРОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Загальна характеристика проблеми. При експлуатації силових автотрансформаторів (АТ), які набули широкого застосування в електричних мережах 110 кВ і вище, часто виникають неповнофазні режими, що викликані відключеннями однієї або двох фаз при коротких замиканнях або пофазних ремонтах. Це призводить до несиметрії напруги автотрансформаторів, що позначається на якості електропостачання споживачів, а також небезпечно для самого автотрансформатора, оскільки неповнофазність може призвести до перевантаження окремих обмоток. Основною метою застосування неповнофазних режимів роботи АТ та шунтувальних реакторів (ШР) в електричних мережах напругою 330-750 кВ є збереження в експлуатації на достатньому рівні надійності електропостачання споживачів при виведенні в ремонт як плановий, так і післяаварійний окремих фаз цього обладнання.

Метою статті є розроблення методу аналізу тривалих неповнофазних режимів роботи магістральних електричних мереж.

Запропонований підхід до вирішення проблем. При розробці заходів, що забезпечують застосування неповнофазних режимів роботи автотрансформаторів та шунтувальних реакторів, слід розглядати нормальні, післяаварійні та ремонтні схеми роботи електричної мережі, а також зміну схем підстанції при оперативних та аварійних перемиканнях на даній та сусідніх по мережі підстанціях. Причому чому тривалість неповнофазних режимів роботи автотрансформаторів та шунтувальних реакторів може становити від кількох годин (при заміні резервної фази) до кількох місяців (при заводському ремонті пошкодженої фази та відсутності резервної).

Проведений аналіз робіт різних авторів показав, що на сьогодні відсутні методи аналізу та синтезу схем компенсувальних пристроїв, які дозволяли би розраховувати параметри багатофункціональних пристроїв довільної структури для електричних мереж з декількома джерелами несиметрії.

Для зниження перевантаження АТ слід залишати в роботі фазу однойменну фазу груп однофазних некерованих шунтувальних реакторів. Такий підхід до вирішення проблеми також призводить до підвищення рівнів несиметрії. Більш того не у всіх випадках вдається досягнути поставленої мети. В роботі для того щоб більш повноцінно використовувати переваги неповнофазного режиму груп АТ проведено аналіз ефективності застосування керованих шунтувальних реакторів, які дозволяють перерозподілити завантаження обмоток та знизити рівнів несиметрії.

Для аналізу режимів роботи неповнофазних режимів роботи магістральних електричних мереж з певною кількістю фаз груп однофазних автотрансформаторів розроблено інформаційну модель в фазних координатах. Для трифазних компаунд-мереж представлення власних та взаємних провідностей має ряд особливостей. В цьому випадку елементи матриці вузлових провідностей описуються підматрицями розмірності 3×3 . Інформаційні структури для збереження цих підматриць повинні давати можливість для використання специфіки структур матриць типу 1+4. Інформаційні структури на основі зв'язаних списків рис. Та складаються з трьох масивів:

- масив T - типи під блоків матриць. Його елементи можуть приймати значення від одного до п'яти;
- масив Y - провідності;
- масив C - зв'язки.

Масиви Y та C - зв'язані списки, причому кожен список описує одні під матрицю та, в залежності від типу, містить від одного до дев'яти елементів. На рис. 1 показано елемент типу 4, для опису якого необхідно комплексні числа: Y , Y_{m1} , Y_{m2} , які займають в масиві Y 2-угу, $n+3$ та $n+4$ строки. Порядок чергування цих елементів визначається по значенням масиву $C / n+3, n+4, 0$. Значення елементів масиву C рівне 0 вказує на кінець списку. Масиви T та C - масиви цілих чисел,

а масив Y - комплексних чисел. Такі масиви дозволяють описувати будь які елементи трифазної електричної мережі, включаючи неповно фазні. Разом зі структурами рис.1 вони дозволяють ефективно виконувати аналіз складних несиметричних режимів в магістральних електричних мережах.

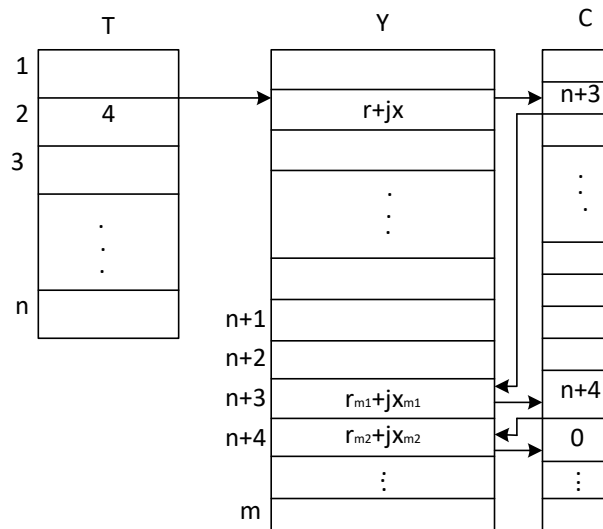


Рисунок 1 – Матриці компаунд мережі для аналізу тривалих неповнофазних режимів роботи магістральних електричних мереж

Висновки. Наведений в робіт метод аналізу тривалих неповнофазних режимів полягає у аналізі компаунд мереж із застосування розробленої моделі керованого шунтувального реактора. Розроблено та реалізовано алгоритм вибору оптимальних значень керованих шунтувальних реакторів для вводу режиму роботи магістральної електричної мережі у допустиму область по напрузі.

Список використаної літератури

- 1.Тугай Ю.І., Кучанський В.В., Тугай І.Ю. Застосування керованих пристроїв компенсації зарядної потужності ЛЕП НВН в електричних мережах. Технічна електродинаміка. 2021. No 1. С. 53–56. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.053>
- 2.Кучанський, В., & Малахатка, Д. (2021). Заходи та технічні засоби підвищення ефективності режимів роботи магістральних електричних мереж. *Publishing House «European Scientific Platform»*. <https://doi.org/10.36074/ztzpermmrmm-monograph.2021>

References

- 1.Tugay, Y.; Kuchansky, V.; Tugay, I. The Using of Controlled Devices for the Compensation of Charging Power on EHV Power Lines in Electric Networks. *Tekh. Elektrodyn.* **2021**, 1, 053. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.053>
- 2.Kuchansky, V., & Malakhatka, D. (2021). Measures and technical means of increasing the efficiency of main power grid operation modes: monograph. *Publishing House "European Scientific Platform"*, 120. <https://doi.org/10.36074/ztzpermmrmm-monograph.2021>

СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ПРО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

З приєднанням України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства [1-3], розпочалася новітня доба розвитку національного енергетичного законодавства. Його євроінтеграційний вектор був підтверджений Угодою про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом (далі – ЄС), Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [4] (далі – УА з ЄС). За умовами зазначених міжнародних документів, з метою досягнення прогресу відповідно до стандартів ЄС, Україна взяла на себе зобов'язання сприяти енергоефективності та енергозбереженню. Серед напрямів цього процесу важливе місце посіли формування державної політики та відповідної нормативно-правової бази щодо енергоефективності.

Майже одразу за ратифікацією УА з ЄС в Україні замість Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів був утворений новий суб'єкт енергетичних відносин, а саме - Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (далі – Держенергоефективності), яке, відповідно до положення про нього [5], є центральним органом виконавчої влади (далі – ЦОВВ), діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра енергетики і який реалізує державну політику у сфері: 1) ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів; 2) енергозбереження; 3) відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива.

Останні повноваження практично повністю збігаються із функціями Міністерства енергетики України (далі – Міненерго), що забезпечує [6]: формування та реалізацію державної політики у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива (крім питань забезпечення енергоефективності будівель та інших споруд) та у сфері нагляду (контролю) у галузях електроенергетики і тепlopостачання. Тому Міненерго своїм наказом затвердив Порядок його взаємодії з ЦОВВ, діяльність яких спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра енергетики України, а саме - Держенергоефективності та Державної інспекції енергетичного нагляду України (далі - Держенергонагляд) [7]. Хоча останній ЦОВВ і є органом, який реалізує державну політику у сфері нагляду (контролю) у галузях електроенергетики та тепlopостачання, але безпосередніх функцій щодо енергоефективності, згідно із Положенням [8], у нього немає. Основні завдання та повноваження Держенергонагляду більшою мірою охоплюють відносини у сфері енергетичної безпеки.

В цілому авторська позиція щодо диференціації енергетичних відносин на такі їх види як: 1) енергоресурсні відносини; 2) відносини з енергетичної ефективності; 3) відносини з енергетичної безпеки; ґрунтується на наявності фактично сформованої сукупності якісно однорідних суспільних відносин у галузі енергетики. Вони відповідно пов'язані з наступними сферами: - виробництво енергії; - ефективне використання енергії; - стале забезпечення енергією.

Виходячи із загальновідомих уявлень про співвідношення категорій «енергозбереження» або «енергоощадження» з поняттям «енергоефективність», за яких перше передбачає менше споживання енергії через зменшення кількості енергетичних послуг, а друге - менше споживання енергії без зменшення кількості енергетичних послуг через підвищення їх ефективності, Україна обрала саме останній, хоча безумовно, обидва види організаційної, наукової, практичної та інформаційної діяльності переслідують єдину мету - зменшення використання (споживання) енергії. Більше того, ці поняття розглядаються наразі не лише як дії, а і як ознаки того чи іншого об'єкту або процесу, що характеризують кількісне співвідношення між енергією на виході та витраченою енергією на вході. У Законі України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 р. № 74/94-ВР, який хоча і втратив чинність із прийняттям Закону України «Про енергетичну ефективність» [9] (далі – закон про ЕЕ), поняття «енергозберігаючі заходи» та «енергоефективні заходи» вживалися як тотожні.

Цікаво, що і при визначенні предмету регулювання базового нормативно-правового акту законодавства про енергоефективність зазначено, що він регулює відносини, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності, та спрямований на: 1) посилення енергетичної безпеки; 2) скорочення енергетичної бідності; 3) сталий економічний розвиток; 4) збереження первинних енергетичних ресурсів; 5) скорочення викидів парникових газів.

Натомість з позиції Держенергоефективності, Україна відмовляється від застарілих адміністративних інструментів енергозбереження і переходить до сучасних європейських практик реалізації політики енергоефективності [10].

Дійсно, рішенням Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства від 14.08.2015 р. щодо імплементації Директиви 2012/27/ЄС Європейського парламенту та Ради від 25.10.2012 р. «Про енергоефективність» [11] (Energy Efficiency Directive, далі - EED) передбачено обов'язок держав-членів транспонувати EED до національного законодавства. Крім того, імплементація EED передбачена й низкою підзаконних урядових актів, зокрема - п. 707 Плану заходів з виконання УА з ЄС [12], п. 172 Плану пріоритетних дій уряду на 2018 р. [13], п. 64 Плану заходів з реалізації Енергетичної стратегії України [14, 15].

Власне закон про ЕЕ, що набрав чинність рік тому (13.11.2021 р.), попри визначення правової основи відносин, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності, та низки *acquis communautaire* ЄС, на імплементацію яких спрямований цей закон [9, ч. 3 ст. 2], обумовлює формування системи відповідної підгалузі енергетичного законодавства виходячи саме із його внутрішньої структури.

Список використаної літератури

1. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства : Міжнародний документ від 25.10.2005 р. // *Офіційний вісник України* від 06.05.2011 р., № 32, / № 1, 2011, ст. 1 /ст. 1368.
2. Протокол про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства : Міжнародний документ від 24.09.2010 р. // *Офіційний вісник України* від 06.05.2011 р., № 32, / № 1, 2011, ст. 1 /ст. 1369.
3. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства : Закон України від 15 грудня 2010 р. № 2787-VI // *Офіційний вісник України* від 14.01.2011 р., № 1, ст. 1.
4. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : Міжнародний документ від 27.06.2014 р. (ратифіковано із заявою Законом України № 1678-VII від 16.09.2014 р.) // *Офіційний вісник України* від 26.09.2014 р., № 75, том 1, ст. 2125.
5. Про затвердження Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : постанова Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2014 р. № 676. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF#Text> (дата звернення 12.11.2022).
6. Про затвердження Положення про Міністерство енергетики України : постанова Кабінету Міністрів України від 17 червня 2020 р. № 507. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення 12.11.2022).
7. Про затвердження Порядку взаємодії Міністерства енергетики України з центральними органами виконавчої влади, діяльність яких спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра енергетики України : наказ Міністерства енергетики України від 19 жовтня 2020 р. № 663. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1197-20#Text> (дата звернення 12.11.2022).
8. Деякі питання Державної інспекції енергетичного нагляду України : постанова Кабінету Міністрів України від 14 лютого 2018 р. № 77. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/77-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення 12.11.2022).
9. Про енергетичну ефективність : Закон України від 21 жовтня 2021 р. № 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (дата звернення 12.11.2022).
10. Закон «Про енергетичну ефективність» в дії: перехід до європейських практик. 24.01.2022. URL: <https://saec.gov.ua/uk/news/4089> (дата звернення 12.11.2022).
11. Директива Європейського парламенту і Ради 2012/27/ЄС від 25 жовтня 2012 року про енергоефективність, внесення змін до директив 2009/125/ЄС і 2010/30/ЄС та про скасування директив 2004/8/ЄС і 2006/32/ЄС // *Офіційний вісник Європейського Союзу* від 14.11.2012 р., / L 315 /, стор. 1.
12. Про виконання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : постанова Кабінету Міністрів України від 25 жовтня 2017 р. № 1106. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1106-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення 12.11.2022).
13. Про затвердження плану пріоритетних дій Уряду на 2018 рік : розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 березня 2018 р. № 244-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/244-2018-%D1%80#Text> (дата звернення 12.11.2022).
14. Про затвердження плану заходів з реалізації етапу «Реформування енергетичного сектору (до 2020 року)» Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 червня 2018 р. № 497-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/497-2018-%D1%80#Text> (дата звернення 12.11.2022).
15. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. // *Урядовий кур'єр* від 08.09.2017 р. — № 167.

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РИНКІВ УКРАЇНИ ТА КРАЇН ЄС

Роботу присвячено аналізу особливостей взаємної інтеграції енергетичних ринків України та країн ЄС. Розглянуто структуру генерувальних потужностей у енергетичному балансі України та відзначено частку та тенденцію до зростання ВДЕ. Окрему увагу приділено проблемам взаємної інтеграції та шляхам їх вирішення.

Ключові слова: енергетичні ринки, взаємна інтеграція енергетичних ринків, відновлювані джерела енергії.

В Європі впроваджується 4-ий енергетичний пакет «Чиста енергія для всіх європейців», мета якого пов'язана із полегшенням переходу від викопного палива до більш екологічно чистої енергії та виконання зобов'язання Паризької угоди ЄС щодо скорочення викидів парникових газів». Впровадження це є вкрай актуальним з огляду на значне зростання цін на природний газ від РФ у 2022 році, котрий споживається електростанціями країн ЄС. Основними цілями нового енергетичного пакету є: досягнення статусу кліматично-нейтральної Європи до 2050 року; спрощення умов інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергетичну систему; формування енергоефективного суспільства; розширене застосування ІТ-технологій в енергетиці у відповідності з концепцією Smart Grid. З огляду на те, що Україна має чи не найбільший потенціал розвитку ВДЕ, електрична енергія згенерована такими джерелами в Україні дала б змогу децентралізувати порфель технологій генерації електроенергії країн ЄС [1, 2].

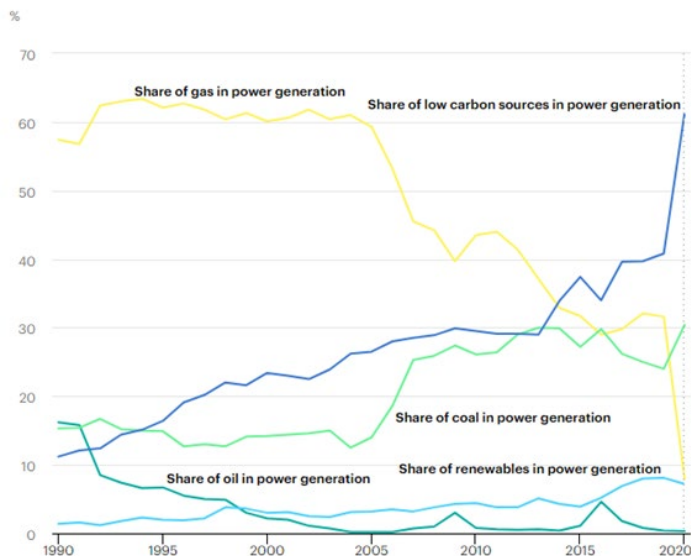


Рисунок 1 – Розвиток ВДЕ в Україні за останні 20 років

Разом з тим, не зважаючи на зростання встановлених потужностей відновлювальних джерел енергії (див. рис. 1), складна економічна ситуація в Україні не сприяє досягненню рівня споживання енергії з ВДЕ на рівні 27% та забезпеченню збалансованого розвитку ВДЕ, прийнятих у «Національному плані дій з відновлювальної енергетики». Найбільшу частку серед ВДЕ в Україні становлять вітрові, сонячні електростанції та ТЕЦ на біомасі.

На рисунку 1 показано частку ВДЕ у енергетичному балансі України в порівнянні з традиційними джерелами енергії. Як ми бачимо, стрімке зростання обсягів генерації електроенергії від ВДЕ у енергетичному балансі України могло б забезпечити значні фінансові надходження енергетичним компаніям за умови взаємної інтеграції енергетичних ринків України та країн ЄС.

Одна з важливих проблем, яку повинна бути вирішена при приєднанні до європейського ринку, – це синхронізація електричних мереж [3]. Сьогодні українська електроенергетична система синхронізована з європейською енергосистемою, через лінії електропередач збудовані ще у 1956 році, у той самий час коли Республіка Польща синхронізована з енергетичною системою Європи (UCTE) – системою, яка охоплює країни Західної та Центральної Європи. Окрім синхронізації, важливим питанням імпоротно/експортних відносин з ЄС є побудова достатньої кількості ліній електропередач в ОЕС України, здатних забезпечити достатню пропускну спроможність для повноцінної участі у роботі європейських енергетичних ринків [3].

Interconnections between Ukraine and UE

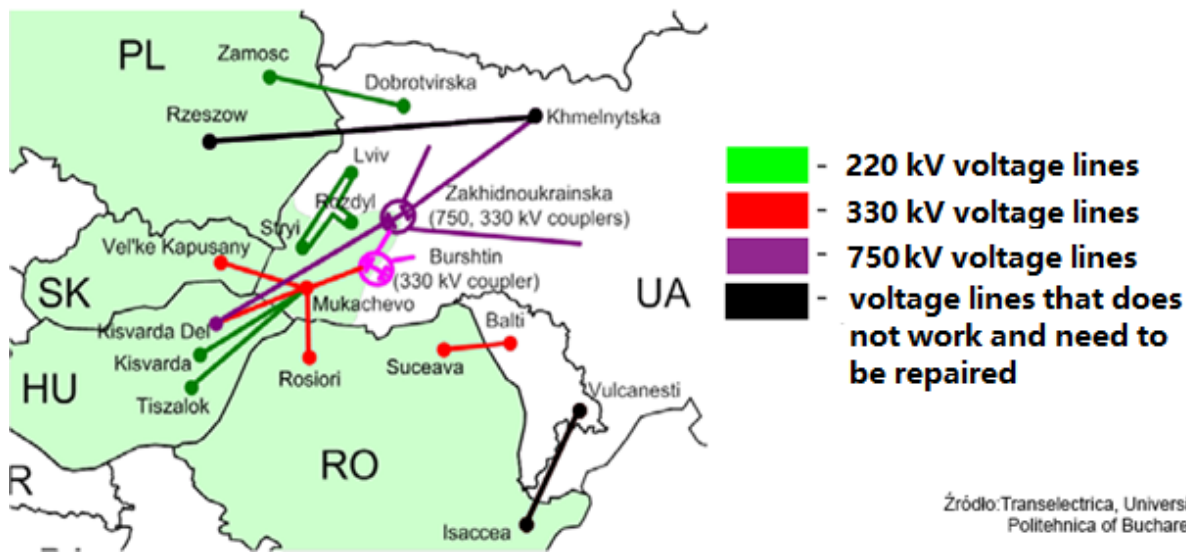


Рисунок 2 – сполучення ОЕС України з енергосистемами Європи

Як показано на Рисунок 2, Республіка Польща та Україна мають лише два сполучення. Одне з них – Лінія 750 кВ Віделька-Хмельницька (Хмельницька), введена в експлуатацію в 1985 році, призупинили роботу в 1993 році. Зараз вона потребує модернізації для відновлення можливості передачі електричної енергії. Однак лінії електропередачі між Замостям і Добровотвором (Добровітська) все ще знаходяться в роботі. Острів «Бурштинської ТЕС» наразі є окремою енергосистемою, яка працює переважно на експорт і синхронізована з європейською системою.

Збільшення експорту українських енергоносіїв міг би допомогти Польщі диверсифікувавши її енергетичний портфель. Окрім того, в українських планах є підключення до системи UTCE до 2025 року – це означає повну переорієнтацію технічних та регуляторних вимог до роботи ОЕС України у найближчому майбутньому. Однак у теперішніх умовах це вимагає відповідних матеріально-технічних засобів та повноцінного відновлення роботи енергетичного ринку України.

Висновки

Стрімке зростання обсягів генерації електроенергії від ВДЕ у енергетичному балансі України дає змогу значно диверсифікувати її енергетичний портфель. Продаж енергії з ВДЕ країнам Європи міг би забезпечити значні фінансові надходження енергетичним компаніям за умови взаємної інтеграції енергетичних ринків України та країн ЄС.

Для успішної взаємної інтеграції, за мирних умов, необхідно вирішити питання синхронізації ОЕС України та енергосистеми Європи та побудови достатньої кількості ліній електропередач, здатних забезпечити достатню пропускну спроможність для повноцінної участі у роботі європейських енергетичних ринків.

Список використаної літератури

1. International Renewable Energy Agency. URL: <https://www.irena.org/>
2. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org>
3. Blinov, I., Kyrylenko, O., Parus, E., Rybina, O. (2022). Decentralized Market Coupling with Taking Account Power Systems Transmission Network Constraints. In: Kyrylenko, O., Zharkin, A., Butkevych, O., Blinov, I., Zaitsev, I., Zaporozhets, A. (eds) Power Systems Research and Operation. Studies in Systems, Decision and Control, vol 388. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82926-1_1

Денисюк С.П., д-р.техн.наук, проф.,
Коцар О.В., канд.техн.наук, доц.,
Шовкалюк М.М., канд.техн.наук, доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРОВЕДЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ ФАХІВЦІВ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НА БАЗІ ЦЕНТРУ ПІДГОТОВКИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ НН ІЕЕ

Вступ. Впровадження енергетичних сертифікатів для нових будівель та будівель, що реконструюються, було впроваджено із введенням в дію Закону України «Про енергетичну сертифікацію будівель» [1]. Закон було урочисто підписано 20 липня 2017 року в залі засідань Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, тим самим керівництво держави підкреслило провідну роль нашого університету у підготовці фахівців-енергоаудиторів. На вимогу закону наказом по КПІ ім. Ігоря Сікорського від 5 жовтня 2018 року при Інституті енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) на базі Центру підготовки енергоменеджерів (ЦПЕМ) було створено Атестаційну комісію КПІ ім. Ігоря Сікорського з проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель. З метою забезпечення високоякісної сертифікації енергетичної ефективності будівель в ІЕЕ було розроблено і затверджено навчальну програму з підготовки та перепідготовки енергоаудиторів. Відповідно до затвердженої навчальної програми в ЦПЕМ було відкрито тренінгові курси та розпочато прийом кваліфікаційних іспитів відповідно до Порядку професійної атестації [2]. Навчальна програма та комплекти завдань для кваліфікаційних іспитів мають своєчасно актуалізуватися на змінення чинної регуляторної бази з енергетичної ефективності будівель.

Мета роботи. Огляд змін нормативних вимог щодо роботи Атестаційних комісій з проведення професійної атестації фахівців з енергетичної сертифікації та обстеження інженерних систем, а також змін у навчальній програмі підготовки.

Матеріал і результати дослідження.

Згідно із вимогами, що діяли на момент впровадження [2], було розроблено та затверджено навчальну програму з підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації фахівців, на вивчення якої було відведено 108 годин / 3,5 кредити ECTS. Програма навчання охоплювала лекційні і практичні заняття, домашні завдання та самостійну роботу. Останніми роками до навчальної програми було внесено зміни. З метою навчання енергоаудиторів взаємодії з Фондом енергоефективності в 2020 році в ІЕЕ розроблено навчальну програму за Модулем 2: «Робота енергоаудиторів з Фондом енергоефективності», що охоплювала заповнення форм опису проекту підвищення енергоефективності житлової будівлі та верифікації проекту; роботи з ОСББ і розробки технічного завдання. Відповідно до нової редакції Порядку професійної атестації [3]:

- атестаційна комісія повинна мати у складі не менше 5 осіб, що мають відповідну вищу освіту, досвід викладання не менше 5 років, не менше як 1 член комісії повинен мати щонайменше 1 внесений до реєстру сертифікат/звіт;

- освітньо-професійні програми за напрямками повинні відповідати вимогам до мінімальної кількості компонентів, містити не менше 90 годин навчання, з них не менше 36 годин – аудиторні; практичні заняття повинен проводити фахівець, що має не менше ніж 1 сертифікат/звіт за останні 12 місяців;

- кваліфікаційний іспит містить 25 тестових та не менше 3 ситуаційних завдань, для його складання кандидат має скласти не менше 70% правильних відповідей.

Програму навчання було вдосконалено відповідно до вимог [3], розширено практичну частину, що дозволяє фахівцям набути необхідних навичок та умінь.

Основні компоненти програми:

- правові засади енергетичної сертифікації будівель; нормативні документи;
- досвід інших країн щодо енергетичної сертифікації;
- розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації;
- енергоаудит та збір інформації, складання енергетичних балансів, складання анкети-опитувальника, робота з технічною документацією;
- фізичні основи теплової ізоляції будівель, розрахунки геометрії будівлі та теплотехнічних характеристик з урахуванням теплопровідних включень;

- інженерні системи будівлі та їх обладнання, ефективність систем;
- складання звіту з обстеження інженерних систем будівель;
- заходи щодо підвищення енергоефективності та їх економічна оцінка;
- практична робота з проведення енергетичної сертифікації будівель;
- навчання роботі в Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва.

Викладання матеріалу здійснюють викладачі кафедри електропостачання НН ІЕЕ та кафедри теплової та альтернативної енергетики НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також представники з провідних організацій: Держагентства з енергоефективності та енергозбереження, Фонду енергоефективності, ДП НДІБК. Окремі розділи, практичні завдання програми підготовки використані в навчальному процесі для студентів-енергоменеджерів під час викладання навчальних дисциплін: «Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель» та «Системи виробництва та розподілу енергії».

За період діяльності Атестаційною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського атестовано 129 енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності будівель і 130 фахівців з обстеження інженерних систем будівель.

В умовах пандемії коронавірусної хвороби COVID-19 в ЦПЕМ було розроблено дистанційні курси у повній відповідності до нормативних вимог до порядку професійної атестації. В умовах епідеміологічних обмежень організовано складання кваліфікаційних іспитів в дистанційному режимі. Дистанційно атестовано 23 енергоаудитора із сертифікації енергетичної ефективності будівель та 24 фахівця з обстеження інженерних систем будівель.

Досвід роботи ЦПЕМ в часи пандемії дозволив успішно організувати подальшу діяльність і в умовах військової агресії РФ проти України для групи слухачів з Київської, Рівненської, Вінницької області, м. Києва та м. Дніпро. У листопаді 2022 р. проведено:

- двотижневе заочне навчання, що охоплювало вивчення методичних матеріалів, діючих нормативних вимог щодо сертифікації та самостійну підготовку,
- з 14 листопада 2022 розпочато інтенсивне on-line навчання, що складалося з лекційних і практичних занять, домашніх завдань.

Не зважаючи на масовані ракетні обстріли, які відбулися саме в цей період, а також вیاлові та екстрені вимкнення електроенергії по всій країні, всі слухачі курсів змогли завершити планові навчання і успішно скласти кваліфікаційні іспити.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Законопроект № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем // Затв. Постановою КМУ від 26.07.2018 № 605 – 16 с.
3. Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем // Затв. Постановою КМУ від 9.06.2021 № 600 – 9 с.

References:

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
2. The procedure for conducting professional certification of persons who intend to carry out activities for certification of energy efficiency and inspection of engineering systems // Approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of July 26, 2018 No.605 – 16 p.
3. The procedure for conducting professional certification of persons who intend to carry out activities for certification of energy efficiency and inspection of engineering systems // Approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of June 9, 2021. No.600 – 16 p.

Степаненко В.А., асп.,
Замулко А.І., канд. техн. наук, доц.,
Веремійчук Ю.А., канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Із зростаючою роллю періодичної генерації з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), виникає нова науково-технічна проблема забезпечення їх ефективної інтеграції до системи електропостачання, вирішення якої потребує застосування системного підходу, що дозволить уникнути неефективного і нерационального використання можливостей ВДЕ та зниження надійності електричних мереж.

Відсутність точних статистичних оцінок факторів ризику або наявність факторів, оцінка яких існує тільки в якісній або в інтервальній формі, залучення для оцінки факторів експертів потребують використання для вирішення даного завдання математичного апарату теорії нечіткої логіки [1].

Для оцінки ризиків при інтеграції ВДЕ до системи електропостачання використано алгоритм Мамдані. Застосування даного алгоритму дозволяє якісно описати можливі причини (процеси або явища), що сприяють проблемі приєднання. У подальшому, за наявності даної інформації про фактори, відкривається можливість побудувати функціональну відповідність, що дозволить приймати узагальнене рішення щодо досліджуваного питання.

Для опису сукупності індикаторів ризику використано ряд факторів, які безпосередньо відображають проблему ефективної інтеграції ВДЕ до системи електропостачання: виникнення вищих гармонік (Ku), відхилення напруги від Un (ΔU) та перетікання реактивної потужності ($\cos \varphi$).

Відповідно до алгоритму була проведена робота по аналізу вибраних факторів і сформована шкала для оцінки лінгвістичних змінних. На наступному етапі за допомогою експертних даних, що були отримані у попередньому дослідженні [2], було сформовано ряд правил, який дозволить сформулювати профіль ризику при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання на основі вибраних показників. На рис. 1 показано дорожню карту всього процесу нечіткого висновку.

Важливо зазначити, що такий вигляд перегляду правил дозволяє інтерпретувати весь процес нечіткого висновку одночасно. Він також показує, як форма певних функцій належності впливає на загальний результат. Під «результатом» для нашого випадку можна розглядати ступінь інтеграції ВДЕ до системи електропостачання при тих чи інших значеннях фізичних параметрах мережі у разі приєднання зосередженого джерела. Тобто, використовуючи описаний метод нечіткої логіки, з'являється механізм для прийняття узагальненого рішення при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання.

Також було отримано вихідну поверхню за результатами моделювання, тобто весь можливий діапазон показника інтеграції на основі вхідних факторів ризику (рис. 2).

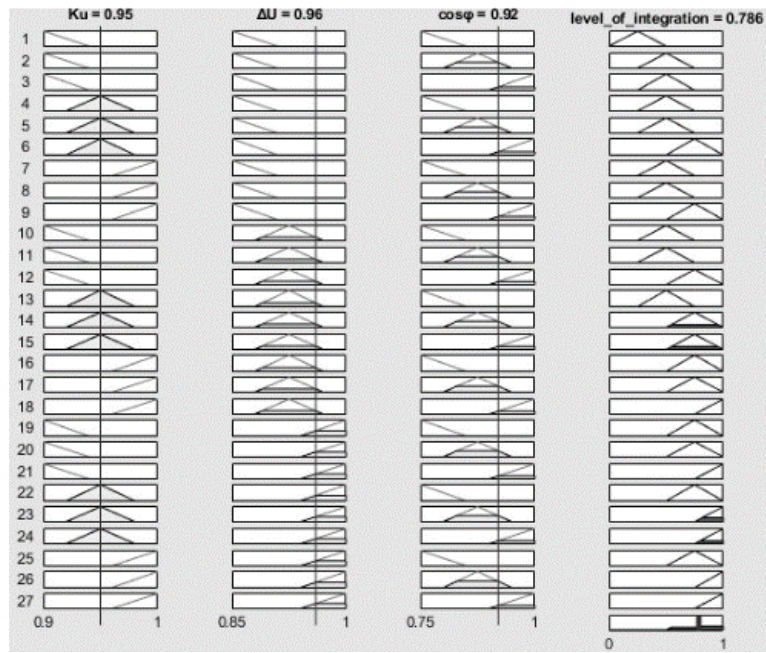


Рисунок 1— Результати нечіткої логіки при заданих параметрах мережі

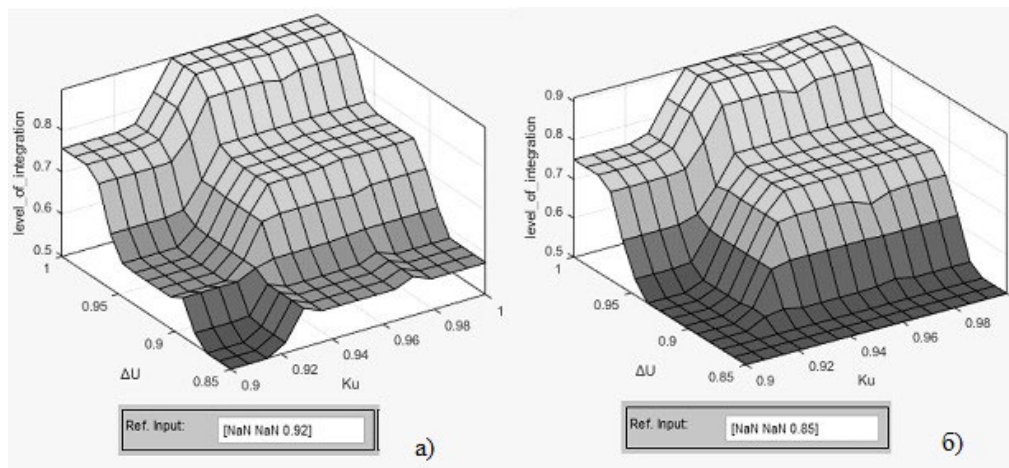


Рисунок 2 — Поверхня нечіткого висновку за вхідних параметрів ΔU , Ku при $\cos \varphi=0.92$ (а) та $\cos \varphi=0.85$ (б)

Отримана модель дає можливість наочно оцінити ймовірності ситуації, до яких може призвести приєднання до електричної мережі відповідної установки ВДЕ, та прийняти рішення щодо доцільності виконання такого приєднання.

Висновки.

Сформовано модель нечіткого висновку ризику при інтеграції ВДЕ до електромережі за такими факторами, як виникнення вищих гармонік, відхилення напруги від Un та перетікання реактивної потужності.

Даний підхід дозволяє змінювати, доповнювати модель іншими факторами, створювати нові правила з різними ваговими коефіцієнтами, що дозволить приймати узагальнене рішення при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання.

Список використаних джерел

1. Заде Л.А., Алієв Р.А., Теорія та застосування нечіткої логіки, World Scientific, Сінгапур, 2018.
2. Степаненко В.А., Замулко А.І., Веремійчук Ю.А., Находов В.Ф. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. №. 2. С. 64–74.

Б.І. Басок^{1,2}, д-р. техн. наук, проф. ;
О.М. Недбайло^{1,2}, д-р. техн. наук, старш. наук. співр. ;

І.К. Божко¹, канд. техн. наук. ;

¹ - Інститут технічної теплофізики НАН України

² - Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мартенюк В.О.³, аспірант.

Національний університет харчових технологій, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОХКАМЕРНИХ ВЕНТИЛЬОВАНИХ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Базовим принципом енергоефективного будинку є висока теплотехнічна ефективність оболонки будівлі.

Одним з ефективних способів зниження теплових втрат будівель є заміна вікон застарілих конструкцій із низьким термічним опором на сучасні з енергоощадними склопакетами [1, 2]. Найбільш розповсюдженим в практиці є двокамерний склопакет, що має три скла, простір між якими (камери) заповнений повітрям або іншим газом (можливе також форвакуумування) [2, 3 - 5]. Такі склопакети мають більш високі значення термічного опору, ніж однокамерні, в залежності від якісних характеристик скла, його товщини, відстанями між шибками, а також схемою розміщення світлопрозорої конструкції у віконній проїмці [4, 5].

Забезпечення економічних енергозберігаючих заходів у вже запроектованих, а також у реконструйованих житлових та громадських будівлях в даний час є основною тенденцією у будівельній галузі.

У проаналізованих і запропонованих нами технічних рішеннях використовуються метод рекуперації теплоти, що передається (трансмісійна та радіаційна складові теплообміну) через зовнішні огороджувальні конструкції (рис. 1)

Планується підвищення теплотехнічної ефективності конструкцій за рахунок застосування вітрових вентиляційних дефлекторів підвищеної продуктивності та теплохолодоакумуляції із використанням інсоляції, надходження якої буде регулюватись спеціально розробленими сонцезахисними та тепловідбивними пристроями.

Основний принцип експлуатації світлопрозорої конструкції полягає в особливій організації умов надходження потоку зовнішнього повітря та подальшого проходження його через конструкцію огородження, а також відбиття теплового потоку за допомогою спеціальних екранів (автономних або у вигляді шарів, якими покриваються шибки).

Для зменшення радіаційної складової теплового потоку через віконну конструкцію на внутрішні поверхні скла наносяться так звані низькоемісійні покриття із малою поглинальною здатністю у відповідному діапазоні інфрачервоного випромінювання (близько 0,21...0,33; маркування: low-e, e, i, k - скло).

Природним є те, що потік холодного зовнішнього повітря, особливо інтенсивний і вологий, ефективно виконує теплотознімання з поверхонь зовнішніх огорож, збільшує тепловтрати і негативно впливає на енергозбереження. Однак це відбувається у випадках, коли такий потік після взаємодії з теплими поверхнями оболонки будівлі повертається у докільля.

У випадку, коли повітряний потік, що здійснив ефективне теплотозняття з потрібних поверхонь, направляється всередину приміщення шляхом перемикання шляху прямуювання виходить також значний тепловий ефект, але вже з позитивним знаком.

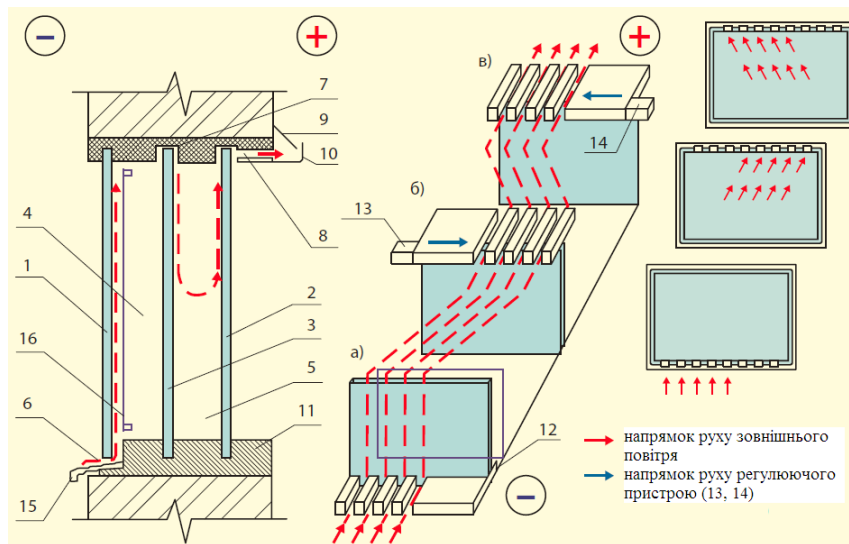


Рисунок 1 – Принцип експлуатації вентиляваної світлопрозорої огорожувальної конструкції

1 – зовнішнє скління, 2 – внутрішнє скління, 3 – проміжне скління, 4 – зовнішній міжскляний простір, 5 – внутрішній міжскляний простір, 6 – вхідні отвори, 7 – вентиляційні отвори, 8 – вихідні отвори, 9 – зворотний клапан, 10 – козирок, 11 – віконна коробка, 12 – регулюючий пристрій вхідного повітря, 13, 14 – пристрої регулювання повітряного потоку, 15 – зовнішній відлив, 16 – екран, що частково відбиває тепловий потік з приміщення (жалюзі, світлопрозора плівка або скло з низькоемісійним покриттям тощо), «-» « та «+» - відповідно, зовнішня та внутрішня сторони конструкції.

Інтенсивність теплообмінних процесів залежить від геометрії прошарку, теплофізичних характеристик матеріалів, температури внутрішнього і зовнішнього повітря, витрати фільтруючого повітря, конструкції приймальних та вивідних клапанів.

Слід зазначити, що в цих умовах спільна дія тепло відбиваючого екрану в повітряному проміжку та вентилявання через цей проміжок з активною рекуперацією вихідного теплового потоку в середину приміщення підвищує розрахункову теплотехнічну ефективність на 12% приблизно.

Актуальність переходу від некерованої інфільтрації зовнішнього повітря до організованої регульованої подачі через спеціальні припливні пристрої за умови збереження параметрів комфортного мікроклімату в приміщенні диктується економічними і гігієнічними положеннями відповідних нормативних документів.

Ефективність запропонованого інноваційного технічного рішення визначається можливістю створення спеціальних умов суперпозиційного впливу теплового відбиття покриття і руху плоского струменя зовнішнього повітря, що прилягає до зовнішнього екрану (ефект Коанда, 1932).

Перелік посилань

1. Фаренюк Г.Г. Тенденции и требования к энергосохранению в строительной сфере. Строительные материалы и изделия. 2006. №3. С. 6 – 9.
2. Накорчевский А.И., Недбайло А.Н. Теплопередача через многослойные оконные стеклопакеты с учетом действия солнечной радиации. Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86. №6. С. 1282 – 1287.
3. Басок Б.И., Давыденко Б.В., Новицкая М.П., Гончарук С.М., Недбайло А.Н. Влияние толщины газовой прослойки на термическое сопротивление однокамерного стеклопакета. Промышленная теплотехника. 2012. Т. 34. №1. С. 100 – 107.
4. Фаренюк Г.Г., Голубев А.А., Архаров И.А., Криппа А.В. Использование тяжелых инертных газов в стеклопакетах. Светопрозрачные конструкции. 2006. №2. С. 61 – 62.
5. Корепанов Е.В. Численное моделирование процесса теплопередачи через стеклопакеты с газовым наполнением. Вестник Ижевского государственного технического университета. 2004. №3. С. 29 – 32.

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗА РЕГІОНАМИ УКРАЇНИ (МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА)

Модифікація комплексного методу прогнозування попиту на енергоресурси, який розроблено в Інституті загальної енергетики НАН України, зі включенням регіонального рівня стає дуже актуальною. Оцінка прогнозів електроспоживання для регіональних рівнів необхідна для оцінки викидів парникових газів від спаленого палива не тільки по країні та секторах економіки (видах економічної діяльності (ВЕД), а й у регіонах країни для розроблення заходів по їх зменшенню. В цій оцінці суттєву роль відіграє врахування загального потенціалу електрозбереження, що складається зі структурної та технологічної частини (структурний потенціал електрозбереження та технологічний потенціал електрозбереження в економіці взагалі, у ВЕД країни, на загальнорегіональному рівні, у окремих ВЕД регіону).

Виділяються наступні групи показників для прогнозування електроспоживання на рівнях: країна, регіони, місцевий рівень або ВЕД в регіоні: 1-й рівень: макрорівень – країна: електроємність ВВП (або валова додана вартість – разом (ВДВ разом)), електроємність випуску продукції на рівні країни; 2-й рівень: мезорівень – регіональний рівень: сектори (об'єднані секції), електроємність ВВП за ВЕД в регіоні, електроємність випуску продукції на рівні ВЕД в регіоні; 3-й рівень: мікрорівень – місцевий або регіональний рівень, продукція (види робіт, послуг), або розділи, групи, класи у ВЕД на регіональному рівні (регіональна структура економіки), електроємність певних ВЕД в регіоні, енергоємність випуску продукції на рівні ВЕД в регіоні.

Сформована трьохрівнева модель (рівень I, рівень II, рівень III) враховує як загальний потенціал електрозбереження (від структурних і технологічних зрушень) в країні в цілому, так і особливості на регіональному рівні (область, місто, село, селище, територіальна громада) у певних (вибраних) ВЕД у наданні послуг (виробництві).

Для I рівня – країна прогнозний рівень електроспоживання визначається за формулою (1):

$$P_s^t = e_{ВДВs}^{\delta} V_{ВДВs}^t - \Delta E_s^t + P_{нас}^t; \quad (1)$$

де $e_{ВДВs}^{\delta}$ – електроємність ВДВ країни у t -му році за s -ої структури економіки;

$V_{ВДВs}^t$ – прогноз валової доданої вартості країни (разом за ВЕД) у t -му році за s -ої структури економіки;

ΔE_s^t – обсяги зниження електроенергії за структурних і технологічних змін (потенціал електрозбереження) у t -му році за s -ої структури економіки;

$P_{нас}^t$ – прогноз споживання електроенергії населенням, що визначається за окремою методикою.

Для II рівня – регіони країни використовується загальне рівняння (2):

$$P_s^t = \sum_f P_f^t + P_{нас}^t; \quad (2)$$

де P_f^t – прогнозний попит на електроенергію у t -му році для f -го регіону України.

Прогнозний попит на електроенергію в регіонах визначається за формулою (3):

$$\sum_f P_f^t = \sum_f e_{ВДВf}^{\delta} V_{ВДВf}^t - \sum_f \Delta E_f^t; \quad (3)$$

де $e_{ВДВf}^{\delta}$ – електроємність ВДВ базового року для f -го регіону України;

$V_{ВДВf}^t$ – прогноз ВДВ у t -му році для f -го регіону України, визначається за темпами зміни показника за ретроспективу та оцінками міжнародних економічних організацій;

$\sum_f \Delta E_f^t$ – прогнозний загальний потенціал електрозбереження у t -му році по всіх f -их регіонах у прогнозному році для всієї економіки, який визначається за формулою (4):

$$\sum_f \Delta E_f^t = \sum_f \Delta F E_f^t + \sum_{fa} E_{fa}^t; \quad (4)$$

де $\sum_f \Delta F E_f^t$ – прогнозний потенціал електрозбереження у t -му році в кожному регіоні, що включає загальні для

всіх населених пунктів та видів економічної діяльності заходи з електрозбереження (зниження втрат в мережах, на виробництві, при наданні послуг, зниження обсягів електроенергії на утримання адміністративних і виробничих приміщень, освітлення вулиць, ін.) для f -го регіону;

$\sum_{fa} E_{fa}^t$ – прогнозний потенціал електрозбереження у t -му році, що враховується на нижчих ступенях побудови

адміністративного устрою країни f -го регіону (заходи з електрозбереження, що є характерними для виробництв регіону).

Для III рівня прогноз електроспоживання для регіонів визначається за загальною формулою (5):

$$P_f^t = \sum_q P_{qf}^t; \quad (5)$$

де крім приведених вище позначень,

q – вид економічної діяльності регіонів за діючим класифікатором КВЕД-2010.

Прогнозне сумарне електроспоживання за видами економічної діяльності (ВЕД) в регіоні визначається за формулою (6):

$$P_{qf}^t = \sum_q e_{ВДВqf}^{\delta} V_{ВДВqf}^t - \sum_q \Delta E_{qf}^t; \quad (6)$$

де $e_{ВДВif}^{\delta}$ – електроємність ВДВ i -го виду економічної діяльності в f -му регіоні;

$V_{ВДВif}^t$ – обсяг ВДВ у f -му регіоні у прогнозному році, що задається прогнозною структурою ВДВ;

$\sum_i \Delta E_{if}^t$ – сумарний прогнозний потенціал електрозбереження у t -му році по всіх i -их видах

В регіоні f для q -их секцій економіки обсяги прогнозного споживання електроенергії можуть визначатись за більш низькими складовими ВЕД: розділами, класами і групами видів економічної діяльності (7):

$$P_{qf}^t = \sum_r P_{rf}^t; \quad (7)$$

де r – розділ, клас чи група у виді економічної діяльності в регіоні, що входить до певної секції q в країні, за діючим класифікатором КВЕД-2010;

$\sum_r P_{rf}^t$ – сумарне електроспоживання в регіоні f за регіональними класами, групами, що входять до видів

економічної діяльності (ВЕД) r , яке визначається за формулою (8):

$$\sum_r P_{rf}^t = \sum_r e_{ВДВrf}^{\delta} V_{ВДВrf}^t - \sum_r \Delta E_{rf}^t; \quad (8)$$

де $e_{ВДВrf}^{\delta}$ – електроємність ВДВ r -го розділу, класу, групи виду економічної діяльності в базовому році, що входить до певного регіону f ;

$V_{ВДВrf}^t$ – обсяг ВДВ у прогнозному році для розділу, класу, групи виду економічної діяльності (секції) r , що задається прогнозною структурою ВДВ регіону;

$\sum_r \Delta E_{rf}^t$ – сумарний прогнозний потенціал електрозбереження у t -му році в регіоні f по всіх r -их розділах,

класах, групах видів економічної діяльності (секції).

За нашими розрахунками технологічний потенціал електрозбереження по країні досягне 18,5 млрд кВт·год.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЦ НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЦІНОВИХ ОБМЕЖЕНЬ НА РИНКУ

Ринки електричної енергії

Держава перестала бути єдиним продавцем та покупцем електроенергії. Виробники електроенергії, електропостачальники, трейдери та великі промислові споживачі працюють на ринкових умовах, де ціна формується не ручним управлінням, а шляхом конкуренції за покупця. Торгівля електроенергією, відповідно до прийнятих правил Європейського союзу, відбувається на таких сегментах нового ринку, як ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок та балансуєчий ринок.

На ринку двосторонніх договорів купівля та продаж електроенергії між двома учасниками ринку проводиться поза організованими сегментами ринку, крім договору постачання електроенергії споживачу. Ціноутворення відбувається на основі двосторонньої домовленості сторін.

На ринку «на добу наперед» купівля-продаж електроенергії здійснюється на наступну добу за днем проведення торгів. Ціна на цьому сегменті ринку визначається за принципом граничного ціноутворення із забезпеченням мінімізації ціни та максимізації обсягів торгівлі. Жоден учасник не бачить заявлені ціни та обсяги купівлі/продажу електричної енергії іншими учасниками. Така технологія торгів на РДН сприяє розвитку конкуренції.

На ВДР купівля-продаж електроенергії здійснюється безперервно після завершення торгів на ринку РДН та впродовж доби фізичного постачання електроенергії. Цей сегмент ринку дає змогу учасникам ринку скорегувати свої торгівельні позиції та працює за принципом «на кожен товар є свій покупець». Тобто продавці та покупці заявляють обсяги та ціни, за якими бажають продати/купити електроенергію, і чекають свого контрагента.

Балансуєчий ринок — це умовний сектор ринку електроенергії України, який призначений для забезпечення балансування в реальному часі обсягів виробництва та імпорту і споживання та експорту е/е [3]. Також на цьому ринку відбувається врегулювання системних обмежень в ОЕС України та фінансове врегулювання небалансів.

Фактори та механізми для запровадження цінових обмежень

До довоєнного стану в країні на прикладі оприлюдненої НЕК «Укренерго» ретроспективній інформації про добові графіки виробництва/споживання електричної енергії в ОЕС України (рис.1), у період з 12⁰⁰ до 13⁰⁰ 29.06.2021 сумарна потужність ТЕЦ становила 630 МВт, з яких найменшу частку у цю годину доби склали ТЕЦ. Під час воєнного стану баланс в системі змінився де з'явився дефіцит електроенергії, тому постали гострі питання стосовно функціонування ринку за рахунок цінових обмежень.

Тенденція останніх років була в нарощування встановленої потужності електрогенеруючих установок, що використовують відновлювані джерела енергії (ВДЕ), але загострило проблему забезпечення гнучкості ОЕС для стійкого балансування між попитом та пропозицією електричної енергії. Така тенденція розвитку ВДЕ в Україні також сформувала значні виклики традиційній експлуатаційній практиці існуючих електростанцій, зокрема теплоелектроцентралям (ТЕЦ) на природному газі, до яких мене всього було надано уваги.

Переважна більшість існуючих ТЕЦ України функціонують впродовж 45–55 років і більше, повністю вичерпали свій проектний термін експлуатації та перевищили період економічно доцільного циклу, встановленого для основного обладнання такого типу. Експлуатація таких ТЕЦ в режимі забезпечення насамперед теплових навантажень (за тепловим графіком споживача теплової енергії) обумовлює неможливість їх використання для балансування ОЕС. Але під час воєнного стану було об'єднано всю енергосистему України та задіяні всі одиниці балансування.

Тоді ж почало зростання вартості енергоносіїв, особливо газу, коли його ціна була 03.2021 на рівні 7549, 69 грн/тис.куб.м. та 05.2022 на рівні 30 640, 00 грн/тис.куб.м. (рис.2), де видно збільшення ціни на 300%, тим самим збільшення собівартості для вироблення електричної та теплової енергії.

Тому для того щоб утримати ціну на газ для постачання природного газу виробникам теплової енергії та бюджетним установам кабінетом міністрів України було прийнято постанову №812, де в періоді з 1 вересня 2022 року по 31 березня 2023 року. В цій постанові фіксуються різні обсяги використання газу:

- обсягу, що використовується для потреб виробництва теплової енергії для надання послуг з постачання теплової енергії та постачання гарячої води населенню та/або постачання теплової енергії як товарної продукції для зазначених потреб (далі - обсяг I-фіксований);
- обсягу, що використовується для виробництва теплової енергії для надання послуг з постачання теплової енергії та постачання гарячої води бюджетним установам/організаціям та релігійним організаціям, підприємствам, установам та організаціям, що перебувають в управлінні Державного управління справами, та/або постачання теплової енергії як товарної продукції для зазначених потреб (далі - обсяг III-фіксований);
- обсягу, що використовується для потреб, відмінних від тих, що покриваються за рахунок обсягу I-фіксованого або обсягу III-фіксованого (далі - обсяг II).

Також для підтримання ринків було прийнято рішення ведення обмежень та корегування мінімальної ціни на різних сегментах ринку. В таблиці 1 та таблиці 2 було наведено мінімальні та максимальні обмежувачі ціни.

Далі буде розглядатися максимальна ціна, це зумовлено тим, що зараз енергетична система знаходиться здебільшого в дефіциті, тим самим основну базу ціну формує залежність від максимального обмеження. В середньому збільшилось на 20%, але цього не достатньо для компенсування собівартості по паливу, тому НКЕКП була прийнята постанова придбання допоміжної послуги для забезпечення регулювання частоти та активної потужності в ОЕС України, а саме забезпечення резервів заміщення (третинне регулювання), де розрахунок обсягів наданої ДП РЗ здійснюється на основі опрацювання даних комерційного обліку обладнання (обсягів відпуску), у відношенні якого на аукціон подавалися пропозиції, обсягу поданих пропозицій, інформації щодо питомих витрат умовного палива на відпуск електричної енергії, калорійності природного газу, цін постачання природного газу для виробництва електричної енергії, цін використання мазуту для виробництва електричної енергії, на основі середньозваженої ціни на ринку «на добу наперед» за відповідну декаду, середньозваженого значення умовно-постійних витрат виробників, що здійснювали діяльність на ТЕС та ТЕЦ, документу щодо обсягів відбору природного газу, у випадку надання ДП РЗ з використанням виключно природного газу. Це дає змогу для покрити паливну собівартість при виробленні електричної та теплової енергії, а також бути конкурентним на ринках електричної енергії.

Висновок: ТЕЦ є об'єктом критичної інфраструктури так як забезпечує безперебійним постачанням гарячої води та виробництвом електроенергії. Також ТЕЦ являються стратегічним об'єктом бо вони джерелом електроенергії в середині міст, тим самим забезпечують надійність енерговузла в яку знаходяться. Основною особливістю ТЕЦ є робота в процесі високоефективної когенерації, що означає, що під час одного технологічного процесу одночасно виробляються тепло та електроенергія.

Когенерація включає в себе багато технологічних рішень – завдяки їх використанню обсяг виробництва електроенергії та теплової енергії можна регулювати відповідно до величини попиту. Найбільш тяжкий період роботи припадає на опалювальний сезон.

А також на короткочасні терміни, за рахунок когенерації, можна збільшувати потужність, вироблення електроенергії, яка особлива можлива лише під час опалювального сезону. Також це дає перевагу, порівняно з іншими тепловими станціями.

За результатами аналізу можливо виділити можливості ТЕЦ по ринках:

На РДН за рахунок дефіциту в енерговузлах та енергосистемі в цілому, є можливість продати більше кількості електроенергії в годинах з максимальною ціною, що дає більшу дохідність, бо за кожний вироблену одиницю електричної енергії є компенсація за рахунок ДП РЗ.

На ВДР також є додаткова можливість продати електроенергію на як мінімум на 10% дорожче ніж на РДН, а також відкупити електроенергію при зміні власних потреб станції, це дає можливість не втрачати гроші на небалансах.

Ринки РДН та ВДР власну велику перевагу над іншими ринками за рахунок того, що кошти за продану електроенергію надходять на наступний день після закриття торгової доби.

На БР менше конкуренція ніж на РДН та ВДР тому що, там приймає участь тільки генерація, а також максимальну ціну на продаж ставити на 20% від ціни РДН в кожній годині, а також можливо заробити на розвантаженні, тобто продати електроенергію на інших ринках, не генерувати цю кількість електроенергії, а відкупити за набагато меншою ціною, дає можливість без витрати газу заробити. Недоліком є те, що розрахунок відбувається з адміністратором цього ринку НЕК «Укренерго», що може тривати до 6 місяців з закриття торгового місяця.

Умовою ефективного функціонування на новому ринку електричної енергії є орієнтація на впровадження інформаційних технологій, модернізації устаткування, встановлення нових агрегатів генерування електроенергії, які дозволяють суттєво підвищити якість процесів управління збутом та купівлею електричної енергії.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕХОДУ НА АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Вступ. Забезпечення енергетичної безпеки виробничих потужностей в Україні є пріоритетним завданням на сьогоднішній день. В Україні, знаходячись у стані воєнного конфлікту виникла проблема з забезпеченням безперебійного постачання енергетичних ресурсів. Водночас складнощі із прогнозуванням майбутнього тарифу на традиційні енергоносії, такі як природний газ, змушують шукати альтернативні види палива для забезпечення виробничої діяльності.

Мета роботи: розробка заходів із забезпечення безперебійного енергопостачання та поліпшення показників енергоефективності заводу з виробництва тваринних кормів,

Основний зміст. На сьогодні, в зв'язку зі складно прогнозованою поведінкою тарифу на газ та можливим його дефіцитом в майбутньому, постає питання щодо забезпечення безперебійного функціонування виробничих потужностей. В даній тезі розглядаються та порівнюються альтернативні види палива з метою визначення найбільш доцільного варіанту переходу.

На заводі з виготовлення тваринних кормів основним споживаним ресурсом є пара, котра отримується шляхом спалювання газу в парових котлах, вибір альтернативного виду палива потрібно робити виходячи із можливості забезпечення заводу необхідним обсягом пари. Види палива прийнято порівнювати між собою за питомою теплотою згоряння (кількість теплоти, що виділяється при спалюванні одиниці палива). Потужні парові котли можуть працювати на рідкому, газоподібному або твердому паливі, тому в таблиці нижче (Таблиця 1) наведено порівняльну характеристику найбільш розповсюджених та доступних видів палива таких типів. Ціна для природного газу взята з тарифу за яким підприємство його закуповує.

Таблиця 1

Вид палива	Одиниця виміру	Питома теплота згоряння, кКал	Еквівалент у вигляді природного газу, м ³	Середня ціна по Україні, грн
Природний газ	1 м ³	8 160	1	30,084
Дизельне паливо	1 л	10 300	1,262	53,9
Тріска	1 кг	2 610	0,319	3

В середньому за 3 роки (2019 - 2021), підприємством було спожито 1 740 707 м³ природного газу. Дане значення доцільно перевести в еквівалент тріски та дизпалива. Отримані дані наведено нижче в Таблиці 2.

Таблиця 2

Вид палива	Кількість палива	Вартість, грн
Природний газ	1 740 707 м ³	52 367 429
Дизельне паливо	1 379 324 л	74 345 568
Тріска	5 456 т	16 368 000

Як видно із порівняльної таблиці, вартість тріски – помітно нижча за вартість природного газу. Із дизельним паливом ситуація в Україні на даний момент така ж складна як і з природним газом.

Хоча тріска і коштує порівняно мало з іншими видами палива, проте перехід на виробництво теплової енергії з її використанням тягне за собою заміну газових котлів на твердопаливні, облаштування складського приміщення для зберігання тріски, та встановлення автоматичної подачі палива до камери згоряння – так звана система «живе дно».

Не слід також забувати про ефективність котлів. На даний момент на підприємстві встановлено 2 парові газові котли, ефективність яких становить 94%. На відміну від газових, твердопаливні котли мають нижчу ефективність, на рівні 74-80%. Така різниця виправдовується зважаючи на те, що захід

несе в собі радше мету забезпечення енергетичної безпеки підприємства ніж підвищення енергоефективності.

Так як на підприємстві працює 2 газових парових котла ($\eta=94\%$), пропонується замінити один з них на твердопаливний ($\eta=80\%$), для покриття 50% потреб у тепловій енергії щепю. Результати розрахунку наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Параметр	Одиниці виміру	Значення
Економія природного газу	м ³	870 353
Кількість щепи на заміщення	т	3 197
Економія грошей	грн	16 591 809
Інвестиції	грн	8 000 000
Простий термін окупності	місяці	6

З результатів розрахунку видно, що захід є швидко окупним і дозволить забезпечити функціонування заводу у випадку перебоїв із постачанням природного газу.

Висновки: Виявлено альтернативний вид палива для часткового заміщення споживання газу заводом із виготовлення кормів. Після розроблення заходу із заміщення газу як основного паливного ресурсу на деревну щепу можна споглядати швидкі терміни окупності із досягненням великої грошової економії.

Список використаних джерел:

1. Ціни на дизельне паливо в Україні URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/>
2. Тариф комерційного природного газу в Україні URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/>

Карпенко А.В., магістрант,
Веремійчук Ю.А., канд.техн.наук, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ З ВСТАНОВЛЕННЯМ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

На основі практичної реалізації функцій енергетичного менеджменту відповідно до серії стандартів ISO 5000X для підвищення рівня енергетичної ефективності спортивного комплексу, як об'єкта дослідження було проведено аналіз та збір інформації щодо споживання енергетичних ресурсів. При цьому визначено завдання щодо розроблення ефективних механізмів впровадження системи енергетичного менеджменту на основі ДСТУ ISO 50001:2020 .

Враховуючи рекомендації ДСТУ ISO 50001:2020 було визначено та здійснено аналіз значимості факторів впливу на електроспоживання спортивного комплексу і досліджено загальні характеристики. До факторних ознак, було визначено наступні параметри:

- x_1 - тривалість заходів в спортивному комплексі, год/міс;
- x_2 - тривалість монтажних/ демонтажних робіт, год/міс;
- x_3 - кількість заходів на місяць,
- x_4 - кількість відвідувачів за місяць, чол.,
- x_5 - градусо-доби, °С·доба.

При дослідженні використано методи комплексного статистичного аналізу та методологію відповідно до ДСТУ ISO 50006:2016. При формуванні вихідних даних, були встановлені наступні умови :

- обсяг вибірки $n=12$;
- кількість незалежних змінних – факторних ознак (це кількість параметрів у рівнянні регресії без вільного члена) $k=5$;
- число ступенів свободи df за формулою $df = n - k - 1 = 12 - 5 - 1 = 6$;
- рівень значущості $\alpha = 0,05$;
- рівень надійності 95%.

Загальний вигляд початкової регресійної моделі має вигляд:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 \quad (1)$$

В цьому рівнянні результативна ознака \hat{y} є очікуваною або прогножною величиною споживання електроенергії на підприємстві (кВт·год),

Для побудови рівняння багатофакторної регресії скористаємось модулем «Аналіз даних» у MS Excel. Даний модуль в MS Excel дозволяє отримати результати регресійної статистики, дисперсійного аналізу та дослідити довірчі інтервали.

В програмному середовищі MS Excel здійснено послідовний аналіз п'яти факторів впливу на електроспоживання спортивного комплексу та аналіз двох найбільш значущих факторів впливу.

На ефективність проведення регресійного аналізу впливає ряд показників, відповідно до їх значень можна оцінити ймовірність та правильність отриманих результатів. До таких відноситься:

- P – значення, ймовірність вагомості,
- F – значення, вагомості моделі,
- R^2 - коефіцієнт детермінації.

В результаті аналізу факторів визначено, що для змінних X_1 , X_4 та X_5 P-значення відповідає нормативному, F відповідає нормативному, значення. R^2 близьке до нормативного таблиця 1

Показник	Значення
Множинний R	0,90424
R ²	0,81765
Нормований R ²	0,74928
Значення F	0,00251
P-Значення для змінної X ₁	0,012561369
P-Значення для змінної X ₄	0,027868675
P-Значення для змінної X ₅	0,024851017

В результаті отримали багатофакторне лінійне рівняння регресії:

$$W = -24288,1 + 800,026 * X_1 + 3,118 * X_4 - 26,59 * X_5 \quad (2)$$

Відповідно до статистичних даних спортивного комплексу можемо побудувати базовий рівень електроспоживання Рис. 1

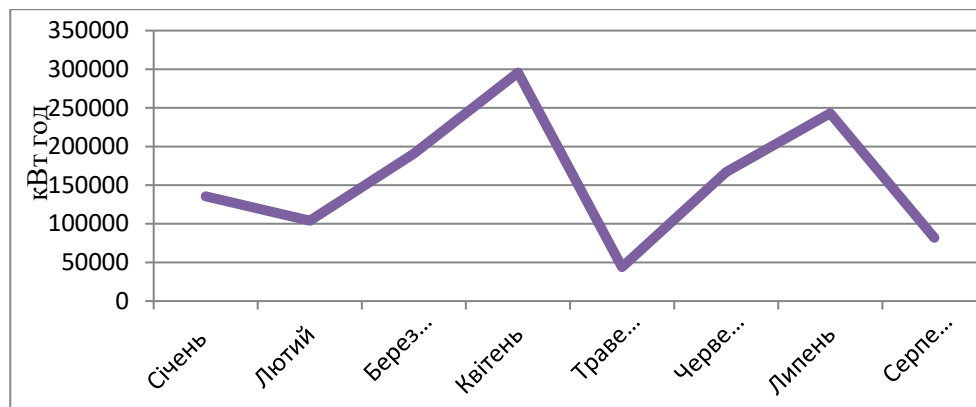


Рис. 1 – Базовий рівень електроспоживання

В результатів проведеного дослідження визначено критерії/ параметри, що впливають на енерговикористання об'єкта. При їх використанні можна ефективно керувати рівнями досягнутої енергоефективності спортивного комплексу. Здійснювати моніторинг електроспоживання системами, процесами і обладнанням, протягом тривалого часу. Також за умов зацікавленості та залучення вищого керівництва об'єкту отримаємо можливість щодо ефективного впровадження, підтримання та поліпшення системи енергоменеджменту

СТВОРЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЕНЕРГОРЕСУРСИ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Вступ. Прогнозування попиту на енергетичні ресурси для будівель бюджетних установ є актуальним завданням, вирішивши яке можна буде не тільки оцінити наперед споживання електричної та теплової енергії, а також математична модель базового рівня може бути використана як точка відліку для оцінки економії енергоресурсів та бенчмаркінгу. Важливо щоб базовий рівень був математичною моделлю з високою точністю та надійністю прогнозування, так як від цього залежить якість розрахунку економії, що позитивно впливає на інвестиційну привабливість ЕСКО-договорів і робить їх більш прозорими. Оцінка економії при впровадженні заходів з енергоефективності, один з найважливіших етапів модернізації дошкільних навчальних закладів, саме тому пропонується новий підхід до побудови базового рівня енергоспоживання (BRE).

Мета роботи: обрати і описати математичний метод, що може бути використаний для створення базового рівня енергоспоживання та імплементувати його, отримавши модель BRE. Порівняти за набором параметрів отриману модель з моделлю створеною на основі лінійної регресії та зробити змістовні висновки.

Основний зміст. Базовий рівень енергоспоживання [1] є кількісним показником для розрахунку енергозбереження, який використовується як еталонний для відображення ситуації до та після впровадження енергоефективних заходів, шляхом порівняння досягнутого та досяжного рівнів. енергоефективність. Базові рівні встановлюються на певний період часу, цей період має бути достатнім, щоб охопити зміну всіх визначальних змінних (сезонність, погодні умови тощо).

Створювати базовий рівень енергоспоживання будемо для електричної енергії. У якості факторів, що впливають на споживання візьмемо наступні:

- Середня помісячна температура;
- Вологість;
- Тривалість світлового дня;
- Кількість осіб у закладі;

Обрані фактори не єдині які можуть впливати на енергоспоживання, але на жаль більше даних недоступно. Середня помісячна температура та вологість впливають здебільшого на споживання теплової енергії, але в дошкільному навчальному закладі є електричні обігрівачі, тому ці фактори можна враховувати. Тривалість світлового дня впливає на час роботи системи освітлення, що є суттєвим споживачем на об'єкті, кількість осіб у закладі впливає на час роботи електроприладів, в тому числі які використовуються для їжеприготування. Дані про обрані фактори та споживання електричної енергії наявні за 36 місяців, розділимо дані на 2 групи:

- 1 група (дані для навчання моделі, 80% або 28 місяців);
- 2 група (дані для тестування роботи моделі, 20% або 8 місяців);

Проведемо регресійний аналіз за допомогою MS Excel відповідно до [2], та отримаємо графік(рисунок 1). На графіку побудовано прогноз для тестових даних за останні 8 місяців, також побудовано 95% довірчий інтервал, відповідно до якого можна визначити ефективність прогнозування моделі. Відповідно до методики [3], отримано графік(рисунок 2). Розроблено математичну модель з використанням методу ARIMA, в програмному забезпечення PyChart, на мові програмування Python. Прогноз здійснено за той самий період що і у випадку з лінійною регресією, довірчий інтервал також 95%.

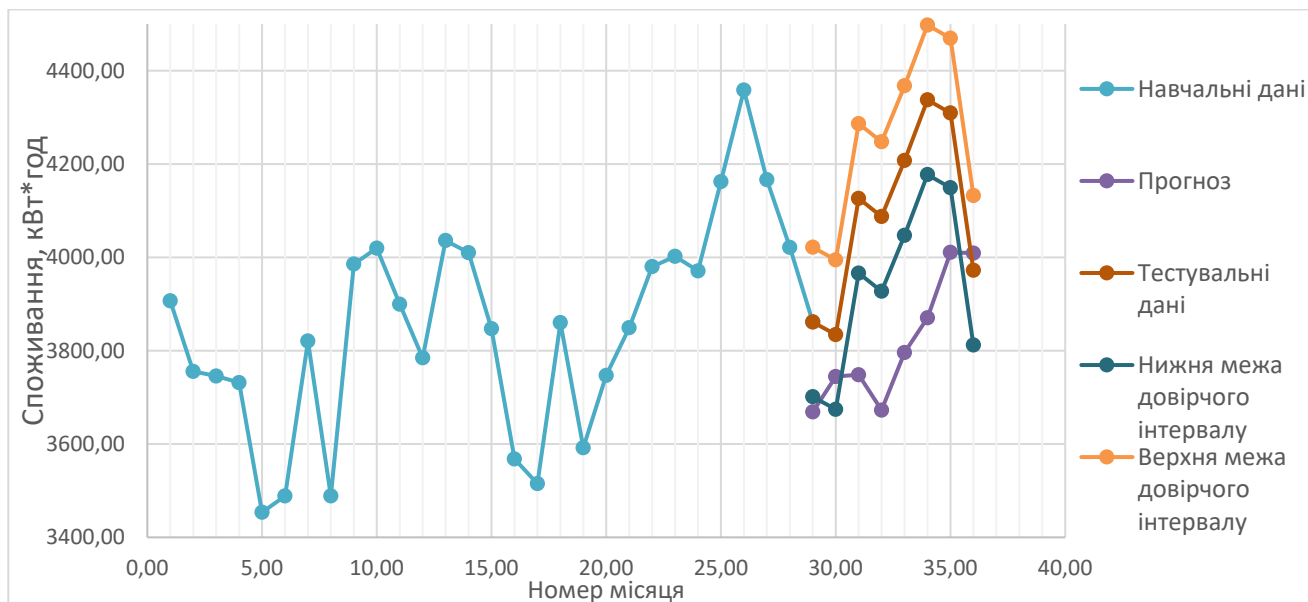


Рисунок 1 – Результат регресійного аналізу

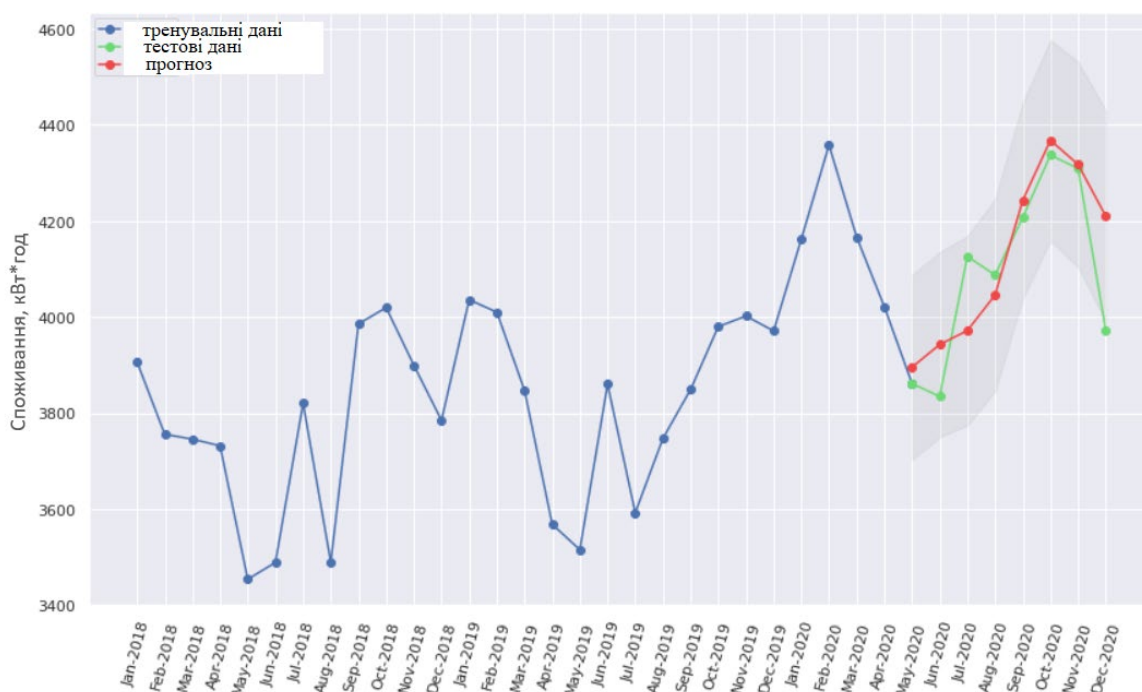


Рисунок 2 – Результат методу ARIMA

Висновки. Порівнюючи математичні моделі, можемо сказати що модель з використанням методу ARIMA показала себе краще з точки зору потрапляння в довірчий інтервал, а саме сім точок проти двох у лінійної регресії. Також порівняємо моделі за допомогою середньої абсолютної відсоткової похибки(MAPE) в випадку регресії значення вийшло 29%, модель ARIMA показала похибку у 4%, як бачимо модель побудована методом ARIMA показала себе суттєво краще, тому в даному випадку вона є кращою для використання.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT);
2. ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ / А. Чернявський, А. Сафьянц, А. Гоєнко. Проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
3. Introduction to Time Series Forecasting with Python, Jason Brownlee, 2017.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Сьогодні в Україні спостерігається стрімкий розвиток та впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячних та вітрових електричних станцій. Разом із позитивними рисами, перш за все такими, як зменшення шкідливих викидів у атмосферу та залучення інвестицій у цей сектор енергетики, зростання частки ВДЕ в загальному балансі об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України створює ризики порушення балансової надійності енергосистеми, оскільки електростанції, що працюють на ВДЕ, мають негарантований, змінний графік генерування електричної енергії (ЕЕ) як впродовж доби, так і значні сезонні коливання обсягів виробництва.

Подальше зростання частки ВДЕ в балансі ОЕС України неможливе без збільшення обсягів первинного, вторинного регулювання частоти та потужності, а також резерву заміщення в енергосистемі.

Таким чином, сьогодні актуальною задачею є запровадження нових механізмів, які забезпечуватимуть стабільність роботи ОЕС України за умови подальшого розвитку ВДЕ. Одним з найбільш перспективних напрямків регулювання режимів споживання та графіку відпуску ЕЕ з ВДЕ, що набуває широкого розповсюдження в світі, є впровадження систем накопичення ЕЕ (СНЕ), або англійською “energy storage facilities”. Крім того, СНЕ може працювати як джерело маневреної потужності, приймаючи надлишки генерованої потужності під час піків генерації, а також підвищувати стійкість паралельної роботи

Крім того впровадження СНЕ дає змогу вирішувати інші задачі, пов'язані із наданням допоміжних послуг з регулювання напруги, а також регулювання частоти в електроенергетичній системі, що стають все більш нагальними у зв'язку із впровадженням нового ринку ЕЕ в Україні, створення віртуальних електростанцій та функціонування роздрібного ринку ЕЕ [1,2].

Основною перешкодою до масштабного впровадження СНЕ в електроенергетичних системах була висока вартість таких систем. Проте як показує дослідження **BloombergNEF** [3] останнє десятиріччя спостерігається стійка тенденція до зниження їхньої вартості (у формі літій-іонних батарей). Так з 2010 по 2018 рік ціна на СНЕ зменшилася з 1160 до 176 \$ США за 1 кВт* год. А до 2030 року прогнозується падіння ціни до 62 \$ США на окремі види СНЕ (у формі літій-іонних батарей).

Хоча, для дійсно великих проектів вартість залишається понад \$ 300 за кВт-год потужностей, зокрема відповідно до аналізу Lazard.. А отже, необхідний досить вагомий механізм для повернення інвестицій у таких СНЕ [4].

Відповідно до своїх технічних можливостей і місць підключення сформовані основні моделі застосування СНЕ в енергосистемі, які представлені в таблиці 1. Але використання СНЕ потребує підтримки на законодавчому рівні, особливо в умовах дії ринкових відносин в електроенергетичній галузі. За останні роки в нашій державі було прийнято ряд законодавчих ініціатив внесені зміни щодо вирішення проблеми належного фінансування проектів зі СНЕ.

За допомогою законодавчих змін було запроваджено ряд понять, визначено обов'язки і функції для суб'єктів ринку електричної енергії в умовах інтеграції СНЕ, а саме:

- вводяться нові терміни: система накопичення енергії, оператор системи накопичення енергії та повністю інтегровані елементи мережі;
- створюється новий учасник на ринку електричної енергії - оператор системи накопичення енергії та визначаються його права та обов'язки;
- врегульовується питання ліцензування діяльності з накопичення енергії;
- врегульовується питання можливості використання системи накопичення енергії споживачами, а також виробниками електричної енергії, зокрема, виробниками електричної енергії з відновлювальних джерел енергії;

- встановлюється загальна заборона для оператора системи передачі та операторів систем розподілу провадити діяльність з накопичення енергії.

Таблиця 1. Моделі застосування накопичувачів в енергосистемі

Типи накопичувачів	Можливості
Системні накопичувачі	<ul style="list-style-type: none"> • участь у первинному та вторинному регулюванні частоти; • згладжування піків та регулювання завантаження перерізів магістральних ЛЕП; • впливати на режими роботи мереж (брати участь у забезпеченні статичної та динамічної стійкості); • можуть забезпечити режим додаткового обсягу вироблення ВДЕ та вирішити проблеми з якістю електроенергії, що видається в мережу.
Накопичувачі, встановлені у розподільчих мережах	<ul style="list-style-type: none"> • забезпечення розвантаження центрів живлення розподільчих мереж; • забезпечення додаткової надійності у режимі джерела безперебійного живлення (ДБЖ) у разі відключення елементів мереж високої напруги, а також при короткострокових перериваннях електропостачання.
Накопичувачі, що знаходяться безпосередньо у споживача	<ul style="list-style-type: none"> • забезпечення безперебійності, безпосередньо у споживача при аваріях в мережі; • забезпечення якості електроенергії для живлення обладнання споживача в залежності від його чутливості до безперервності технологічних процесів; • забезпечення додаткової пікової потужності без потреби звернення за технологічним приєднанням до мережевої організації; • за наявності ВДЕ або іншого виду розподіленої генерації, дозволяє мінімізувати перетікання у зовнішню мережу та оптимізувати режими роботи власної генерації.

Враховуючи наявність можливостей впровадження СНЕ на нормативному рівні та ефективні практики інтеграції СНЕ у структурі ВДЕ до енергосистеми з підвищенням економічних та технічних показників, забезпечення надійності систем електропостачання та умов для здійснення управління режимами електроенергетичних систем.

Також не менш важливою перевагою комбінованого використання СНЕ з суб'єктом ВДЕ, свідчать нормативні положення в постанові НКРЕКП "Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності зі зберігання енергії", яку було прийнято 22 липня 2022 року, де зазначено, що встановлення СНЕ виробниками електроенергії, яким надано "зелений" тариф, не є підставою для перегляду наданого "зеленого" тарифу, та з'являється можливість не отримувати ліцензію на провадження господарської діяльності з накопичення енергії, вироблених на власних установках, якщо виконуються наступні умови:

- потужність, з якою здійснюється відпуск електроенергії, не перевищує встановлену потужність електроустановок такого виробника відповідно до ліцензії на провадження господарської діяльності;
- наявний окремий комерційний облік електроенергії, перетікання якої здійснено до та з СНЕ, з відповідною фіксацією даних, згідно з Кодексом комерційного обліку [5].

При цьому виникає ряд наукових та практичних завдань, вирішення яких дозволить ефективно дослідити інтеграцію СНЕ в електричних мережах України з огляду на різні можливості їхнього застосування.

Список використаних джерел

1. Кириленко, О. , Блінов, І. , Парус, Є. і Трач, І. . Оцінка ефективності використання систем накопичення електроенергії в електричних мережах . *Технічна електродинаміка*. 4 (Чер 2021), 044. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2021.04.044>.
2. Парус, Є. , І. . Блінов, і Д. . Олефір. Оцінка економічного ефекту від надання системами накопичення електричної енергії послуги балансування в ОЕС України. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, вип. 60, Грудень 2021, с. 028, doi:10.15407/publishing2021.60.028.
3. A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://about.bnef.com>
4. Системи накопичення енергії (energy storages): перспективи для України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://getmarket.com.ua/>
5. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. НКРЕКП. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua>

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Вступ. Енергетична результативність — ключовий елемент понять, введених у національний стандарт ДСТУ ISO 50001:2020 для отримання згодом результативних і вимірних результатів. Енергетична результативність є поняттям, яке стосується енергетичної ефективності, використання і споживання енергії. Показники енергоефективності та базові рівні енергоспоживання — два взаємозалежних елементи, які використовуються в стандарті для того, щоб дати можливість організації демонструвати поліпшення енергетичної результативності [1].

Головним завданням будь-якого підприємства, особливо в сучасних надскладних економічних умовах, виступає максимізація прибутку за мінімізації використання ресурсів. Важливою складовою оцінювання енергетичної результативності є прогнозування споживання ресурсів підприємства. Саме про методи прогнозування електроспоживання надалі і буде йти мова.

Мета роботи: здійснити аналіз деяких методів прогнозування електроспоживання підприємства молочної галузі для подальшого оцінювання енергетичної результативності підприємства.

Основний зміст. Прогнозування споживання електроенергії є дуже важливим аспектом у роботі промислових підприємств. Кожне з них має визначити для себе споживчу потужність, якої воно має досить суворо дотримуватись, так, як відхилення можуть загрожувати штрафами.

Тому однією з актуальних тем на ринку електроенергії сьогодні є прогнозування споживання електроенергії. Наразі існує приблизно 150 методів прогнозування, але на практиці використовуються близько 20-30 основних методів.

1) Кореляційні та регресійні методи прогнозують поведінку змінної величини виходячи з тимчасового взаємозв'язку між нею та іншою змінною, яка може бути виражена у вигляді статистичної залежності, яка називається регресією або кореляцією.

Інакше кажучи, ці методи дозволяють встановити залежність зміни однієї змінної у разі зміни іншої на певну величину.

Регресійний аналіз досліджує взаємозв'язок залежної змінної від інших незалежних, застосовується за наявності зв'язку між прогнозованим процесом та будь-якими факторами, що впливають на нього.

Лінійна регресія зазвичай використовується для довгострокових прогнозів, але може також застосовуватися для менш тривалих прогнозів. В процесі роботи промислового підприємства природною є поява нової інформації, що потребує коригування даних прогнозованої моделі. Таке коригування є дуже складною і трудомісткою процедурою, що вимагає великої кількості обсягів обчислень. Це призводить до того, що динамічна зміна характеристик прогнозованої моделі найчастіше неможлива. Іноді вимоги прогнозованої моделі до вихідної інформації для реальних спостережень нездійсненні, у зв'язку з чим прогноз виявляється неточним і неефективним [2].

2) Прогнозна екстраполяція. Екстраполяція - це метод наукового дослідження, який заснований на поширенні минулих тенденцій та тенденцій сьогодення, закономірностей, зв'язків на майбутній розвиток об'єкта прогнозування. У вузькому значенні слова, екстраполяція - це знаходження по ряду даних функції інших її значень, що знаходяться поза цим рядом. Під час оцінки параметрів залежностей найбільш поширеними є метод найменших квадратів, метод експоненційного брауа часових рядів, метод ковзної середньої та інші [3].

3) Адаптивні методи прогнозування. В основі лежить модель рекурсивного гармонійного процесу.

При обробці часових рядів, як правило, найціннішою є інформація останнього періоду, оскільки необхідно знати, як розвиватиметься тенденція, що існує в даний момент, а не тенденція, що склалася в середньому. Адаптивні методи дозволяють врахувати різну інформаційну цінність рівнів тимчасового ряду, ступінь "старіння" даних. Ця властивість адаптивних методів є суттєвою їх перевагою для прогнозування електроспоживання підприємства.

Оцінювання коефіцієнтів адаптивної моделі зазвичай здійснюється на основі рекурентного методу, який формально відрізняється від методу найменших квадратів, методу максимальної правдоподібності та інших методів тим, що не потребує повторення всього обсягу обчислень з появою нових даних [4].

Висновки. Регресійний аналіз є найпоширенішим серед методів прогнозування, і є доцільнішим при прогнозуванні, якщо попередньо є багато чинників. Оскільки чим більше чинників – тим точніше отримана модель для подальшого прогнозування.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. (ISO 50001:2018, IDT) – (Державний стандарт України).
2. Льюїс, К. Д. Методи прогнозування економічних показників / К. Д. Льюїс; перекл. з англ.: Е. З. Демиденко. - М.: Фінанси и статистика, 1986. - 132 с.
3. Андерсон, Т. Статистичний аналіз часових рядів / Т. Андерсон; Перекл. з англ. - М.: Мир, 1976. - 760 с.
4. Кобець С.П., А.О. Лузіна Застосування адаптивних моделей для прогнозування чистого доходу від реалізації продукції – Електронне фахове видання «Ефективна економіка», 2019. – с. 3-4.

МОНІТОРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ

Вступ. Українська промисловість є надзвичайно енерговитратною, *споживання паливно-енергетичних ресурсів промисловістю України складає понад 30% у загальному паливно-енергетичному балансі нашої країни та водночас саме промисловий сектор має найбільший потенціал енергоефективності.* Виснаження викопних джерел енергії, зростання цін на енергоносії та обмеження державного регулювання мотивують більшість галузей промисловості шукати способи скорочення своїх виробничих витрат та підвищення енергоефективності у виробничих системах. Не винятком є підприємства молочної галузі, які займають важливе місце у забезпеченні населення необхідними продуктами харчування. Будь-яке підприємство молочної галузі являє собою складний механізм, що складається з множини взаємопов'язаних елементів, які використовують різні види енергії для реалізації виробничих процесів. Необхідно відмітити, що однією з ознак які характеризують здатність виробничої системи ефективно функціонувати в наявних умовах є її енергоефективність. Систематичний контроль та моніторинг енергетичної результативності є однією з головних умов досягнення високого рівня енергоефективності на підприємстві.

Мета роботи: здійснення моніторингу енергетичної результативності заходів з енергоефективності, які можливо застосувати для підприємства молочної галузі.

Основний зміст. Енергетичний моніторинг та встановлення цілей - це техніка управління енергією, яка використовує дані про енергоспоживання та інші дані як основу для усунення відходів, зменшення та контролю споживання енергії. Система енергетичного моніторингу на промисловому підприємстві має безліч переваг, таких як: економія витрат на енергію, яка приблизно буде становити 5–15%, завдяки здатності визначення та усунення надмірного споживання, щойно воно виникає; покращення даних для обґрунтування капіталовкладень; покращена калькуляція продукції; краща продуктивність, якість, технічне обслуговування та термін служби обладнання завдяки здатності виявляти порушення, оскільки ефективний моніторинг діє як система раннього попередження, яка може висвітлювати проблеми до того, як вони матимуть значний вплив [1].

При проведенні моніторингу енергетичної результативності повинен здійснюватись всебічний системний аналіз ефективності та оцінка стану використання енергоносіїв.

Проведення моніторингу потрібно починати зі збору даних про споживання основних паливно-енергетичних ресурсів, таких як: електрична та теплова енергія, газ, вугілля та ін. Також потрібно зібрати дані про використання енергетичних ресурсів суттєвими споживачами енергії, наприклад насосами, компресорами, сушарками, холодильними установками, тощо. Дані повинні включати не тільки споживання енергії, але й відповідні змінні, які можуть збільшувати або зменшувати споживання енергії – продуктивність виробництва, кількість робочих годин, асортимент продукції, погодні умови тощо. Частота збору даних має бути однаковою як для споживання, так і для відповідних змінних даних [2].

Після збору даних потрібно обов'язково їх проаналізувати. Наведемо перелік кількох методів аналізу даних про енергоспоживання:

- моніторинг термодинамічної ефективності установки;
- порівняння поточного споживання енергії з попереднім;
- моніторинг питомого споживання енергії, яке визначається як відношення кількості спожитої енергії на одиницю виробленої продукції;
- моніторинг споживання енергії порівняно з базовим рівнем за допомогою регресійного аналізу, або якщо, споживання енергії залежить від багатьох змінних, то доцільно застосувати моніторинг споживання енергії порівняно з базовим рівнем за допомогою багатофакторного регресійного аналізу.

Для моніторингу енергетичної результативності впровадження заходів з енергоефективності на промисловому підприємстві можливо використовувати такі методи, як контрольні карти Шухарта та графіки CUSUM.

Контрольна карта – це один із графічних засобів застосування статистичних методів, вперше

розвинутий У.Шухартом в 1931р.[3], що представляє собою графік залежності контрольованої характеристики від часу або від порядкового номера даної характеристики. Принципи побудови контрольної карти Шухарта охоплюють коло понять, пов'язаних зі стабілізацією виробничого процесу, оцінюванням ефективності впровадження енергозберігаючих заходів, а реалізація цих принципів сприяє взаємозв'язку різних напрямків господарської діяльності.

У разі встановлення на будь-якому об'єкті складних базових рівнів енергоспоживання, що являють собою лінійні або нелінійні багатофакторні рівняння регресії, застосовувати графічний спосіб контролю ефективності використання палива чи енергії вже неможливо. У такому випадку для контролю досягнутих результатів енергозбереження використовують спеціальний графік, який в зарубіжній практиці називають графіком CUSUM. Графік кумулятивної суми — це потужний метод для ілюстрації енергетичних показників установки або енергоспоживаючої системи. Споживання енергії відстежується та порівнюється з тижневим/місячним базовим рівнем. CUSUM – це кумулятивна сума різниці між фактичним споживанням і базовим рівнем.

Моніторинг є інструментом, який використовується в циклі постійного вдосконалення, тому повинен виконуватись безперервно. Вирішити дане завдання можливо використовуючи метод послідовного аналізу Вальда [4]. Дана методика базується на тому, що у процесі контролю ефективності використання енергії досліджується вибірка даних щодо знаходження фактичних обсягів енергоспоживання технологічного об'єкту, що розглядають, в межах встановленого довірчого інтервалу або за його межами (що і буде ознакою підтримання або не підтримання на об'єкті заданого рівня ефективності використання енергії) [5].

Висновки. Моніторинг енергетичної результативності дає можливість відслідкувати рівень енергоспоживання, отриману економію або перевитрату енергії. За допомогою перелічених методів енергетичного моніторингу можливо швидко відслідкувати зниження або підвищення енергоспоживання на заданому об'єкті. Також, можливо констатувати чи відбувається економія, чи перевитрата після впроваджених заходів з енергоефективності.

Список використаної літератури.

1. A good practice guide to energy monitoring and targeting – [Режим доступу]: <https://www.seai.ie/publications/SEAI-Guide-to-Energy-MT-Final-online.pdf> (дата звернення 10.11.2022).
2. Карнажук Т.Р., Бориченко О.В., Моніторинг ефективності впровадження енергозберігаючих заходів. XII Науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина»; 7-8 травня 2020; м. Київ; С. 167-171.
3. ДСТУ ISO 8258-2001. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT)
4. Абрагам Вальд. Послідовний аналіз; [пер. с англ. Енергетичний менеджмент / А.В. Праховник, А.І. Соловей, В.В. Прокопенко і ін. // К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
5. В. Ф. Находов, к. т. н., доц., О. В. Бориченко, к. т. н. Процес контролю виконання встановлених «стандартів» в системах оперативного контролю ефективності енерговикористання : збірник доповідей.- Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво» , 2014.-111-119 с.

Бориченко О.В., к. т. н., доц.,
Чернецька Ю.В., к. т. н., ст. викладач.,
Єгоренко А.А. магістрантка,
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАКЕТІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ БЮДЖЕТНИХ УСТАНОВ

Вступ. Підвищення енергетичної ефективності будівель бюджетних установ є одним із пріоритетних завдань для органів місцевого самоврядування в Україні, оскільки зменшення обсягів використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) дозволяє скоротити видатки на їх закупівлю. Разом із тим, реалізація повного комплексу енергоефективних заходів (ЕЕЗ) для сотень будівель, як правило, потребує обсягу інвестицій, що перевищує доступний бюджет. Задача оптимального вибору ЕЕЗ є досить добре вивченою, один із варіантів її розв'язання представлено в [1]. Енергоконсалтингові компанії зазвичай здійснюють попереднє техніко-економічне обґрунтування ЕЕЗ та пропонують альтернативні пакети заходів з різним потенціалом енергозбереження та обсягом необхідних інвестицій, базуючись на експертному досвіді.

Мета роботи: розробити і здійснити апробацію математичної моделі оптимального вибору ЕЕЗ за критерієм досягнутої економії ПЕР на заданих наборах даних; за результатами обчислювальних експериментів напрацювати рекомендації щодо формування оптимальних пакетів ЕЕЗ для будівель бюджетних установ на нових даних.

Основний зміст. У якості вихідних даних для розроблення і апробації оптимізаційної моделі використано результати техніко-економічного обґрунтування ЕЕЗ для будівель бюджетних установ м. Запоріжжя, опубліковані на офіційному сайті Запорізької міської ради [2]. Зокрема, аналізувалися дані про загальний обсяг інвестицій та економію ПЕР, досягнуту в результаті впровадження типових ЕЕЗ для будівель 15 дошкільних навчальних закладів: утеплення зовнішніх стін (ЕЕЗ 1); заміна (утеплення) вхідних дверей (ЕЕЗ 2); утеплення покрівлі (ЕЕЗ 3); утеплення підлоги (ЕЕЗ 4); заміна старих вікон та балконних блоків на металопластикові з подвійним склопакетом (ЕЕЗ 5); заміна ламп розжарювання внутрішнього освітлення (ЕЕЗ 6); заміна ламп вуличного освітлення (ЕЕЗ 7); влаштування радіаторних теплових рефлекторів (ЕЕЗ 8); встановлення ручних балансувальних вентилів з попереднім налаштуванням (ЕЕЗ 10); встановлення автоматичного вузла подачі теплової енергії (ЕЕЗ 11); реконструкція системи опалення (ЕЕЗ 12); влаштування ізоляції трубопроводів системи опалення (ЕЕЗ 15); влаштування ізоляції трубопроводів системи гарячого водопостачання (ЕЕЗ 16).

Цільовою функцією оптимізаційної моделі є сумарна економія ПЕР, досягнута в результаті реалізації шуканих пакетів ЕЕЗ для будівель бюджетних установ громади. Визначення оптимального пакету ЕЕЗ, що максимізує значення цільової функції, здійснюється із врахуванням обмеження: вартість впровадження ЕЕЗ не перевищує заданий бюджет. Змінні, за якими формується оптимальний пакет ЕЕЗ, можуть приймати лише два значення: 1, якщо ЕЕЗ для певної будівлі включається у пакет, 0 – у протилежному випадку.

Результатом розв'язання оптимізаційної задачі при заданому бюджетному обмеженні є перелік ЕЕЗ, реалізація яких забезпечить максимальну економію ПЕР (табл. 1).

Таблиця 1 Фрагмент оптимального пакету ЕЕЗ при бюджетному обмеженні 20 млн. грн.

	ЕЕЗ 1	ЕЕЗ 2	ЕЕЗ 3	ЕЕЗ 4	ЕЕЗ 5	ЕЕЗ 6	ЕЕЗ 7	ЕЕЗ 8	ЕЕЗ 10	ЕЕЗ 11	ЕЕЗ 12	ЕЕЗ 15	ЕЕЗ 16
ДНЗ №293	1	-	0	0	0	1	-	1	1	1	0	1	-
ДНЗ №171	1	0	0	-	0	0	1	1	-	1	0	-	-
ДНЗ №175	0	1	0	0	0	0	1	-	1	1	0	1	1
...	...												
ДНЗ №161	1	-	0	-	0	0	1	1	-	1	0	-	-

Узагальнені результати обчислювальних експериментів представлено на рис. 1. Очевидно, що зі збільшенням обсягу інвестицій у ЕЕЗ збільшується обсяг досягнутої економії ПЕР. Так, за умови, що обсяг інвестицій у ЕЕЗ складає 80 млн. грн., фактично без бюджетних обмежень, до пакету увійдуть усі 165 доступних ЕЕЗ, при цьому буде досягнуто економії ПЕР 5,3 млн. кВт·год./рік. Але як можна

побачити із рис 1, при бюджеті до 5 млн. грн. графік зростає більш стрімко, тобто значної економії ПЕР можна досягти реалізувавши ЕЕЗ із найкращим співвідношенням показників вартості впровадження та досягнутої економії ПЕР: ЕЕЗ 7, ЕЕЗ 8, ЕЕЗ 11, ЕЕЗ 15 та ЕЕЗ 16.

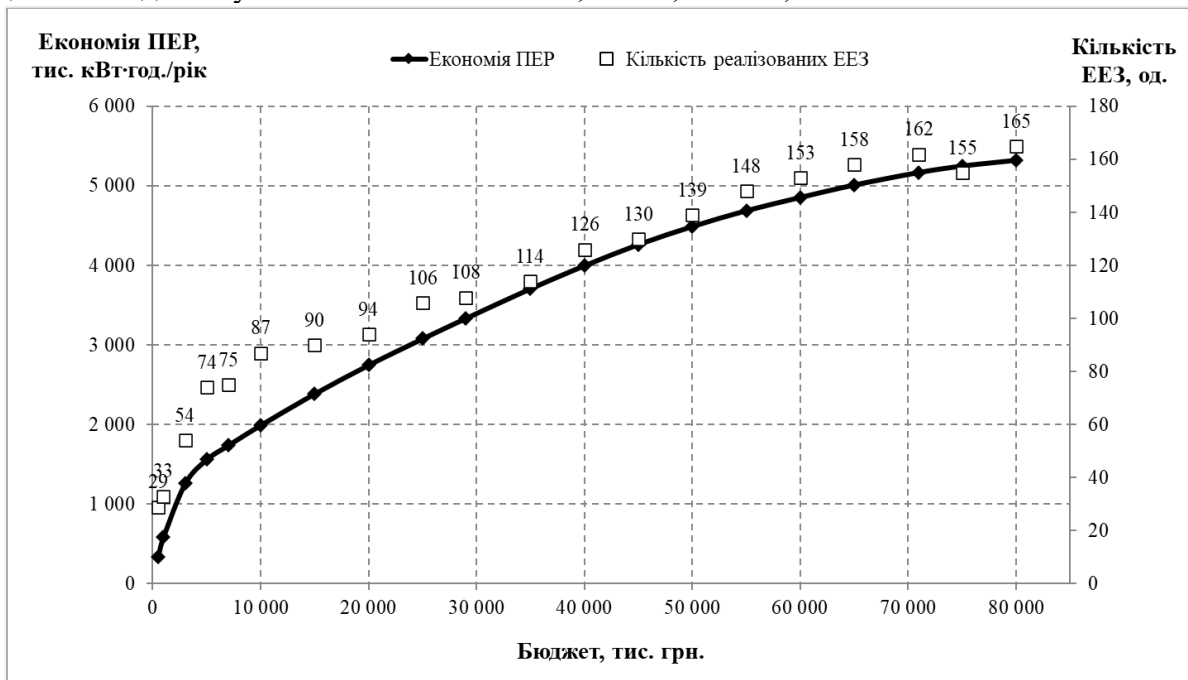


Рисунок 1 – Результати моделювання досягнутої економії ПЕР внаслідок реалізації ЕЕЗ у залежності від бюджетного обмеження

Результати оптимізаційного моделювання також дозволили виявити ЕЕЗ із найгіршим співвідношенням показників вартості впровадження та досягнутої економії ПЕР: ЕЕЗ 4 та ЕЕЗ 12. Проте для більшості ЕЕЗ рішення про його включення до оптимального пакету необхідно приймати в залежності від результатів техніко-економічних розрахунків, виконаних для конкретної будівлі та із врахуванням загального бюджетного обмеження.

Висновки. Розроблення і апробація математичної моделі оптимального вибору ЕЕЗ за критерієм максимуму досягнутої економії ПЕР на реальних даних показала доцільність її застосування для формування оптимальних пакетів ЕЕЗ для будівель бюджетних установ. Виявлено ЕЕЗ із найкращим та найгіршим співвідношеннями показників вартості впровадження та досягнутої економії ПЕР.

Список використаних джерел:

4. Tan B., Yavuz Y., Otay E.N., Camlibel E. Optimal selection of energy efficiency measures for energy sustainability of existing buildings. *Computers & Operations Research*. 2016. Vol. 66. P. 258-271. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.01.013>.
5. Попереднє техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження та підвищення рівня енергоефективності 40 бюджетних будівель м. Запоріжжя. Розробник: Енергоконсалтингова компанія «АЙТІКОН», 2017. 106 с. URL: https://zp.gov.ua/upload/editor/poperedne_teo_m-zaporizhzhya_kf.pdf.

ІНТЕГРАЦІЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ГАЗОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Мета та завдання дослідження. Дослідити можливість впровадження технологій відновлювальної енергетики в газотранспортну систему, з метою декарбонізації технологічних процесів нафтогазової галузі. Дослідження факторів, що впливають на доцільність впровадження відновлювальних технологій в газотранспортну систему України.

Матеріал і результати досліджень.

Розвиток відновлюваної енергетики України демонструє стабільну тенденцію зростання (таблиця 1). Потужність об'єктів електроенергетики України, які використовують відновлювані джерела енергії для виробництва електричної енергії, у 2019 році склала 4,722 ГВт. Протягом 2020 року було додатково введено в експлуатацію об'єктів відновлюваної енергетики потужністю 1,95 ГВт, а у 2021 році — ще близько 1,45 ГВт.

Таблиця 1 — Динаміка введення в експлуатацію об'єктів генеруючих потужностей на ВДЕ [2]

Технологія ВДЕ	Приріст ВДЕ відносно попереднього року за період 2016-2021 рр., МВт					
	роки					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ВЕС	10,9	27,9	60,6	636	86,2	562
СЕС	98,9	300,4	466,4	2565,9	1807,2	2222
БіоЕС	10,2	34,3	1,8	43,8	57	77
Мікро-, міні- та малі ГЕС	н/д	5,4	1,9	4,4	6,6	0,9

Сьогодні ми спостерігаємо продовження трансформації нафтогазових компаній в напрямку декарбонізації світової енергетики. Сучасний енергоринок відзначається поступовим переходом від політики, яка підтримує видобуток нафти і газу, до дестимулювання використання викопних ресурсів на користь залучення замінних технологій і палива і, особливо, відновлюваної енергії. Нафтогазова галузь перебуває під дедалі більшим тиском з боку урядів, інвесторів та громадськості з метою підтримки декарбонізації енергетичної системи. Світові лідери нафтогазової галузі диверсифікують напрямки своєї діяльності шляхом поєднання в єдиній організаційній структурі технологій традиційної та відновлюваної енергетики. Зважаючи на стрімкий розвиток відновлювальної енергетики аналіз процесів інтеграції нетрадиційних джерел енергії в нафтогазову промисловість є актуальною задачею[3].

Економічно-доцільний потенціал енергетичних ресурсів термальних вод, величина запасів яких визначає можливості геотермальної енергетики, оцінюється у 8,4 млн т н.е. на рік. Україна має значний потенціал для розвитку біоенергетики [4], оскільки володіє великим ресурсом біомаси, доступної для виробництва енергії: відходи сільського господарства, відходи деревини, енергетичні культури, як традиційні (цукровий буряк та зернові – на біоетанол, кукурудза – на біогаз), так і ті, що призначені суто для енергетичних цілей та вирощування яких почало активно розвиватися в останні роки (ріпак на біодизель, міскантус, швидкозростаючі деревовидні культури: верба, тополя). Незважаючи на наявність морських кордонів, застосування Україною енергії хвиль та припливів Чорного та Азовського морів не має промислового значення внаслідок їх недостатньої у порівнянні з економічно обґрунтованою висоти. Вугільні пласти в Україні залягають на значній глибині (500–5000 м) і мають невелику товщину (до 2 м), що ускладнює видобування газу метану вугільних родовищ під час їх дегазації. Перспективним паливом є водень, який в умовах жорсткого дотримання вимог техніки безпеки може замінити вуглеводневі джерела енергії та зменшити рівень енергетичної залежності країни.

До відновлюваних джерел енергії відносять енергію сонячного випромінювання, вітру, потоків води (за винятком традиційної гідроенергетики), біомаси, теплової енергію верхніх шарів земної кори та океану. ВДЕ можна класифікувати за видами енергії:

- механічна енергія (енергія вітру та потоків води);
- теплова та промениста енергія (енергія сонячного випромінювання та тепла Землі);

- хімічна енергія (енергія, що міститься в біомасі).

Воднева енергетика

Воднева енергетика – один із видів відновлювальної енергії, що застосовується у сучасному світі, розвивається і має перспективи у майбутньому. Водень є найпоширенішою речовиною на Землі, а продуктом згоряння водню є вода, тому він має універсальне використання і відсутність шкідливих викидів, як при згорянні традиційного палива. Отже, даний вид енергії позитивно вплине на екологічне становище в Україні, а також на планеті в цілому. На рисунку 2. показані перспективні площі України, для видобування водню, за даними геологоструктурних-термо-атмогеохімічних та аерокосмічних досліджень [5].

Вітрова електроенергетика

Можливість використання вітроенергетики як джерела живлення передбачає відповідні природні умови у регіоні розміщення установок. Звичайно, найбільш очевидні зони для їх монтажу – це прибережні зони, пагорби, височини і навіть гори невеликої висоти, де потужність вітрового потоку найбільша (максимальна кількість днів на рік). Так як існує ряд технологічних обмежень для роботи вітрогенератора, для постійного та ефективного функціонування даної установки потрібні дотримання кількох умов. Найважливіші з них – певні межі швидкостей вітру (як правило, це значення має перебувати в інтервалі від 3 до 25 м/с), а також сталість доступності вітряної енергії вітрового потоку, оскільки вітроустановці необхідні безперервні умови для функціонування. Ці умови мають суттєво більше значення для генерації енергії, ніж потужність вітру, що є в тому чи іншому регіоні. Розподіл вітрових енергетичних ресурсів України м/с наведено на рисунку 3 [6].

Висновок. Застосування інноваційних технологій з використанням ВДЕ на об'єктах газотранспортної системи надасть імпульс розвитку високотехнологічного виробництва в Україні, створить нові робочі місця, буде стимулювати підготовку висококваліфікованих фахівців у цій галузі. Крім цього, зросте інвестиційна та репутаційна привабливість українських компаній для зарубіжних партнерів та інвесторів, що широко використовують потенціал ВДЕ для вирішення проблем енергозабезпечення промисловості та населення своїх країн.

Список використаних джерел

1. Our World in Data [Electronic resource]. URL: <https://ourworldindata.org/renewable-energy> (accessed: 12.11.2022).
2. Диспетчерська інформація НЕК "Укренерго" [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/> (дата звернення: 12.11.2022).
3. Паневник О.В. Аналіз процесів інтеграції технологій відновлюваної енергетики в нафтогазову промисловість. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. – 2021. – С. 7-15.
4. Бобро Д.Г. Розвиток низьковуглецевої енергетики як ключовий елемент сталого розвитку України. Національний інститут стратегічних досліджень: аналітична записка. 18.12.2018. 22 с. <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/rozvitoknizkovuglecevoi-energetiki-yak-klyuchoviyelement-stalogo>.

«ХІММОТОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ»

УДК 622.276

Кизима С.М., магістрантка,
Марчук Л.Р., асп.,
Сліденко В. М., д-р. техн. наук, доц,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

П'ЕЗОДЕПРЕСАТОР АКТИВІЗАЦІЇ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

Вступ. Проблема відновлення продуктивності нафтових свердловин актуальна і для цього широко використовуються різноманітні засоби, які сприяють очищенню фільтраційної зони свердловини, що призводить до збільшення продуктивності видобутку вуглеводнів. Проте проведення таких робіт в більшості випадків здійснюється під час проведення капітальних ремонтів, після чого в міжремонтному циклі зони перфорації знову кольматуються, що призводить до зниження продуктивності видобутку [1].

Мета роботи. Обґрунтування способу постійного очищення привибійної зони пластової системи в процесі видобутку нафти застосуванням п'езодепресатора імпульсійної дії, який встановлений на насосно-компресорних трубах (НКТ), що кріпляться до штангового насоса.

Матеріал і результати дослідження.

П'езодепресатор опускають у свердловину при установці штангового насоса з кріпленням до нього через НКТ (рис.1).

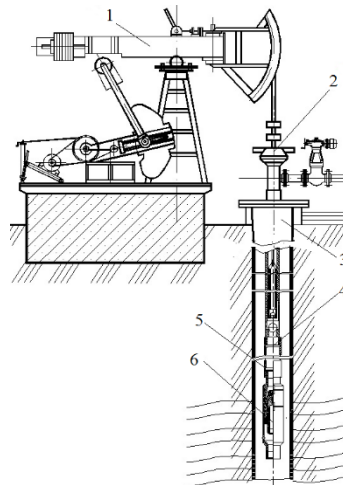


Рисунок 1 – Схема установки п'езодепресатора з гідравлічним приводом від штангового насоса:
1 – верстат-гойдалка, 2 – фонтанна арматура; 3 – обсадна колона, 4 – штанговий насос,
5 – НКТ, 6 – п'езодепресатор

При відкачуванні нафти штанговим насосом, в каналі НКТ, між штанговим насосом і п'езодепресатором, падає тиск і утворюється депресія. Під дією гідростатичного тиску в затруб'ї відкривається імпульсний клапан п'езодепресатора і рідина з зони високого тиску в затруб'ї швидко поступає в депресивний канал низького тиску, а на її місце падає стовп рідини над п'езодепресатором, що призводить до різкого підвищення тиску в зоні перфорації. Таким чином реалізується ефект наближений до ефекту імплузії [2].

Підсилення ефекту імплузії п'езодепресатором здійснюється застосуванням в його контактних частинах п'езоелементів, що мають високий п'езоелектричний модуль і реалізують прямий п'езоефект з генерацією електричного поля. Електричне поле активізує молекулярну структуру рідини, сприяючи зменшенню її в'язкості, підвищенню текучості і, відповідно підсилюючи ефект імплузії через збільшення швидкості рідини в імплузійному каналі .

Швидкість руху рідини в імплузійному каналі НКТ в залежності від його довжини визначається [2]:

$$w(x) = \varphi \sqrt{\frac{2p_0 \cdot d}{\rho \cdot \lambda \cdot x} \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda(x-l_0)}{d}\right) \right]}, \quad (1)$$

де φ – коефіцієнт швидкості, прийнятий для даної конструкції $\varphi=0,71$; p_0 – перепад тиску на клапані, $p_0 = 1,364$ МПа; ρ – густина рідини, $\rho = 1000$ кг/м³; d – внутрішній діаметр каналу, $d=0,059$ м; λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda=0,02$; x – довжина імпульзійного каналу; l_0 – розмір, який характеризує втрати довжини імпульзійного каналу через розташування імпульсного клапану, $l_0 = 0,3$ м.

Підвищення тиску від різкого перекриття руху рідини імпульсним клапаном п'єзодепресатора визначається за формулою Жуковського $p(x) = \rho \cdot c \cdot w$, де c – швидкість звуку в рідині, $c=1400$ м/с.

Отримані графіки залежностей швидкості та тиску в рідині в залежності від довжини x імпульзійного каналу наведені на рисунку 2.

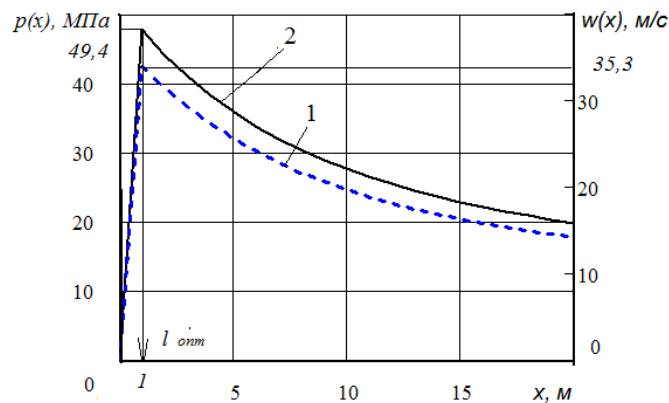


Рисунок 2 – Залежність швидкості імпульзійного потоку (1) та підвищення імпульзійного тиску (2) від довжини імпульзійного каналу

Висновки

1. Застосування п'єзодепресатора в якості постійного генератора імпульсів тиску дозволить проводити постійну динамічну дію на привибійну зону, очищуючи її від кольматантів і тим самим сприяючи підвищенню видобутку вуглеводнів.

2. Визначені кінематичні та силові параметри процесу імпульзії при перепаді тиску затруба і тиску депресії 1,364 МПа, відповідно - швидкості рідини 35,3 м/с, тиску 49,4 МПа та встановлена оптимальна довжина імпульзійного каналу 1 м.

Список використаних джерел

1.Лістовщик Л.К. Мехатронна система імпульзійного впливу на привибійну зону пласта нафтової свердловини/Л.К. Лістовщик, В.М. Сліденко, О.П. Лісовол/// Енергетика, економіка, технології, екологія. Науковий журнал (фах. кат. «Б») Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського. №4(46). 2016. С.66-71

2.Попов А.А. Импульзия в процессах нефтедобычи. М.: Недра, 1996. – 186 с.

References

1. Listovshchik L.K. Mechatronic system of implosion impact on the near-bump zone of an oil well reservoir/L.K. Listovshchik, V.M. Slidenko, O.P. Lisovol/// Energy, economy, technologies, ecology. Scientific journal (professional cat. "B") Kyiv: Ihor Sikorskyi KPI. No. 4(46). 2016. P.66-71

2. Popov A.A. Implosion in the processes of oil production. M.: Nedra, 1996. - 186 p.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ І СКЛАДУ ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА

Вибір виду палива, як джерела тепла, теплоносія і його параметрів повинен базуватися на техніко-економічних обґрунтуваннях при вирішенні завдань ефективного теплопостачання житлових, громадських і виробничих будівель. В останні десятиліття в якості палива використовують продукти деревообробки та рослинні відходи сільського господарства.

Останніми роками Україна впевнено посідає одну з перших позицій на світовому ринку по переробці насіння соняшника. Це призводить до утворення значної кількості відходів виробництва - лушпиння. Вихід лушпиння складає 11-20% від маси насіння [1]. Лушпиння насіння соняшнику, як один з видів палива з біомаси, часто залишається поза детального розгляду.

В даний час близько половини річного обсягу утвореного лушпиння спалюється в котлах для виробництва теплової енергії. Близько 20% використовується для виробництва гранул і брикетів. Велика їх частина продається в європейські країни, де на них є досить великий попит. Решта вивозиться на смітники, певна кількість продається сільськогосподарським підприємствам для господарських потреб.

Зміст і склад зольних елементів рослин залежать від видової приналежності, росту і розвитку рослин і особливо від ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов їх вирощування.

Визначення золи засноване на спалюванні матеріалу і наступному кількісному визначенні залишку. При експериментальному визначенні зольності палива існують три методи озолення: повільне, прискорене з природною вентиляцією і прискорене з подачею в муфельну піч кисню. У процесі дослідження використано комплекс загальноприйнятих, стандартних і оригінальних методів визначення фізичних показників сировини, які в сукупності забезпечили виконання поставлених задач [2].

Для отримання золи вихідного палива його повністю спалювали при високій температурі в муфельній печі в присутності повітря. Спалювання проводили в кварцовому тиглі, в який насипали лушпиння. Для обчислення відсотка золи із загальної маси золи віднімають внесену кількість магнію або кальцію в перерахунку на їх окис. Титр цих розчинів встановлювали ваговим методом.

Отримані експериментальні значення вмісту золи і складу зольного залишку в перерахунку на вищі оксиди.

Наявність оксидів лужних металів обумовлює низьку температуру плавлення золи в топці, що є технічною складністю при спалюванні цього виду палива [3]. Підвищена кількість з'єднань натрію і калію призводить до збільшення шлакування золи і обростання на стінках, а також до склеювання інертного матеріалу.

Знання мінерального складу лушпиння соняшнику дає можливість вибору оптимального методу її спалювання і ефективного способу регулювання процесу згоряння з метою зменшення втрат і отримання теплової енергії.

Список використаних джерел

1. Листопад В. Л., Кухта В. Г. Рынок лузги подсолнечника в Украине и реализация проектов по производству твердого топлива в масложировой отрасли. Масложировой комплекс. 2010. №2(29). С. 16-20.
2. ДСТУ 33255-2015 (EN 14780:2011) Тверде біопаливо. Методи підготовки проб. [Чинний від 2015-51-12]. Київ, 2015. 11 с.
3. Горбатенко В.Я., Данилин Е.А., Колосов М.В. Топочное устройство для сжигания лузги. Вестник НТУ ХПИ. Сер. Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование: сборник научных трудов. 2007. С. 159-163.

I. O. Antypov, candidate of technical sciences, associate professor

ORCID 0000-0003-0509-4109

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

S. Ye. Tarasenko, candidate of technical sciences, associate professor

ORCID 0000-0002-5976-8407

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ASSESSMENT OF THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF THE IMPLEMENTATION OF HEAT ACCUMULATORS BASED ON ENVIRONMENTALLY CLEAN STORAGE MATERIALS IN THE HEATING SYSTEM OF A PUBLIC

Buildings are one of the main consumers of energy resources in a number of countries of the world and in Europe in particular. Ukraine is no exception. Climatic conditions in our country are characterized by a long heating period, during which, of the total amount of energy consumed, which is about 43% of the generated thermal energy, 90% is spent precisely on covering heating needs [1]. Since most of the buildings in Ukraine belong to the mass construction structures of the 80s, during the construction of which the emphasis was placed on the cost of construction with minimal capital costs without taking into account operating costs. Therefore, 80% of the buildings constructed at that time do not meet modern energy efficiency requirements [2, 3]. The period from the 1990s to today is characterized by a constant increase in energy prices, which was caused by the global economic and energy crises in different years. The answer to these challenges in the world was the increase in requirements for the energy efficiency of buildings and their engineering systems at the national level of various countries. According to the European regulations Directive 2010/31/EU and Directive 2012/27/EU, updated in 2018 and 2019 respectively, the countries of the European Union must use national energy efficiency requirements. Over the past decade, Ukraine has raised the requirements for the minimum level of energy efficiency several times in accordance with the established methods of achieving them [4, 5]. Thus, as of September 1, 2022, new, stricter requirements for the heat transfer resistance of building enclosing structures [2] were put into effect, which is a necessary but late response to similar trends in the world.

Analysis of modern trends aimed at decentralization of heating systems showed that a low-cost measure for efficient energy use is the use of intermittent heating modes, i.e. lowering the temperature during the hours when people are not in the room, with a simultaneous increase in the heat capacity of the heating system and the inertia of the building [6, 7]. The latter can be achieved both by improving the heat-shielding properties of enclosing structures, bringing the values of heat transfer resistances to the minimum set level [2], and by introducing highly efficient energy accumulators. The authors of works [8-10] conducted an analysis of various methods of energy accumulation and the requirements for modern storage devices, compared the characteristics of heat accumulators using different storage materials. It is singled out as one of the most promising systems that accumulate energy due to the heat of phase transitions and can be widely used in electric storage devices for heating systems, especially during periods of reduced electricity tariffs and/or under the conditions of their operation in pulse mode.

Taking into account these fundamentally important criteria, carrying out an ecological and economic assessment is an important task in the design of buildings and engineering systems, and studying the impact on the environment of increasing the thermal inertia of the heating system, especially in the conditions of its operation in pulse mode, requires considerable attention during operation and thermal retrofits to increase energy levels in both low-efficiency and energy-efficient buildings.

The object of the study is the building and engineering networks of the first educational building of NUBiP of Ukraine. The description of the building and engineering networks is described in [6]. Methods [4, 5] were used to model the thermal state of buildings, and [11] were used to assess the environmental impact of the introduction of highly efficient phase transition heat accumulators. The Law of Ukraine "On Amendments to the Tax Code of Ukraine and Other Legislative Acts of Ukraine on Ensuring the Balance of Budget Revenues" dated November 30, 2021 No. 1914-IX also corrected the articles of the PKU that set ecotax rates. The norms have been in effect since January 1, 2022.

The assessment of the impact on the environment of the introduction of highly efficient heat accumulators based on organic compounds was carried out taking into account the current (increased) rates of environmental tax, namely: emissions into the atmosphere - by 5% (clauses 241.1-241.3 of the Code of Civil Procedure), and emissions of carbon dioxide (CO₂) – 3 times (clause 243.4 of the Code of Criminal Procedure); emissions into water bodies - 2.4 times. Moreover, the step-by-step increase in eco-tax rates from 2022 to 2025 is taken into account (paragraph 37, subsection 5 of the Transitional Provisions of the PKU), namely: from 2022 to 2024, eco-tax rates will be 30%, 60% and 90% of the base level of 2025, which is defined in clause 245.1 of the Code of Civil Procedure. As a result, the ecotax was calculated for each emission of a pollutant separately (clause 249.2 of the Code of Civil Procedure), and then the total amount was found. Formulas for calculations by types of pollutants are contained in clauses 249.3-249.8 of the Code of Civil Procedure.

Conclusions and perspectives. A study was conducted and an assessment of the impact on the environment of the feasibility of introducing a phase transition heat accumulator into the heating system of a public building was given. In particular, the following has been established:

1. The introduction of a heat accumulator based on phase-transition organic compounds allows to increase the reliability of the process of providing heat to consumers and the thermal inertia of the heating system of a public building (on average) by 10-12% and the saving of consumed thermal energy at the level of 12-15%.

2. It was established that the introduction of heat accumulators into the heating system of the building under the conditions of its operation in pulse mode allows to reduce the specific consumption of thermal energy by 5.2 kWh/m³ per year (8-9%) and reduce the specific emissions of greenhouse gases by 22.4 kg/m² per year (6-7%), and during long-term operation - by 9.6 kWh/m³ (14-15%) and by 41.5 kg/m² per year (11 -12 %), respectively.

3. The specific rate of eco-tax was calculated on the example of CO₂ emissions in 2022 (30 hryvnias/ton) when heat accumulators were introduced into the heating system of a public building under the conditions of its operation in pulse mode, which made it possible to reduce specific costs by 0.67 (hryvnias /t)/m² per year (on the national scale by UAH 294 million), and when working in a long-term mode - 1.25 (UAH/t)/m² per year (on the national scale by UAH 546 million) in accordance.

References

1. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), (2006), 144.
2. Thermal insulation and energy efficiency of buildings: DBN B.2.6-31:2021 [Effective from 2022-09-01]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 23.
3. Heating, ventilation and air conditioning: DBN B.2.5-67 (2013), 147.
4. Methods of selection of thermal insulation material for building insulation: DSTU B B.2.6-189-2013 [Effective from 2013-08-13]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 55.
5. DIN EN 12831 B II 1:2008 Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load - National Annex NA.
6. Antypov, I.O., Mishchenko, A.V., Shelimanova, O.V., Tarasenko, S.E. (2021). Analiz vplyvu vnutrishn'oyi teployemnosti budivli ZVO ta pohodozalezhnogo rehulyuvannya ITP na efektyvnist' roboty systemy opalennya v cherhovomu rezhymi [Analysis of the influence of the internal heat capacity of the HEB building and weather-dependent regulation of the ITP on the efficiency of the heating system in the alternate mode]. Energy and automation, 5. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2021.05.045>
7. Lut, M.T., Nalivayko, V.A., Radko, I.P., Mishchenko, A.V., Antypov, I.O., Okushko, O.V., Zhiltsov, A.V. (2021). Avtomatyzovani modul'ni teplovi punkty dlya system teplopostachannya VNZ [Automated modular heat points for heat supply systems of universities]. "CPU "Comprint", 365.
8. Gorobets, V.G. Antypov, I.O. (2016). Akumulyatory teploty na osnovi fazoperekhidnykh akumuluyuchykh materialiv [Heat accumulators based on phase transition accumulative materials]. CP "Comprint", 165.
9. Antypov, I.O. (2017). Kompleksne vykorystannya ponovlyuvanykh dzherel i akumuluyuchykh enerhiyi [Comprehensive use of renewable energy sources and accumulators]. "CP "Comprint", 471.
10. Antypov, I.O. (2019). Kompleksne doslidzhennya protsesiv nakopychennya teplovoyi enerhiyi pry fazovykh peretvorenyakh orhanichnykh akumuluyuchykh materialiv z nano- ta mikrochastynkami metaliv [Comprehensive study of thermal energy accumulation processes during phase transformations of organic accumulative materials with nano- and microparticles of metals]. Energy and automation, 5, 131–148.
11. Environmental tax rates in 2022 [Electronic resource]. - Access mode: https://buh.ligazakon.net/aktualno/11559_stavki-ekologchnogo-podatku-u-2022-rots.

ГРАВІТАЦІЙНІ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

У статті розглянуто обладнання для гравітаційного зберігання енергії, як ключового елемента ланцюга електропостачання. Необхідність зберігання енергії виникла на початку створення мереж, а при їх активному розвитку, необхідність тільки зростає.

За останні роки найбільший вплив на розвиток гравітаційного зберігання енергії спричинило збільшення вимог до норм викидів парникових газів в атмосферу, які безпосередньо впливають на екологічність генерування електроенергії за допомогою паливних енергоносіїв.

Результати, отримані в статті, дозволять визначити необхідність використання того чи іншого виду гравітаційного накопичувача в залежності від особливостей проектування енергосистеми або модернізації наявної, що дає можливість для раціонально накопичення, зберігання та віддавання електроенергії в мережу.

Ключові слова: гравітаційний накопичувач енергії, генерування, енергосистема, енергоспоживання.

Вступ

При експлуатації електромереж потрібно постійно контролювати співвідношення між генерацією та споживанням електроенергії задля забезпечення стабільності енергосистеми. Дві складові, які характеризують генерацію та споживання, повинні бути максимально збалансовані, це попит та пропозиція. Попит електроенергії можна передбачити, вранці та ввечері - зростання, вдень - більш лінійне, а в ночі – зниження споживання, виходячи з цього, енергосистема повинна бути максимально гнучка. Гнучкість забезпечують системні оператори, які в залежності від попиту регулюють вихідну потужність.

Забезпечити стабільності роботи в години пік можливо досягти за допомогою гравітаційних накопичувачів енергії, які можуть миттєво відреагувати на дефіцит потужності та почати віддавати електроенергію в мережу.

Мета та завдання

Метою роботи є аналізування різних видів гравітаційних накопичувачів енергії та можливості застосування в системі електропостачання.

Відповідно до поставленої мети, повинні бути вирішені наступні задачі:

1. Типізувати інформацію про гравітаційні накопичувачі енергії.
2. Визначення особливостей гравітаційних накопичувачів, їх види та принцип дії.

Матеріал і результати досліджень

Гравітаційний накопичувач енергії являє собою обладнання, яке працює за рахунок зберігання потенційної енергії. Принцип дії досить простий, в години низького попиту, накопичувач використовує електроенергію з мережі для підняття вантажу, а в години високого попиту, вивільняє збережену енергію шляхом опускання вантажу, в цей час електродвигуни працюють в режимі генератора та стабілізують енергосистему. Поєднання гравітаційного накопичувача разом з відновлювальними джерелами енергії дає суттєвий ефект для енергосистеми, наприклад сонячні панелі генерують максимальну потужність вдень, коли споживання помірне, то енергію можливо використати для «заряджання» гравітаційного накопичувача, такий ж приклад використання в поєднанні з вітряками, потужний вітер може бути в будь яку пору доби, тому важливо з максимальною ефективністю використати генеруючу енергію.

Нижче представлені концепти гравітаційних накопичувачів енергії:

1) Гравітаційний накопичувач енергії від компанії Energy Vault [1]

Відділ розробки компанії Energy Vault представив власне запатентоване рішення для концепції використання гравітації та потенціальної енергії, зображено на рис.1. Принцип роботи полягає в підйомі та опусканні композитних блоків для зберігання та розподілу електроенергії. Також вони пропонують автономну координацію збалансованого накопичення та розподілу електроенергії для мережі.

До основних характеристик накопичувача можна віднести:

- довга тривалість (можливість зберігання енергії від 2 до 18 годин з ефективністю понад 80%);
- довговічність (використання мобільного композитного блока);
- інтегрованість (швидка інтеграція в мережу та можливості підключення відновлювальних джерел енергії);
- економічність (можливість використання більшості компонентів місцевого виробництва, що дає економічний ефект для тієї місцевості, де здійснюється впровадження проекту);
- екологічність (використання перероблених відходів для виготовлення композитних блоків).



Рисунок 1 – Гравітаційний акумулятор [1]

2) *Гравітаційний накопичувач енергії від компанії ARES North America*

Компанія представила проект по накопиченню енергії - технологія ARES (англ. Advanced Rail Energy Storage) [2], на рис.2 зображено концепт накопичувача, який використовує залізничні колії та мобільну генеруючу платформу, яка рухається по них. Принцип роботи повторює попередній зразок, описаний в даній статті, але в даному випадку використовується похилий схил. Перевагами даної технології є висока ефективність системи, швидка реакція на дисбаланс в мережі та можливість застосування в засушливих районах. До недоліків можна віднести використання досить великої площі території.

До основних характеристик накопичувача можна віднести:

- ефективність (складає понад 85%);
- довговічність (термін експлуатації 20-40 років, мінімальний знос матеріалів);
- надійність (тривалість безвідмовної роботи більше 95%, негорючість матеріалів)
- гнучкість (тривалість від 15 хв. до 12 годин);
- інтегрованість (поєднання роботи разом з відновлювальними джерелами енергії).



Рисунок 2 – Технологія ARES [2]

3) *Гравітаційний накопичувач енергії від компанії Gravitricity*

Реалізований демонстраційний проект (рис.3, а) від компанії, установка включає в себе чотириповерхову шахту ліфта, генеруюче та талеве обладнання, троси тощо.

Принцип роботи максимально схожий з проектом від компанії Energy Vault, але в даному випадку використовується тільки одна шахта. Вантаж вагою близько 50 тон рухається до гори при зберіганні енергії, а вниз при віддаванні в мережу. Короткострокова потужність може сягати до 250 кВт протягом 11 с., але з меншою швидкістю опускання відповідно і нижче вивільнена потужність [3].

4) Також від даної компанії є ще один концепт гравітаційного накопичувача (рис.3, б), всі попередньо розглянуті накопичувачі включають в себе розміщення на поверхні землі, а цей використовує підземний простір. Використання підземного простору дає велику перевагу перед іншими накопичувачами, так як можуть бути використані шахтні стволи на законсервованих шахтах [4].

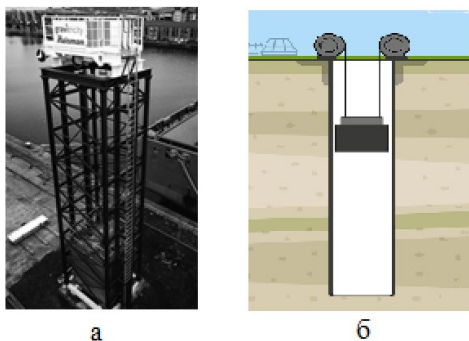


Рисунок 3 – Гравітаційний накопичувач

Висновки. Система гравітаційного накопичення енергії забезпечує та підвищує стабільність енергосистеми, має можливість інтеграції для відновлювальних джерел енергії, чим самим підвищується ефективність самого накопичувача. Відсутність в необхідності використання викопних ресурсів, відмінно впливає на екологічність даної системи, а також використання композитних блоків від компанії Energy Vault.

Кожне рішення представлене в статті може бути застосовано та інтегровано до будь-якої енергосистеми в залежності від таких характеристик: потужність; швидкість реагування; місцевість для використання а також гнучкість інтеграції.

Розвиток накопичувачів гравітаційного типу дозволить створити надійну та ефективну мережу систем з накопичення, яка зможе максимально швидко або стабільно довго адаптуватись до змін в енергосистемах, забезпечуючи пропозицію на рівні попиту.

Список використаних джерел

1. Energy Vault [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.energyvault.com/ides>
2. Gravity energy storage [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://habr.com/en/post/377425/>
3. Gravity-based batteries try to beat their chemical cousins with winches, weights, and mine shafts [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.science.org/content/article/gravity-based-batteries-try-beat-their-chemical-cousins-winch-weights-and-mine-shafts>
4. Gravity storage [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://gravitricity.com/technology/>

PROBLEMS AND PROSPECTS IN GAS-TO-LIQUID TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MOTOR FUELS

Taking into account the reduction of world oil resources, development of technology for the motor fuel synthesis from alternative raw materials is becoming more and more crucial. The most known is Gas-to-Liquid (GTL) process that turns shorter chain hydrocarbons into longer chain hydrocarbons. Variety feedstock can be used for GTL technology. Although natural gas is dominant for these technologies, associated gas and biogas are also used. Key steps of gas to liquid conversion are feed gas purification, syngas production, synthesis of liquid products by the Fischer-Tropsch method, and reforming of liquid hydrocarbons [1].

The technology for producing synthetic liquid fuels (SLFs) has a number of drawbacks, including significant complexity, high water consumption and in some cases the presence of the plant or line for oxygen production. In spite of given drawbacks, GTL fuels are more environmentally friendly. The mixture of C₅ - C₁₉ hydrocarbons ("synthetic oil") has a high degree of purity and can be used as chemical and petrochemical raw materials, because it does not contain sulfur and nitrogen compounds, which are usually found in crude oil. All fractions of "synthetic oil" are valuable products. For example, diesel fuel has a high cetane number (70-80 units) and does not contain sulfur and aromatic compounds, which is definitely its advantage since the European Union is making more and more stringent requirements to the total sulfur content in diesel fuels [2]. The kerosene fraction is used to obtain jet fuels and surfactants. The heavier fractions are the basic raw material for the production of oils and lubricants [3].

Despite the obvious advantages of GTL technology, there are several significant disadvantages that require additional researches. First of all, the technical difficulty of operating, because all the processes are carried out at high temperature, and pressure. It is often necessary to arrange additional facilities for obtaining oxygen. All processes are catalytic, starting with desulfurization reactions and production of synthesis gas ending with Fischer-Tropsch synthesis. The reactions take place in a heterogeneous environment with the formation of a large number of by-products. The development of catalysts to increase the selectivity of higher hydrocarbons and avoid the formation of methane and carbon dioxide is an important point for improving GTL technology. The next problem is the high cost of equipment and capacities for GTL plants, which in turn has an impact on the cost price of the final product. These problems can be solved in two ways: by optimizing and simplifying technological processes or by introducing innovations based on additional fundamental research of catalytic GTL technology catalytic processes [4].

References

1. Natural gas conversion to liquid fuels in a zone reactor. Breed A. et al. *Catalysis Today*. 2005. Vol. 106. 301 – 304 <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2005.08.001>
2. Directive (EU) 2015.2193 of the European Parliament and of the Council
3. Clark R., Wedlock D, Cherrilo R. future fuels and lubricants base oils from Shell gas-to-liquids (GTL) technology. *SAE Technical Paper*. 2005. 2191 – 2207 <https://doi.org/10.1042/1?2005-01-2191>
4. 38. Behroozsarand A., Zamaniyan A. Simulation and optimization of an integrated GTL process. *Journal of Cleaner production*. 2017. Vol. 142. 2315 – 2327 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.045>

RESEARCH OF THE THERMAL MODE OF THE DRUM MOTOR DRIVE OF THE BELT CONVEYOR

Introduction

Great opportunities for increasing labor productivity, reducing the cost of production, as well as creating favorable conditions for complex mechanization and full automation of transport processes at manufacturing enterprises open up the use of flow types of transport, mainly conveyor. Of the existing types of conveyors, belt conveyors of traditional design have become the most widely used. They are the main means of continuous transport in the main industries of Ukraine.

A characteristic trend of the modern development of belt conveyors in Ukraine and the world is a significant increase in their productivity, length and power. This is with an increase in cargo flows and the length of transportation. Thus, to ensure modern mine and quarry cargo flows, the domestic industry produces conveyors with a capacity of up to 5000-6000 m³/h. Conveyor lines with a length of 3 km or more are operated at the mining enterprises of Urayna, and conveyor lines with a length of more than 100 km are known in world practice, with the length of one conveyor being 8-10 km [1-4].

Drive systems are the basic systems of belt conveyors. The variety of routes of conveyors transporting goods has led to the appearance of a wide range of different types of drives and their configurations. Each of these types has its own design method and specific application limitations. For the Ukrainian industry, the drives with a spaced gearbox arrangement were the most widespread: electric motor, gearbox, drum. However, this layout has its drawbacks, the main ones of which include:

- Large dimensions;
- Low efficiency;
- High noise level;
- Metal capacity of the structure.

Along with this, various designs of motor-drums are becoming more widespread in the industry. These conveyor drive schemes are devoid of the specified disadvantages. A drum motor is an alternative type of belt conveyor drive, different from a gear circuit. The motor-drum is a section of pipe, closed at both ends with caps, inside which an electric motor and a gearbox are placed. The product itself is installed stationary on the bearing trunnions, while the drum rotates in the stationary trunnions when power is applied to it. The design feature of this drive provides a number of advantages:

- Long service life;
- Simple installation;
- High energy efficiency;
- High efficiency ratio;
- Low cost of ownership;
- Low noise level;
- Compactness;
- Increased protection against the influence of an aggressive environment;
- Low wear.

These advantages have led to the widespread use of motor-drums for conveyors in the food and trade industries. But it should be noted that the power of these drives is limited to hundreds of watts, which does not cause problems with regard to the cooling of the components. At the same time, the use of this arrangement for high-power drives under certain conditions can lead to overheating of elements, in particular, seals, insulation, bearings, and rapid exit from operational and serviceable states [5-6].

When solving the problem of ensuring the reliable operation of the drive of the motor-drum belt conveyor for cases of high power, it is necessary to consider the processes of heat generation and heat transfer of the system: motor-drum-surrounding environment. Thus, in order to determine the thermal state of the object, it is necessary to analyze the whole complex of heat losses for individual components of the drive and, on the basis of the established data, create an equation of the thermal balance of the system: the motor-drum surrounds the environment. A detailed examination of the system will allow to minimize the heat consumption of the drive, which will allow to reduce the temperature of the drive as a whole.

The purpose and tasks of the research

The purpose of this scientific research is to develop a new method of determining the temperature regime of the motor-drum drive of a belt conveyor based on the analysis of the complex of heat losses for individual components of the drive and consideration of the equation of the thermal balance of the system: the motor-drum surrounds the environment.

To achieve the set goal, the following tasks were solved in the work:

Development of a structural diagram of sources of thermal radiation of individual components of the motor-drum drive of the belt conveyor, taking into account the peculiarities of the interaction of the component elements, which will allow establishing the mutual influence of various parts of the research object on its condition;

Create the equation of the thermal balance of the system: the motor-drum surrounds the environment;

Establish recommendations to minimize the heat effect on the drive elements, which will reduce the temperature of the drive as a whole.

Material and research results

When developing the structural diagram of sources of heat radiation of individual components of the motor-drum drive of the belt conveyor, we will consider a typical design that has found the greatest use in industrial enterprises of Ukraine. The prototype of the drive stations according to the motor-drum scheme was the design of the companies VP Transugillia and Interroll [1-4, 6]. The section of the motor-drum of this design is presented in Fig. 1. This line of motor-drums uses an asynchronous motor with a short-circuited rotor as an energy source. On the output shaft of the asynchronous drum there is a gear which is engaged with a gear wheel. A characteristic feature of this drive is the absence of a fan and air cooling. In this case, the space of the motor-maraban is filled with a working fluid that performs the functions of lubrication and cooling of the system components. To convert the torque, it is possible to use two versions of gearboxes: planetary and cylindrical two-stage, the version of which is shown in the diagram. A toothed wheel with an internal gear is used to transmit the torque to the drum. If necessary, the drum of this drive scheme can have ribs or be covered with rubber for better adhesion with rubber. It can be seen from the diagram that under certain conditions overheating of the drive elements is possible due to insufficient cooling.

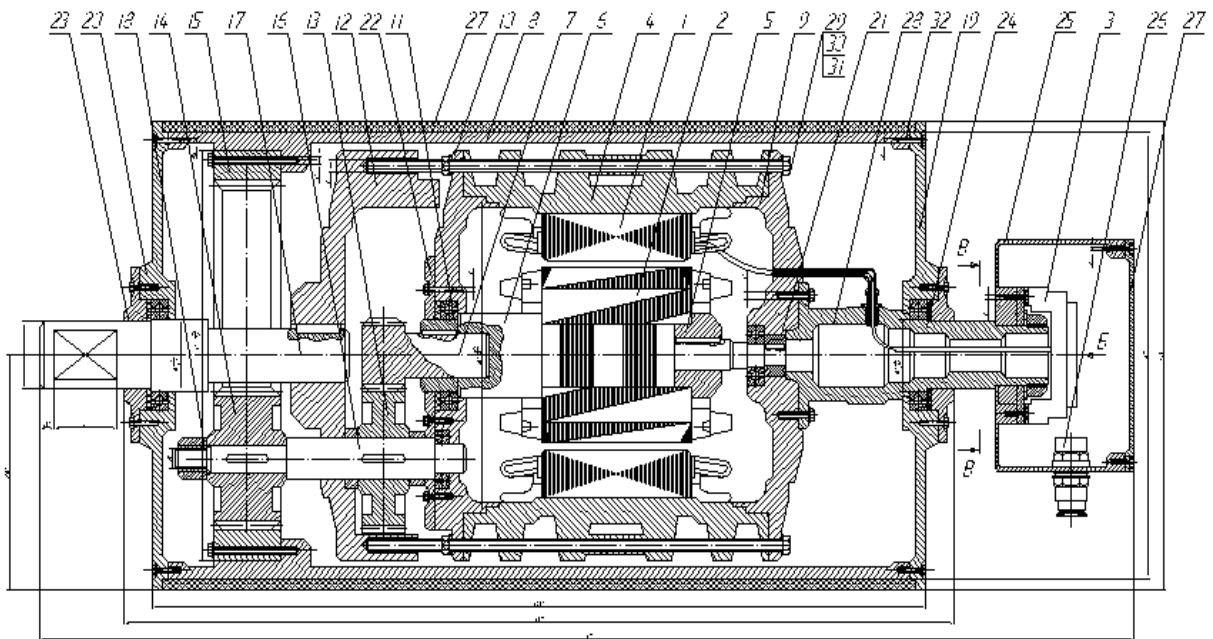


Fig. 1 – Section of the motor-drum drive of the belt conveyor

The analysis of the obtained data indicates a significant limitation of the required power of the drive, which allows the use of this type of drive for short-length conveyors. Also, in the case of using lined drums, the heat transfer coefficient of the system will decrease significantly, which will reduce the heat transfer and the maximum power value. It is possible to increase the power of the drive according to this scheme by means of forced cooling of the working fluid.

Conclusions

1. Based on the analysis of the design of the motor-drum drive, the quantitative characteristics of the sources of thermal radiation of individual components of the drive were established, taking into account the peculiarities of the interaction of the component elements, which made it possible to establish the mutual effects of various parts of the research object on its condition;
2. On the basis of the equation of the heat balance of the motor-drum system surrounding the environment, the limit values of the drive power are set with the known geometric parameters of the system. The analysis of the obtained data indicates a significant limitation of the required power of the drive, which allows the use of this type of drive for short-length conveyors. Thus, for a diameter of 1 m and a width of 1 m, the power is 30758 W, which is not enough to ensure the movement of a converter with a length of more than 300 m;

References

1. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров // М.: Машиностроение. – 1987. – Т. 336. – С. 6.4.
2. Визначення впливу зміни проєктного положення профілю стрічкового конвеєра на навантаження роликкоопор / А. В. Данілін, С. В. Зайченко, С. П. Шевчук, Н. І. Жукова, І. М. Пасічник // Геоінженерія : науково-технічний журнал. – 2020. – Вип. 3. – С. 20–25.
3. Шевчук С. П., Зайченко С. В., Вапничная В. В. Обоснование массогабаритных параметров роликов ленточных конвейеров по критерию надежности // Перспективы развития восточного Донбасса. – 2016. – с. 221-228.
4. Волошин Г.М. Обґрунтування параметрів конструкції елементів конвеєрних роликів за критерієм енергоєфективності // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2016. – №. 88. – с. 40-46.
5. Зайченко С. В., Вовк О. О., Шевчук Н. А. Обґрунтування параметрів конструкції елементів конвеєрних роликів за критеріями довговічності // Вісник національного технічного університету України кївський політехнічний інститут. серія: Гірництво. – 2016. – №. 31. – с. 65-73.
6. Hamacher S. The Drum Motor. – Springer Berlin Heidelberg, 2020.

SWOT-АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

Вступ. Електрифікація транспорту в усьому світі вважається однією з ключових умов для реалізації Паризької угоди, та виконання національно визначених внесків, як в країнах світу, Європи, так зокрема і в Україні. Як зростання автопарку електромобілів, так і збільшення виробництва ВДЕ можуть значно сприяти пом'якшенню наслідків зміни клімату, але їх інтелектуальна інтеграція має високий пріоритет. Спостерігається загальна тенденція надавати перевагу електромобілям за допомогою стимулів на місцевому, регіональному та національному рівнях. Однак для того, щоб стимулювати технології електронної мобільності та сталий транспорт, потрібна чітка інноваційна та стабільна політика. Звісно, широке впровадження, розвиток та масове використання електротранспорту та його зарядної інфраструктури має відбуватись синхронно та узгоджено з відповідною трансформацією енергетичної системи.

Метою даного дослідження є огляд сучасного стану та виконання комплексного аналізу перспектив розвитку електротранспорту в Україні, та можливостей створення нових ефективних систем передачі енергії «електротранспорт-електроенергетика», а також визначення основних переваг та перешкод використання електротранспорту в електричних мережах України.

Матеріал та результати дослідження.

В Україні транспортна галузь на рівні з енергетичною продукує до 28% викидів CO₂. Обсяги парникових викидів від використання двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), а з ними — ризики глобальної зміни клімату і забруднення повітря роблять доцільним широке впровадження електричного транспорту на всіх рівнях організації перевезень [1], і в першу чергу це стосується приватного користування електромобілями та міського пасажирського транспорту (муніципального парку електробусів, службової дорожньої техніки, таксі, служб доставки, тощо). Цього вимагають і прийняті Україною міжнародні екологічні зобов'язання.

Необхідність здійснення комплексного оцінювання всіх чинників впливу зовнішнього та внутрішнього середовища для визначення можливостей та перспектив підвищення електромобільності в Україні є умовою розробки відповідної стратегії, підґрунтям до якої є SWOT-аналіз. SWOT-аналіз – це інструмент стратегічного аналізу для оцінювання сильних та слабких сторін проекту, можливостей та загроз (SWOT – абревіатура від Strengths, Weakness, Opportunities, Treats). За результатами SWOT-аналізу визначають, чи наявні внутрішні ресурси, щоб реалізувати наявні можливості і протистояти загрозам інноваційного проекту, а також які внутрішні недоліки вимагають якнайшвидшого усунення.

Сильні (S) і слабкі (W) сторони є факторами внутрішнього середовища об'єкта аналізу, (тобто тим, на що сам об'єкт здатний вплинути); можливості (O) і загрози (T) є факторами зовнішнього середовища (тобто тим, що може вплинути на об'єкт ззовні і при цьому не контролюється об'єктом) [2]. Переваги методу: простота і можливість витратити невеликі кошти на його проведення, гнучкість і наявність безлічі варіантів, спільне вивчення зовнішніх та внутрішніх факторів.

При розгляді сильних сторін розвитку електротранспорту виявлено, що використання електромобілів замість автомобілів з ДВЗ значно зменшує забруднення повітря у містах. Електроенергія в середньому дешевша за бензин і коливання ціни на неї незначні, у порівнянні з цінами на моторне паливо з нафти. Також електромобіль набагато простіший в керуванні, ніж автомобіль із ДВЗ, за рахунок однієї передачі, низького центру тяжіння (за рахунок низького розташування батареї, яка зазвичай знаходиться над днищем автомобіля). Завдяки відсутності двигуна в передній частині машини, електромобіль не тільки дає вам додаткове місце для перевезення вантажів, але і також суттєво підвищує безпеку автомобіля.

Серед слабких сторін варто відзначити високу вартість електромобіля, яка є найбільшою перешкодою на шляху його масового поширення. Окрім того хаотичне (без контролю зі сторони енергосистеми) заряджання може суттєво посилити нерівномірність графіка електричного навантаження, спричинивши додаткове збільшення вечірнього пікового навантаження, оскільки більшість людей заряджатимуть свої автомобілі, повертаючись додому з роботи (за оцінками, вечірнє пікове навантаження може збільшитися на 8-10%).

Загрози щодо розвитку електромобільності пов'язані з відсутністю або обмеженим доступом до сировинної бази, в тому числі для виробництва акумуляторних батарей, непроста політична обстановка, жорсткі національні природоохоронні стандарти та інші нормативно-правові вимоги, обмеження землекористування, недостатня розвиненість супутньої інфраструктури, економічні чинники та ін. До того ж, зростання попиту на електромобілі вимагає нових проєктів, а вони обходяться дуже недешево.

Результати виконання SWOT-аналізу наведено в табл.2.

Таблиця 2. SWOT-аналіз перспектив розвитку електротранспорту в Україні.

Strengths / Сильні сторони	Weaknesses / Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> • Екологічність, зменшення забруднення повітря (особливо у містах) • Стале зростання парку електромобілів в Україні, постійне зростання попиту • Закони, що набрали чинності в 2022 р.- “Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо стимулювання розвитку галузі електричного транспорту в Україні” №1660-IX та “Про внесення змін до Митного кодексу України щодо стимулювання розвитку галузі електричного транспорту в Україні” №1661-IX • ККД електродвигуна 85-90% (ККД ДВЗ становить 30-35%) • Електромобіль більш ефективний в міському циклі з точки зору витрат енергії • Електроенергія значно дешевша за пальне, характеризується меншим коливанням цін • Сприятливі кліматичні умови • Наявність вже існуючого електротранспорту і інфраструктури • Висока частка приватного автомобілеволодіння • Розвинений ІТ- сектор (смартфони, мобільні додатки, тощо) • Наявність науково-дослідної бази для дослідження проектів розвитку електротранспорту та інфраструктури 	<ul style="list-style-type: none"> • Висока ціна на нові електромобілі та висока ціна заміни ТАБ • Споживачі традиційно віддають перевагу автомобілям з ДВЗ та позашляховикам • Низька частка електромобілів у парку країни порівняно з автомобілями з ДВЗ • Відсутність додаткових стимулюючих заходів • 85% електромобілів – вживані, з частково деградованою ТАБ • Необхідність щоденного заряджання, необхідність визначати час і місце • Відносно короткий пробіг та додаткове зниження запасу ходу взимку • Домінування маршрутних таксі з ДВЗ над електротранспортом • Відсутність достатньої кількості обладнаних паркувальних майданчиків для електротранспорту • Економічна нестабільність в Україні, зниження платоспроможності населення • Високі відсотки у сфері кредитування • Інтеграція електромобілів з енергосистемою – складний тривалий процес, який потребує розробки правил і узгодження дій всіх учасників на всіх рівнях (зарядна інфраструктура, енергоринок, ВДЕ, енергопостачальні компанії, тощо) • Відсутність власного виробництва електромобілів, ТАБ, пристроїв V2G
Opportunities / Можливості	Threats / Загрози
<ul style="list-style-type: none"> • Зниження емісії CO2 (виконання НВВП2) • Зменшення використання природного газу та нафтопродуктів, зниження залежності від імпорту енергоносіїв • Впровадження та розвиток інтелектуальних мереж Smart grid • Зростаюча кількість моделей електромобілів на ринку • Зростання популярності електромобілів • Впровадження програми стимулів та субсидій • Використання електротранспорту як споживача-регулятора електричного навантаження та як розподіленого (мобільного) накопичувача електроенергії • Використання системи VEHICLE-TO-GRID (V2G) • Збільшення гнучкості енергосистеми • Використання ТАБ як резерву живлення при аварійних ситуаціях в енергосистемі 	<ul style="list-style-type: none"> • Ймовірне подорожчання електроенергії • Подальший відтік працездатного платоспроможного населення (через війну, економічний спад чи відсутність перспектив для самореалізації) • Великий вторинний ринок більш доступних автомобілів з ДВЗ • Заряджання електромобілів прямо залежить від життєдіяльності людини і посилює нерівномірність ГЕН (особливо у зоні вечірнього піку) • Неконтрольоване заряджання спричиняє ряд негативних ефектів в енергосистемі (вплив на стабільність мережі та якість електроенергії) • Зношеність розподільчих електричних мереж • Прискорена деградація батарей при участі в системі V2G (збільшення циклів заряджання-розряджання)

Висновки. Виконано оцінку сильних і слабких сторін, можливостей і загроз (SWOT-аналіз), щоб максимально врахувати різнобічні заходи та ініціативи, пов’язані з розвитком електротранспорту та його інфраструктури водночас із їх інтеграцією в енергосистему. Виконане дослідження виявило проблеми, пов’язані з впливом заряджання електромобілів на енергосистему, наприклад, неспроможності забезпечити підвищення потреб в енергії або обмеження електричного навантаження інфраструктури заряджання електромобілів. Натомість, високий відсоток частки ВДЕ, підвищення соціальної обізнаності про зміну клімату та зниження цін на електромобілі можуть забезпечити необхідні можливості для розвитку електротранспорту в умовах України.

1. Kostenko, A.P. (2022) **Overview of European trends in electric vehicle implementation and the influence on the power system.** *System Research in Energy*; 1(70), 62–71. http://srenergy.org.ua/index.php?option=com_docman&task=art_details&mid=20221&gid=643&lang=en
2. Abalonin S. SWOT-analysis of the enterprise / S. Abalonin - Marketing № 6, 1999. - 109 p.

**МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ОБЕРТАЛЬНИХ МОМЕНТІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
НОВОГО ІНФОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРУ**

Розглядаючи провідні методи вимірювання обертальних моментів електродвигунів можна виділити три групи, сутність яких заснована на наступних способах вимірювання:

- за показниками виконавчих елементів;
- за фізико-механічними показниками передавальних пристроїв;
- за енергетичними показниками рухового пристрою приводу.

Вимірювання обертального моменту на валу приводу за станом виконавчих органів в більшості випадків засноване на використанні врівноважуючих перетворювачів, тобто з використанням навантажувального пристрою, за допомогою якого проводиться вимірювання в рівноважному стані системи [1]. Такий спосіб застосовується для вимірювання обертальних моментів в лабораторних умовах та не придатний для вимірювання в робочих режимах експлуатації потужних електричних машин.

Знайшли широку популярність прилади, які вимірюють обертальні моменти за фізико-механічними показниками передавальних пристроїв [2]. Їх можна віднести до приладів прямого вимірювання, заснованих безпосередньо на вимірюванні параметрів валу приводу.

Остання група, відноситься на найбільш технологічних рішень, оскільки вимірювання обертального моменту відбувається по енергетичним характеристикам електродвигуна і вимагає високої точності саме непрямих вимірювань. Разом з тим застосування такого способу вимірювань має найбільш практичне значення, що дозволяє застосовувати такі методи в різних умовах експлуатації електродвигунів.

До найпростіших вимірювальних приладів за даним принципом відносять сигналізатори, принцип дії яких заснований на спрацьовуванні порогового елемента при досягненні струму споживання електроприводу вище допустимого [3].

Більш складні прилади побудовані на основі вимірювання електромагнітної індукції, фотометрії, гідравліки та багатьох інших інформативних параметрів, які дозволяють встановити лінійну залежність між моментом сили та кількісними характеристиками вихідних параметрів сигналу.

З погляду на широке різноманіття інформативних параметрів, увагу було приділено імпульсним та обертальним характеристикам електродвигуна. Так, в залежності від типу електродвигуна, його швидкості та потужності можна виділити ряд динамічних параметрів, які характеризуються імпульсними електромагнітними характеристиками, які змінюються в залежності від навантаження, напруги, струму та частоти обертання. У зв'язку з цим запропоновано спосіб визначення обертального моменту шляхом дослідження ступеня деформації обертального валу в залежності від навантаження. Такий спосіб реалізовано за допомогою індуктивних вимірювачів, які з кожним оборотом валу формують електричний імпульс, що формується в результаті проходження постійного магніту через нерухомі котушки індуктивності, в яких формується ЕРС. (Рис.1.)

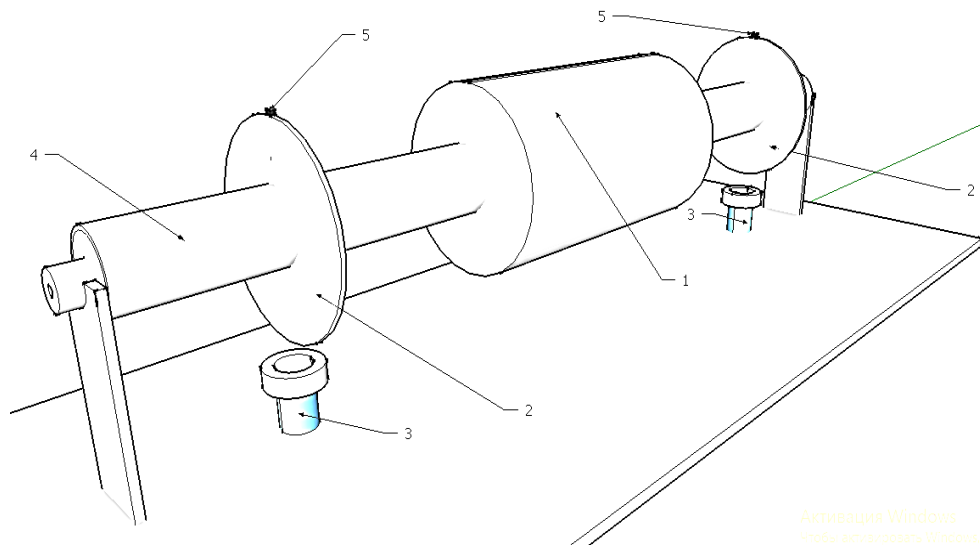


Рис. 1 Структура вимірювального перетворювача імпульсного типу

де: 1 – пружний елемент; 2-балансиальний диск; 3-котушки індуктивності; 4-обертальний вал; 5-постійний магніт.

Так, два вали навантаження 4 з'єднуються через пружний елемент 1. На кінцях балансувальних дисків 2 встановлюються постійні магніти 5. При відсутності обертального моменту, кутове зміщення між першим і другим постійним магнітом дорівнює нулю, що урівноважить час їх проходження повздовж котушок індуктивності. При обертанні валу у момент проходження постійних магнітів повздовж котушок індуктивності останні виробляють двополярний імпульс напруги. Якщо обертальний момент, не дорівнює нулю, пружний елемент скручується, а один із постійних магнітів починає відставати від іншого на певний кут. Інтервал часу між імпульсами першої і другої котушки індуктивності 3 прямо пропорційний куту скручування пружного елемента I (тобто обертальному моменту) та обернено пропорційний кутовій швидкості валу (рис. 2).

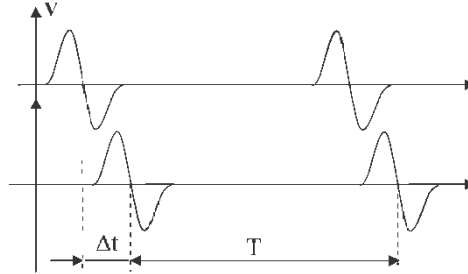


Рис. 2 Вихідні двополярні імпульси котушок індуктивності

Так, Δt можна представити наступним чином:

$$\Delta t = \frac{\varphi}{V_{об}}, \quad (1)$$

$$V_{об} = \frac{2\pi \cdot R_d}{T} \omega \cdot R_d, \quad (2)$$

де: φ -кут скручування пружного елемента 1; $V_{об}$ - швидкість обертання валу; R_d – радіус балансувальних дисків 2, де розміщено постійні магніти 5; T - період обертання валу; ω -кутова швидкість обертання постійних магнітів 5.

Кут скручування пружного елемента залежить від накладеного на нього моменту сили та коефіцієнту пружності k :

$$\varphi = M \cdot k, \quad (3)$$

Виразивши величину обертального моменту із виразу (3), отримаємо:

$$M = \frac{\varphi}{k} = \frac{\Delta t \cdot V_{об}}{k} = \frac{\Delta t \cdot 2\pi \cdot R_d}{k \cdot T} = \frac{\Delta t}{T} \cdot K, \quad (4)$$

де: $K = \frac{2\pi \cdot R_d}{k}$ – коефіцієнт пропорційності

Висновок

В результаті застосування запропонованого методу вимірювання обертального моменту, процес зводиться до визначення інтервалів часу Δt та періоду обертання валу T , що може бути виконано з високою точністю, а константа K визначається в результаті градування з використанням еталонних засобів моменту.

Для побудови вимірювального приладу на базі запропонованого методу потрібно створити перетворювач обертального моменту в інтервал часу, а пружний елемент 1 повинен мати досить високу лінійність та необхідний діапазон пружних переміщень.

Список літератури

1. Zhong, L., Rahman, M. F., Hu, W. Y., & Lim, K. W. (1997). Analysis of direct torque control in permanent magnet synchronous motor drives. IEEE transactions on power electronics, 12(3), 528-536.
2. Lamchich, M. T. (Ed.). (2011). Torque control. BoD-Books on Demand.
3. Singh, B., Jain, P., Mittal, A. P., & Gupta, J. R. P. (2006, April). Direct torque control: a practical approach to electric vehicle. In 2006 IEEE Power India Conference (pp. 4-pp). IEEE.

НЕСТАЦІОНАРНИЙ ТЕПЛООБМІН В КОМПОЗИТНИХ МЕМБРАНАХ

З проблемою енергозбереження, що як ніколи гостро стоїть наразі в Україні, безпосередньо пов'язані задачі нестационарного теплообміну, зокрема, в композитних середовищах. Важливість таких досліджень визначається їх широким практичним застосуванням у техніці [1, 2]. Так, теплообмін у періодичних пористих середовищах, що моделюють геометрію газоохолоджуваного ядерного реактора, становить важливу проблему як з погляду теоретичних досліджень, так і в плані її прикладного характеру [2]. Управління ядерним реактором вимагає знання його характеристик не тільки в стаціонарному, а й у перехідних режимах (пуск, зупинка, зміна потужності), а також у режимах, що виникають під час аварій (наприклад, зменшення або припинення подачі теплоносія внаслідок пошкодження насоса). Тобто, важливо знати поведінку апарату в динаміці.

Для дослідження нестационарної теплопровідності в композитних мембранах, що представляють собою матрицю з круглими включеннями, розташованими по квадратній або гексагональній сітці, запропоновано підхід, заснований на теорії осереднення. На межі волокон передбачається ідеальний контакт між різними матеріалами. Температурне поле моделюється рівнянням теплопровідності. Використання перетворення Лапласа, асимптотичної теорії осереднення та методу двохмасштабних розкладень дає можливість звести початкову задачу для багатозв'язної області до рекурентної системи крайових задач в однозв'язній області. Після розв'язання локальної задачі в області комірки – характерної структурної одиниці композиту – з осередненого рівняння визначаються коефіцієнти, що описують ефективні властивості композитного середовища.

Математично вихідна задача формулюється як крайова задача з початковими умовами [3]:

$$K^{\pm} \Delta_{xy} T^{\pm} = c^{\pm} \rho^{\pm} \frac{\partial T^{\pm}}{\partial t} \text{ в } \Omega_i^{\pm}; T^{+} = T^{-}, K^{+} \frac{\partial T^{+}}{\partial \mathbf{n}} = K^{-} \frac{\partial T^{-}}{\partial \mathbf{n}} \text{ на } \partial \Omega_i; T^{\pm} = F^{\pm}(x, y) \text{ при } t = 0, \quad (1)$$

$$\text{де } \Delta_{xy} T^{\pm} = \frac{\partial^2 T^{\pm}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T^{\pm}}{\partial y^2}; x = \frac{X}{l}; y = \frac{Y}{l}; K^{\pm} = \frac{k^{\pm}}{l^2 c^{\pm} \rho^{\pm}}; X, Y - \text{вихідні координати}; l - \text{характерний розмір}$$

комірки композита; T – температура; ρ – щільність; k – коефіцієнт теплопровідності; c – питома теплоємність; \mathbf{n} – вектор зовнішньої нормалі до контуру включення; $\Omega_i^{+}, \Omega_i^{-}$ – області матриці і включення відповідно; $\partial \Omega_i$ – межа фаз композиту; індекси «+» і «-» позначають приналежність змінної відповідній області.

За перетворенням Лапласа задача (1) зводиться до вигляду:

$$K^{\pm} \Delta_{xy} T^{p\pm} = p T^{p\pm} - F^{\pm}(x, y) \text{ в } \Omega_i^{\pm}; T^{p+} = T^{p-}, K^{+} \frac{\partial T^{p+}}{\partial \mathbf{n}} = K^{-} \frac{\partial T^{p-}}{\partial \mathbf{n}} \text{ на } \partial \Omega_i. \quad (2)$$

Наявність природного малого параметра $\varepsilon = \frac{l}{L}$, де L – характерний розмір мембрани, дає можливість застосування асимптотичної теорії гомогенізації [4], тобто представлення розв'язку задачі (2) у вигляді асимптотичного ряду:

$$T^{p\pm} = T_0(x, y, p) + \varepsilon T_1^{\pm}(x, y, \xi, \eta, p) + \varepsilon^2 T_2^{\pm}(x, y, \xi, \eta, p) + \dots, \quad (3)$$

де $\xi = x/\varepsilon, \eta = y/\varepsilon$ – «швидкі» змінні.

Підставляючи розкладення (3) в крайову задачу (2) та розщеплюючи отримане рівняння за степенями малого параметра ε , отримуємо в першому наближенні задачу на комірці у вигляді:

$$\Delta_{\xi\eta} T_1^{\pm} = 0$$

$$\text{в } \Omega_i^{\pm}; T_i^{+} = T_i^{-}, K^{+} \left(\frac{\partial T_1^{+}}{\partial \mathbf{n}} + \frac{\partial T_0}{\partial \mathbf{n}} \right) = K^{-} \left(\frac{\partial T_1^{-}}{\partial \mathbf{n}} + \frac{\partial T_0}{\partial \mathbf{n}} \right) \text{ на } \partial \Omega_i. \quad (4)$$

Після розв'язання задачі на комірці (4) осереднене рівняння представляється таким чином:

$$q \Delta_{xy} T_0 = p T_0 - \frac{1}{|\Omega_i|} \left(\iint_{\Omega_i^{+}} F^{+}(x, y, \xi, \eta) d\xi d\eta + \iint_{\Omega_i^{-}} F^{-}(x, y, \xi, \eta) d\xi d\eta \right), \quad (5)$$

де q – ефективний параметр композитної мембрани.

Для різних значень геометричних та фізичних характеристик мембрани отримано аналітичні розв'язки задачі на комірці (4), за якими ефективний параметр визначається співвідношеннями:

1) Для композитної мембрани з круглими включеннями, розташованими по квадратній сітці:

а) для включень малих – середніх розмірів [5]:

$$q = \frac{1-f+\lambda(1+f)}{1+f+\lambda(1-f)} + \varepsilon_1^2 \frac{1}{2} \frac{(\lambda-1)f}{1+f+\lambda(1-f)}, \text{ де } f = \frac{\pi a^2}{4}, \lambda = \frac{K^+}{K^-}, \varepsilon_1 = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}};$$

б) для високопровідних щільно упакованих включень [5]:

$$q = 1 - a + \frac{\lambda}{\lambda - 1} \left(\frac{2\lambda \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\lambda(1+a)-a}{\lambda(1-a)+a}}}{\sqrt{(\lambda(1+a)-a)(\lambda(1-a)+a)}} - \frac{\pi}{2} \right) \text{ при } \lambda \gg 1, 0 \ll a < 1.$$

2) Для композитної мембрани з круглими включеннями, розташованими по гексагональній сітці:

а) для включень малих – середніх розмірів великої провідності [5]:

$$q = 1 + \frac{\sqrt{3}\sigma^2}{\sqrt{1-\sigma^2}} \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{3(1-\sigma^2)}} + \frac{\sigma^2}{\sqrt{3}} \left[\frac{2}{\sqrt{1-\sigma^2}} \left(2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1-\sigma}{1+\sigma}} + \operatorname{arctg} \frac{\sigma}{\sqrt{1-\sigma^2}} \right) - \frac{\pi}{2} \right]$$

$$\text{при } \sigma = \sqrt{\frac{\lambda-1}{\lambda+1}} a \leq \frac{1}{\sqrt{3}};$$

б) для високопровідних щільно упакованих включень [5]:

$$q = \frac{2\sqrt{3}\sigma^2}{\sqrt{1-\sigma^2}} \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{3(1-\sigma^2)}} + \frac{\sigma^2}{\sqrt{3}} \left\{ -\frac{3}{2} \arcsin \frac{1}{\sqrt{3}\sigma} + \frac{4}{\sqrt{1-\sigma^2}} \left[\operatorname{arctg} \left(\left(\sqrt{3}\sigma - \sqrt{3\sigma^2-1} \right) \sqrt{\frac{1-\sigma}{1+\sigma}} \right) - \frac{1}{4} \operatorname{arctg} \frac{2 \left(\sqrt{3}\sigma - 1 - \sqrt{3\sigma^2-1} \right) \sqrt{1-\sigma^2}}{(1+\sqrt{3})(1-\sqrt{3}\sigma)\sigma + \sqrt{3\sigma^2-1} \left((1+\sqrt{3})\sigma - 2 \right) + 2} - \frac{1}{8} \operatorname{arctg} \left(\frac{2\sqrt{1-\sigma^2}}{\sigma} \right) \right] - \frac{\sqrt{3}}{4} \ln \frac{2+3\sigma^2+2\sqrt{3(3\sigma^2-1)}}{4-3\sigma^2} + \frac{\pi}{4} \right\} + 1 \text{ при } \sigma \geq \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Після розв'язку осередненого рівняння (5) з осередненою початковою умовою визначаємо функцію $T_0(x, y, p)$.

Остаточний розв'язок задачі отримуємо, здійснюючи зворотне перетворення Лапласа відомими чисельними або асимптотичними методами.

Таким чином, запропонований підхід дає можливість отримати аналітичний розв'язок задачі та може бути узагальнений на випадок включень іншої геометрії та довільної провідності.

Список використаних джерел

1. Darnowsky P., Furmanski P., Domansky R. Relation between thermal conductivity and coordination number for fibereinforced composite with random distribution of fibres. *Archives of thermodynamics*. 2019. Vol. 40, No 1 (1). P. 21–48
2. Habibi Z. Homogénéisation et convergence à deux échelles lors d'échanges thermiques stationnaires et transitoires. Application aux coeurs des réacteurs nucléaires à caloporteur gaz : PhD Thesis. Paris, École Polytechnique, 2011. 224 p.
3. Andrianov I. V., Awrejcewicz J., Starushenko G. A. Non-stationary heat transfer in composite membrane with circular inclusions in hexagonal lattice structures. *Acta Mechanica*. 2022. Vol. 233, Is. 4. P. 1339–1350.
4. Bensoussan A., Lions J.-L., Papanicolaou G. Asymptotic analysis for periodic structures. Amsterdam : North-Holland Publishing Company, 1978. 700 p.
5. Starushenko G. A. Asymptotic methods and models in the theory of composite materials. LAP Lambert Academic Publishing RU, 2021. 696 p. (in Russian).

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНО СПРЯМОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Вступ. При дослідженні технологій, які визначають майбутній розвиток економіки України в цілому, таких як транспорт, енергетика, інтелектуальні технології, тощо, існує ризик, що позитивні екологічні наслідки широкомасштабного впровадження електромобілів, яке планується та прогнозується у найближчі десятиріччя, повністю нівелюються зростанням негативних екологічних ефектів на інших стадіях життєвого циклу. Наприклад, зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу при використанні електромобілів компенсується зростанням викидів практично тих же видів забруднюючих речовин при генерації додаткової електричної енергії зі спалюванням вугілля [1].

Метою даного дослідження є розробка алгоритму оцінки екологічної ефективності спільно спрямованого розвитку електротранспорту та відновлювальної енергетики в Україні.

Матеріал та результати дослідження. Зниження викидів при використанні вітрових та сонячних установок може компенсуватися зростанням викидів при виробництві необхідного обсягу потужностей вітроенергетичного та хімічно інтенсивного фотоелектричного обладнання. Проте, спеціалізовані наукові дослідження, які проводяться за методологією аналізу життєвого циклу продукції відповідно до стандартів ISO 14040-14044, не підтверджують даних побоювань. Так, отримані за методологією аналізу життєвого циклу в цілому ряді наукових досліджень [2–5] оцінки викидів забруднюючих речовин у перерахунку на CO₂ – еквівалент для технологій відновлюваної енергетики, показують, що вітрова наземна енергетика в даний час виробляє в середньому в 10 разів менше викидів [2], ніж технології генерації енергії за рахунок спалювання природного газу [3], вітрова офшорна енергетика – у 12 разів менше [4], сонячні кремнієві фотоелементи – в середньому у 10 разів менше [5].

Підхід до порівняльної оцінки економічної ефективності автомобілів з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) та електромобілів показує, що більш-менш надійні результати можуть бути отримані за однієї обов'язкової умови - денний запас ходу електромобіля без підзаряду при використанні ТАБ даного типу повинен приблизно дорівнювати середньостатистичному денному пробігу автомобіля-аналогу з ДВЗ, що має те ж функціональне призначення, що і електромобіль. Іншими словами, будь-яке порівняння економічних показників зазначених транспортних засобів має сенс лише в тому випадку, якщо дійсні денні пробіги автомобіля з ДВЗ та електромобіля збігаються.

При виконанні аналізу переваг спільно спрямованого розвитку електромобілів та відновлюваної енергетики необхідно враховувати наступні показники: оцінка поточного рівня викидів (зі статистичних даних), прогнозування показників енергоефективності автомобілів з ДВЗ (криві навчання), прогнозування рівня електромобілізації (моделі часових рядів), прогнозування динаміки зниження вартості електромобілів, прогнозування рівня поширення електромобілів в залежності від стимулюючих заходів та зовнішніх чинників (регресія), оцінка існуючої генерації електроенергії (статистика), прогнозування зміни ефективності технологій генерації електроенергії, прогнозування динаміки зростання енергоефективності електромобілів. Використовуючи ці показники, можливо здійснити прогнозування рівня викидів при нульовому поширенні електротранспорту та прогнозування рівня викидів при найбільш імовірному рівні поширення електромобілів. Оцінку екологічного ефекту, що здійснюється шляхом порівняння результатів прогнозування викидів при нульовому поширенні електротранспорту та рівня викидів при його найбільш імовірному рівні поширення представлено на рис. 1.

Варто зауважити, що схема, подана на рис. 1, сфокусована на отриманні кількісних оцінок чистих екологічних ефектів, під якими розуміються викиди кумулятивного обсягу всього спектра забруднюючих речовин у атмосферу. Однак вона також може бути застосована для розрахунку скорочення або збільшення окремих компонентів забруднюючих речовин (наприклад, оксиду вуглецю, оксидів азоту, діоксиду сірки та ін.). Крім того, такий підхід дозволить оцінити і основні економічні ефекти заміщення технологій – потребу в нових генеруючих потужностях та зміну вартісних характеристик технологій. Використовувати спрощений варіант методу сценарного аналізу для оцінки екологічного ефекту від поширення електротранспорту доцільно насамперед для регіонів з найінтенсивнішими викидами від автомобільного автотранспорту.

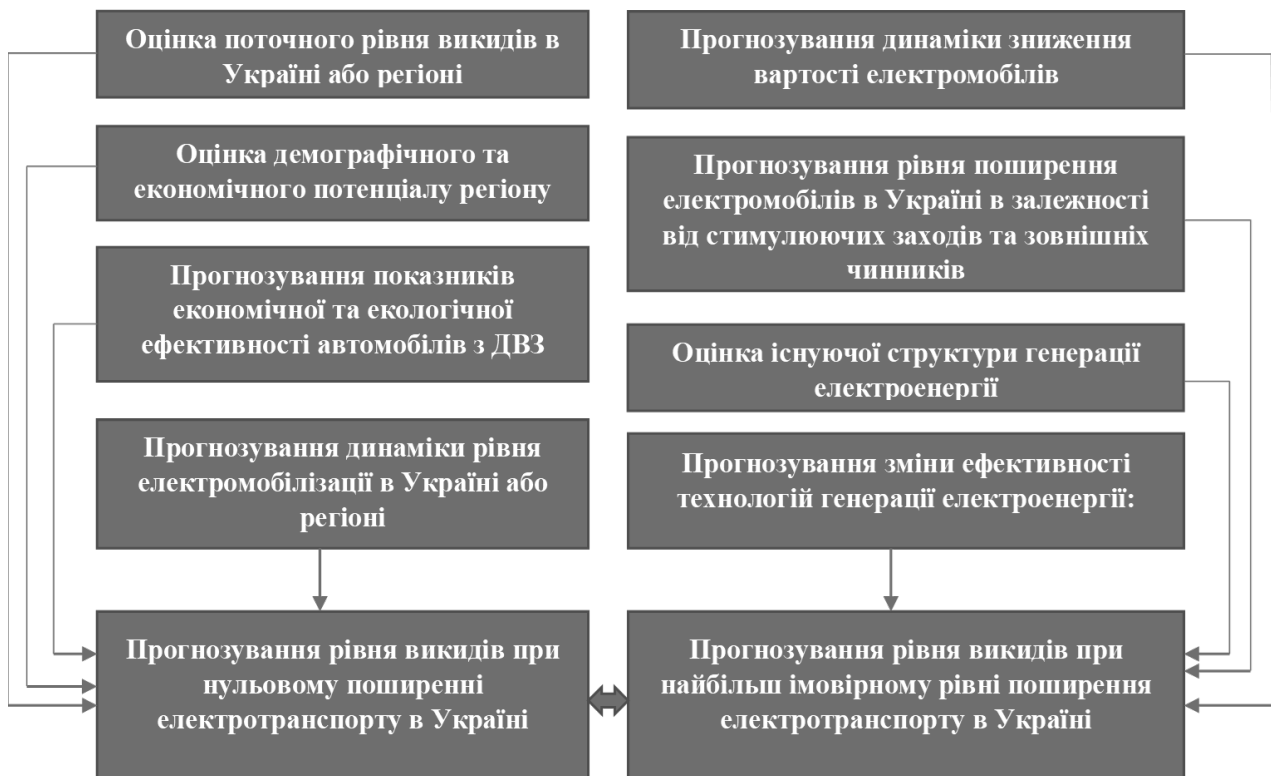


Рисунок 1. Алгоритм виконання аналізу для оцінки екологічної ефективності поширення електротранспорту в Україні.

Слід зазначити також, що забезпечення високих показників екологічної ефективності призводить до суттєвого подорожчання транспортних засобів та витрат на їх експлуатацію.

Враховуючи зростаючий інтерес до розширення обсягів виробництва та областей застосування електротранспорту, особливо у великих містах та зелених зонах, з'явилося багато досліджень з техніко-економічного обґрунтування цього екологічного транспорту, причому для кожної країни розробляються унікальні по суті підходи, які враховують як особливості економічного розвитку та умов експлуатації, так і особливості профілю генерації та можливості використання ВДЕ для заряджання електротранспорту.

Висновки. Визначено, що крім зазначених потенційних переваг спільно спрямованого розвитку електромобілів та відновлюваної енергетики на основі сонячної та вітрової генерації з точки зору ефективності повного циклу виробництва палива, необхідно також враховувати таку технологічну перевагу, як можливість синхронізації нестабільного вироблення електроенергії сонячними та вітровими електростанціями та попиту на неї з боку інфраструктури підзарядки електромобілів. Здійснювати точну кількісну оцінку екологічних наслідків поширення електротранспорту доцільно у прив'язці до конкретної території з визначеною структурою генерації електроенергії, в тому числі ВДЕ.

Список використаної літератури:

1. Kostenko, A.P. (2022) **Overview of European trends in electric vehicle implementation and the influence on the power system.** *System Research in Energy*; 1(70), 62–71. http://srenergy.org.ua/index.php?option=com_docman&task=art_details&mid=20221&gid=643&lang=en
2. Padey P., Blanc I., Le Boulch D., Xiusheng Z. A Simplified Life Cycle Approach for Assessing Greenhouse Gas Emissions of Wind Electricity. *Journal of Industrial Ecology*, 2012, vol. 16, iss. S1, pp. S28–S38. doi: 10.1111/j.1530-9290.2012.00466.
3. Turconi R., Boldrin A., Astrup T. Life Cycle Assessment (LCA) of Electricity Generation Technologies: Overview, Comparability and Limitations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, vol. 28, iss. C, pp. 555–565. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.013> <http://www.fin-izdat.ru/journal/analiz/>
4. Raadal H.L., Vold B.I., Myhr A., Nygaard T.A. GHG Emissions and Energy Performance of Offshore Wind Power. *Renewable Energy*, 2014, no. 66, pp. 314–324. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.11.075>
5. Chang Y., Huang R., Ries R.J., Masanet E. Life-cycle Comparison of Greenhouse Gas Emissions and Water Consumption for Coal and Shale Gas Fired Power Generation in China. *Energy*, 2015, vol. 86, pp. 335–343. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.034>.

Дубровська В.В., канд. техн. наук, доц.,
Шкляр В.І., канд. техн. наук, доц.,
Гавриленко Є.В., магістр,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

АНАЛІЗ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ CO₂ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГЕЛІОСИСТЕМ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЮДЖЕТНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ. В останні роки Україна і інші держави світу починають стикатися з наслідками глобальної зміни клімату. Однією з причин глобального потепління є зростання викидів вуглекислого газу.

Основним джерелом викидів є використання викопного палива в традиційній енергетиці для виробництва теплової та електричної енергії. Щорічне подорожчання енергетичних ресурсів, невпинне зменшення покладів викопного палива та зростання забруднення навколишнього середовища призводить до збільшення частки використання поновлюваних джерел енергії в усьому світі.

Однією з перспективних альтернатив традиційним видам палива є енергетичний потенціал сонячної енергії, який може бути використаний для зменшення використовуваних об'ємів органічного палива при виробництві теплової енергії в системах гарячого водопостачання для споживачів у бюджетній сфері господарства.

Метою роботи є аналіз зменшення викидів CO₂ при використанні геліосистеми на основі комп'ютерного моделювання.

Об'єктом дослідження обрано корпус №9 КПІ, в якому навчається 918 студентів. Передбачається встановлення сонячних колекторів для забезпечення потреб корпусу гарячою водою.

Для вирішення поставленої задачі було проведено комп'ютерне моделювання в програмному середовищі RETScreen [1] та TSol [2], які дозволили розрахувати отриману сонячну енергію, коефіцієнт заміщення основного палива, строк окупності та зменшення викидів шкідливих речовин (CO₂).

Для порівняння результатів розрахунків в різних програмах було обрано сонячну систему ГВП з вакуумним трубчастим колектором і баком акумулятором. Характеристики колекторів наведено в таблиці 1, а принципова схема установки – на рисунку 1.

Таблиця 1 – Характеристика сонячного колектору

Фірма	Veissmann
Колектор	Vitosol 300-T SP3
Кількість, шт.	5
Загальна площа, м ²	14,4
Площа абсорбера, м ²	10,77
Кут нахилу до горизонту, градуси	35
Об'єм баку акумулятора, м ³	900

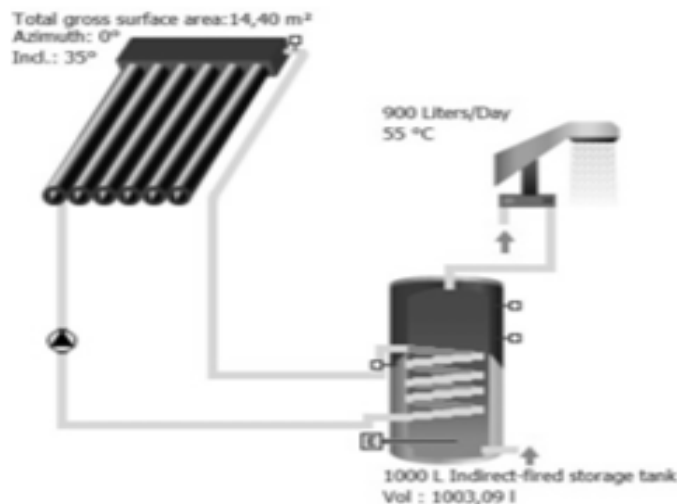


Рисунок 1 –Принципова схема сонячної систему ГВП з колектором

Отримані результати моделювання в двох програмах мають незначну відмінність.

У програмі RETScreen за максимальною кількістю надходження річної сонячної радіації на похилу поверхню, яка складає 4,6 МВт·год, було визначено оптимальний кут нахилу встановлення колектора у 35° при цілорічній роботі системи, а коефіцієнт заміщення палива склав 48%.

Розрахунки показали, що встановлення сонячної системи дозволяє зменшити річне споживання енергії $11-6,4=4,6$ МВт·год (40%), викиди CO₂ з 4,3 т до 2,6 т, тобто на 1,7 т що еквівалентно збереженню: 2 барелей сирової нафти або 378 літрів високооктанового бензину, 0,3 т перероблених відходів чи 494 м³ природного газу

При встановленні сонячної системи (СС) до електричного водонагрівача з урахуванням вартості електричної енергії (з ПДВ та витратами на послуги з розподілу електричної енергії) у 3,83 грн / кВт·год простий строк окупності складатиме 13 років, а при встановленні СС до газового водонагрівача з вартістю одного кубічного метра природного газу – 8,84 грн / м³ (з ПДВ та витратами на послуги з розподілу природного газу) – 24 роки. При використанні СС з централізованим тепlopостачанням (середня ціна 1 Гкал складає 2850 грн (січень-серпень 2022 року) – 16 років.

Для забезпечення циркуляційних насосів та автоматики сонячної системи електрикою на даху будівлі поряд з колекторами розмістити фотоелектричну систему.

Висновки. Встановлення активних сонячних систем гарячого водоприготування на базі високоефективних вакуумних трубчастих колекторів в бюджетних закладах вищої освіти дозволить знизити споживання електричної енергії або природного газу, зменшити шкідливі викиди в навколишнє середовище, при цьому строк окупності з кожним роком буде зменшуватись за рахунок збільшення цін на енергоносії.

Список використаної літератури

1. Clean energy project analysis. RETScreen engineering & cases Textbook. 3rd edition Режим доступу: <http://www.retscreen.net/>.

2. Програмне середовище T*Sol. Режим доступу: <https://valentin-software.com/>.

References

1. Clean energy project analysis. RETScreen engineering & cases Textbook. 3rd edition URL: <http://www.retscreen.net/>.

2. Software environment T*Sol. URL: <https://valentin-software.com/>.

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Вступ. Системи накопичення енергії (СНЕ) сприяють раціональному використанню енергоресурсів, що дає змогу підвищити ефективність енергетики. На сучасному етапі СНЕ широко застосовують у світовій енергетиці для регулювання частоти; як резервної потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Впровадження систем зберігання енергії є важливим для України. Це підвищить гнучкість об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС).

Оптимізація режимів роботи джерел теплової генерації та зниження необхідної їх маневреності за рахунок розвитку СНЕ дозволять зменшити: витрати на паливо і викиди забруднюючих речовин; продовжити термін служби діючого обладнання; скоротити потребу у будівництві нових потужностей; розширити використання атомної енергетики та ВДЕ.

Мета роботи полягала в аналізі сучасного стану та визначенні перспектив розвитку СНЕ в енергетиці України.

Приклади впровадження СНЕ в енергетиці України.

Найбільш поширеними у світі є гідроакumuлюючі електростанції (ГАЕС). В Україні такими є Дністровська ГАЕС (плани будівництва 5-7 агрегатів у 2022 р.), Київська ГАЕС та Канівська ГАЕС (проект будівництва). Загальна встановлена потужність Дністровської ГАЕС на кінець 2021 р. сягнула 1296 МВт в генераторному режимі та 1684 МВт в насосному. За проектом Дністровська ГАЕС має складатися з семи гідроагрегатів загальною потужністю 2268 МВт у генераторному режимі й 2947 МВт у насосному. Поки побудовані чотири, але після завершення будівництва станція стане найбільшою у Європі та шостою у світі [1]. ГАЕС поступаються за мобільністю та швидкістю сучасним накопичувачам.

Серед інших технологій в електричних системах найбільш популярними є літій-іонні батареї. Приклади проектів промислових СНЕ на базі літій-іонних батарей в Україні.

Energy Storage System групи KNESS – це перша промислова система акумулювання енергії, що повністю розроблена, спроектована та виготовлена в Україні (KNESS Group – міжнародна група компаній). Система має потужність 1 МВт і ємність 1 МВт год, складається з батарейних кластерів розробки KNESS, які балансують заряд комірок всередині модулів і управляють всіма процесами. Її встановлять у Вінниці. Ці накопичувачі планують використовувати на усіх сегментах ринку електроенергії, у тому числі допоміжних послуг для регулювання частоти [2].

ДТЕК 20.05.2021 р. офіційно запустив першу в Україні промислову літій-іонну систему зберігання енергії (ЕСА) завдяки співпраці з компаніями Honeywell і SunGrid. Вона встановлена на Запорізькій ТЕС в місті Енергодар та має потужність 1 МВт і ємність 2,25 МВт·год [3]. Встановлена СНЕ здатна збільшувати або зменшувати потужність від нуля до повного резерву за 0,4-0,6 с, а кодекс системи передачі регламентує такий час у 30 с. Швидкість реагування на відхилення частоти менше 0,1 с.

Верховна Рада 15.02.2022 ухвалила закон про системи накопичення та зберігання електроенергії (№5436-д) [4]. Він визначає статус систем та оператора установки накопичення енергії, передбачає створення оператора установки накопичення енергії. В липні 2022 р. НКРЕКП запровадила ліцензійні умови для СНЕ, потужність яких перевищує 150 кВт. Це створило необхідні умови для реалізації проектів будівництва СНЕ.

Перспективи розвитку СНЕ в Україні. Міністерство енергетики України планує побудувати 7,1 ГВт нових потужностей відновлюваної енергетики та 750 МВт акумулюючих потужностей першого етапу [5]. Україна також розглядає можливий експорт 10 ГВт водню з України до ЄС. Перед початком війни в лютому 2022 року Україна мала на меті 25% відновлюваної встановленої потужності до 2030 р., 70% відновлюваної енергії в структурі електроенергії до 2050 р.

Верховна Рада ухвалила закон про ратифікацію договорів між Україною та Міжнародним банком реконструкції та розвитку (МБРР) в рамках проекту встановлення гібридних СНЕ у ПАТ

"Укргідроенерго". Від МБРР буде залучено позику \$177 млн, від Фонду чистих технологій \$34 млн. Будуть встановлені 197 літій-іонних СНЕ [6].

Прогноз розвитку ринку систем накопичення в Україні (Укренерго). 1,5 ГВт потужностей СНЕ необхідно встановити в енергосистемі України до 2023 р., з них: первинне регулювання частоти 200 МВт (ємність 300 МВт·год); вторинне регулювання потужністю 500 МВт (ємність 1000 МВт·год); регулювання пікових навантажень 800 МВт (ємність 3200 МВт·год) [7].

Висновки. Основними факторами, що обмежують розвиток систем зберігання енергії в Україні, є:

1. Відсутність державної програми підтримки проєктів зі зберігання енергії.
2. Висока вартість систем накопичення.
3. Повільне формування нормативно-технічної бази застосування СНЕ..

Список використаних першоджерел

1. Дністровська ГАЕС стала найбільшою в Європі. <https://www.epravda.com.ua/news/2021/12/24/680955/>
2. Сергій Кравчук: KNESS підтримує розвиток СНЕ в Україні та розглядає інвестиції в такі технології. 14.01.2022. <https://expro.com.ua/statti/sergy-kravchuk-kness-pdtrimu-rozvitok-sne-v-ukran-ta-rozglyada-nvestic-v-tak-tehnolog->
3. DTEK officially launches Ukraine's first industrial energy storage system. 20.05.2022. <https://dtek.com/en/media-center/news/dtek-zapustil-pervuyu-v-ukraine-promyshlennuyu-sistemu-nakopleniya-energii/>
4. В Україні з'явиться оператор системи накопичення енергії. 15.02.2022. <https://forbes.ua/news/v-ukraini-zyavitsya-operator-sistemi-nakopichennya-energii-zakon-mae-pidvishchiti-stabilnist-elektropostachannya-15022022-3690>
5. Україна планує побудувати 7,1 ГВт відновлюваних потужностей, 750 МВт акумулюючих потужностей. 6.07.2022. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/ukraine-plans-build-71-gw-renewable-capacity-750-mw-storage-capacity.html>
6. "Укргідроенерго" побудує гібридні системи накопичення енергії. 24.05.2022. <https://ua-energy.org/uk/posts/ukrhydroenerho-pobuduie-hibrydni-systemy-nakopychennia-enerhii>
7. Прогноз розвитку ринку систем накопичення в Україні. <https://energystorage.com.ua/ua/>

References

1. Dnistrovs'ka GAES stala naibil'shoiu v Ievropi. <https://www.epravda.com.ua/news/2021/12/24/680955/>
2. Sergii Kravchuk: KNESS pidtrymuie rozvytok SNE v Ukraini ta rozglyadaie investytsii v taki tekhnologii 14.01.2022. <https://expro.com.ua/statti/sergy-kravchuk-kness-pdtrimu-rozvitok-sne-v-ukran-ta-rozglyada-nvestic-v-tak-tehnolog->
3. DTEK officially launches Ukraine's first industrial energy storage system. 20.05.2022. <https://dtek.com/en/media-center/news/dtek-zapustil-pervuyu-v-ukraine-promyshlennuyu-sistemu-nakopleniya-energii/>
4. V Ukraini z'iyavyt'sia operator systemy nakopychennia energii. 15.02.2022. <https://forbes.ua/news/v-ukraini-zyavitsya-operator-sistemi-nakopichennya-energii-zakon-mae-pidvishchiti-stabilnist-elektropostachannya-15022022-3690>
5. Ukraina planuie pobuduvaty 7,1 GVt vidnovliuvanykh potuzhnopei, 750 MVt akumuliuuchykh potuzhnopei. 6.07.2022. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/ukraine-plans-build-71-gw-renewable-capacity-750-mw-storage-capacity.html>
6. "Ukrhidroenergo" pobuduie gibrydni systemy nakopychennia energii. 24.05.2022. <https://ua-energy.org/uk/posts/ukrhydroenerho-pobuduie-hibrydni-systemy-nakopychennia-enerhii>
7. Prognoz rozvytku rynku system nakopychennia v Ukraini. <https://energystorage.com.ua/ua/>

С.Ю. Докшина, аспірант, ORCID 0000-0001-8136-8779
С.В. Бойченко, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-2489-4980
В.П. Розен, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-0440-4251
І.О. Шкільнюк, канд. техн. наук, ORCID 0000-0002-8808-3570
І.О. Куберський, аспірант, ORCID 0000-0002-3800-8484
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КОНЦЕПЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЧЕРЕЗ УТИЛІЗАЦІЮ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ І ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН

Накопичення неутилізованих пластикових відходів та зношених шин становлять велику загрозу для людства. Їх відходи забруднюють ґрунти та водойми, атмосферу, та становлять загрозу для здоров'я людей. Проблема полягає в тому, що пластик та зношені шини мають досить довгий термін розкладу, а їх переробка потребує значних економічних ресурсів та налагодженої екологістики. Окрім цього, внаслідок воєнних дій, енергетична та екологічна безпеки України знаходяться під загрозою. Одним з шляхів підвищення останніх, є утилізація небезпечного пластику та відпрацьованих шин хімічним шляхом, внаслідок чого можливо отримати паливо. Тому, у статті досліджено енергетичний потенціал отримання палива від відходів пластику та зношених шин в Україні. Отримані значення свідчать про те, що потенціал отримання палива в Україні від пластикових відходів та зношених шин досить великий. Налагодження екологістики пластику та зношених шин, сприяє забезпеченню енергоощадності їх використання, покращенню здоров'я людей та тварин, а також підвищенню енергетичної та екологічної безпеки України та економіки підприємств.

Ключові слова: паливо з пластику та зношених шин, енергетичний потенціал пластикових відходів, енергетичний потенціал зношених шин, енергоощадність використання пластику та зношених шин, збереження довкілля, енергетична безпека, екологічна безпека, екологістика.

Вступ

Пластикові відходи та відходи зношених шин становлять велику шкоду для людства. Вони мають тривалий час розкладу, забруднюють підземні та наземні води, ґрунти, викликають хвороби у людей та тварин. Попри потенційну небезпеку, що несуть ці неутилізовані відходи, їх кількість на нашій планеті щороку збільшується. Так, більше 8 млн тон пластику потрапляє до океанів щороку [1], а кількість зношених шин збільшується на 7 млн тон [2]. Пластик та зношені шини впродовж свого життєвого циклу підпорядковуються різним видам застосування. Деяку частину можливо переробити для отримання «другого життя», а з деякої частини можливо отримати паливо.

Внаслідок воєнного вторгнення, Україна опинилась у ситуації порушення енергетичної та екологічної безпеки. Україна вже пережила дефіцит палива навесні, зараз переживаємо дефіцит електроенергії. До того ж, досі залишається загроза ракетних атак по об'єктах інфраструктури. Нафтові заводи не виключення. Більше того, за словами Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України Євгенія Федоренко, внаслідок воєнних дій в Україні утворилась величезна кількість відходів, що за масштабами більше ніж на всьому Європейському континенті з часів Другої Світової війни. Так, в Україні знищено більше 200 тисяч легкових та вантажних автомобілів, а внаслідок руйнувань будівель лише на територіях Київської, Сумської та Чернігівської областей утворилось 15,2 млрд тон відходів [3]. До того ж, масові пожежі ще більше порушують екологічну безпеку країни.

Темпи утворення пластикових відходів та зношених шин, їх шкода екосистемі Землі, а також енергетичні та екологічні загрози в Україні, вказують на гостру необхідність пошуків шляхів їх енергоощадного використання.

Матеріали та результати досліджень

Метою даної роботи є визначення енергетичного потенціалу перетворення неутилізованих пластикових відходів та зношених шин у паливо для підвищення енергетичної та екологічної безпеки України. Для досягнення визначеної мети постають наступні **завдання**: визначити коефіцієнти перетворення пластикових відходів та зношених шин у паливо, виконати пошук з наявних баз даних утвореної та переробленої кількості пластикових відходів та зношених шин в Україні, оцінити накопичення залишків пластику та зношених шин в Україні за наявні роки, визначити енергетичний потенціал від переробки неутилізованого пластику та неутилізованих зношених шин для отримання палива. **Об'єктом** дослідження є пластикові відходи та зношені шини в Україні. **Предмет дослідження** – поводження з пластиковими відходами та зношеними шинами в Україні, їх залишок для отримання палива.

Енергетичний потенціал перетворення пластикових відходів та зношених шин у паливо

Існують різні технології перетворення пластику у паливо. Встановлено, що застосування піролізу є ефективним методом отримання палива [4]. Піроліз полімерних матеріалів проводиться за температури 400–500°C за обмеженого доступу повітря. Внаслідок піролізу виділяється вугілля, піролізний газ та нафта [5]. Залежно від типу пластику, що підлягає піролізу, можливо отримати від 30% до 95% палива. Це значить, що з 10 тон пластикових відходів, можливо отримати від 3 до 9,5 тон палива [6]. Отже, коефіцієнт перетворення пластику у паливо: $k_m = 0,3 \dots 0,95$ в.о.

Так само як пластик, **зношені шини** також можуть слугувати джерелом отримання палива. У результаті піролізу зношених шин, утворюються речовини, близькі за складом до продуктів крекінгу нафти що є цінною хімічною та енергетичною сировиною. Піроліз зношених шин відбувається за відсутності або при обмеженому доступі кисню за температури 500–1000°C [5]. В залежності від типу шин, шляхом піролізу, можливо отримати від 30% до 45% палива [7], або від 33% до 47% , як стверджують [8]. Прийемо за діапазони коефіцієнту перетворення зношених шин у паливо найменше та найбільше значення: $k_{un} = 0,3 \dots 0,47$ в.о. 71

Оцінка енергетичного потенціалу перетворення пластикових відходів в Україні у паливо

За даними статистичних довідників «Довкілля України» [9-19], було розглянуто кількість утвореного та утилізованого пластику за операціями утилізації, та додатково пораховано кількість утвореного пластику на початку року та накопичення неутілізованого пластику на кінець року. Розрахована кількість пластику, що утворилась у спеціально облаштованих звалищах за 2011-2020 роки становить 18,1 тис. тон, а отже, без налагодження екологістики неутілізованого пластику, вже можливо отримати від 5,43 до 17,2 тис тон палива.

Дані стосовно пластикових відходів, що наведені у джерелах Укрстат, мають неоднозначний характер. За період 2010-2020 роки [9-19], у 2011, 2013 та 2015 роках кількість утилізованого пластику перевищувала кількість утвореного за рік, а у 2016 році, з утворених 51,9 тис.т пластику, утилізовано 51,4 тис.т, що неможливо не сприймати позитивно. У період 2012-2016 років, накопичення неутілізованого пластику на кінець року йде на спад, але далі, кількість неутілізованого пластику щороку зростає. Починаючи з 2017го року, річне утворення пластику значно перевищує кількість утилізованого. Щорічні залишки пластику, починаючи від 2017 року, складають в середньому 31,3 тис. т, або 67% від утвореного за рік. Отже, щороку є можливість отримувати від 9,39 до 29,74 тис. тон моторного палива, що в середньому становить 19,56 тис. т.

За результатами лінійної регресії та розрахунку потенціалу палива за коефіцієнтом перетворення, відраховуючи з 2012 року, до 2030 року в Україні утвориться 458,5 тис. т неутілізованого пластику, з якого, при налагодженні екологістики, можливо отримати від 137,54 до 435,53 тис. т палива.

Оцінка енергетичного потенціалу перетворення зношених шин в Україні у паливо

За даними статистичних довідників «Довкілля України» [9-19], було розглянуто кількість утворених та утилізованих зношених шин за операціями утилізації, та додатково пораховано кількість утвореної кількості зношених шин на початку року та накопичення неутілізованих зношених шин на кінець року.

В середньому, в Україні щороку утворюється 26,7 тис.т зношених шин, з яких в середньому залишається 17,6 тис. т неутілізованих. При налагодженні екологістики, можливо отримувати від 5,27 до 8,26 тис. т палива щороку. Також, на кінець 2020го року на спеціально обладнаних звалищах утворилось 6,66 тис. т зношених шин. А це означає, що вже зараз, без налагодженої екологістики, можливо отримати від 1,99 до 3,13 тис. т палива, що в середньому становить 2,6 тис. т палива. За результатами лінійної регресії встановлено, що відраховуючи з 2010 року, до 2030 року в Україні утвориться 368,17 тис. т неутілізованих зношених шин, з котрих, при налагодженні екологістики, можливо отримати від 110,45 до 173,04 тис. т палива.

Висновки

Результати проведених досліджень показали, що потенціал отримання палива від пластикових відходів та зношених шин досить великий. Вже наявний потенціал отримання палива від пластику та зношених шин, що утворились на спеціально облаштованих звалищах до кінця 2020 року становить в середньому 11,31 та 2,56 тис. т палива відповідно. Щорічний потенціал отримання палива від залишків пластикових відходів становить в середньому 19,56 тис.т палива, а від зношених шин – 6,77 тис. т палива. При налагодженні екологістики зі збору накопичених неутілізованих відходів пластику до 2030 року в середньому можливо отримати 275,07 тис.т палива, а від зношених шин – в середньому 143,59 тис. т палива. Знайдені значення потенціалу отримання палива від пластикових відходів та зношених шин вказують на доцільність налагодження екологістики збору та виробництва з перетворення цих відходів у паливо. Ці технологічні рішення сприятимуть підвищенню енергоощадності використання пластику та зношених шин, покращенню здоров'я людей та тварин, підвищенню енергетичної та екологічної безпеки України, а також економіки підприємств.

Список використаної літератури

1. R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law. Production, use, and fate of all plastics ever made. —*Science advance*. – 2019. – Vol 3, Issue 7. DOI: 10.1126/sciadv.1700782
2. Країна вживаних шин. Як впоратися з небезпечними відходами в Україні *Ecobusiness group*: веб-сайт. URL: <https://ecolog-ua.com/news/krayina-vzhyvanyh-shyn-yak-vporatysya-z-nebezpechnymy-vidhodamy-v-ukrayini#:~:text=Загалом%20на%20планеті%20накопичилось%20до,звалищах%20або%20просто%20у%20дворах> (дата звернення: 28.10.2022)
3. Відходи війни в Україні вже набули таких масштабів, яких на Європейському континенті не існувало з часів Другої світової війни *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України* веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/news/40301.html> (дата звернення: 11.11.2022)
4. Sushma P. Waste plastic oil as an alternative fuel for diesel engine. – *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* – 2018. – Volume 455: 012066
5. Основи енерготехнологій в екологістичному аспекті [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр», «Магістр» за освітніми програмами «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Бойченко С. В., Максименко О. Е., Яковлева А. В., Хрутьба В. О., Зюсюн В. І., Данілін О. В. – Електронні текстові дані (1 файл: 6.33 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 229 с.
6. How much oil can be produced from 10 tons of waste plastic? *Henan doing environmental protection technology co., LTD*: веб-сайт. URL: http://www.bestpyrolysisplant.com/FAQ/Plastic_to_Fuel_Machine/how_much_oil_can_be_produced_from_10_tons_of_waste_plastic144.html (дата звернення: 28.10.2022)
7. How much oil can be obtained from 1 ton of waste tires? *Henan doing environmental protection technology co., LTD*: веб-сайт. URL: http://www.bestpyrolysisplant.com/FAQ/how_much_oil_can_be_obtained_from_1_ton_of_waste_tires_156.html (дата звернення: 01.11.2022)

8. Yaqoob, H.; Teoh, Y.H.; Sher, F.; Jamil, M.A.; Murtaza, D.; Al Qubeissi, M.; UI Hassan, M.; Mujtaba, M.A. Current Status and Potential of Tire Pyrolysis Oil Production as an Alternative Fuel in Developing Countries. *Sustainability* 2021, 13, 3214. <https://doi.org/10.3390/su13063214>
9. Довкілля України 2010: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2011. – 205 с.
10. Довкілля України 2011: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2012. – 195 с.
11. Довкілля України 2012: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2013. – 234 с.
12. Довкілля України 2013: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2014. – 223 с.
13. Довкілля України за 2014 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2015. – 223 с.
14. Довкілля України за 2015 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2016. – 242 с.
15. Довкілля України за 2016 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2017. – 226 с.
16. Довкілля України за 2017 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2018. – 225 с.
17. Довкілля України за 2018 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2019. – 214 с.
18. Довкілля України 2019: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2020. – 200 с.
19. Довкілля України 2020: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2021. – 189 с.
20. Holistic approaches and advanced technologies in aviation product recycling. Yakovlieva, A., Boichenko, S., Kale, U., Nagy, A. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2021, 93(8), pp. 1302–1312. <https://doi.org/10.1108/AEAT-03-2021-0068>
21. Ivan Bondarenko, Igor Dudar, Olha Yavorovska, Olha Ziuz, Sergii Boichenko, Ihor Kuberskyi, Iryna Shkilniuk, Bohdana Komarysta, Iryna Dzhygyrey, Vladyslav Bendiuh. Devising the technology for localizing environmental pollution during fires at spontaneous landfills and testing it in the laboratory // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – № 6 (144). – P. 51–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248252>
22. Boichenko, S., Yakovlieva, A., Kale, U., & Nagy, A. (2021). Analysis of technological potential for utilization of waste aviation lubricating materials. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(1(58)), 26–32. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.229673>

Marhasova Viktoriia, Doctor of Sciences in Economics, Professor
Hnedina Kateryna, PhD in Economics, Associate Professor
Chernihiv Polytechnic National University
Chernihiv, Ukraine

ECOLOGICAL SAFETY OF WATER RESOURCES IN UKRAINE: MODERN CHALLENGES AND THREATS TO HYDROPOWER POTENTIAL SAVING IN WARTIME CONDITIONS

Water resources are strategically important for every country, and their environmental condition is one of the indicators of global environmental security. According to the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, the country's population and economic sectors are provided with water by 7 large canals, 9 main river basins, 1,103 reservoirs, 49,000 ponds, and 18,500 people are employed in the field of water management [1]. The consequences of the pollution of water resources are all-encompassing, because in addition to the destruction of ecosystems, the disappearance of water bodies, the reduction of biodiversity, the threat of a humanitarian crisis, scarcity, and the use of poor-quality water, which can lead to a number of diseases of broad segments of the population, are growing. The key ecological problems that are characteristic of all water basins of Ukraine include: excessive anthropogenic load on water bodies; significant pollution of water bodies as a result of unregulated drainage of sewage from settlements, economic facilities and agricultural lands; radiation pollution of the basins of many rivers as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant; deterioration of drinking water quality; and negative ecological condition of reservoirs and others [2]. According to the data of the interactive map "Clean water", which shows the level of pollution of rivers in Ukraine based on the data of the State Agency of Water Resources, the pollution of the rivers of the city of Chernihiv and the Chernihiv region exceeds the norm according to indicators such as chemical oxygen consumption, suspended solids, ammonium ions, and nitrite-ions [3].

Under wartime conditions, the scale of environmental pollution is growing, and new threats to the ecological safety of Ukraine's water resources, in particular river basins, are emerging. In addition to the influence of anthropogenic sources of water pollution such as sewage, solid waste, precipitation due to atmospheric air pollution and others, pollution of water bodies, soil, atmosphere due to shelling, fires, oil leaks, and destruction of sewage treatment facilities is added. Water supply is impossible due to shelling of water pipes. The threats of hydrodynamic danger in the regions of Ukraine, the main sources of which are reservoirs, are increasing. In the conditions of modern challenges and increasing threats of environmental disasters, it is necessary and important to constantly monitor environmental crimes as a result of Russian aggression. As of May 27, 2022, the operational headquarters of the State Environmental Inspection of Ukraine recorded 257 crimes against the environment committed during the 100 days of the large-scale Russian invasion, among them [4]:

- threats to nuclear and radiation safety;
- attacks on infrastructure and industrial facilities;
- pollution of the atmosphere, soil, groundwater, which is directly caused by hostilities;
- damage to nature reserves and protected ecosystems, destruction of forests due to fires;
- causing damage to water resources;
- pollution of the waters of the Black and Azov seas.

The issue of the destruction of the ecological systems of the Black and Azov Seas, where the destruction of existing biodiversity is irreversible, requires special attention.

During the assessment of the impact of military operations on water resources, models for assessing the impact on their condition, the water supply system, water supply management, and transboundary water resources management can be used [5]. When choosing a water risk assessment methodology, it is advisable to pay attention to Aqueduct 3.0 methodology. Created in 2011 by the World Resources Institute, the Aqueduct information platform informs a wide range of stakeholders about water-related risks and contains data on water risks that are open and accessible to decision-making users [6, p.2]. The methodology of Aqueduct 3.0 provides the use of 13 indicators to assess different types of water risk. In particular, the overall water risk is

determined by the following indicators, combined into groups: 1) physical risk quantity (baseline water stress, baseline water depletion, interannual variability, seasonal variability, groundwater table decline, riverine flood risk, coastal flood, drought risk); 2) physical risk quality (untreated connected wastewater, coastal eutrophication potential); 3) regulatory and reputational risk (unimproved/no drinking water, unimproved/no sanitation, Peak RepRisk country ESG risk index) [6, p.3]. Each indicator is assigned a risk element: 1) hazard: threatening event or condition (e.g., flood event, water stress condition); 2) exposure: elements present in the area affected by the hazard (e.g., population, asset, economic value); 3) vulnerability: the resilience or lack of resilience of the elements exposed to the hazard [6, p.9]. Given the lack of monitoring and the difficulty of measuring a number of indicators and the barriers to assessing the general water risk in Ukraine under martial law, this methodology should be considered promising from the point of view of identifying risk zones.

When assessing the impact of war on the state of water resources, it is advisable to take into account the results of existing scientific studies devoted to defining approaches to such an assessment. In particular, a model can be applied to assess the increased risk for the water system, which involves the assessment of indicators such as: population movement, management of the water supply system, water supply, and water quality [5]. To apply this model for the purpose of assessing the impact of the war on the state of water resources of Ukraine, it is necessary to ensure monitoring of the state of water quality and ecological assessment of water resources. Among the number of challenges that stand in the way of such an assessment is the lack of access to a large part of monitoring points in wartime conditions.

The number of environmental crimes is increasing every week, which creates threats of reducing the volume of available water resources, deterioration of their ecological condition and impossibility of using hydropower potential, creating obstacles to the development of hydropower in Ukraine. In the conditions of ecocide, it is important to assess the overall negative impact on the water resources of Ukraine and the amount of damage caused, and to determine the sources of funding for the implementation of measures to restore the ecological safety of water resources and preserve the water resource potential of Ukraine.

References:

1. Ofitsiynyi portal Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [The official portal of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine.] URL: <https://mepr.gov.ua/> [in Ukrainian]
2. Khylyk M.I. Ekolohichna bezpeka Ukrainy: navchalnyi posibnyk [Ecological safety of Ukraine: a study guide]. K., 2017. 266 c. [in Ukrainian]
3. Chysta voda. Interaktyvna karta zabrudnenosti richok v Ukraini na osnovi danykh Derzhavnoho ahentstva vodnykh resursiv. [Clean water. Interactive map of river pollution in Ukraine based on data from the State Water Resources Agency]. URL: <https://texty.org.ua/water/> [in Ukrainian]
4. Daidzhest kliuchovykh naslidkiv rosiiskoi ahresii dlia ukrainskoho dovkillia za 26 travnia - 1 chervnia 2022 roku [Digest of the key consequences of Russian aggression for the Ukrainian environment for May 26 - June 1, 2022]. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39252.html> [in Ukrainian]
5. Zelinsky S.E. Vodopostachannia ta vodna bezpeka u konteksti rosiiskoi ahresii [Water supply and water security in the context of Russian aggression]. m. Kropyvnytskyi, 2022. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf> [in Ukrainian]
6. Hofste, R., S. Kuzma, S. Walker, E.H. Sutanudjaja, et. al. 2019. "Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators." Technical Note. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at: URL: <https://www.wri.org/publication/aqueduct-30> [in English]

Марчук Л.Р., асп., Поліщук В.О., ст. викл.
Сліденко В. М., д-р, техн. наук, доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ЕНЕРГОЩАДНА АДАПТАЦІЯ ВІБРОУДАРНОГО КОВША МАНІПУЛЯТОРА ДО ЗМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ. Гірничодобувна промисловість та будівництво є основними сферами застосування маніпуляторних пристроїв з ковшовим робочим органом. Під час руйнування ґрунтів важливе врахування змінних характеристик робочого середовища та адаптація для них енергетичних параметрів маніпулятора. Застосування віброударних ковшів з автоматизацією їх функціонування дозволяє знизити енергозатрати на руйнування з їх адаптацією до характеристик міцності ґрунта [1].

Мета роботи. Визначення оптимального діапазону адаптивного ввімкнення ударновібраційного режиму функціонування маніпулятора шляхом встановлення характеристик робочої зони з урахуванням сили різання в залежності від траєкторії руху ковша та категорії ґрунта за числом ударника ДорНДІ.

Матеріал і результати дослідження.

Комбінуванням взаємодії статичного та динамічного режимів різання ґрунту можливо досягнення оптимального регулювання. При цьому алгоритм керування ударновібраційним елементом ковша за допомогою електрогідропривода з програмованим логічним контролером (ПЛК) повинен забезпечити максимальний діапазон регулювання енергії удару:

$$L_{opt}(t) = \arg \max_{u \in Q} \tilde{Q}[L/I(t)], \quad (1)$$

де Q - задана область допустимих сигналів керування енергією ударів за співвідношенням величини вкорінення u віброзубця в ґрунт в залежності від опору вибою; $I(t)$ - наявна в поточний момент часу апостеріорна інформація про характер зміни тиску в пневмоакумуляторі (за допомогою датчика тиску) в процесі руйнування ґрунту в проміжку часу (t_0, t) ; $\tilde{Q}[L/I(t)]$ - прогноз (оцінка) в момент t значення параметрів, з виробленням сигналів ПЛК для керуванням пуском і зупинкою ударного елемента. Сила опору різанню ґрунта при кутовому переміщенню ковша визначається залежністю [2]:

$$R_t(C, \phi) = 10 \cdot C \cdot (1 + 2,6 \cdot l) \cdot (1 - 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha) \cdot Z \cdot \{r_k \cdot [\cos(\phi_0 - \phi) - \phi_0]\}^{1,35}, \quad (2)$$

де $r_k = 9,78 \cdot 10^{-1}$ м - радіус ковша ємністю $0,5$ м³; $\phi_0 = 42^\circ$ - половина кута, який характеризує параметри вибою при повному заповненні ковша породою за один поворот, C - характеристика щільності ґрунта за числом ударів ударника ДорНДІ, $l = 2,6$ м - ширина ковша, $\alpha = 50^\circ$ - кут різання, $Z = 1,2$ - коефіцієнт який залежить від довжини горизонтального профілю та інших технологічних параметрів [2], ϕ, ϕ_0 - геометричні параметри (рис.1).

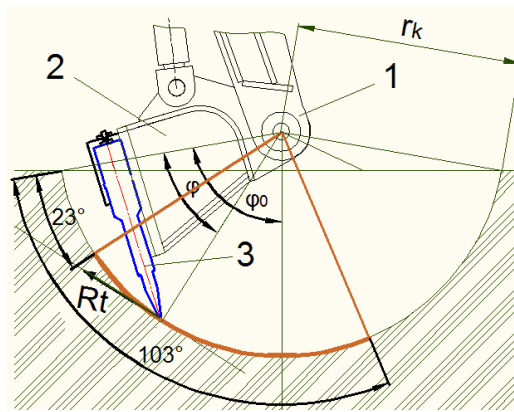


Рисунок 1 –Розрахункова схема установки віброударного ковша:
1 – елемент маніпулятора, 2- ковш, 3 – ударний пристрій

За вище вказаними параметрами визначена характеристика $L_{omm}(t)$, яка характеризується зоною спрацювання ударного пристрою при досягненні критичних значень сили опору різання Rt : зона 1 (рис.2).

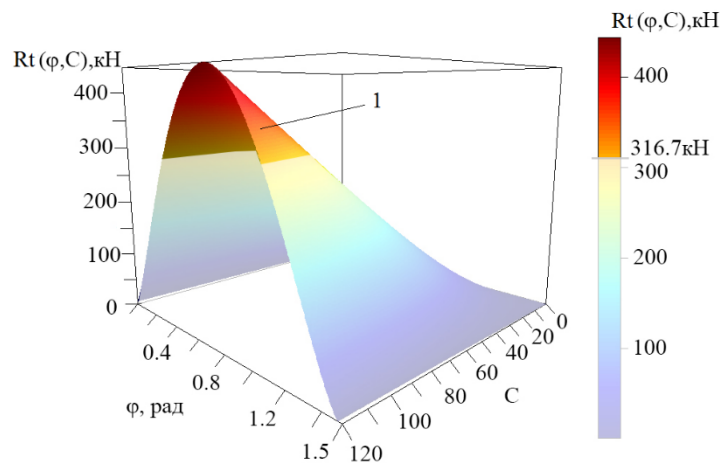


Рисунок 2 – Залежність сили опору різанню від кутового переміщення ковша та числа ударів уларника ДорНДІ, 1- оптимальна зона ввімкнення ударного пристрою

Висновки

1. Встановлений діапазон оптимального регулювання енергії удару, який характеризується критичними значеннями сили опору ґрунта різанню.
2. Спрацювання ударного пристрою ефективно в діапазоні кутового переміщення ковша ємністю $0,5 \text{ м}^3$ складає від 23° до 103° при значенні числа ударів ударника ДорНДІ починаючи з 86 і вище.

Список використаних джерел

1. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин / В. М. Сліденко, С. П. Шевчук, О. В. Замараєва, Л. К. Лістовщик. К.: НТУУ «КПІ», 2013. 180 с.
2. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ. Учебное пособие для вузов/ А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. М.: «Машиностроение», 1975. 424 с.

References

1. Adaptive functioning of impulse executive bodies of mining machines / V. M. Slidenko, S. P. Shevchuk, O. V. Zamaraeva, L. K. Listovshchik. K.: NTUU "KPI", 2013. 180 p.
2. Zelenin A. N. Machines for earthworks. Textbook for universities / A. N. Zelenin, V. I. Balovnev, I. P. Kerov. M.: "Engineering", 1975. 424 p.

А. О. Новиков, асп., В. О. Ткаченко, асп.,
В. М. Сліденко, д-р. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РЕКУПЕРАТИВНИЙ АМОРТИЗАТОР ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

В останні роки дистанційне електрообладнання стає повсюдно поширеним на транспортні інфраструктури, як, наприклад, застосування бездротових датчиків для підвищення безпеки, управління та забезпечення безперебійної роботи транспортної системи [1, 2]. З великою кількістю вузлів чи мереж датчиків, просте підмикання їх до джерел електроенергії без можливості автономної роботи є неефективним. Тому стає та екологічно чисте джерело енергії є актуальним для задоволення потреби транспортної галузі. Потенційним способом акумулювання електричної енергії є рекупераційні системи, які використовують динамічний процес гальмування транспортного засобу [3].

Механічну енергію, що перетворюється в тепло в процесі роботи типового амортизатора, можна перетворювати в електричну, за допомогою генератора, який базується на п'єзоелектричних елементах (п'єзогенератор). Основною перевагою п'єзоелектричних матеріалів для отримання енергії (порівняно з іншими механізмами перетворення) є велика питома потужність, яку можна отримати за їх допомогою, а також простота використання. На рис. 1 наведена схема підключення запропонованого рекуперативного амортизатора з п'єзогенератором.

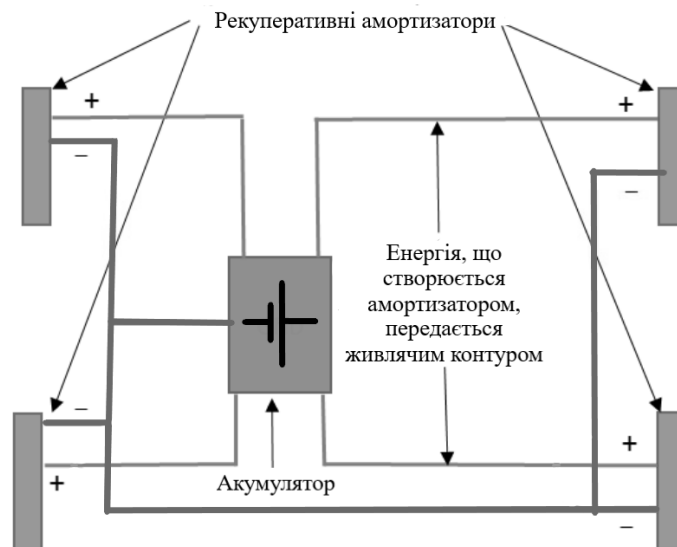


Рисунок 1 – Графік залежності питомої вихідної потужності від вихідної напруги

Ефективність впровадження п'єзогенератора можна визначити через типовий розрахунок. Напругу, що виникає при одноразовому прикладенні навантаження, визначається за формулою [4]:

$$U_1 = \frac{d_{33} \cdot F}{C} = 2,566 \text{ В},$$

де d_{33} – п'єзоелектричний модуль, для матеріалу PZT-8 $d_{33} = 280 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н [5];

F – сила, яка впливає на елемент конструкції із закріпленим перетворювачем, прийемо $F = 1360$ Н;

C – електрична ємність п'єзоелектричного перетворювача $C = 1,484 \cdot 10^{-7}$.

Сила струму I , що виникає на електродах одного перетворювача при одноразовому прикладенні навантаження, становить 0,01 А. Тоді елемент конструкції машини або механізму, з чотирьох

приєднаними амортизаторами може виробляти електричну енергію потужністю [6]:

$$P=U_1 \cdot I \cdot n_1 \cdot n_2=30,792 \text{ Вт},$$

де n_1 – циклічність прикладання навантаження, $n_1=50$ впл/хв;

n_2 – кількість використовуваних перетворювачів, $n_2=4$ шт.

При безперервній роботі за одну годину часу перетворювачі зможуть виробляти електричну енергію потужністю до 1847,52 Вт (без обліку втрат).

Висновки:

1. Амортизатори, які встановлені для гасіння коливань, споживають велику кількість механічної енергії, перетворюючи її в тепло, що розсіюється в атмосферу. Таку енергію, без зниження ефективності функціонування, можна корисно використовувати, шляхом використання п'єзогенератора, з застосуванням п'єзокераміки, для перетворення механічної енергії в електричну.

2. Застосування рекуперативних амортизаторів дозволяє реалізувати додаткове джерело електричної енергії для живлення обладнання, що використовується в транспорті, наприклад, акумулятора. Для забезпечення функції рекуперативності, в конструкцію амортизатора доцільно монтувати п'єзоелектричні генератори, які забезпечують ефективну рекуперацію енергії. Згідно з розрахунків, можливо отримати рекуперативну потужність за годину експлуатації транспортного засобу величиною в 1847,52 Вт, за напруги, при одноразовому прикладенні навантаження, з одного генератора $U_1=2,566$ В.

Список використаної літератури

1. Міжнародне енергетичне агентство. Вступаємо в десятиліття електроприводу?. IEA Publications, 2020. 273 с. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (дата звернення: 26.10.2022).;
2. EnergyFloors. *Енергонідлоги*. URL: <https://energy-floors.com/> (дата звернення: 27.10.2022).;
3. Поплавко Ю. М., Якименко Ю. І. П'єзоелектрики : навч. посіб. / ред. С. О. Воронов. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 327 с.;
4. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов: монография / В. О. Головнінта ін. 2-ге вид. Москва : Техносфера, 2016. 272 с.;
5. Ceramic Materials (PZT) - Boston Piezo-Optics Inc. *Boston Piezo-Optics Inc.* URL: <https://www.bostonpiezooptics.com/ceramic-materials-pzt> (дата звернення: 28.10.2022).;
6. Учіно К., Іші Т. Аналіз потоку енергії в п'єзоелектричних системах збору енергії. *Ferroelectrics*. 2010. Т. 400, № 1. С. 305–320. URL: <https://doi.org/10.1080/00150193.2010.505852> (дата звернення: 28.10.2022).

References

1. International Energy Agency, "Entering the decade of electric drive?," IEA Publications, Paris, Global EV Outlook 2020, Jun. 2020. Accessed: Oct. 26, 2022. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>;
2. "Energy Floors - Energy Floors." Energy Floors. <https://energy-floors.com/> (accessed Oct. 27, 2022);
3. Y. Poplavko and Y. Yakymenko, *Piezoelectrics*. Kyiv: NTUU "KPI", 2013.;
4. V. Golovnin, I. Kaplunov, O. Malyshkina, B. Pedko, and A. Movchikova, *Physical foundations, research methods and practical application of piezomaterials*, 2nd ed. Moscow: Tekhnosfera, 2016.;
5. "Ceramic Materials (PZT) - Boston Piezo-Optics Inc." Boston Piezo-Optics Inc. <https://www.bostonpiezooptics.com/ceramic-materials-pzt> (accessed Oct. 28, 2022).;
6. K. Uchino and T. Ishii, "Energy Flow Analysis in Piezoelectric Energy Harvesting Systems," *Ferroelectrics*, vol. 400, no. 1, pp. 305–320, Nov. 2010. Accessed: Oct. 28, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/00150193.2010.505852>.

ВИБІР ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЯХ

Вступ. У паливно-енергетичному комплексі України атомна енергетика виконує системно утворювану, паливно-балансуючу, тарифно-стабілізуючу та природоохоронну функції. Водночас ядерна енергетика досі залишається небезпечною технологією.

Прийняття управлінських рішень на кожному електроенергетичному підприємстві в сфері безпеки завжди скеровано на реалізацію таких умов праці, за яких працівники не наражаються на ризики травматизму, втрати працездатності та виникнення професійних захворювань [1]. Застосування теорії ризиків дає змогу отримувати кількісні характеристики можливої шкоди здоров'ю, порівнювати наслідки впливу різних за своєю природою чинників (наприклад, радіаційних, електричних, хімічних), визначати джерела небезпеки, прогнозувати фактори ризику, впроваджувати заходи їх найефективнішого зниження.

Мета статті – розробка методу оптимального вибору заходів з підвищення безпеки праці на підставі визначеного виробничого ризику.

Основний матеріал. Незадовільні умови праці та робота під впливом небезпечних і шкідливих професійних чинників є основними причинами виникнення травм, професійних і супутніх до них захворювань. З іншого боку виробничий травматизм зумовлено низьким рівнем ефективності заходів з промислової безпеки. Проаналізовано впродовж п'ятнадцяти років переліки і рівні шкідливих чинників, під вплив яких підпадають працівники діючих АЕС. Результати показали, що більш як 20% персоналу АЕС працює в шкідливих умовах, 40% – в особливо шкідливих умовах, для 69% умови праці на робочому місці не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам. На робочих місцях працівники підпадають під комплексний вплив водночас двох і більше шкідливих чинників, серед яких: шкідливі хімічні речовини (10%); пил та аерозолі (23%); пил і аерозолі з радіоактивними часточками (16%); вібрація (3%); шум, інфразвук, ультразвук (32%); іонізуючі випромінювання (36%); неіонізуючі випромінювання (0,9%). Травмування працівники зазнають під час роботи на висоті, в результаті транспортних подій, під час експлуатації електрообладнання. Кількість працівників, які травмуються і перебувають під впливом шкідливих чинників, щорічно практично не змінюється [2].

Пріоритети у вирішенні проблем з безпеки, як і раніше, спрямовані не на здійснення технічних та ефективних організаційних заходів, а на надання різних видів компенсацій та пільг. За роботу в шкідливих і важких умовах працівникам надають додаткову відпустку, скорочений робочий день, додаткові оплати та пільгове пенсійне забезпечення. Аналіз кошторису АЕС з охорони праці показує, що щорічні витрати на компенсації в (5...6) разів перевищують витрати на впровадження заходів безпеки. Очевидно, що треба змінювати існуючу практику неефективного витрачання державних коштів і створення постійних загроз здоров'ю висококваліфікованих працівників.

Як свідчать результати прийняття управлінських рішень на підставі ефективного постійного моніторингу робочих місць, щорічної оцінки та впровадження системи управління ризиків, на енергетичних об'єктах можна досягти нешкідливих умов праці та не завдавати шкоди моральному і фізичному здоров'ю працівників. Моніторингу підлягають показники, які безпосередньо впливають на здоров'я працівників (перелік і рівень шкідливих чинників) та показники несприятливих подій, які за певних умов можуть призвести до травматизму або нещасного випадку (місце розташування та ергономічність робочого місця, проходи та переїзди, ефективність, використання засобів індивідуального захисту та інше). За результатами моніторингу встановлюють наявні та можливі небезпеки та визначають базовий рівень ризику.

Індивідуальний початковий ризик R_{ri} за i -тої несприятливої події можна надати у вигляді

$$R_{ri} = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \quad (1)$$

де $P(A)$ – імовірність виникнення небезпеки; $P(B)$ – імовірність впливу цієї небезпеки на працівника; $P(C)$ – імовірність виникнення певного наслідку (захворювання, травма, смерть).

Логічно вважати, що витрати на заходи з безпеки праці мають сприяти зниженню рівня ризику. Рівень залишкового ризику R_{fi} визначаємо за формулою:

$$R_{fi} = R_{ri}K_{pk} \quad (2)$$

де K_{pk} – коефіцієнт захисту у разі впровадження заходу безпеки. Загальний ризик на робочому місці визначається як сума ризиків за усіх можливих несприятливих подій.

У практиці радіаційної безпеки, обґрунтування доцільності застосування того чи іншого заходу базується на процедурі порівняння зиску від реалізації заходу з відповідними витратами, пов'язаними з його реалізацією. Поряд з тим під зиском припускають зменшення рівня та кількості негативних факторів, які можуть виникати унаслідок реалізації заходу: аварійність, умови праці, засоби індивідуального захисту, шкода здоров'ю та інші наслідки. Для порівняння витрати і зиск потрібно виражати кількісно. Захід буде виправданим, якщо зиск від його реалізації буде більшим, ніж загальні витрати, пов'язані зі зменшенням рівня ризику, і оптимальним, якщо чистий зиск від його реалізації (різниця загального зиску і загальних витрат) буде максимальною.

Пропонується задачу оптимізації сформульовано так: мінімізувати ризики виконання робіт на окремих робочих місцях, беручи до уваги загальний щорічний обсяг коштів для фінансування заходів безпеки:

мінімізувати цільову функцію загального ризику R

$$F(R) = \sum_{i=1}^n R \rightarrow \min$$

за наявності обмежень за вартістю заходів

$$F(C): C \in [C > C_0], \quad (3)$$

де C_0 – щорічний обсяг коштів.

Критерій оптимізації має вигляд

$$KR = \sum \frac{R_{fi} - R_{ri}}{C_j + C_{j+1}} = \left[\frac{R_{ri} \cdot K_{pi}}{\Delta C_k} \right] \rightarrow \min, \quad (4)$$

де C_j , – витрати за кожним j кроком оптимізації; ΔC_k – прирощення вартості k -го заходу.

Вирішення поставленої задачі методом покрокової оптимізації дає можливість вибору сукупності проектів, які забезпечать зниження ризику на певних робочих місцях.

Висновок. Вирішення завдань підвищення безпеки праці доцільно реалізовувати на підставі ризик-орієнтовного методу за оптимізаційними моделями.

Література

1. Деренговський В.В., Носовський А.В. Стан проблеми щодо проведення багатокритеріального аналізу безпеки об'єктів із радіаційно-ядерними технологіями. *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2018. Вип. 30. С.31-39.
2. Третьякова Л.Д. Новітні рішення проблеми індивідуального захисту працівників атомних електричних станцій: монографія. Київ: Основа, 2016. 197 с.

References

- [1] Derengovskij V.V., Nosovskij A.V. State of the problem concerning multicriterial analysis of safety of facilities with radiation-nuclear technologies. *Problems of nuclear power plants and of Chernobyl*. 30: 31-39. (in Ukrainian). doi.org 10.31717/1813-3598.18.30.4
- [2] Tretiakova L. The newest solutions to the problem of individual protection of employees of nuclear power plants. Kyiv, Osнова, 2016. 197 p.

Бойко В.В., д.т.н., проф.,
Войтенко Ю. І., д.т.н.,
Хлевнюк Д.В., к.т.н.,
Хлевнюк Т.В., к.т.н., с.н.с.
Інститут гідромеханіки НАН України, Україна
Ган А.Л., к.т.н., доц.,
Ган О.В., к.т.н., ас.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СПІНЕНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ПРИ РОЗМІНУВАННІ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Вступ. На сьогоднішній день існують спінени вибухові речовини (СВР) на основі аміачної селітри (АС), поверхнево – активної речовини (ПАР) і порошкоподібної енергетичної добавки, розроблені в Інституті гідромеханіки (ІГМ) НАН України, які ще в минулому сторіччі були вручну виготовлені на місці проведення вибухових робіт і успішно випробувані в якості накладних зарядів для відколу скельних порід на ряді кар'єрів України та інших країн СНД. СВР не досліджувались і не використовувались для потреб ДСНС, МВС України і армії на відміну від таких заводських вибухових сумішей 3-го класу як: Амотол 80/20, 50/50 та 60/40 (амоніт), що складається з нітрату амонію й тротилу та застосовуються у великих кількостях для спорядження артилерійських та мінометних снарядів, авіабомб, ручних гранат та інших боєприпасів. Слід відмітити, що застосування перерахованих та інших вибухових речовин такого класу заводського виготовлення дозволило вирішити під час двох світових воєн задачу забезпечення армій у величезних обсягах вибуховими речовинами.

За останні роки ІГМ НАН України спільно з КПІ ім. Ігоря Сікорського проводить наукові дослідження щодо удосконалення СВР і розробки способів і пристроїв їх приготування як для розмінування територій, знешкодження окремих боєприпасів, так і ущільнення ґрунтів під будівництво, влаштування тимчасових злітних полів летовищ та ін. [1-3].

Мета роботи. Обґрунтування актуальності удосконалення існуючих спінених вибухових речовин для забезпечення збройних сил України (ЗСУ) зарядами різної потужності в тому числі направленої дії для розмінування місцевості, знешкодження окремих боєприпасів, тощо.

Основний матеріал. Знищення заглиблених боєприпасів є технологічною операцією і вимагає застосування раціональних СВР для спорядження зарядів направленої дії, руйнування з елементами ефективного керування енергією вибуху.

Найефективнішими з відомих методів знищення боєприпасів є методи підривання з застосуванням накладних зарядів, завдяки їх швидкій реалізації і незначним працезатратами. Традиційно керування енергією вибуху здійснюється шляхом зміни питомої витрати вибухових речовин (ВР), зокрема наведених вище сумішей 3-го класу. Однак, ці ВР мають невеликий діапазон зміни їхніх детонаційних характеристик і є малоперспективними, особливо для пробивної здатності в глиб ґрунтового масиву. Серед методів керування енергією вибуху при знищенні боєприпасів найперспективнішим є заряди з направленою дією вибуху, тобто кумулятивним ефектом (кумулятивні заряди). Проте, існуюча форма його реалізації через конструкції зарядів з використанням ВР на основі тринітротолуолу (тротилу) збільшує собівартість робіт. Відомі вітчизняні безтротилові водногелеві та водоемульсійні вибухові суміші на цей час не можуть бути застосовані, зокрема через непридатність до використання в накладних зарядах і дорогу технологію приготування.

До основних першочергових задач з удосконалення рецептур, технології приготування та застосування спінених вибухових речовин можна віднести: вдосконалення на основі відомих існуючих рецептур безтротилових вибухових речовин водонаповнені малошільні спінени вибухові речовини з визначеними вибуховими параметрами для спорядження зарядів направленої дії; встановлення теоретичних засад та практичних способів ініціювання зарядів направленої дії споряджених нових створених водонаповнених малошільних спінених вибухових речовин для підсилення кумулятивного ефекту; встановлення ефективності застосування СВР на пробивну здатність з метою знищення

заглиблених на визначену глибину в ґрунт боєприпасів а також розроблення пересувних комплексів, оснащених механічним способом приготування водонаповненої малоцільної спіненої вибухової речовини для спорядження зарядів направленої дії на місці підривних робіт.

Необхідні методи дослідження передбачають: аналіз застосування вибухових речовин 3-го класу «Вибухові суміші» щодо вирішення під час війни з російською навалою задачу забезпечення армій зарядами різної потужності в т.ч. направленої дії на місці підривних робіт з метою розмінування місцевості, знешкодження окремих боєприпасів, тощо; рішення прямих задач по розповсюдженню сейсмічних та ударно-повітряних хвиль по земній поверхні та в повітрі для визначення зон враження довкілля, що впливає на стійкість будівель, інженерних споруд тощо; експериментальне дослідження параметрів дії розроблених конструкцій накладних кумулятивних зарядів з допомогою апаратурних приладів у умовах полігону; використання графоаналітичного методу та методу математичної статистики при обробці експериментальних даних.

Практика застосування, розроблених ІГМ НАН України дешевих безтритилових СВР місцевого приготування зі зниженою щільністю в накладних зарядах показала перспективність такого типу ВР, але в той же час виявила необхідність подальшого удосконалювання для потреб ЗСУ з позицій здешевлення їх рецептур шляхом заміни дорогих компонентів, а головне - керування енергетичним потенціалом цих СВР для спорядження зарядів при направленому руйнуванні ґрунтів з різними фізико-механічними властивостями для створення необхідного тиску на визначеній глибині ґрунтового масиву з метою знищення, розташованих там боєприпасів.

Висновок. З огляду на вище наведене, дослідження і удосконалення СВР для розробки і спорядження зарядів з регульованим у заданому напрямку енергетичним потенціалом, що забезпечують вибухове імпульсне навантаження достатнє, у відповідності з фізико – механічними властивостям ґрунтового масиву для створення необхідного тиску на розташовані в ньому боєприпаси з метою їх ініціювання та подальшого знищення, є актуальною науково - практичною задачею управління енергією вибуху накладного заряду при утилізації боєприпасів, розмінуванні території тощо.

Список використаних джерел

1. Бойко, В. В. Спеціальні вибухові технології в геоінженерії [Електронний ресурс] : монографія / Бойко В. В., Ган А. Л., Ган О. В. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 316 с. ISSN 978-617-518-542-7 URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49097>

2. Han, O., Boiko, V., Kravets, V., & Han, A. (2020). Formation of parameters of foamed explosive mixtures for sealing soils. *ScienceRise*, (5), 6-12. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001430>

3. Бойко, В. В., Ган, О. В., Кравець, В. Г., & Ган, А. Л. (2019). Спосіб приготування та добір компонентного складу спінених вибухових композицій для ущільнення просадних ґрунтів. *Технічна інженерія*, (2(84)), 126–132. [https://doi.org/10.26642/ten-2019-2\(84\)-126-132](https://doi.org/10.26642/ten-2019-2(84)-126-132)

УДК 622:620.92

ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗИФІКАЦІЇ ТОРФУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ В УКРАЇНІ

Вступ. Використання відновлюваних джерел енергії в ході зміни ситуації щодо традиційних джерел стає все більш актуальним. На сьогодні в Україні особливо гостро постала проблема забезпечення промисловості та населення енергетичними ресурсами. Розвідані запаси торфу в Україні перевищують 2166 млн. т. Річний природний приріст торфу – 1,7 млн. т. Енергетичний потенціал запасів торфу в Україні складає 0,84 млрд. т. умовного палива (у. п.), а його природне щорічне зростання – 0,5...0,6 млн. т. у. п./рік. Запасів торфу вистачить на 150...200 років. Торф, що видобувається, використовується як паливо у комунально-побутовому секторі, головним чином у вигляді торф'яних брикетів. Торф – низькокалорійне паливо і характеризується значним виходом летких речовин. Спалювання торфу в традиційних теплогенераторах, призводить до екологічної проблеми – викиду в атмосферу продуктів згоряння з концентраціями окису вуглецю (СО) і оксидів азоту, які істотно перевищують допустимі норми.

Зниження негативного впливу на довкілля при використанні торфу можливе шляхом його газифікації з отриманням генераторного газу, який після очищення від шкідливих викидів надходить в енергетичні установки для вироблення енергії.

Мета роботи. Дослідити загальні запаси торфу в Україні та обґрунтувати доцільність газифікації торфу.

Матеріал і результати дослідження.

В Україні торф'яники займають площу більше 10 000 км². Розвідано 1562 торф'яних родовища з запасами торфу 2166 млн.т., а загальна їх площа становить 639,5 тис. га.

Близько 96% торф'яних ресурсів України належить до низького типу, 1,8% – верхового, 1,6% – перехідного і 0,6% – змішаного. Найбільші ресурси торфу зосереджені в північних регіонах країни (на Поліссі) – Волинській, Рівненській, Сумській, Чернігівській та Житомирській областях. На їх території виявлено і розвідано 1056 родовищ, запаси яких складають 1160 млн. т. [1].

Більшість родовищ торфу знаходяться на поверхні. Торф видобувають за двома основними схемами:

- з поверхні землі (вирізання верхнього шару ґрунту);
- в кар'єрах (за допомогою екскаваторів).

Існує 5 видів торфу: фрезерний (відрізний), гідроскреперний, гідроторф, шматковий, багерний [2].

Фрезерний торф найбільш поширений. Спосіб видобутку включає 3 стадії:

- отримання торфової крихти шляхом фрезерування верхнього шару торфового покладу на глибину 5 - 20 мм;
- сушку шару фрезерної крихти на поверхні експлуатаційної площі до встановленої вологості;
- прибирання готової продукції в польові штабелі. Це технологічний цикл, що триває 1-2 дні.

Підходящим сезоном для видобутку такого торфу є літній період, коли можливе природне сушіння мінералу. Фрезерний спосіб застосовується для отримання кускового торфу.

Фрезерний спосіб видобутку торфу застосовується на покладах всіх типів без обмеження в Україні, Ірландії, Фінляндії, Швеції і інших країнах.

В енергетичних галузях торф застосовується як біологічне нешкідливе паливо. Через великий вміст вуглицю торф можливо розжарити до високих температур.

Газифікація торфу являє собою складний процес і потребує врахування складу вихідної сировини. Вид торфу суттєвого значення не має: однаково поводять себе і верхові та низинні поклади торфу. Для газифікації застосовується кусковий торф зі ступенем розкладення не менше 20%, вологістю не більше 45% і зольністю не вище 12%.

В процесі газифікації головною стадією є підготовка сировини, а саме сушіння торфу, оскільки

від правильності її проведення залежить склад отриманого генераторного газу та розпад торфу на шматки при газифікації.

Недостатня міцність торфу та розпадання його на шматки викликає винесення пилу з газами і засмічування газогенератора, що суттєво погіршує протікання процесу газифікації. Тому торф'яні газогенератори повинні мати спеціальні пристрої для видалення з камери осередкових залишків.

Потужність обладнання з виробництва газу з твердого палива сягає 80 000 м³/год в одному агрегаті. Переважна тенденція в розвитку техніки газифікації палива – здійснення процесу під високим тиском (до 10 МН/м² і вище) в агрегатах великої потужності. Ступінь використання теплоти (ккд), яка міститься в паливі, складає 70—90%. Газогенераторний газ відрізняється невисоким вмістом сірчистих сполук [3].

Кількість газу, що утворюється з одного кілограму торфу, знаходиться в межах 1,5-2 м³ [4].

Витрата палива:

$$G = \frac{Q}{E}, \quad (1)$$

де G – витрата торфу, кг/год; Q – кількість газу, що отримується на виході, м³/год; E – обсяг газу отриманого з палива, м³/кг.

Відсоткова частка азоту в газі, що отримується, складає 45-55 % [5].

Потрібна кількість повітря, м³/год:

$$V = LG, \quad (2)$$

де L – питома кількість окислювального дуття для газифікації торфу, м³/кг; G – витрата палива, кг/год.

Вартість синтетичного газу, отриманого з торфу, становить 0,48 грн/м³. Вартість природного газу складає 39,9 грн/м³. Тобто вартість синтетичного газу у 8,3 разів нижча за природний газ [6].

Висновки

1. В результаті проведених досліджень встановлено, що Україна має багато торф'яних родовищ зі значними запасами торфу, які доцільно використовувати для газифікації.

2. Газифікація торфу призведе до зменшення викидів (оксиди сірки та азоту) та CO₂ у атмосферу.

3. Газифікація торфу дозволить зменшити ризик пожеж торф'яних родовищ, які забруднюють довкілля шкідливими викидами.

4. Газифікація торфу допоможе вирішити проблему забезпечення України паливними ресурсами, зменшити залежність від їх імпорту та отримати газ, який може використовуватись в різних галузях промисловості.

Список використаних джерел:

1. Запаси торфу в світі та в Україні – Rich Land, торф... [Електронний ресурс]. — Дата доступу : лют. 2012 р. — Режим доступу : <http://richland.net.ua/articles/1>.

2. Переробка і використання торфу / [Електронний ресурс] — Режим доступу https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0_%D1%96_%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%84%D1%83.

3. Газифікація торфу / [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://www.chem21.info/info/650823/>.

4. Basu P. Biomass gasification and pyrolysis : practical design and theory / Prabir Basu. — London, New York : Published by Elsevier Inc., 2010. — 365 p.

5. Higman C. Gasification / Chris Higman, Maarten van der Burgt. — London, New York : Published by Elsevier Inc., 2010. — 435 p.

6. Біржові котирування: Природний газ. Середньо- та довгостроковий ринок. [Електронний ресурс] <https://www.ueex.com.ua/exchange-quotations>

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У ВИЛУГОВУВАННІ МЕТАЛІВ З РУД ТА ВІДВАЛІВ РУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. Оскільки світові запаси високоякісної руди зменшуються і більшість з родовищ відпрацьовані через високий попит на метал, а металургійна промисловість відноситься до найбільших забруднювачів екології, традиційні методи такі як пірометалургія і хімічна переробка стають все більш економічно та екологічно не вигідними. Мікроорганізми мають явну перевагу над застарілими методами, оскільки це не тільки економічно вигідний варіант, але також чиста технологія сталого розвитку. Бактерії а іноді грибки перетворюють металеві сполуки в водорозчинні форми і є біокатализаторами цих процесів вилуговування. Крім того, застосовуючи біомайнінг, можна вилучати цінні метали з промислових відходів та відвалів гірничих підприємств які можна використовувати повторно. Цей спосіб набуває все більшого значення для видобутку таких металів, як золото, мідь, залізо, уран та інші.

Мета роботи:

- Проаналізувати технологію біомайнінгу (біовилуговування);
- Розглянути дану технологію для використання на українських гірничодобувних підприємствах.

Матеріал і результати досліджень.

Вилуговування металів з руд (рис. 1) класифікується як сольвентний видобуток, а на думку деяких, підготовчий процес в гірничих роботах. При цьому типі видобутку на місці спостерігається вплив мікроорганізмів на ці операції та виникнення біовилуговування. Промислове біовилуговування відвалів може бути економічно виправданим, оскільки вважається дешевим технологічним процесом. Однак процес біовилуговування та вилучення металу може бути більш ефективним, якщо сконструювати спеціально проєктовані відвали. Планомірне формування відвалів створює сприятливі умови для оптимізації процесу біовилуговування. Подрібнення руди та розміщення її на непроникній поверхні є більш ефективним для розподілу розчину для вилуговування, аерації та системи збору.

Коли відвали складаються та зрошуються, відбувається період затримки росту та метаболізму бактерій, які сприяють окисленню сульфідів. Період затримки можна скоротити шляхом рециркуляції розчину (наприклад, рафінату від екстракції розчинником), який вже містить популяції мікроорганізмів, адаптованих до умов вилуговування. Це гарантує, що активна популяція бактерій розподіляється по всій руді. Використовуючи рециркуляційний розчин для зрошення купи з подібною популяцією, активна бактеріальна популяція підтримується під час процесу вилуговування, і її можна використовувати для інокуляції наступної купи [1].

Кількість вилужених металів прямопропорційне висоті відвалу [2]. Збільшуючи ступінь аерації, покращується вимивання металу [3]. Також ступінь вилуговування збільшується зі зменшенням розмірів частинок і витрати вилуговувача [2]. Додавання сірчаної кислоти для підтримки рН 2,0, додавання поживних речовин і скорочення часу рециркуляції вилуговувача призводять до підвищення концентрації бактерій у вилуговувачі і, таким чином, покращують ефективність вилуговування [4].

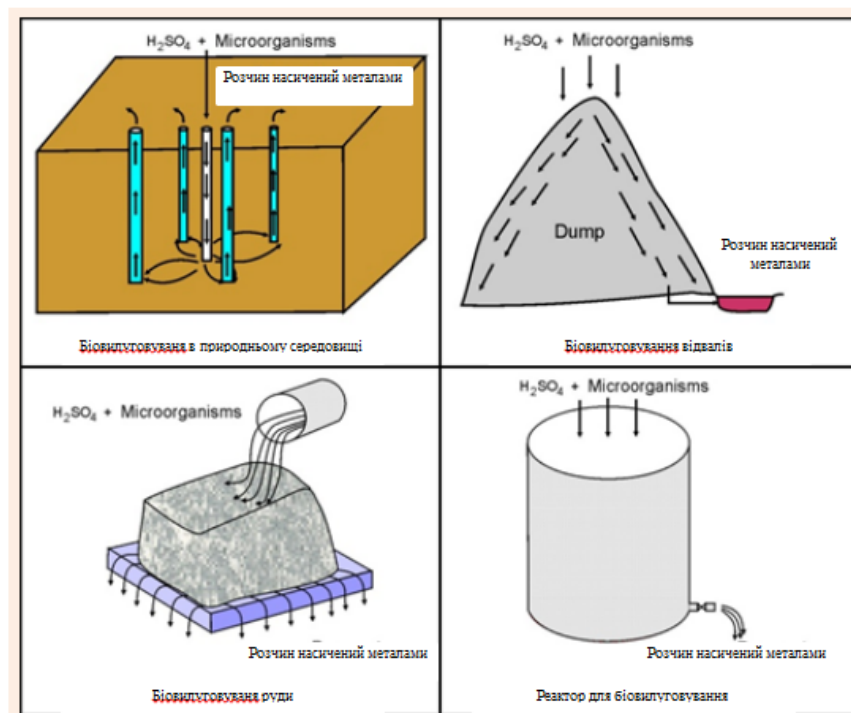


Рисунок 1 - Процеси біовилуговування

Майбутнє біомайнінгу є перспективним на українських підприємствах, оскільки він має переваги, такі як простота експлуатації, низькі капітальні та експлуатаційні витрати та короткі терміни будівництва, які не може забезпечити жоден інший альтернативний процес. Крім того, планується мінімізація впливу на навколишнє середовище та використання цієї технології в гірничодобувній промисловості України в Криворізькому залізородному басейні, Нікопольському басейні марганцевих руд та інших. Ці підприємства мають величезні відвали гірської породи, які містять досить велику кількість вкраплень металів через не зовсім досконалі та застарілі технології видобутку та обробки, а традиційні методи, що дозволяють повторно виділити корисну копалину економічно та екологічно не вигідні.

Висновки

Отже, посилене занепокоєння щодо впливу видобутку корисних копалин на навколишнє середовище, ймовірно, покращить конкурентні переваги процесів відновлення металу на основі біомайнінгу. Ця технологія має чудові перспективи та задовольнить концепцію сталого розвитку. Застосування більш суворого законодавства для обмеження забруднення навколишнього середовища зробить біомайнінг більш привабливим для промисловості будь-якої країни.

Список використаних джерел:

1. Watling HR (2006) The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides - a review. Hydrometallurgy 84(1-2): 81-108.
2. Rao KS, Mishra A, Pradhan D, Chaudhury GR, Mohapatra BK, et al. (2008) Percolation bacterial leaching of low-grade chalcopyrite using acidophilic microorganisms. Korean J Chem Eng 25(3): 524-530
3. Lizama HM (2001) Copper bioleaching behaviour in an aerated heap. Int J Miner Process 62(1-4): 257-269.
4. Jian-she L, Hai-bo C, Zhao-hui W, Yue-hua H (2004) Bacterial oxidation activity in heap leaching. J cent southuniv technol 11(4): 375-379.