

ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

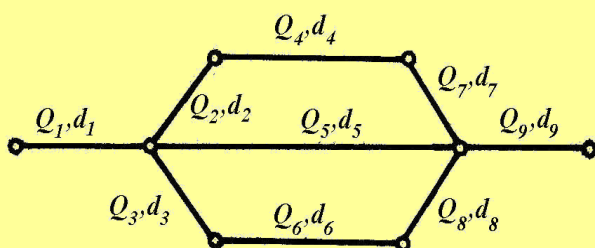


«ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ»

Збірка наукових праць



$$Q = S\omega = SC\sqrt{RJ}$$



Міністерство освіти і науки України Херсонський
державний аграрно-економічний університет Факультет
архітектури та будівництва
Кафедра гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ

Збірка наукових праць

ВИПУСК VIII

Херсон, 2025

УДК 626/627

Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє: зб. наук. пр.:
Вип. 8. – Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 91 с.

Редакційна колегія:

Волошин М.М. – к.т.н., завідувач кафедри гідротехнічного будівництва,
водної та електричної інженерії ФАБ Херсонського ДАЕУ;

Рагулін С.В. – к.т.н., доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної
та електричної інженерії ФАБ Херсонського ДАЕУ.

В збірнику публікуються наукові статті молодих вчених, аспірантів, магістрів, здобувачів вищої освіти з ефективності гідротехнічних меліорацій, впливу гідротехнічних споруд на навколишнє середовище, інженерного захисту територій, водопостачання та водовідведення, застосування сучасних технологій гідротехнічного будівельного виробництва, використання ГІС-технологій в водній інженерії, застосування сучасних досягнень вишукувань і проектування гідротехнічних споруд та сучасних методів оцінки технічного стану гідротехнічних споруд, застосування енергозберігаючих технологій у гідротехнічному будівництві та меліораціях, застосування результатів сучасних досліджень у зрошуваному землеробстві та плодоовочівництві, меліоративному ґрунтознавстві.

Збірник розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників підприємств, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів напряму гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій.

Рекомендовано до друку вченою радою факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету (протокол №3 від 24.10.2025 р.).

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей

ВСТУПНЕ СЛОВО

Шановні читачі збірки наукових праць "Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє"!

У матеріалах збірки Ви зможете ознайомитися з результатами досліджень, проведених молодими вченими, аспірантами, магістрами та здобувачами вищої освіти в Україні, які присвячені основним перспективним напрямкам розвитку гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій: ефективність гідротехнічних меліорацій, вплив гідротехнічних споруд на навколишнє середовище, інженерний захист територій, водопостачання та водовідведення, сучасні технології гідротехнічного будівельного виробництва, використання ПС-технологій в водній інженерії, сучасні досягнення вишукувань і проектування гідротехнічних споруд, сучасні методи оцінки технічного стану гідротехнічних споруд, енергозберігаючі технології у гідротехнічному будівництві та меліораціях, застосування результатів сучасних досліджень у зрошуваному землеробстві та плодоовочівництві, меліоративному ґрунтознавстві.

Сподіваємось, що наукові матеріали молодих, але вже талановитих вчених, які розміщені в даній збірці будуть представляти інтерес для науки і практики у галузі гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій.

З повагою,
Редакційна колегія

ЗМІСТ

Волошин М.М.

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ВОДОПОСТАЧАННЯ № 3 ТА №5 МІСТА ХЕРСОНА.....	8
--	---

Зіменко С.В.

ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ У ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	11
---	----

Козішкурт С.М., Шахворостова Г.М.

ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ ВОДОСХОВИЩ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПОСТ-КАХОВСЬКОЇ РЕАЛЬНОСТІ	15
--	----

Волошинов С.А.

СТВОРЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ	20
--	----

Новиков А.О., Скрипниченко Д.А., Кузьмич Л.В.

ПРО ДІЯЛЬНІСТЬ ХЕРСОНСЬКОЇ РЕГІОНАЛЬНОЇ ФІЛІЇ ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ “УКРАЇНСЬКІ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНІ СИСТЕМИ”	24
--	----

Волошин М.М., Калиняк А.Р.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ТА ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНИХ РИНКОВИХ УМОВАХ.....	27
--	----

Скрипниченко Д.А., Зубенко В.О.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ У ВОДОПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ.....	31
---	----

Литвиненко В.М.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАРИКАПА З НІКЕЛЕВИМ
ОМІЧНИМ КОНТАКТОМ..... 36

Костюкевич А.В., Кравченко В.І.

РОЗРОБКА СУЧАСНИХ ІРИГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ, ЗМЕНШЕННЯ СПОЖИВАННЯ ВОДИ ТА ПІДВИЩЕННЯ
ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР..... 42

Заводяний В.В.

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМ-ГІДРОТЕХНІКАМ 45

Коваленко Р. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У
ПОДОЛАННІ ГЛОБАЛЬНОЇ ВОДНОЇ КРИЗИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
ВОДОПОСТАЧАННЯ 48

Гасенко Л.В.

СТРАТЕГІЇ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ..... 53

Коваленко Р. Ю., Басс Р. Д.

ВОДНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ ТА
ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ..... 57

Заводяний В.В., Шпилько О.О.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ТВАРИН 62

Чеканович М.Г.

ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ПІСЛЯ РАКЕТНОГО
УДАРУ 68

Рагулін С.В.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕРЕЖАХ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

..... 74

Кравченко В.І.

ВИГОТОВЛЕННЯ БІОПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ НА ОСНОВІ МУЛОВИХ ОСАДІВ
СТІЧНИХ ВОД

77

Литвиненко В.М., Блажкевич П.П., Микитин А.О.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТРАНЗИСТОРІВ

..... 82

Слонь В.В., Потьомкін Р.О., Копійка О.О.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У
ЛОГІСТИЦІ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

85

Рагулін С.В.

ІНТЕГРАЦІЯ У ЄВРОПЕЙСЬКУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖУ ENTSO-E

87

Волошин М.М.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОВОЄННОГО
ВІДНОВЛЕННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ВОДОПОСТАЧАННЯ № 3 ТА
№5 МІСТА ХЕРСОНА**

Вступ. Насосна станція водопостачання №3 розміщена по вулиці Лавреньова 14 і призначена для подачі води для цілей господарсько – питного і виробничого водопостачання мікрорайону Шуменський. Потужність ВНС №3 – 6 тис. м³/доб. Насосної станції водопостачання №5 розміщена по провулку Береговому, 5А (в мікрорайоні Острів) і призначена для подачі води для цілей господарсько – питного і виробничого водопостачання району. Потужність ВНС №5 – 5 тис. м³/доб.

Основна частина. Забір води насосами здійснюються із резервуарів чистої води, розміщених на території насосної станції №3 (рис.1.). Вода до насосів підводиться індивідуальними всмоктуючими трубопроводами від розподільчого колектору, розміщеного в будинку НС. На напірній лінії влаштовано збірний колектор, від якого двома напірними трубопроводами вода подається в трубопровідну мережу міста.

В насосній станції ВНС - 3 встановлено шість насосних агрегатів. Проектом передбачена заміна трьох насосних агрегатів №№ 3, 4, 5 (з параметрами: №№ 3, 4 - $Q=320$ м³/год, $H=50$ м; №5 - $Q=720$ м³/год, $H=89$ м) на нові DHV 200-420 (з параметрами $Q=600$ м³/год, $H=57$ м). Насосні агрегати - насоси відцентрові двостороннього входу типу Д (насоси польського виробництва «Hydro-Vacuum S. A.»). Встановлення нових насосів передбачена на місце старих насосів.



Рис. 1. План – схема розташування насосної станції №3 в м. Херсоні

Забір води насосами здійснюються із резервуарів чистої води, розміщених на території насосної станції №5 (рис.2.). Вода до насосів підводиться індивідуальними всмоктуючими трубопроводами від розподільчого колектору, розміщеного в будинку НС. На напірній лінії влаштовано збірний колектор, від якого двома напірними трубопроводами вода подається в трубопровідну мережу міста.

В насосній станції ВНС - 5 встановлено п'ять насосних агрегатів. Проектом передбачена заміна трьох насосних агрегатів № 2, 3, 5 (із параметрами: №№ 2, 3 - $Q = 320 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 70 \text{ м}$; № 5 - $Q = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 36 \text{ м}$) на нові DHV 150 – 460 RA (із параметрами $Q = 350 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 55 \text{ м}$). Насосні агрегати – насоси відцентрові двохстороннього входу типу Д (польського виробництва «Hydro-Vacuum S.A.»). Встановлення нових насосів передбачена на місце старих насосів.



Рис. 2. План – схема розташування насосної станції №5 в м. Херсоні

Висновки. 1. Після обстеження насосної станції №3 та аналізу стану водопостачання мікрорайону Шуменський встановлено:

- кількість абонентів з 2019 року постійно збільшується і досягла кількості в 2020 році – 22170 чоловік;
- об'єм відібраної води насосною станцією постійно зростає і досягло в 2020 році – 979,07 тис. м³.
- обстеження насосної станції №3 м. Херсона засвідчило цілком задовільний її стан, але три насосні агрегати найстаршого віку потрібно замінити на нові. Капіталовкладення в реконструкцію насосної станції №3 м. Херсона складає 1055,135 тис. грн.

2. Після обстеження насосної станції №5 та аналізу стану водопостачання мікрорайону Острів встановлено:

- кількість водоспоживачів з 2019 року постійно збільшується і досягла кількості в 2020 році – 21170 чоловік;
- об'єм відібраної води насосною станцією постійно зростає і досягло в 2020 році – 910,97 тис. м³.
- обстеження насосної станції №5 м. Херсона засвідчило цілком задовільний її стан, але три насосні агрегати найстаршого віку потрібно замінити на нові. Капіталовкладення в реконструкцію насосної станції №5 м. Херсона складає 984, 000 тис. грн.

ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ У ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Вступ. Глобальні зміни клімату призводять до зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, насамперед посух, що ставить під загрозу стале агровиробництво. В кліматичних умовах півдня України посухи вже стали головним чинником втрати врожаїв, оскільки природне зволоження недостатнє [1, с. 12]. Забезпечення потреб у воді для рослин у таких умовах можливе лише шляхом зрошення. Водночас традиційні системи зрошення та практики можуть виявитися неспроможними повністю компенсувати дефіцит вологи за умов дуже сильних та тривалих посушливих періодів. Це вимагає впровадження нових підходів до управління зрошенням на основі оцінки кліматичних ризиків і адаптації до них. Світові дослідження акцентують на необхідності управління кліматичними ризиками у зрошуваному землеробстві. Зокрема, пропонуються багатофазові процеси управління ризиками – від виявлення та аналізу впливу до розробки стратегій реагування і моніторингу їх впровадження [2, с. 2436–2438]. Крім того, концепція «кліматично розумного» сільського господарства покладається на управління водними ресурсами на базі прогнозованих значень та на цифрові системи зрошення для підвищення ефективності водокористування в посушливих регіонах [3, с. 364]. В Україні питання відновлення та модернізації зрошувальних систем набуло стратегічного значення у контексті адаптації до зміни клімату [4, с. 5; 5, с. 30]. Таким чином, особливо актуальним є вдосконалення методики оцінки кліматичних ризиків у меліоративному землеробстві, що дозволить науково обґрунтовано приймати рішення щодо режимів зрошення та заходів для мінімізації збитків від кліматичних чинників.

Основна частина. Ефективна реалізація вдосконаленої методики на практиці потребує відповідного матеріально-технічного та програмного забезпечення. Сучасні технології надають широкий вибір засобів для моніторингу, обчислень і прогнозування, які можуть бути інтегровані в систему управління меліоративним (зрошуваним) землеробством. Прикладами ключового інструментарію є:

- **Автоматизовані метеостанції та ґрунтові датчики.** Оперативний збір локальних показників – основа для оцінки водного балансу поля. Встановлення автоматичних метеостанцій безпосередньо на полях або використання даних найближчих станцій дає точну інформацію про опади, температуру, вологість повітря, швидкість вітру та сонячну радіацію в реальному часі. Додатково до цього, у ґрунт на різній глибині можуть встановлюватися датчики вологості (наприклад, TDR-метри), що безперервно фіксують зміни запасів доступної вологи. Такий моніторинг дозволяє своєчасно виявляти початок посухи чи перезволоження і є критично важливим для прийняття рішень щодо поливу.

- **Програмне забезпечення для розрахунку ETo за формулою Пенмана-Монтейта.** Метод FAO Пенмана-Монтейта наразі є міжнародно визнаним стандартом для визначення еталонного випаровування (ETo) [1, с. 14]. Його застосування забезпечує уніфікацію розрахунків потреби у воді. Оскільки формула Пенмана-Монтейта є складною для ручного обчислення, доцільно використовувати спеціалізовані програми. Наприклад, офіційний калькулятор ETo від FAO (FAO ETo Calculator) дозволяє автоматизувати розрахунок цього показника. Багато сучасних метеостанцій також оснащені контролерами, які на основі виміряних параметрів автоматично обчислюють ETo і зберігають його значення. Використання такого програмного забезпечення підвищує оперативність і точність оцінки втрат вологи при випаровуванні.

- **Комп'ютерні моделі та алгоритми прогнозування водного дефіциту.** На основі метеоданих і розрахункових формул водного балансу

можна створювати прогностичні моделі для оцінки майбутнього стану вологозабезпечення посівів. Існує ціла низка наукових моделей, зокрема AquaCrop (FAO), CropSyst, EPIC, які моделюють ріст культур і динаміку ґрунтової вологи [6, с. 157104]. Для практичного використання доступні також онлайн-сервіси для фермерів, що консолідують дані про показники погоди, супутникові знімки та показники датчиків і видають прогноз дефіциту вологи. Такі системи поєднують класичні розрахунки водного балансу (співставлення надходження і витрат води) із сучасними методами штучного інтелекту чи машинного навчання, що дозволяє врахувати впливи різноманітних факторів. Впровадження алгоритмів прогнозування у вдосконалену методику дасть змогу здійснювати управління зрошенням на випередження – завчасно ідентифікувати ризики дефіциту води і запобігати їм через коригування графіків поливу чи інші заходи. Такий превентивний підхід здатний мінімізувати потенційні втрати врожаю і нераціональні витрати води.

- **Геоінформаційні системи (ГІС) та дистанційне зондування Землі.** ГІС-технології є дієвим інструментом для просторового аналізу кліматичних ризиків на території господарства. Наприклад, аналіз карт ґрунтів, рельєфу та кліматичних показників дозволяє виокремити зони підвищеного ризику посух, де доцільно першочергово зосередити заходи зрошення або впровадити більш посухостійкі культури. Дані супутникового моніторингу (Sentinel-2, Landsat тощо) дають змогу відстежувати стан посівів за вегетаційними індексами NDVI, EVI, які опосередковано сигналізують про наявність водного стресу у рослин. Теплові знімки з космосу можуть бути використані для оцінки фактичної евапотранспірації полів. Отримані просторові дані інтегруються в ГІС, що дає наочне відображення результатів аналізу – приміром, побудову карт прогнозованого дефіциту вологи чи інших ризиків для всієї площі господарства. Це спрощує прийняття рішень на рівні конкретних ділянок.

Вище згадані інструменти поступово впроваджуються в аграрних господарствах. Новизна пропонованого підходу полягає у комплексному використанні інструментів в межах єдиної системи підтримки прийняття рішень. Інтеграція всіх вхідних даних щодо кліматичних показників у єдину модель створює науково обґрунтовану базу для своєчасних управлінських рішень. Таким чином забезпечується перехід від реагування на наслідки посух до їх передбачення і запобігання на операційному рівні агровиробництва. Важливо, що використання загальноприйнятих методів робить результати оцінки ризиків у різних регіонах співставними між собою. Це підвищує універсальність методики та полегшує її впровадження у різних господарствах.

В сучасних умовах цифровізації сільського господарства реалізація навіть складних моделей значно спрощується завдяки доступності потужних комп'ютерів, інтернет-зв'язку та недорогих сенсорів. Тому впровадження вдосконаленої методики оцінки кліматичних ризиків є технічно реальним завданням. Врахування принципів розумного землеробства, які базуються на точному вимірюванні, аналізі даних та автоматизації процесів, дозволить зробити систему зрошення більш гнучкою та ефективною. Запропонована методика може стати інтелектуальним модулем у складі системи керування зрошенням, забезпечуючи науково обґрунтовані рекомендації для практичних дій щодо захисту агровиробництва від негативних впливів кліматичних змін.

Висновки. Вдосконалена методика оцінки кліматичних ризиків у зрошуваному землеробстві, що ґрунтується на поєднанні сучасних технологічних інструментів (метеостанцій, моделей, ГІС тощо) та стандартизованих розрахункових підходів, здатна забезпечити якісно новий рівень управління водними ресурсами в аграрному секторі. Її впровадження дозволить вчасно ідентифікувати загрози посухи чи інших кліматичних аномалій, побудувати проактивну систему планування зрошення та оптимізувати витрати води. Такий науково обґрунтований, превентивний підхід мінімізує негативний вплив кліматичних змін на врожайність та сприяє сталому веденню сільського господарства в умовах зростаючих кліматичних ризиків.

Список використаних джерел:

1. Lykhovyd P. Irrigation Needs in Ukraine According to Current Aridity Level // Journal of Ecological Engineering. – 2021. – Vol. 22, № 8. – P. 11–18. – DOI: 10.12911/22998993/140478.
2. Elnashar W., Elyamany A. Managing Risks of Climate Change on Irrigation Water in Arid Regions // Water Resources Management. – 2023. – Vol. 37. – P. 2429–2446. – DOI: 10.1007/s11269-022-03267-1.
3. Fawzy Z. F., Shedeed S. I. Climate Smart Agriculture and Intelligent Irrigation System for Management of Water Resources in Arid and Semi-Arid Regions – A Review // Water, Flood Management and Water Security Under a Changing Climate / ed. M. M. Sherif, F. Karam. – Cham : Springer, 2021. – P. 361–370. – DOI: 10.1007/978-3-030-47786-8_25.
4. Sinha R., Karimi P., Rosa L., Ragettli S. The Future of Irrigation in Ukraine. – Washington, DC : World Bank, 2024. – 40 p.
5. World Bank; Food and Agriculture Organization; Institute for Water Problems and Land Reclamation. Irrigation and Drainage Strategy of Ukraine: Final Draft Proposal. – Kyiv : World Bank, 2017. – 48 p.
6. Lyu J., Jiang Y., Xu C., Liu Y., Su Z., Liu J., He J. Multi-Objective Winter Wheat Irrigation Strategies Optimization Based on Coupling AquaCrop-OSPy and NSGA-III: A Case Study in Yangling, China // Science of the Total Environment. – 2022. – Vol. 843. – Art. 157104. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157104.

УДК 626.823.3:504.4.054

Козішкурт С.М., к.т.н., доцент,

Шахворостова Г.М., здобувач вищої освіти

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне*

**ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ МАЛИХ ВОДОСХОВИЩ ДЛЯ
ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ
ПОСТ-КАХОВСЬКОЇ РЕАЛЬНОСТІ**

Знищення греблі Каховської гідроелектростанції у червні 2023 року спричинило катастрофічні наслідки для екосистеми та водогосподарського комплексу півдня України. Руйнування найбільшого за об'ємом водосховища Дніпровського каскаду (18,18 км³) призвело не лише до масштабної гуманітарної кризи, але й поставило під загрозу стабільність аграрного та промислового секторів, насамперед у Херсонській, Запорізькій та Миколаївській областях. У результаті було порушено водопостачання понад 580 тис. га зрошуваних земель, що становить основу аграрного потенціалу регіону (рис. 1).



Рис. 1. Зрошувальні системи, що живилися водою з Каховського водосховища до руйнування його греблі [1]

Відновлення зрошення потребує стратегічного підходу, який має враховувати не лише наслідки воєнних дій, а й зростання кліматичних ризиків та дефіциту водних ресурсів у посушливих умовах південного Степу України [1–4]. Каховське водосховище виконувало функцію річного регулятора стоку та було основним джерелом води для зрошення, енергетики й централізованого водопостачання. Втрата цього водного ресурсу та порушення гідрологічного режиму нижнього Дніпра вимагають перегляду національної стратегії

водокористування – у напрямі децентралізації водозабезпечення та посилення ролі місцевих водних систем.

До 2023 року водогосподарська політика України була орієнтована переважно на великі водосховища Дніпровського каскаду, які акумулювали близько 85% сумарного об'єму прісної води країни. Така концентрація водних запасів у кількох великих об'єктах створювала стратегічну вразливість і обмежувала гнучкість управління водними ресурсами.

Водночас в Україні налічується 1054 водосховища із загальним повним об'ємом 55,13 км³, переважна більшість з яких (понад 99%) належить до середніх і малих. Проте їхній сукупний об'єм становить лише близько 15% загальних запасів води (8,42 км³). Це свідчить про значний, але недостатньо використаний потенціал таких водойм у забезпеченні водної безпеки держави.

Проблема відновлення водозабезпечення Півдня України набуває особливої актуальності в умовах військових ризиків. Децентралізована система середніх і малих водосховищ є більш стійкою до надзвичайних ситуацій і забезпечує ефективніше управління водними ресурсами на регіональному рівні.

Для великих рівнинних водосховищ, зокрема Каховського, був характерний уповільнений водообмін (3–4 місяці), що спричинювало застійні явища, замулення, евтрофікацію та масовий розвиток ціанобактерій [5]. У літній період температура води у таких водоймах степової зони часто перевищувала 30 °С, що додатково погіршувало її якість.

Натомість середні та малі водосховища мають значно вищий водообмін, меншу площу мілководь і кращі умови для самоочищення. Їх каскадне розміщення на притоках сприяє сезонному та добовому регулюванню стоку, забезпечує стабільне водопостачання і знижує ризики евтрофікації.

Для оцінки потенціалу використання середніх і малих водосховищ у системі відновлення водопостачання південних регіонів проведено аналіз їхнього просторового розподілу в межах степової зони України, де зрошення відіграє ключову роль (табл. 1).

Таблиця 1

Середні та малі водосховища південних областей України

Область	Кількість, шт.	Повний об'єм, млн м ³
Запорізька	27	73,2
Миколаївська	39	348,0
Одеська	64	2106,7 (з Придунайськими озерами)
Херсонська	15	138,3

Найбільшу водоемність мають водосховища Одеської області - понад 2,1 млрд м³, що становить близько чверті загального об'єму середніх і малих водосховищ України. Миколаївська область характеризується середнім рівнем розвитку локальних водосховищ, тоді як Херсонська – найбільшими втратами після руйнування Каховської ГЕС.

Близько 72% середніх і малих водосховищ перебувають у власності територіальних громад, що відкриває можливості для формування муніципальних систем управління водними ресурсами та оперативного реагування на місцеві потреби [5].

Традиційна модель великих руслових водосховищ, як об'єктів Дніпровського каскаду, виявилася високоризиковою та екологічно обтяжливою [5]. Тому найбільш ефективним рішенням є **децентралізований підхід**, що передбачає створення системи наливних водосховищ, які відповідають державній стратегії стійкого до зміни клімату розвитку водного господарства України [4, 5].

Система середніх і малих водосховищ є економічно вигіднішою (потребує у 6–8 разів менших капіталовкладень), технічно доступнішою та високостійкою до воєнних і кліматичних загроз. Виділення Урядом коштів на тимчасові локальні заходи (наприклад, 34 млн грн на водозабезпечення

Миколаївщини [6]) підтверджує необхідність переходу до **системних, але гнучких** рішень.

Висновки. Малі водосховища становлять понад 99% від загальної кількості водосховищ України й мають значний потенціал для розвитку локальних систем водопостачання. Їхнє використання забезпечує підвищення екологічної стійкості, покращення якості води та підвищення операційної безпеки порівняно з великими гідровузлами. Децентралізація водозабезпечення на основі мережі середніх і малих водосховищ мінімізує військові ризики, знижує навантаження на магістральні системи та сприяє сталому відновленню водної інфраструктури. Така система є стратегічно обґрунтованою моделлю відновлення водної безпеки Півдня України, що поєднує технічну ефективність, екологічну збалансованість і соціальну керованість.

Список використаних джерел.

1. Українська природоохоронна група. The Great Meadow vs. the Kakhovka Reservoir: A Modern Perspective [електронний ресурс]. – UNCG, 2024. – 34 с. – URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2025/02/bigmeadow_b5_en_2024s.pdf.

2. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси [електронний ресурс]. – Ecoaction, 2021. – URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/analiz-vplyvu-vodni-resursy-full.pdf>.

3. Дослідження: Як зміна клімату впливає на потребу у воді [електронний ресурс]. – Vegetable.com.ua, 2023. – URL: <https://vegetable.com.ua/doslidzhennya-yak-zmina-klimatu-vplyvae-na-potrebu-u-vodi/>.

4. Як управління водними ресурсами може підтримати стійкий до зміни клімату розвиток в Україні [електронний ресурс]. – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2023. – URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/7_YAk-upravlinnya-vodnymy-resursamy-mozhe-pidtrymaty-stijkyj-do-zminy-klimatu-rozvytok-v-Ukrayini.pdf.

5. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Великі і малі водосховища України: регіональні та басейнові особливості поширення [електронний ресурс]. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2021. – DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>.

6. Уряд виділив 34 млн грн на водозабезпечення Миколаївщини в умовах посухи та наслідків війни [електронний ресурс]. – Район.in.ua, 2024. – URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/833610>.

УДК 621.313.333.06:004.94

Волошинов С.А.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

СТВОРЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Вступ. Україна офіційно приєдналася до європейської енергетичної системи ENTSO-E 16 березня 2022 року, що дозволило синхронізувати українські та європейські електромережі. Таким чином Україна стала частиною "енергетичного Євросоюзу", що підвищило її енергетичну безпеку, дозволило отримувати електроенергію з ЄС у разі пошкодження інфраструктури та відкрило можливість надалі для експорту української електроенергії до Європи.

Важливою частиною політики Європейського Союзу у галузі електроенергетики є комплекс заходів, що об'єднаний терміном «енергетичний перехід». Реалізація цих заходів передбачає перехід до нової функціональної архітектури електроенергетичних систем в ЄС та відповідно ОЕС України, розвиток розумних мереж, технологій зберігання енергії, а також появу активних (розумних) споживачів. Основні тренди «енергетичного переходу» сформульовані в рамках «концепції 3D»: декарбонізація, децентралізація, діджиталізація.

Основна частина. Саме цифровізація передбачає перехід до широкого застосування в енергетиці сучасних багатофункціональних програмних комплексів на основі інформаційних моделей та цифрових керованих пристроїв, підключених до інформаційної мережі Інтернет на всіх рівнях енергосистеми, від виробництва, перетворення, передачі до обладнання кінцевих споживачів.

Цифрова трансформація – це зміна звичних технологічних процесів завдяки цифровим технологіям та може бути визначена як нове використання цифрових технологій для прискорення впровадження нових бізнес-стратегії. Цифрова трансформація на сьогодні є актуальною проблемою в електроенергетичному секторі, вирішення якої дає можливість компаніям створювати нові технологічні ланцюжки та розробляти стійкі стратегії виробництва і постачання енергії, а також відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури нашої країни зі збільшенням прибутковості бізнесу електромережевих та локальних електрогенеруючих компаній. Прикладами реалізації цифрової трансформації є запровадження нових систем керування в електроенергетичних системах, створення балансуючих груп учасників ринку електричної енергії та віртуальних електростанцій, послуг операторів систем зберігання електроенергії.

Інтеграція цифрових технологій в сучасні автоматизовані системи керування розширює можливості таких систем за рахунок використання інтегрованої безпечної, надійної і високопродуктивної комунікаційної мережі. Високопродуктивний зв'язок між всіма компонентами системи є основною метою систем за концепцією «розумна мережа» (Smart Grid). «Розумна» електроенергетична система орієнтована на вирішення проблем з оптимізації загальної ефективності та балансу низки взаємопов'язаних енергетичних технологій та процесів, як електричних, так і неелектричних. Досягається завдяки динамічному управлінню попитом і пропозицією; посиленому моніторингу електричних, теплових і паливних складових; контролю та

оптимізації обладнання, приладів та послуг; кращій інтеграції розподіленої енергії, а також мінімізації витрат як для постачальників, так і для споживачів.

«Розумна мережа» є зв'язуючою ланкою. Вона автоматично відслідковує потоки енергії та відповідно адаптується до змін у попиті та пропозиції. У поєднанні з інтелектуальними системами вимірювання, розумні мережі охоплюють споживачів і постачальників, надаючи інформацію про споживання в реальному часі. За допомогою розумних лічильників споживачі можуть адаптувати у часі та обсязі своє споживання енергії до різних цін на енергію протягом дня, заощаджуючи кошти за електроенергію, споживаючи більше енергії в більш низькі цінові періоди [1].

Сучасна науково-технічна спільнота дедалі активніше звертається до інтелектуалізації процесів технічного моніторингу систем та мереж, зокрема через використання цифрових двійників як перспективного засобу діагностики електромереж та обладнання.

Цифрові двійники – це віртуальні відображення фізичних об'єктів, побудовані на основі математичних моделей і даних з реальних сенсорів, які дозволяють у реальному часі відтворювати, моделювати та прогнозувати поведінку об'єкта [2].

Цифровий двійник складається з трьох ключових компонентів:

- 1) Фізичний об'єкт (сонячна електростанція, трансформатор).
- 2) Віртуальна модель, яка описує фізичні та функціональні характеристики.
- 3) Канал двостороннього обміну даними для синхронізації станів у реальному часі.

Існують такі типи цифрових двійників:

- Двійники компонентів;
- Двійники процесів;
- Двійники систем;
- Двійники енергомереж [3].

Цифрові двійники є ключовим елементом енергетичної цифрової трансформації, що дозволяє адаптуватися системі на зміни, прогнозувати ризики та скорочувати витрати. Їхнє широке впровадження можливе лише за умови поєднання експертної інженерної практики, інфраструктури автоматизації та сучасних цифрових технологій.

Висновки. Цифрова трансформація електроенергетики відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури, формує цілу низку нових наукових та науково-практичних задач, дає можливості для вирішення найбільших проблем, з якими стикається енергетика, зокрема, можливості покращити енергетичну безпеку та екологічну стійкість.

Цифрові інструменти дозволяють створювати адаптивні, стійкі, автономні та високоефективні енергетичні комплекси. Практичний досвід підприємств, свідчить про реальну доцільність інтеграції «розумних мереж», цифрових двійників, SCADA-систем, IoT та штучного інтелекту в сучасну енергетику, що дозволяють скоротити витрати на технічне обслуговування до 30% та підвищити ефективність до 20% [4].

Список використаної літератури

1. Smart Grids European Technology Platform [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smartgrids.eu> (дата звернення 20.10.2025).
2. Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital Twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405–2415. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
3. Bosch. Digital Twin Technology in Industry 4.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bosch.com/stories/digital-twin-technology/> (дата звернення: 20.10.2025).
4. Siemens Energy. Digital twins in power industry: White Paper. – Munich: Siemens AG, 2023. – 27 p.

Новиков А.О., Скрипниченко Д.А.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,

Кузьмич Л.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м.Київ,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,

ПРО ДІЯЛЬНІСТЬ ХЕРСОНСЬКОЇ РЕГІОНАЛЬНОЇ ФІЛІЇ ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ “УКРАЇНСЬКІ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНІ СИСТЕМИ”

Вступ. Херсонська регіональна філія Державної установи «Українські гідромеліоративні системи» (ДУ УГМС) є структурним підрозділом, що забезпечує експлуатацію державних меліоративних систем, гідротехнічних споруд та об’єктів інженерної інфраструктури на території Херсонської області. Її діяльність спрямована на реалізацію державної політики у сфері меліорації земель, зрошення та дренажу, відновлення і модернізацію систем, а також раціональне використання водних ресурсів. В умовах зміни клімату та воєнних дій меліоративний комплекс Півдня України зазнав значних руйнувань, тому роль філії у відновленні та відбудові водної інфраструктури набуває особливого значення.

Основна частина. Діяльність філії регламентується Положенням про ДУ УГМС [1], Стратегією зрошення та дренажу в Україні до 2030 року [2] та Законом України «Про організації водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель» [3]. Філія виконує функції експлуатації міжгосподарських зрошувальних і осушувальних систем, насосних станцій, каналів, водопроводів, проводить профілактичні, ремонтні та протиаварійні роботи, забезпечує технічну готовність споруд і систем водопостачання [4]. Окрім цього, філія активно бере участь у реалізації державних і регіональних

програм з водозбереження, відновлення меліоративних мереж, та захисту територій від шкідливої дії вод [5].

Серед ключових напрямів роботи – моніторинг технічного стану гідротехнічних споруд, виконання заходів з енергоефективності, упровадження сучасних технологій управління насосними станціями, системами зрошення і дренажу. Фахівці філії беруть участь у науково-технічних проєктах, розробці нових технологічних рішень для адаптації водогосподарського комплексу до змін клімату.

Сучасні виклики та напрями модернізації меліоративних систем.

Одним із головних завдань філії є модернізація інженерних систем шляхом заміни застарілого обладнання на енергоощадне, впровадження автоматизованих систем управління водоподачею та дистанційного контролю параметрів роботи насосних агрегатів. Важливим є також створення умов для формування організацій водокористувачів (ОВК), які братимуть участь у спільній експлуатації систем. Це дозволяє зменшити навантаження на державний бюджет і водночас забезпечити ефективність роботи меліоративних мереж.

Роль філії у відновленні водної інфраструктури після воєнних дій.

Унаслідок воєнних подій частина меліоративних систем Херсонщини зазнала серйозних пошкоджень — зруйновані насосні станції, канали, водопровідні лінії, пошкоджено електричні мережі. Філія бере участь у відновлювальних роботах, технічному обстеженні споруд, розробці проєктів реконструкції та забезпеченні водопостачання для аграрного виробництва. Відновлення меліоративної інфраструктури є не лише питанням економічного розвитку, а й продовольчої безпеки регіону.

Для реалізації відновлювальних заходів філія співпрацює з міжнародними партнерами, науковими установами, донорами та громадами. Залучення міжнародної технічної допомоги дозволяє застосовувати сучасні технології гідромеліорації, спрямовані на відновлення водного балансу, покращення енергоефективності та екологічної безпеки водних об'єктів.

Висновки. Діяльність Херсонської регіональної філії ДУ УГМС має ключове значення для забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва на Півдні України. У сучасних умовах вона виступає ключовим виконавцем робіт із відновлення зрошувальних систем, реалізації заходів з енергоефективності, водозбереження та екологічної безпеки. Важливим напрямом подальшої діяльності є впровадження автоматизованих систем контролю подачі води.

У перспективі філія може стати регіональним центром впровадження інноваційних технологій меліорації та водного менеджменту, сприяти підготовці кадрів і створенню науково-виробничих платформ для співпраці державного, наукового та бізнес-секторів. Це сприятиме відновленню продовольчої стійкості, адаптації до змін клімату та зміцненню водної безпеки України.

Список використаних джерел

Положення про Державну установу «Українські гідромеліоративні системи», 2023.

Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Кабінет Міністрів України, 2020.

Закон України «Про організації водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель» № 2079-IX від 17.02.2022.

Державне агентство меліорації та рибного господарства України. Офіційний сайт: <https://darg.gov.ua/>

Кузьмич, С. А., Онанко, Ю. А., Воропай, Г. В., & Кузьмич, Л. В. (2024). План відновлення гідротехнічних споруд меліоративних систем України. Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції «сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії», 6, 54–58. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11519489>

Волошин М.М., Калиняк А.Р.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ТА ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНИХ РИНКОВИХ УМОВАХ

Вступ. Ефективне використання наявного земельного фонду, управління родючістю ґрунтів та водокористуванням передбачає перегляд методологічних підходів до організації землеробства у напрямі оптимізації землі - та водокористування, створення та широкого впровадження у практику землеробства автоматизованих інформаційних технологій, насамперед при реалізації плати за послуги по подачі води та в системах точного землеробства.

Основна частина. В умовах реформування відносин між водогосподарськими організаціями і водоспоживачами (фермерами, колективними господарствами, орендарями) необхідна організація ефективного водокористування. При складанні договорів на платне водокористування необхідне відпрацювання оптимізованих пропозицій виробникам сільськогосподарської продукції в залежності від тарифу на подачу води з оцінкою економічної ефективності різних варіантів водокористування, врахуванням екологічних вимог ведення сільськогосподарського виробництва.

Оптимізація взаємовідносин між водопостачальниками та водоспоживачами здійснюється на основі САПР, яка складається з таких підсистем: підсистема вибору оптимальних варіантів водокористування; підсистема формування ціни на послуги по подачі води на зрошення або зволоження земель.

САПР являє собою деяку програму на ПЕОМ з розгалуженою базою даних та знань. База даних орієнтована на розв'язання специфічних задач і складається з економічної інформації (закупівельних цін, собівартості продукції

при зрошенні і на богарі, нормативних даних для розрахунку собівартостей подачі 1 м³ води, метеоданих та зрошувальних норм в роки різної забезпеченості, характерних особливостей водовиділів, з яких забирається вода та ін.). Розроблена нами база знань містить комплекс залежностей “урожайність - водозабезпеченість” різних сільськогосподарських культур (озимої пшениці, кукурудзи на зерно, кукурудзи на силос, сої, соняшника, овочевих культур), критерії економічної оцінки для визначення оптимального водо - та землекористування.

Підсистема вибору оптимальних варіантів водокористування базується на використанні критерію питомого додаткового чистого прибутку від зрошення, який обчислюється за формулою [4]:

$$F(P) = (C - C_1) f\left(\frac{U + \xi}{W + \xi}\right) Y^n - (C - C_2) f\left(\frac{\xi}{W + \xi}\right) Y^n - T_n(P)U, \quad U \leq U_{кр} \quad (1)$$

де $F(P)$ – додатковий чистий прибуток від зрошення, грн./га;

P – рівень рентабельності, %;

C – закупівельна ціна, грн./ц;

C_1, C_2 – собівартість відповідно при зрошенні і на богарі (без витрат на подачу води), грн./ц;

Y^n – плановий (проектний) урожай, ц/га;

$f\left(\frac{U + \xi}{W + \xi}\right), f\left(\frac{\xi}{W + \xi}\right)$ - зниження урожайності від одиниці при недополив

при зрошенні чи на богарі, в долях одиниці;

$U, U_{кр}$ – значення відповідно поточних та критичних (лімітних) зрошувальних норм, м³/га;

ξ – опади, м³/га;

W – значення біологічно оптимальних зрошувальних норм, м³/га;

$T_n(P)$ – пільговий тариф в залежності від рівня рентабельності, грн./м³;

$T_n(P)U$ – витрати на лімітне водоспоживання, грн./га.

Кожен водоспоживач перш за все хоче одержати рекомендації, за якими найбільш ефективно вести зрошуване землеробство при даних цінах за воду,

тобто яку економічно ефективну зрошувальну норму слід замовити для конкретної культури в умовах певного року та при наявних фінансових можливостях. Для цього САПР проводить розрахунки додаткового чистого прибутку від зрошення і виводить графічні залежності (рис. 1.), які дозволяють визначити оптимальні значення економічно обґрунтованих норм.

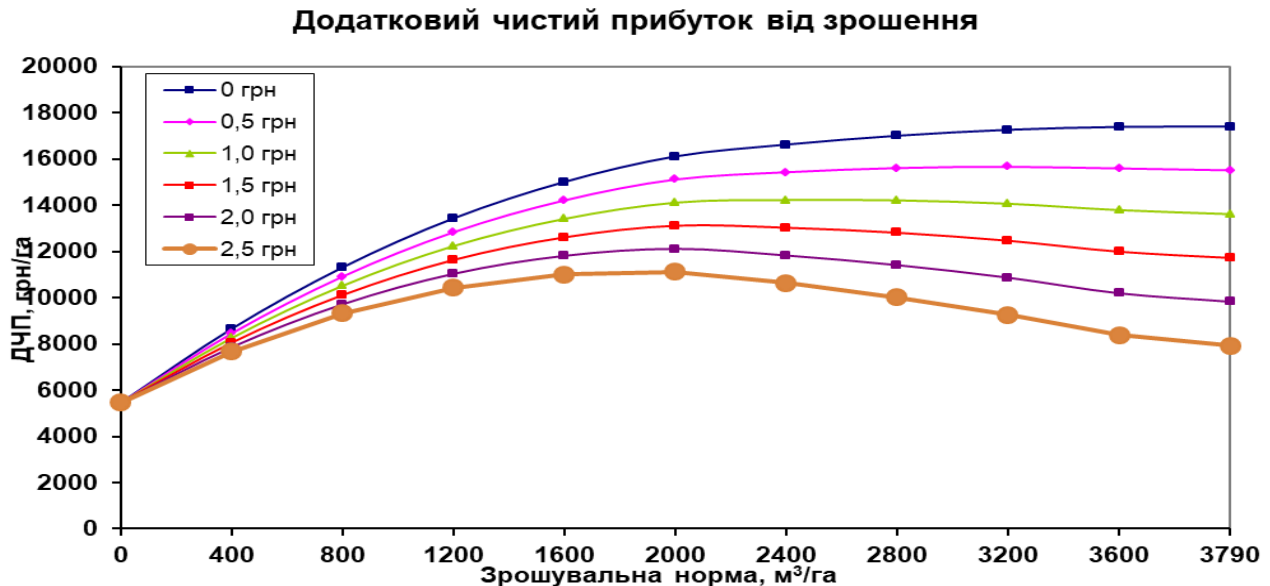


Рис. 1. Залежність додаткового чистого прибутку від зрошення для кукурудзи на зерно у рік 75-% забезпеченості від зрошувальної норми при різних тарифах на воду.

При розробці підсистеми формування ціни на послуги по подачі води на зрошення або зволоження земель створюється понятійний апарат, база даних та знань, розрахункові формули та алгоритми.

Використовуються такі види тарифів, як основний, цільовий поточний, пільговий, договірний тарифи. Основний тариф на послуги водопостачання при зрошенні – розмір плати, що забезпечує відшкодування усіх нормативно обґрунтованих витрат на одиницю послуги, пов'язаних з подачею води водоспоживачам по всіх технологічних ланках до точки водовиділу і з точки водовиділу, розраховується за формулою:

$$T_{\delta} = (C_{\delta B} + C_{\delta П}) \left(1 + \frac{P}{100} \right), \text{ грн/м}^3 \quad (2)$$

де T_{δ} – одно ставковий основний тариф;

$C_{\delta B}$ – середня собівартість водоподачі до точки водовиділу, грн./м³;

$C_{\delta\Pi}$ - середня собівартість водоподачі з точки водовиділу до поля, грн./м³;

P – норматив рентабельності, встановлений у відсотках до собівартості витрат за подачу води, %.

В даний час водоспоживачі компенсують витрати, пов'язані тільки з подачею води з точки водовиділу. Для цього використовується одно ставковий (за 1 м³) цільовий поточний тариф на послуги водопостачання при зрошенні – розмір плати за воду, що забезпечує відшкодування водоспоживачами нормативно обґрунтованих витрат, пов'язаних з подачею води з точки водовиділу. При визначенні поточного тарифу $C_{\delta\Pi}=0$ і $P=0$.

Розрахунок собівартості подачі води з точки водовиділу ведеться за формулою:

$$C_{\delta\Pi} = (C_{\delta\Pi}^0 + C_{\delta\Pi}^E), \quad \text{грн./м}^3, \quad (3)$$

де $C_{\delta\Pi}^0$ - собівартість подачі води з точки водовиділу до поля (без врахування електроенергії);

$C_{\delta\Pi}^E$ - собівартість подачі води з точки водовиділу до поля за витратами електроенергії.

При цьому собівартість $C_{\delta\Pi}$ визначається, як відношення сумарних по статтях калькуляції витрат до сумарної водоподачі водоспоживачами:

$$C_{\delta\Pi} = \frac{\sum B_i^{\Pi}}{U_{\text{план}}}, \quad \text{грн./м}^3 \quad (4)$$

де B_i^{Π} - i -та стаття калькуляції сумарних витрат при подачі води від точки водовиділу до поля, грн.;

$U_{\text{план}}$ - сумарна, намічена згідно з розрахунковою водозабезпеченістю, водоподача від точки водовиділу, м³.

Водовиділи відрізняються і за витратами водогосподарської організації $C_{\delta\Pi}^0$, тобто управління зрошувальних систем. У зв'язку з цим САПР платного водокористування повинна містити інформацію про кожний водовиділ з розрахованими на початку року відповідними собівартостями. У базі даних доцільно згрупувати водовиділи за однотипними витратами $C_{\delta\Pi}^0$ чи $C_{\delta\Pi}^E$.

Висновки. Запропонована модель САПР дозволяє оптимізувати водокористування, рекомендуючи застосування економічно обґрунтованих зрошувальних норм, відповідних технологій точного землеробства, консолідувати на взаємовигідній основі розподіл додаткового чистого прибутку від зрошення між водогосподарськими організаціями та водоспоживачами в умовах проведення земельної реформи.

УДК 628.144: 620.9

Скрипниченко Д.А., Зубенко В.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ У ВОДОПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ

Вступ. Водопровідні системи є невід’ємною складовою житлово-комунального господарства, що забезпечує населення та промислові підприємства водою. Їхня стабільна робота є важливою умовою комфортного життя, санітарної безпеки та сталого розвитку міст. Проте функціонування цих систем потребує значних енергетичних ресурсів, зокрема для роботи насосних станцій, транспортування води й підтримання необхідного тиску в мережі.

Оскільки водопровідні мережі належать до найбільших споживачів електроенергії в комунальному секторі, питання підвищення їхньої енергоефективності набуває особливої актуальності. До 40 % споживаної енергії витрачається нераціонально — через гідравлічні втрати у трубопроводах, застаріле обладнання, неефективне регулювання подачі води та надлишкові тиски. В умовах енергетичної нестабільності та постійного зростання тарифів зменшення втрат енергії стає стратегічним завданням для водоканалів і муніципалітетів.

Сучасні інноваційні технології дозволяють суттєво підвищити ефективність водопровідних систем — від оптимізації гідравлічних режимів до впровадження інтелектуальних систем керування й використання відновлюваних джерел енергії. Їх застосування забезпечує скорочення енергоспоживання на 25–40 %, зниження експлуатаційних витрат і підвищення надійності водопостачання.

Основна частина. Енергоспоживання у водопровідних системах переважно пов'язане з роботою насосних станцій. Кількість енергії, необхідної для транспортування води, можна визначити за формулою:

$$W = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g / \eta$$

де:

W — потужність, необхідна для перекачування води (Вт),

Q — витрата води ($\text{м}^3/\text{с}$),

H — напір (м),

ρ — густина води ($\approx 1000 \text{ кг/м}^3$),

g — 9.81 м/с^2 ,

η — загальний ККД системи.

З формули видно, що зменшення втрат у системі прямо знижує споживання енергії, адже підвищення ККД або зменшення гідравлічних опор призводить до меншого необхідного напору. Одним із найефективніших способів оптимізації роботи насосних станцій є впровадження частотного регулювання електроприводів. Частотні перетворювачі дають змогу змінювати швидкість обертання двигуна відповідно до реального споживання води, усуваючи надлишковий тиск і гідравлічні втрати. При цьому економія електроенергії може досягати 30–35 %, а термін окупності обладнання становить у середньому 2–3 роки.

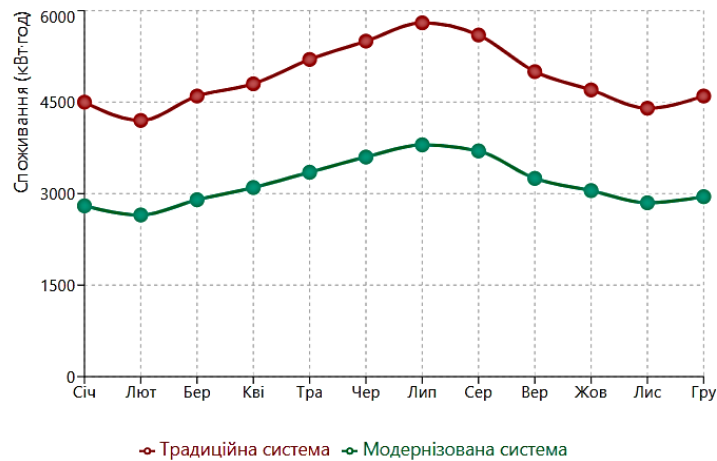


Рис. 1 – Порівняння споживання електроенергії насосною станцією.

Впровадження інноваційних технологій дозволяє зменшити споживання електроенергії приблизно на 30-35 % у порівнянні з традиційною системою, що підтверджує ефективність енергоощадних рішень.

Для зменшення втрат також застосовують енергоощадні електродвигуни класу ІЕ3–ІЕ4, які мають покращену систему охолодження, знижені магнітні втрати й підвищений ККД. Їхня робота в комплексі з частотними перетворювачами створює стабільну, адаптивну та ефективну систему подачі води.



Рис. 2 – Застаріле та модернізоване насосне обладнання.

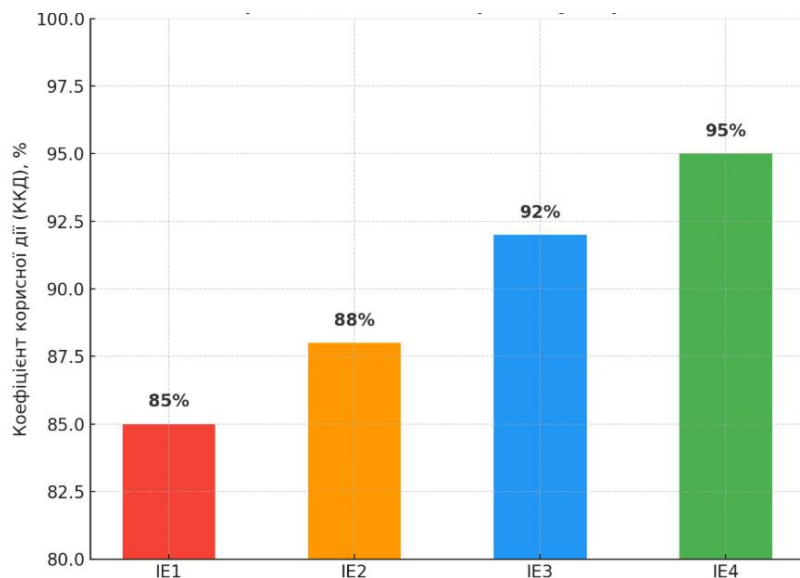


Рис. 3 – Порівняння ККД електродвигунів різних класів.

Підвищення класу енергоефективності з IE1 до IE4 забезпечує зростання ККД від 85 % до 95 %, що дає змогу знизити енерговитрати та підвищити довговічність обладнання.

Наступним важливим напрямом є автоматизація управління. Інтелектуальні системи моніторингу (Smart Control) використовують дані з датчиків тиску, витрати, рівня та електроспоживання, аналізують їх у реальному часі та підлаштовують роботу насосів під поточні умови. Це забезпечує оптимальний режим роботи системи без втручання оператора та мінімізує пікові навантаження.

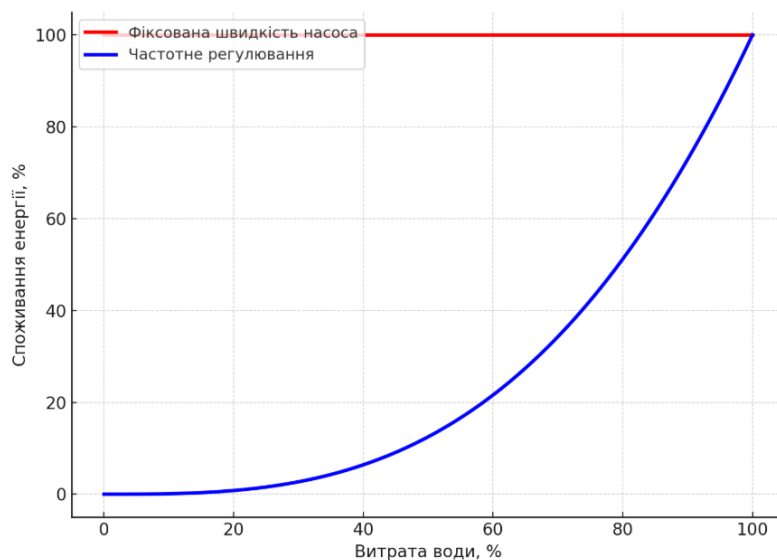


Рис. 4 – Графік залежності споживання енергії від витрати води.

При фіксованій швидкості насоса споживання енергії практично не змінюється навіть за низької витрати. У разі застосування частотного регулювання енергоспоживання зменшується пропорційно кубу витрати, що дозволяє точно адаптувати систему до реального попиту.

Додаткову економію енергії забезпечують гідравлічні рекуператори — мікротурбіни, які встановлюються у місцях надлишкового тиску. Вони перетворюють частину потенційної енергії потоку на електричну, що може живити датчики або освітлення станції.

Також перспективним напрямом є модернізація трубопроводів: заміна сталевих труб із високою шорсткістю на поліетиленові чи композитні дозволяє знизити гідравлічні втрати до 15 %, скорочуючи енергоспоживання насосів.

У майбутньому розвиток водопровідних систем спрямовуватиметься на інтеграцію із «розумними» енергомережами (Smart Grid) та впровадження технологій цифрового двійника. Такі цифрові моделі дозволяють прогнозувати навантаження, попереджати аварійні ситуації та визначати оптимальні режими роботи насосів, що забезпечує ще більшу ефективність і надійність експлуатації.

Висновки. Проведений аналіз показує, що головними причинами втрат енергії у водопровідних системах є гідравлічні опори, неузгоджена робота насосів та низький ККД електродвигунів. Інноваційні технології, такі як частотне регулювання, енергоощадні двигуни, системи Smart Control, рекуперація енергії потоку та використання сучасних матеріалів труб, дозволяють суттєво зменшити енергетичні втрати та підвищити загальну ефективність систем. Упровадження таких рішень є важливим етапом у переході до сталого розвитку та енергетичної незалежності. Вони не лише знижують витрати на експлуатацію, але й сприяють екологічній безпеці, роблячи системи водопостачання більш надійними, гнучкими та економічними.

Список використаних джерел.

1. Романенко О. В. Енергоефективність систем водопостачання та водовідведення. – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2020.
2. Савченко І. Г. Автоматизація насосних станцій і систем водопостачання. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019.
3. European Commission. Energy Efficiency in Water Supply and Wastewater Treatment. – Brussels, 2022.
4. Іванченко М. С. Сучасні технології управління електроприводами у водопровідних системах. // Енергетика і автоматика. – 2023. – № 2. – С. 45–52.
5. ДСТУ EN 50598-2:2018. Енергоефективність приводів, двигунів і перетворювачів частоти.

УДК 621.382.28

Литвиненко В.М.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАРИКАПА З НІКЕЛЕВИМ ОМІЧНИМ КОНТАКТОМ

Вступ. В технології кремнієвих діодів для виготовлення омичного контакту широко використовується нікель. У порівнянні з іншими металами (алюміній, молібден), нікель добре змочується припоєм і допускає приєднання провідників пайкою, утворює з кремнієм силіциди, стабільні в широкому діапазоні температур, допускає електролітичне формування локальних контактів. Перечисленні переваги дають можливість застосовувати простіші методи складання напівпровідникових приладів, виключити з технологічного процесу операції фотолітографії по металізації і підвищити, таким чином, ефективність виробництва приладів, понизити їх собівартість [1]. С іншого боку використання нікелю в якості омичного контакту викликає проблеми, пов'язані з деградацією зворотної гілки ВАХ варикапів в процесі формування контакту. Як показали дослідження, основною причиною високого рівня зворотних струмів діодів являються структурні дефекти і домішки важких металів в активних областях діодів [2]. Для зменшення щільності або повної ліквідації структурних дефектів в кремнії використовуються різні методи гетерування [3], але, як показала практика, багато з них виявляються малоефективними для зниження рівня зворотного струму варикапів.

Метою даної роботи є дослідження причин деградації зворотних характеристик діода в процесі формування нікелевого омичного контакту, а також можливості застосування гетерування для поліпшення його зворотних характеристик та підвищення виходу придатних приладів.

Основна частина. Досліджувані діодні структури виготовлялися за стандартною планарно-епітаксialною технологією [4] на легованих фосфором кремнієвих епітаксialних структурах n-типу провідності з питомим опором 1,8 Ом·см і товщиною 12 мкм, вирощених на кремнієвій підкладці, орієнтованій в кристалографічному напрямку (111).

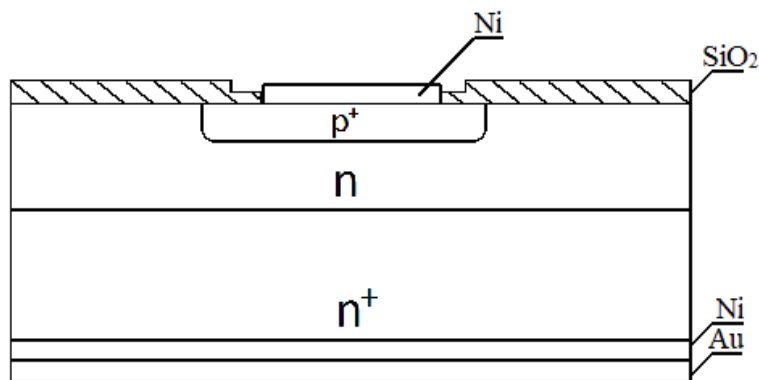
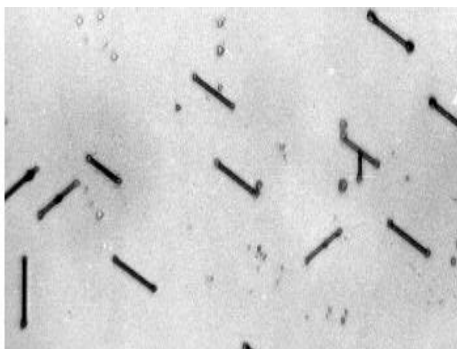


Рис. 1. Структура варикапа, що виготовлена за базовою технологією

У результаті виконаних технологічних операцій була отримана структура варикапа, що наведена на рис. 1.

Дослідження структурних дефектів. Було проведено дослідження причин різкого збільшення зворотного струму варикапних структур після відпалу півки нікелю, що проводиться після хімічного осадження нікелю з метою покращення адгезії півки нікелю до кремнію та зниження опору контакту нікель-кремній. З цією метою після проведення розгонки бору та видалення півки SiO_2 з поверхні кремнієвих пластин у розчині плавикової кислоти пластини були піддані селективному травленню в реактиві Сіртла. В активних областях варикапних структур було виявлено ОДУ щільністю 10^3 - 10^5 см^{-2} (рис.2, а). Також при проведенні металографічних досліджень на варикапних структурах після завершення технологічної операції «Формування омичних контактів» були виявлені окислювальні дефекти упакування, декоровані нікелем (рис.2, б), що підтверджує причетність нікелю до деградації зворотних характеристик варикапа.



а)



б)

Рис.2. Мікрофотографії: поверхні варикапної структури після розгонки бору з

виявленими ОДУ (а); поверхні варикапної структури після формування нікелевого омичного контакту з виявленими ОДУ, які декоровані нікелем (б).

Збільшення 507^x

Вибір технології гетерування. Для запобігання утворенню та ліквідації структурних дефектів у структурах кремнієвих діодів, зазвичай, застосовують гетерування - технологічний процес видалення і дезактивації дефектів [3]. Були проведені дослідження щодо вибору ефективного методу геттерування ОДУ, що органічно вписується в технологічний маршрут виготовлення варикапу. Попередні дослідження показали, що найбільш ефективним методом ліквідації ОДУ, що вже утворилися, є проведення перед хімічним осадженням нікелю додаткової загонки бору в робочу сторону пластин за температури 1060°C протягом 30 хв в середовищі аргону з додаванням 5% кисню. Як свідчать результати експериментів, проведення гетерування на більш ранніх стадіях технологічного маршруту виготовлення варикапа менш ефективно.

Проведені перед хімічним осадженням нікелю металографічні дослідження варикапних структур, які були виготовлені із застосуванням гетерування, показали відсутність структурних дефектів. Механізм впливу гетерування шляхом проведення додаткової дифузії бору в робочу сторону пластин перед хімічним осадженням нікелю можна представити наступним чином. У процесі проведення додаткової загонки бору у робочих вікнах варикапних структур формується сильнолегований бором p^+ -гетеруючий шар. При цьому складові утворених у процесі розгонки бору і на попередніх високотемпературних операціях ОДУ міждовзельні атоми кремнію дифундують до створеної області гетера і захоплюються нею. В результаті цього раніше ОДУ, що утворилися, зменшуються в розмірах або повністю зникають.

Дослідження ефективності розробленої технології. Для випробування запропонованого способу виготовлення структур варикапа були сформовані експериментальні партії варикапних структур, кожна з яких була поділена на дві рівні частини. Одна частина структур у кожній партії була виготовлена за базовою технологією (партії 1, 2 і 3), інша – з використанням гетерування

(партії 1⁺, 2⁺ і 3⁺). Ефективність технології оцінювалася за виходом придатних варикапних структур за рівнем зворотного струму. Критерій придатності: $I_{зв} \leq 0,2$ мкА за зворотної напруги 35 В. Порівняльні результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики базової і розробленої технологій

Технологія виготовлення варикапних структур	Номер партії пластин	Вихід придатних варикапних структур за значенням зворотного струму, %
Без використання гетерування	1	84,2
	2	82,8
	3	85,7
З використанням гетерування	1 ⁺	91,9
	2 ⁺	94,2
	3 ⁺	93,1

З таблиці 1 видно, що використання гетерування дає можливість підвищити вихід придатних варикапних структур у середньому на 8,8%. При цьому варикапні структури, які виготовлені за розробленою технологією, мали рівень зворотних струмів у 2 ... 8 разів нижчий в порівнянні з варикапними структурами, які виготовлені за базовою технологією.

На рис. 3 приведені зворотні ВАХ варикапних структур, виготовлених за базовою технологією та за технологією з використанням гетерування. З порівняння кривих 1 і 2 видно, що діодна структура, виготовлена за базовою технологією (крива 1), має набагато більший рівень зворотних струмів у порівнянні з діодною структурою, виготовленою з використанням гетерування (крива 2).

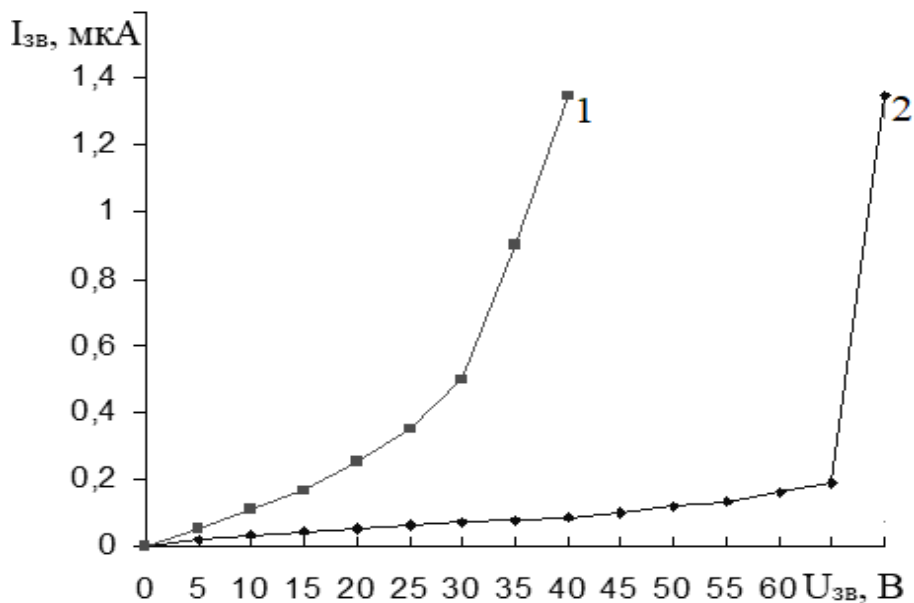


Рис.3. Типові зворотні ВАХ структур варикапів, виготовлених за базовою технологією (1) та за запропонованою технологією (2)

Висновки. Спираючись на результати проведених експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що причиною низького відсотка виходу придатних структур діода з нікелевим омичним контактом при контролюванні рівня його зворотного струму є окислювальні дефекти упакування, які утворюються в активних областях діодів в процесі проведення високотемпературних технологічних операцій. Використання гетерування шляхом проведення дифузії бору в робочу сторону пластини перед хімічним осадженням нікелю дозволяє повністю ліквідувати (або значно зменшити щільність) ОДУ, що утворилися в процесі розгонки бору і на попередніх її високотемпературних технологічних операціях, що забезпечує зниження рівня зворотних струмів варикапів.

Список використаної літератури

1. Литвиненко В.М. Фізика та технологія напівпровідникових діодів: монографія. ISBN 978-617-7573-22-6. Херсон : ФОП Вишемирський В.С, 2018. 184 с.

2. Ravi K.V. Imperfections and Impurities in Semiconductor Silicon. John Wiley & Sons, New York, 1981. 379 p.

3. Pilipenko V. A., Gorushko V. A., Petlitskiy A. N. et al. Methods and mechanisms of gettering of silicon structures in the production of integrated circuits. Technology and design in electronic equipment, 2013; no. 2-3, p. 43-57.

4. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 224с.

УДК 626.33

Костюкевич А.В., Кравченко В.І.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

РОЗРОБКА СУЧАСНИХ ІРИГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ЗМЕНШЕННЯ СПОЖИВАННЯ ВОДИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Вступ. Глобальні зміни клімату, що виявляються передусім у підвищенні середньорічної температури на поверхні планети і, як наслідок, призводять до частіших посух та процесів опустелювання є однією з найгостріших екологічних проблем, які стоять перед людством. В Україні посухи повторюються кожні два-три роки, при цьому завдаючи значної шкоди сільському господарству. Через зміну клімату площа сухої і дуже сухої зони збільшилася на 7 відсотків і на сьогодні становить майже третину території, у тому числі 11,6 млн. гектарів орних земель [1].

Наразі в Україні для зрошення, як запобіжника посух, використовується менш як 13% зрошуваних земель, а до 2050 року, прогнозується, майже половина орних площ може перейти у зону ризикованого землеробства. На сьогодні зрошення все ще значною мірою базується на традиційних методах,

які не вимірюють та не оптимізують водопостачання для задоволення потреб рослин у воді, що призводить до її перевитрати. Невимірне зрошення призводить до марнування води, поживних речовин та енергії, а також може спричинити деградацію ґрунту через заболочення, ерозію та засолення.

Основна частина. В останні роки відбулися революційні розробки в проектуванні та управлінні іригаційних систем, що будуть сприяти покращенню способів використання води в сільському господарстві. Ці наукові розробки супроводжувалися низкою технічних інновацій у контролі води, які дозволяють встановити та підтримувати майже оптимальні умови вологості ґрунту.

Одним з ключових напрямків розвитку є впровадження передових технологій, зокрема крапельного зрошення. На відміну від традиційних технологій зрошення, таких як дощування або поверхневий полив, крапельне зрошення забезпечує точне і у необхідній кількості дозування води, доставляючи її безпосередньо до кореневої зони рослин. Це значно зменшує втрати води через випаровування та поверхневий стік, що особливо важливо в посушливих регіонах, де водні ресурси обмежені і водночас сприяє кращому росту рослин та вищій врожайності. Також при впровадженні крапельного зрошення відбувається покращення якості ґрунту і знижується ризик утворення поверхневої кірки та ерозії ґрунту, що у свою чергу, сприяє кращому проникненню кисню до кореневої системи рослин та покращує їх загальний стан.

Автоматизовані системи управління на основі Інтернету речей (IoT) не тільки допомагають оптимізувати споживання води, але й покращують точність та регулярність поливу, що також призводить до значного збільшення врожайності. Автоматичні зрошувальні системи, оснащені датчиками вологості ґрунту, датчиками дощу та системами керування на основі даних, є ще одним важливим кроком у розвитку сучасних методів зрошення. Такі системи дозволяють точно контролювати рівень вологості ґрунту та автоматично регулювати зрошення залежно від поточних погодних умов та стану ґрунту. Це

допомагає уникнути перезволоження або пересушування, що може негативно вплинути на ріст рослин.

Мережа IoT складається з інтелектуальних пристроїв, які мають доступ до Інтернету. Для роботи вони використовують вбудовані системи: процесори, датчики, обладнання для збору, відправки та обробки даних, отриманих зі свого середовища. Через підключення до інтернету або іншого периферійного пристрою, підключеного в мережу, відбувається обмін даними між IoT-пристроями. Вся інформація надходить на хмарний сервер для аналізу та обробки. Більшість операцій в Інтернеті речей відбувається без участі людини, але при цьому, людина може взаємодіяти з будь-яким пристроєм: віддавати команди, інструкції, отримувати доступ до інформації.

Щоб підтримати оптимальну концентрацію елементів живлення в ґрунтовому розчині протягом всього періоду вегетації рослин застосовують прогресивну технологію з локальним внесення добрив разом із поливною водою. Технологія одержала назву фертигація, яка у порівнянні з традиційними способами внесення добрив, забезпечує їх економію від 40% та значно підвищує врожайність та покращує якість продукції [2].

Системи рециркуляції та повторного використання води є одними з найважливіших інновацій у сільськогосподарському водокористуванні [3]. Ці системи використовують очищені стічні води або воду з інших вторинних джерел для зрошення сільськогосподарських культур. Головною метою таких систем є значне скорочення споживання прісної води. В умовах посухи та зміни клімату, коли ресурси прісної води стають дефіцитними, оборотна вода стає життєво важливою для підтримки сталого сільськогосподарського виробництва.

Висновки. Розробка та впровадження сучасних іригаційних систем є значним кроком у сільському господарстві, спрямованих на досягнення кількох ключових цілей: підвищення ефективності використання води, зменшення її споживання та збільшення врожайності сільськогосподарських культур

Список використаних джерел

1. Ромащенко, М., Гусев, Ю., Шатковский, А., Сайдак, Р., Яцюк, М., Шевченко, А. и Матиаш, Т. (2020) Влияние изменения климата на водные ресурсы и сельскохозяйственное производство. *Мелиорация и водное хозяйство* , (1), 5–22. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
2. Vijay Kumar¹, Vijay Bharti (2025) Fertigation: a contemporary strategy for boosting output: a review. *Plant Archives* Vol. 25, No. 1, 2025 pp. 2345-2355. DOI: <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2025.v25.no.1.338>
3. Chia-Yang Chen, Sheng-Wei Wang (2021) Non-conventional water reuse in agriculture: A circular water economy. *Water Research* Volume 199, July 117-193 pp. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135421003912>

УДК: 51.402.3

Заводяний В.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМ-ГІДРОТЕХНІКАМ

Вступ

Сучасна підготовка інженерів-гідротехніків вимагає високого рівня фундаментальних знань із фізики, оскільки саме фізичні закономірності лежать в основі процесів, що відбуваються у гідропоруках, водних системах та енергетичних установках. Методика викладання фізики для майбутніх фахівців цієї галузі має враховувати не лише професійні потреби студентів, а й тенденції інтеграції

Основна частина

1. Професійно-орієнтований підхід у викладанні фізики

Методика викладання фізики має бути максимально професійно-орієнтованою, що досягається шляхом інтеграції фізичних понять із ключовими інженерно-гідротехнічними дисциплінами.

1.1. Актуалізація знань через гідротехнічні задачі

Вивчення фізичних законів (зокрема, механіки рідин, термодинаміки, електрики та магнетизму) повинно супроводжуватися розв'язанням задач, які моделюють реальні процеси у гідротехніці. Це можуть бути:

- Розрахунок тиску та сили Архімеда при проєктуванні понтонів, кесонів чи заглиблених конструкцій.
- Аналіз турбулентних та ламінарних течій у водопровідних системах, каналах та річках (Рівняння Бернуллі, рівняння нерозривності).
- Вивчення процесів теплообміну (конденсації, випаровування) у гідроенергетичних установках чи водосховищах.
- Застосування основ електрики для розуміння роботи насосних станцій, систем автоматики та контрольно-вимірювальних приладів.

1.2. Використання кейс-методів та проєктного навчання

Залучення студентів до проєктної діяльності та аналізу реальних інженерних кейсів (наприклад, аварія на греблі, оптимізація роботи гідроелектростанції, розробка іригаційної системи) дозволяє їм побачити практичну значущість фізичних законів. Це сприяє глибшому осмисленню матеріалу та розвитку критичного мислення.

2. Інтеграція та міждисциплінарні зв'язки

Ефективна методика вимагає створення міцних міждисциплінарних зв'язків між фізикою та спеціальними гідротехнічними дисциплінами (гідравліка, гідрологія, гідротехнічні споруди, гідроенергетика).

2.1. Спільні семінари та лабораторні роботи

Організація міжпредметних лабораторних робіт (наприклад, вимірювання витрати рідини з використанням фізичних методів та гідравлічних приладів) та спільних семінарів із викладачами спеціальних кафедр допомагає уникнути дублювання інформації та забезпечує цілісність сприйняття навчального матеріалу.

2.2. Застосування сучасних інформаційних технологій

Використання програмних комплексів для моделювання фізичних процесів (наприклад, CFD-симуляції для течій) та віртуальних лабораторних стендів дозволяє студентам візуалізувати складні явища, які важко відтворити в умовах звичайної лабораторії.

3. Оцінювання та критерії успішності

Система оцінювання повинна не лише перевіряти знання, а й стимулювати студента до застосування фізичних законів для розв'язання інженерних проблем.

3.1. Формативне оцінювання

Застосування регулярного формативного оцінювання (короткі тести, міні-проекти, обговорення кейсів) допомагає вчасно виявити прогалини у знаннях та коригувати навчальний процес.

3.2. Критерії оцінювання

Критерії успішності мають включати оцінку:

- Фундаментальних знань (розуміння законів, формул, одиниць вимірювання).
- Навичок розв'язання прикладних задач (здатність застосувати фізику до гідротехнічних розрахунків).
- Звітування та аналізу (здатність чітко формулювати висновки та аргументувати рішення).

Висновки

Ефективна методика викладання фізики студентам-гідротехнікам має базуватися на професійній орієнтації, інтеграції навчального матеріалу та активному використанні сучасних технологій. Такий підхід забезпечить формування компетентного, висококваліфікованого інженера, здатного застосовувати фундаментальні фізичні знання для розв'язання складних завдань у сфері гідротехніки та водогосподарського будівництва.

Література

1. Скіцько І. Ф. Фізика (Фізика для інженерів): підручник для студентів, які навчаються за технічними спеціальностями. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. (Або інше профільне видання, що використовується у вашому університеті).
2. Гончаренко С. У. Методика навчання фізики: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2005.
3. Волкова Н. П. Педагогіка: навчальний посібник. Київ: Академвидав, 2007.
4. Карабан В. О., Карабан А. І., Мельник В. В. Гідравліка та гідротехнічні споруди: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2012

УДК 004.8:628.1/.3

Коваленко Р. Ю. к.т.н., доцент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,

kovalenko_r@ksaeu.kherson.ua

**ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПОДОЛАННІ
ГЛОБАЛЬНОЇ ВОДНОЇ КРИЗИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Вступ. Глобальна водна криза є одним із найсерйозніших викликів сучасності, що безпосередньо впливає на здоров'я населення, розвиток економіки та екологічну стабільність планети. За даними міжнародних організацій, близько чверті людства не має доступу до безпечної питної води [5], а зростання попиту, кліматичні зміни та деградація водних екосистем лише загострюють ситуацію. Традиційні методи управління водними ресурсами вже не забезпечують ефективного вирішення проблем дефіциту, забруднення та нерационального використання прісної води.

У цих умовах особливого значення набувають цифрові технології, зокрема штучний інтелект, який відкриває нові можливості для аналізу, прогнозування та оптимізації процесів у сфері водопостачання. Завдяки системам машинного навчання, моделюванню та обробці великих масивів даних стає можливим точніше прогнозувати посухи, своєчасно виявляти витoki у водних мережах, підвищувати енергоефективність водоочисних споруд і знижувати втрати ресурсів [2]. Використання ШІ у водному секторі не лише підвищує ефективність управління, а й сприяє формуванню сталих екосистемних рішень, необхідних для забезпечення водної безпеки у XXI столітті.

Метою дослідження є аналіз можливостей застосування технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності управління водними ресурсами, запобігання дефіциту прісної води та оптимізації систем водопостачання. Дослідження спрямоване на виявлення перспектив використання інтелектуальних алгоритмів для моніторингу, прогнозування, очищення та розподілу води з урахуванням сучасних екологічних і кліматичних викликів.

Основна частина. Штучний інтелект поступово стає одним із ключових інструментів у вирішенні проблем, пов'язаних із дефіцитом прісної води та неефективним управлінням водними ресурсами. Його потенціал проявляється у здатності аналізувати великі обсяги даних, виявляти закономірності та формувати точні прогнози, що недосяжно для традиційних методів.

Прогнозування водного балансу та кліматичних змін. Системи штучного інтелекту використовуються для аналізу метеорологічних даних, супутникових знімків і гідрологічних спостережень з метою прогнозування посух, повеней і змін рівня ґрунтових вод [3]. Такі технології дозволяють завчасно планувати розподіл води, оптимізувати роботу водосховищ і зменшувати ризики екологічних катастроф.

Оптимізація систем водопостачання та водовідведення. Інтелектуальні алгоритми аналізують стан трубопроводів, виявляють витoki та несанкціоновані втрати води. Завдяки використанню сенсорних мереж та аналітичних моделей можливо автоматично регулювати тиск у системі, скорочуючи витрати електроенергії та обсяг споживаної води. Прикладом є сучасні міські системи «розумного водопостачання», які впроваджуються у Нідерландах, Сінгапурі та Іспанії [4].

Використання ШІ в очищенні та повторному використанні води. Машинне навчання застосовується для керування процесами водоочищення — від контролю якості стічних вод до оптимізації дозування реагентів [1]. Це забезпечує економію ресурсів і покращення якості очищення. Деякі очисні станції вже використовують алгоритми, що автоматично підлаштовують технологічні параметри залежно від складу води.

Моніторинг і захист водних екосистем. ШІ допомагає відстежувати стан річок, озер і підземних вод за допомогою супутникових зображень і сенсорних мереж. Аналіз даних дозволяє виявляти забруднення на ранніх стадіях, оцінювати стан біорізноманіття та прогнозувати наслідки людської діяльності для екосистем [2]. Це створює передумови для більш відповідального водокористування та екологічного планування.

Глобальний вимір і значення для сталого розвитку. Використання ШІ у водному секторі відповідає Цілям сталого розвитку ООН, зокрема Цілі 6 — «Чиста вода та належні санітарні умови» [5]. Цифрові інновації допомагають поєднати економічну ефективність із екологічною безпекою, формуючи нову

культуру управління водними ресурсами, засновану на даних та передбачуваності.

Рекомендації. Для підвищення ефективності управління водними ресурсами та впровадження штучного інтелекту необхідно:

1. Розширювати впровадження інтелектуальних систем моніторингу водних ресурсів на основі сенсорних мереж, супутникових технологій та аналітичних платформ.

2. Підтримувати наукові дослідження й інноваційні проекти у сфері водних технологій, що передбачають застосування ШІ для прогнозування, очищення та зменшення втрат води.

3. Інтегрувати штучний інтелект у діяльність водопостачальних підприємств для автоматизованого контролю витоків і підвищення енергоефективності.

4. Забезпечити підготовку фахівців з цифрової гідротехніки шляхом упровадження міждисциплінарних освітніх програм.

5. Розвивати міжнародне співробітництво у сфері водних ресурсів і цифрових технологій з метою обміну досвідом і формування спільних стандартів моніторингу.

6. Забезпечити прозорість та етичність використання штучного інтелекту у водному секторі, дотримуючись принципів відкритості даних і екологічної відповідальності.

Висновки. Штучний інтелект відкриває нову епоху у сфері управління водними ресурсами, поєднуючи аналітичні можливості, точність прогнозів і екологічну доцільність. Його застосування дозволяє ефективно реагувати на глобальні виклики — від дефіциту прісної води до забруднення та нераціонального використання ресурсів. Завдяки сучасним алгоритмам можливо забезпечити постійний моніторинг стану водних систем, своєчасне виявлення ризиків і розробку оптимальних рішень для збереження води та енергії.

Інтеграція технологій ШІ у водну сферу сприяє переходу до розумних і сталих систем водопостачання, де кожне рішення ґрунтується на даних та наукових прогнозах. Це не лише підвищує ефективність роботи інженерних мереж, а й формує нову культуру взаємодії з природними ресурсами, орієнтовану на баланс між технологічним прогресом і екологічною відповідальністю.

Загалом, використання штучного інтелекту є стратегічним напрямом для подолання глобальної водної кризи та досягнення цілей сталого розвитку. Саме впровадження інтелектуальних технологій може стати ключем до майбутнього, у якому вода буде не дефіцитним ресурсом, а гарантованим правом кожної людини.

Список використаних джерел.

1. **Javed, A., Khan, M., & Rahman, A.** (2025). *Leak Management in Water Distribution Networks Through Deep Reinforcement Learning: A Review*. *Water*, 17(4). MDPI. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17040421>
2. **Jasechko, S., Perrone, D., et al.** (2024). *Rapid groundwater decline and some cases of recovery in aquifers worldwide*. *Nature*, 626, 214–221. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07012-3>
3. **NASA.** (2024). *Satellites Reveal Abrupt Drop in Global Freshwater Levels*. NASA Official Website. Retrieved from <https://www.nasa.gov/climate/news/satellites-reveal-abrupt-drop-in-global-freshwater-levels>
4. **PUB Singapore.** (2025). *Digital anomaly and leak detection using digital twins, AI and ML in Singapore's Smart Water Grid*. Bentley Systems Case Study. Retrieved from <https://www.bentley.com/case-studies/pub-singapore-smart-water-gridm>
5. **WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme.** (2025). *Progress on household drinking-water, sanitation and hygiene 2000–2024: Special focus on inequalities*. Geneva: WHO and UNICEF. Retrieved from <https://washdata.org>

СТРАТЕГІЇ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Вступ. Декарбонізація має на меті значно зменшити викиди вуглекислого газу, які є основною причиною кліматичних змін. Декарбонізація енергетичних систем передбачає заміну традиційних енергетичних технологій, що використовують викопне паливо і спричиняють викиди CO_2 , технологіями, що застосовують відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова та ядерна енергія, а також технологіями, що використовують викопне паливо, але компенсують їхній негативний вплив за допомогою систем уловлювання та зберігання вуглецю. Стратегії декарбонізації енергосистем мають значний вплив на функціонування і розвиток енергетичних ринків.

Основна частина. Одним з дієвих способів зробити енергію на основі викопного палива дорожчою за відновлювану енергію є введення податків на CO_2 , що стимулює інвестиції в чистіші енергетичні технології та заходи для підвищення енергоефективності.

Ринок квот на викиди вуглецю дозволяє скорочувати викиди там, де це є найбільш економічно вигідним. Хоча квоти і ліцензії на викиди CO_2 є складними в адмініструванні, вони покладають на споживачів і підприємства відповідальність за викиди вуглецю, сприяючи енергозберігаючій поведінці та вибору більш чистих технологій та джерел енергії.

Заходи з підвищення енергоефективності також є дієвою стратегією скорочення викидів у різних секторах. Зусилля з підвищення ефективності вже існуючих електростанцій, які працюють на викопному паливі, за допомогою застосування технологій уловлювання та зберігання вуглецю [1], систем комбінованого виробництва тепла та електроенергії та модернізації з метою зниження викидів, спрямовані на пом'якшення впливу таких електростанцій на

навколишнє середовище при забезпеченні сталої роботи енергосистеми під час переходу до нульових викидів.

Субсидії на відновлювану енергію, такі як премії та «зелені» тарифи, зменшують фінансові бар'єри для переходу на чисту енергію.

Інвестиції в дослідження та розробки, спрямовані на стимулювання інновацій у сфері виробництва енергії, а також рішень для її зберігання, інтеграції та експлуатації енергетичних систем, а також енергоефективності дають можливість винаходити довгострокові рішення та прискорюють перехід до декарбонізованого майбутнього.

Історично енергетичну систему було розроблено для базових електростанцій, що задовольняють попит на безперервну роботу енергосистеми з високою потужністю. Традиційні теплові електростанції, такі як вугільні, геотермальні та атомні, зазвичай демонструють коефіцієнти доступності в діапазоні від 70% до 90% [2]. На відміну від них, відновлювана енергетика, що використовує енергію сонця та вітру, пропонує змінну потужність, що залежить від погоди, інтенсивності денного світла та вітрових умов, що призводить до коливань, інколи непередбачуваних, в енергопостачанні. Відповідно зі зростанням обсягів використання таких джерел енергії зростає мінливість та невизначеність щодо виробництва електроенергії як з джерел промислового масштабу, так і з дедалі більшої частки розподілених енергетичних ресурсів, таких як сонячні дахові панелі, що вимагає більш адаптивної та чутливої інфраструктури енергосистеми.

Такий перехід також відбувається зі зростанням обсягів електрифікації таких секторів кінцевого споживання, як транспортний сектор, опалення та промисловість. Ключовою стратегією декарбонізації цих секторів є їхня електрифікація, що дозволяє безпосередньо використовувати відновлювану електроенергію та інтегрувати рішення для зберігання енергії.

Геотермальна енергія також є перспективним джерелом декарбонізованої енергії, яке забезпечує стабільну базову потужність з мінімальними викидами без проблем, характерних для змінних відновлюваних джерел енергії, таких як

вітер та сонце. Покращені геотермальні системи та технології розширюють потенціал геотермальної енергії і виводять її застосування за межі лише районів з високою температурою. Навіть враховуючи ризики розвідки, високі початкові витрати та обмеження використання геотермальної енергії, пов'язані з місцем її розташування, вона має значний потенціал для декарбонізації енергетичного ринку, особливо у сукупності з системами централізованого теплопостачання або в гібридній формі з іншими відновлюваними джерелами енергії.

Аналогічно, атомна енергетика забезпечує стабільну базову потужність з низьким рівнем викидів CO₂. Передові ядерні технології, такі як малі модульні реактори, демонструють покращені характеристики безпеки, знижені витрати та більшу гнучкість у впровадженні. Подібні інновації, як очікується, матимуть вирішальне значення для переходу до низьковуглецевої енергетичної системи, доповнюючи інші відновлювані джерела енергії та забезпечуючи стабільне та надійне енергопостачання.

Водночас декарбонізація значно підвищує вимоги до ринків передачі електроенергії і підкреслює їхню центральну роль в інтеграції відновлюваних джерел енергії та забезпеченні успіху енергетичної трансформації. Джерела відновлюваної енергії промислового масштабу, які часто розташовані далеко від центрів споживання, потребують надійних та гнучких систем передачі для ефективної доставки енергії та зменшення перевантажень енергосистеми. Однак наразі швидке розгортання відновлюваної генерації випереджає повільніший розвиток інфраструктури передачі, створюючи значні складнощі та обмежуючи повний потенціал чистої енергії. Ця розбіжність підриває економічну життєздатність проектів декарбонізації енергетичних систем, посилює проблеми стабільності мережі та вимагає складного планування та інвестицій.

Сучасні енергомережі мають адаптуватися до двонаправлених потоків електроенергії, інтегрувати розподілені енергетичні ресурси і подолати природну інерцію роботи традиційних електростанцій, що вимагає застосування сучасних автоматизованих систем управління. Такі рішення, як

технології вдосконалення енергомереж, динамічні номінальні характеристики ліній, стратегічно розміщені системи зберігання енергії та інноваційні ринкові механізми, можуть допомогти оптимізувати існуючу енергетичну інфраструктуру та стимулювати інвестиції в її розвиток. Прискорення розвитку енергетичних мереж за допомогою технічних, політичних та ринкових реформ є необхідним для досягнення сталого та декарбонізованого енергетичного майбутнього.

Вплив кожної зі стратегій декарбонізації енергетичних систем є різним на інвестиційні рішення, динаміку ринку та темпи переходу до декарбонізованого енергетичного майбутнього. Очікувана еволюція енергетичного сектору має характеризуватися поступовою заміною генерації на основі викопного палива, відновлюваними джерелами, такими як сонячна фотоелектрична енергія, вітрова, ядерна та інші технології з низьким рівнем викидів CO₂, а також, в тих сферах, де такий перехід є найскладнішим, – застосуванням технологій уловлювання та зберігання вуглецю.

Висновок. Таким чином, основні виклики для розвитку декарбонізованих енергетичних систем полягають у включенні, інтеграції та управлінні зростаючою часткою відновлюваних енергетичних ресурсів та розподілених джерел генерації. Хоча традиційні ринкові структури є централізованими, децентралізація за допомогою розподілених джерел генерації, таких як дахові сонячні фотоелектричні системи, акумулятори та мікромережі, порушує традиційну модель. Ця зміна, в свою чергу, призводить до появи більшої кількості генеруючих одиниць, значна частина яких має невелику потужність і мінливі профілі генерації, географічно розкидані і знаходяться поза межами досяжності системних операторів. Водночас системні оператори повинні забезпечувати надійність та сталість роботи енергосистем. Для подолання цих проблем надзвичайно важливими є розширення інфраструктури передачі енергії, рішення для її зберігання, інтеграція відновлюваних енергетичних ресурсів та впровадження передових технологій комунікації, експлуатації та контролю роботи енергомереж, що сприяють скоординованому розподілу всіх

ресурсів для узгодження попиту та пропозиції в режимі реального часу. Парадигма базового навантаження, яка покладається здебільшого на великі централізовані електростанції, має еволюціонувати до більш гнучкої системи, здатної адаптуватися до мінливості відновлюваної генерації енергії.

Список використаних джерел

1. Saxena, A.; Prakash Gupta, J.; Tiwary, J.K.; Kumar, A.; Sharma, S.; Pandey, G.; Biswas, S.; Raghav Chaturvedi, K. Innovative Pathways in Carbon Capture: Advancements and Strategic Approaches for Effective Carbon Capture, Utilization, and Storage. Sustainability 2024, 16, 10132.

2. Raineri, R. Power Shift: Decarbonization and the New Dynamics of Energy Markets. Energies 2025, 18, 752. <https://doi.org/10.3390/en18030752>

УДК 504.4:628.1(477)

Коваленко Р. Ю. к.т.н., доцент, **Басс Р. Д.** студент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,

kovalenko_r@ksaeu.kherson.ua

ВОДНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ

Вступ. Вода є одним із найцінніших природних ресурсів, від якого залежить життя, здоров'я та економічна стабільність держави. В умовах збройного конфлікту в Україні питання водної безпеки набуло особливої актуальності, адже руйнування гідротехнічних споруд і забруднення водою загрожують сталому водопостачанню населення. Забезпечення водної безпеки є ключовою умовою екологічної стабільності та продовольчої безпеки країни.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану водної безпеки України в умовах збройного конфлікту, виявлення основних екологічних, соціальних та інфраструктурних загроз, а також визначення напрямів відновлення та раціонального управління водними ресурсами у післявоєнний період.

Основна частина. Збройна агресія Російської Федерації проти України спричинила масштабні екологічні наслідки, серед яких особливо гостро постала проблема водної безпеки. Руйнування водної інфраструктури, забруднення водних об'єктів і деградація водних екосистем створюють системні загрози для населення, економіки та природного середовища країни [1; 2].

Однією з ключових проблем стало пошкодження гідротехнічних споруд, водогонів, насосних станцій і очисних систем, що призвело до перебоїв з водопостачанням у багатьох регіонах, особливо на сході та півдні України [2]. Внаслідок бойових дій у водойми потрапляють нафтопродукти, важкі метали, вибухові речовини, що створює загрозу якості питної води та функціонуванню екосистем. Особливо масштабні наслідки мала техногенна катастрофа — підриг Каховської гідроелектростанції у 2023 році, який призвів до повного знищення Каховського водосховища, втрати джерел водопостачання та деградації іригаційних систем південних областей України [3]. Ситуацію катастрофічного затоплення населених пунктів після руйнування Каховської ГЕС показано на рис. 1.

Воєнні дії спричинили також низку екологічних викликів. Пошкодження промислових підприємств і складів хімічних речовин призводить до потрапляння токсичних сполук у річкові та підземні води [4]. Зниження якості води в зоні бойових дій створює небезпеку для здоров'я населення та зумовлює втрату водно-болотних угідь, зміну русел річок і погіршення біорізноманіття [5]. Наслідки деградації водних екосистем і масової загибелі риби після осушення водосховища подано на рис. 2.



Рис. 1. Наслідки затоплення населених пунктів після підриву Каховської ГЕС (2023 р.). Джерело: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Наслідки руйнування Каховської ГЕС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 23.10.2025).



Рис. 2. Масова загибель риби у водних екосистемах після руйнування Каховського водосховища (2023 р.). Джерело: Дніпропетровська обласна прокуратура. Екологічні наслідки підриву Каховської ГЕС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dnepr.gp.gov.ua/> (дата звернення: 23.10.2025).

Водна криза має виражений соціально-економічний вимір. У багатьох громадах зменшився доступ до безпечної питної води, що підвищує ризики

епідемії та ускладнює санітарні умови [6]. Сільське господарство зазнало суттєвих втрат через порушення систем зрошення, а дефіцит води посилює соціальну напругу серед населення прифронтових територій, підвищуючи вразливість місцевих громад.

Доступ до чистої води є базовим правом людини, тому гуманітарний аспект водної безпеки набуває особливого значення. У зонах бойових дій водопостачання часто здійснюється через привізну воду або тимчасові системи, що створює ризики для здоров'я, особливо дітей, літніх людей і осіб, які залишаються у небезпечних районах [6]. Відсутність належних умов санітарії підвищує ймовірність спалахів інфекційних захворювань.

З метою мінімізації наслідків екологічної кризи Україна за підтримки міжнародних партнерів реалізує комплекс заходів щодо відновлення водопостачання, моніторингу якості води, розвитку систем очищення та створення Національної водної стратегії до 2050 року [1; 3]. Важливу роль відіграє міжнародна співпраця у сфері екологічної безпеки, зокрема участь Програми розвитку ООН [3], ЮНІСЕФ [6] та європейських екологічних організацій [7].

Після завершення війни країна зіткнеться з низкою викликів, серед яких — відновлення зруйнованих гідроспоруд, очищення забруднених водойм, модернізація водогонів і впровадження сучасних цифрових технологій управління водними ресурсами [4; 7]. Перспективним напрямом є створення національної системи цифрового моніторингу якості води у режимі реального часу та інтеграція питань водної безпеки в стратегію післявоєнного відновлення й оборони держави.

Таким чином, забезпечення водної безпеки України потребує комплексного підходу, який поєднує інженерні, екологічні, соціальні та технологічні рішення. Важливими залишаються розвиток локальних систем водопостачання, збереження природних джерел води, підвищення рівня екологічної освіти та розширення міжнародного партнерства у сфері водних ресурсів [7].

Висновки. Збройна агресія Російської Федерації проти України спричинила глибоку екологічну кризу, що проявилася у руйнуванні водної інфраструктури, забрудненні водойм і деградації екосистем. Водна безпека стала складовою національної безпеки держави та однією з найгостріших проблем сучасного періоду.

Для подолання наслідків війни та забезпечення сталого водокористування необхідно реалізувати комплекс заходів, спрямованих на відновлення гідроспоруд, очищення забруднених водних об'єктів і впровадження сучасних технологій управління водними ресурсами. Важливу роль відіграє міжнародна підтримка, розвиток цифрового моніторингу та формування нової екологічної культури.

Підвищення рівня водної безпеки України потребує системного підходу, який поєднує екологічну політику, технологічні інновації та гуманітарний вимір відновлення, забезпечуючи кожній людині право на доступ до безпечної води.

Список використаних джерел.

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua> (дата звернення: 23.10.2025).
2. Державне агентство водних ресурсів України. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.davr.gov.ua> (дата звернення: 23.10.2025).
3. Програма розвитку ООН в Україні (UNDP Ukraine). Оцінка впливу війни на довкілля України : звіт, 2023 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.undp.org/uk/ukraine> (дата звернення: 23.10.2025).
4. Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB). War in Ukraine threatens freshwater resources and water infrastructure, 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.igb-berlin.de/en> (дата звернення: 23.10.2025).

5. Books & Ideas. Water in the War in Ukraine: Between Mobilization and Collapse, 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://booksandideas.net> (дата звернення: 23.10.2025).

6. Дитячий фонд ООН (ЮНІСЕФ) в Україні. Матеріали про забезпечення доступу до чистої води в умовах війни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unicef.org/ukraine> (дата звернення: 23.10.2025).

7. Центр екологічних ініціатив «Екодія». Вода, війна і безпека України : інформаційні матеріали, 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua> (дата звернення: 23.10.2025).

УДК: 577.35

Заводяний В.В., Шпилько О.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м.Херсон

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ТВАРИН

Вступ

Кісткова тканина є основою опорно-рухового апарату тварин і виконує критично важливі функції: механічну підтримку організму, захист внутрішніх органів, депонування мінеральних речовин та кровотворення. Розуміння фізичних властивостей кісткової тканини має фундаментальне значення для ветеринарної практики, біомеханіки, а також для розробки сучасних біоматеріалів та імплантатів. Дослідження цих властивостей дозволяє прогнозувати поведінку кісток під навантаженням, діагностувати патології та розробляти ефективні методи лікування травм і захворювань опорно-рухової системи.

Основна частина

Мета роботи

Охарактеризувати основні фізичні властивості кісткової тканини тварин, проаналізувати їх взаємозв'язок зі структурною організацією кістки та визначити практичне значення цих знань для ветеринарної медицини і біомеханіки.

Композитна природа кісткової тканини

Кісткова тканина є природним біологічним композитом, що складається з двох основних компонентів:

Органічна матриця (≈30% маси): Представлена переважно колагеном I типу, який формує волокнисту основу. Колагенові волокна забезпечують еластичність, здатність до деформації та опір розтягуючим навантаженням. Окрім колагену, органічна матриця містить неколагенові білки (остеокальцин, остеопонтин), які беруть участь у мінералізації та регуляції метаболізму кістки.

Неорганічна частина (≈70% маси): Основним мінеральним компонентом є гідроксиапатит кальцію $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, який формує кристалічну решітку. Ці кристали мають нанометрові розміри (довжина 20-80 нм, товщина 2-5 нм) і орієнтовані вздовж колагенових волокон. Мінеральна фаза забезпечує твердість, жорсткість і високу міцність на стиск.

Унікальна композитна структура, де жорсткі кристали вплетені в еластичну органічну матрицю, забезпечує кістці оптимальне поєднання міцності, твердості та пружності при мінімальній масі.

Основні фізичні властивості кісткової тканини

1. Щільність і пористість

Середня щільність компактної кісткової тканини становить 1,8-2,1 г/см³, що значно менше за щільність чистого гідроксиапатиту (3,16 г/см³) через наявність органічних компонентів і пористої структури. Губчаста кісткова тканина має меншу щільність (0,3-1,0 г/см³) внаслідок високої пористості (50-90%). Щільність кістки залежить від виду тварини, віку, функціонального

навантаження та стану мінерального обміну. У молодих тварин кістки менш мінералізовані, що робить їх більш еластичними, але менш міцними.

2. Механічні властивості

Кісткова тканина демонструє анізотропні механічні властивості – її міцність залежить від напрямку навантаження відносно орієнтації остеонів і колагенових волокон.

Міцність на стиск: Компактна кісткова тканина витримує напруження до 170-190 МПа у поздовжньому напрямку. Це пояснюється ефективним розподілом навантаження між мінеральною та органічною фазами. Кістки тварин, що зазнають значних статичних навантажень (наприклад, кінь великої рогатої худоби), мають вищу міцність на стиск.

Міцність на розтяг: Становить 100-150 МПа, що приблизно в 1,5-2 рази менше за міцність на стиск. Опір розтягуванню забезпечується переважно колагеновими волокнами органічної матриці.

Міцність на згин: При згинанні кістка одночасно зазнає розтягування з одного боку та стиснення з іншого. Міцність на згин становить близько 150-180 МПа.

Модуль пружності (модуль Юнга): Характеризує жорсткість матеріалу і для кісткової тканини становить 10-20 ГПа у поздовжньому напрямку та 5-10 ГПа у поперечному. Порівняно зі сталлю (200 ГПа) кістка менш жорстка, але значно легша, що забезпечує оптимальне співвідношення міцності до маси.

В'язкість руйнування: Кістка здатна поглинати енергію при деформації завдяки механізмам, що гальмують поширення тріщин: відхилення тріщин на межі остеонів, утворення мікротріщин і пластична деформація органічної матриці.

3. Теплофізичні властивості

Теплопровідність: Компактна кісткова тканина має відносно низьку теплопровідність – 0,3-0,5 Вт/(м·К), що близько до теплопровідності м'яких тканин. Це сприяє теплоізоляції і захищає кістковий мозок від різких температурних коливань. Губчаста кістка має ще нижчу теплопровідність через високу пористість.

Теплоємність: Питома теплоємність кісткової тканини становить близько 1,3-1,7 кДж/(кг·К), що дещо менше за теплоємність води та м'яких тканин.

4. Акустичні властивості

Швидкість ультразвуку: У компактній кістковій тканині швидкість поширення ультразвукових хвиль становить 3000-4500 м/с, що значно перевищує швидкість звуку в м'яких тканинах (≈ 1540 м/с). Це зумовлено високою щільністю та пружністю кістки.

Акустичний імпеданс: Великий акустичний імпеданс кісткової тканини ($\approx 6-7$ МПа·с/м) порівняно з м'якими тканинами ($\approx 1,5$ МПа·с/м) призводить до сильного відбиття ультразвукових хвиль на межі кістка-м'які тканини.

Акустичні властивості використовуються в діагностиці: ультразвукова денситометрія дозволяє оцінювати щільність кістки, якість мінералізації та ризик переломів у тварин.

5. П'єзоелектричні властивості

Кісткова тканина проявляє п'єзоелектричний ефект – виникнення електричного потенціалу при механічній деформації. Це явище пов'язане з орієнтацією колагенових волокон і кристалів гідроксиапатиту. П'єзоелектричні сигнали можуть відігравати роль у регуляції ремоделювання кістки, стимулюючи активність остеобластів у зонах стиснення та остеокластів у зонах розтягування (закон Вольфа).

Методи дослідження фізичних властивостей

Сучасна біофізика використовує комплекс методів для вивчення кісткової тканини:

Механічні випробування: Проводяться на універсальних випробувальних машинах із реєстрацією кривих "напруження-деформація". Дозволяють визначити міцність, модуль пружності, в'язкість руйнування.

Ультразвукові методи: Вимірювання швидкості та загасання ультразвуку дає інформацію про щільність, пружність і структурну організацію кістки без її руйнування.

Рентгеноструктурний аналіз: Дозволяє вивчати кристалічну структуру мінеральної фази, розміри та орієнтацію кристалів гідроксиапатиту.

Комп'ютерна і магнітно-резонансна томографія: Неінвазивні методи візуалізації, що дозволяють оцінювати архітектуру кістки, щільність, пористість і виявляти патологічні зміни *in vivo*.

Наноіндентування: Вимірювання механічних властивостей на мікро- та нанорівні, що дає інформацію про властивості окремих структурних елементів кістки.

Фактори, що впливають на фізичні властивості

Фізичні властивості кісткової тканини не є постійними і змінюються під впливом:

- **Віку:** У молодих тварин кістки більш еластичні через вищий вміст органічної матриці. З віком мінералізація посилюється, кістки стають міцнішими, але крихкішими.
- **Виду тварини:** Птахи мають кістки з високою пористістю для зменшення маси. Водні ссавці мають більш щільні кістки для регуляції плавучості.
- **Механічного навантаження:** Згідно із законом Вольфа, кістка адаптується до навантаження, змінюючи свою структуру та властивості. Імобілізація призводить до зниження щільності та міцності.
- **Гормонального статусу:** Гормони (паратгормон, кальцитонін, статеві гормони) регулюють баланс процесів ремоделювання кістки.
- **Харчування:** Дефіцит кальцію, фосфору, вітаміну D призводить до погіршення мінералізації та зниження механічних властивостей.

Практичне значення

Знання фізичних властивостей кісткової тканини має важливе практичне застосування:

У ветеринарній медицині: Діагностика остеопорозу, рахіту, остеомалачії; прогнозування ризику переломів; планування хірургічних втручань; розробка методів лікування травм і захворювань кісток.

У біомеханіці: Моделювання рухів тварин, аналіз розподілу навантажень у скелеті, оптимізація тренувальних режимів для спортивних і робочих тварин.

У біоінженерії: Розробка біосумісних імплантатів і протезів, що за механічними властивостями наближені до природної кістки; створення скафолдів для регенеративної медицини.

У харчовій промисловості: Оцінка якості м'ясної сировини, розробка технологій переробки кісток для отримання желатину, колагену, мінеральних добавок.

Висновки

1. Кісткова тканина є складною ієрархічно організованою біокомпозитною системою, що поєднує органічні та неорганічні компоненти, забезпечуючи унікальну комбінацію фізичних властивостей.
2. Основні фізичні характеристики кісткової тканини – щільність (1,8-2,1 г/см³), міцність на стиск (до 170 МПа), модуль пружності (10-20 ГПа), теплопровідність (0,3-0,5 Вт/(м·К)) та швидкість ультразвуку (3000-4500 м/с) – визначаються взаємодією структурних компонентів на різних рівнях організації.
3. Фізичні властивості кісткової тканини є динамічними і змінюються залежно від віку, виду тварини, функціонального навантаження, гормонального статусу та умов існування, що відображає адаптивну природу кісткової системи.
4. Сучасні методи дослідження (механічні випробування, ультразвукова діагностика, томографія, наноіндентування) дозволяють комплексно оцінювати фізичні властивості кісткової тканини як *ex vivo*, так і *in vivo*.

5. Глибоке розуміння фізичних властивостей кісткової тканини є основою для розвитку ветеринарної діагностики, біомеханічного моделювання, створення біоматеріалів і регенеративної медицини.

Література

1. Кисельов І. П. Біофізика. – К.: Видавництво Київського університету, 2018. – 356 с.
2. Біомеханіка: навч. посіб. / За ред. О. В. Гаврилюка. – Львів: ЛНУ, 2020. – 284 с.
3. Rho J.Y., Kuhn-Spearing L., Zioupos P. Mechanical properties and the hierarchical structure of bone // Medical Engineering & Physics. – 1998. – Vol. 20. – P. 92-102.
4. Cowin S.C. Bone mechanics handbook. – 2nd ed. – CRC Press, 2001. – 980 p.
5. Currey J.D. Bones: Structure and Mechanics. – Princeton University Press, 2002. – 456 p.

УДК 624.01; 627.8

ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ПІСЛЯ РАКЕТНОГО УДАРУ

Чеканович М.Г.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. В результаті ракетних ударів страждають залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд, багато з яких визначають умови виживання людей, енергетичну, екологічну і транспортну безпеку держави. Ворог намагається нанести максимальну шкоду, зруйнувати важливі інфраструктурні

гідротехнічні об'єкти, серед яких гідроелектростанції, мостові переходи. Ці об'єкти відносяться до найбільш відповідальних і класифікуються як СС 3. Ми стикаємося зі значними обсягами руйнувань, пошкоджень будівель та споруд критичної інфраструктури. Безпекова ситуація вимагає якісного і оперативного технічного обстеження з оцінкою технічного стану для швидкого прийняття рішень щодо відновлення, закриття або консервації об'єктів гідротехнічного, енергетичного і транспортного призначення. Науково обґрунтоване і швидке прийняття технічних рішень представляється на сьогодні актуальним. Воно суттєво зменшує загрозу життю людей, сприяє енергетичній і екологічній безпеці країни.

Основна частина. Розглянемо характерні дефекти залізобетонних гідротехнічних споруд після ракетного удару. Пролам консольної частини силової залізобетонної плити будівлі представлено на рис. 1, 2. Ушкодження мостової частини споруди показано на рис. 3-5.



Рис.1. Наслідки ракетного удару, руйнування, пролам консольної частини плити несучого покриття будівлі



Рис.2. Характерне тріщиноутворення після ракетного удару, тріщини вздовж ригеля в залізобетонній плиті покриття будівлі

Державними стандартами технічний стан для будівлі визначається згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 і характеризується однією з чотирьох категорій [1], а технічний стан моста класифікується за п'ятьма експлуатаційними станами згідно ДСТУ 9181:2022 [2].

За результатами технічного обстеження несуча залізобетонна консольна плита покриття будівлі має пролам в місці ракетного удару, і в місці дії максимального згинального моменту тріщини розкриттям до 2,8 мм в основі консолі та тріщини на периферії – стан “4” (аварійний).

Експлуатаційний стан прогону моста по смузі проїзду зі сторони нижнього б'єфу – 5 (непрацездатний), а зі сторони нижнього б'єфу – 4

(обмежено працездатний), експлуатаційний стан суміжного прогону – 4 (обмежено працездатний).

З наведених рисунків 3-5 видно, що розмір вхідного отвору в плитній частині залізобетонного прогонової будови від удару значно менший від розмірів вивалу бетону з протилежної сторони.

Оцінка технічного стану будівель і мостових споруд має різну шкалу оцінювання і відмінну нормативну базу, що ускладнює комплексну оцінку технічного стану об'єктів внаслідок пошкодження від ракетного удару [3,4].



Рис. 3. Вхідний отвір у плитній частині прогонових будов моста



Рис. 4. Руйнування плитних частин балок прогону моста, вивал бетону, деформації, погнутість арматури, корозія, тріщини, порушення з'єднань арматури з протилежної від удару сторони прогонової будови



Рис. 5. Розшарування бетону, тріщини, руйнування, сколювання бетону, оголення і деформація арматури балки прогонової будови моста

Висновки. За результатами аналізу дефектів гідротехнічних споруд після ракетного удару встановлено, що в місці ракетного удару утворився пролам плити будівлі в одному місці, а небезпечні тріщини виникли поодаль - в місці дії максимального моменту; при цьому в прогоновій будові моста в місці удару в плитну частину залізобетонних балок пошкодження виявляється пошкодження меншим, ніж з протилежного боку. Крім того, встановлено нехарактерне для бетону його розшарування в місці руйнування залізобетону.

Рекомендується прийти до єдиної системи оцінювання технічного стану будівель і споруд мостів.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»
2. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

3. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204.
<https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>

4. Reinforced concrete structures with during-tensioning on the concrete mix: монографія / Мечислав Чеканович: Херсонський державний аграрно-економічний університет.– Одеса: Олді +, 2024.-146 с.
https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=-gZBVZMAAAAJ&citation_for_view=-gZBVZMAAAAJ:fPk4N6BV_jEC

УДК 637.5.02

Рагулін С.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вступ. Сучасний світ неможливо уявити без електроенергії. Щодня ми користуємось обладнанням, що працює від електрики. При відсутності електричної енергії можуть перестати працювати величезні заводи, лікарні та інші установи, пов'язані з життєдіяльністю людини.

На жаль, з кожним роком енергетичне обладнання дедалі більше починає зношуватися, ізоляція починає старіти та відбуваються такі ушкодження, як однофазні замикання на землю. Дані замикання можуть перейти до двох і навіть трифазних коротких замикань.

Під час однофазних замикань на землю збільшується напруга на ізоляції неушкоджених фаз, і з'являються імпульсні перенапруги при замиканні через дугу, які викликають пробій ізоляції на іншій фазі, що призводить до протікання високих струмів подвійного замикання через землю та відключення

ділянки пристроями релейного захисту. Замикання на землю негативно впливають на обладнання мереж та становлять загрозу для людей та тварин, які знаходяться поблизу місця замикання. При таких пошкодженнях необхідно приступати до визначення місця однофазного замикання на землю з подальшим вимкненням пошкодженої ділянки [1].

Основна частина. Для запобігання наслідкам аварійних режимів необхідно по можливості оновлювати обладнання енергетичної системи. Основною метою роботи є впровадження новітніх технологій Smart Grid, що забезпечує надійне енергопостачання, а також дозволяє виявляти та усувати несправності лише за кілька хвилин.

Smart Grid, або розумні мережі, – це сучасна концепція електроенергетики, яка передбачає використання інформаційних технологій для підвищення ефективності, надійності та стійкості електромереж [2]. Це не просто заміна обладнання, а комплексна трансформація енергосистеми, що включає:

- ❖ Інтелектуальні лічильники: Збирають детальну інформацію про споживання електроенергії.
- ❖ Системи автоматизації: Забезпечують дистанційне управління мережею та швидке реагування на зміни.
- ❖ Розподілена генерація: Впровадження відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни тощо).
- ❖ Системи зберігання енергії: Накопичують надлишкову електроенергію для використання в пікові години.

Smart Grid (розумна мережа електропостачання) – інтелектуальна електрична мережа, в якій існує зв'язок між усіма учасниками енергетичного ринку, спрямована на надання енергетичних послуг, зниження витрат та підвищення ефективності, а також інтеграцію розподілених джерел енергії, у тому числі відновлюваних джерел енергії.

Це електроенергетичні та комунікаційні мережі, які дозволяють регулювати виробництво та споживання електроенергії у режимі реального часу як на місцевому, так і на глобальному рівні. Їх принцип – інтерактивне двостороннє спілкування між виробничими джерелами та приладами чи споживачами про поточні можливості виробництва та споживання енергії.

Smart Grid – це технологія, яка дозволить створити автономну електроенергетичну систему, де постачальники та споживачі зможуть нарівні розподіляти електроенергію для оптимізації витрат та отримання доходів від власної електростанції.

Інша безперечна перевага полягає в тому, що Smart Grid дозволяє акумулювати надлишки енергоресурсів та перерозподіляти їх у періоди високих навантажень. Це може призвести до зростання водневої енергетики та розвитку електротранспорту.

«Розумні» мережі також підвищують ефективність роботи енергосистеми завдяки розподілу функцій генерації та розподілу електроенергії. При цьому скорочуються витрати за рахунок оперативного нівелювання помилок і несправностей, і навіть передачі електроенергії у двох напрямках.

Мережі 10 кВ є важливим елементом енергосистеми, забезпечуючи електроенергією як промислові підприємства, так і побутових споживачів.

Впровадження Smart Grid на цьому рівні дозволяє:

- ❖ Підвищити надійність: Швидше виявляти та усувати аварії, зменшити тривалість перебоїв в електропостачанні.
- ❖ Збільшити ефективність: Оптимізувати режими роботи мережі, зменшити втрати електроенергії.
- ❖ Інтегрувати відновлювані джерела енергії: Сприяти розвитку "зеленої" енергетики та зниженню залежності від традиційних джерел.
- ❖ Покращити якість електроенергії: Стабілізувати напругу, зменшити гармоніки.

❖ **Забезпечити прозорість та контроль:** Надати споживачам доступ до інформації про споживання електроенергії, стимулювати енергоефективність.

Висновки. Одним із нових технологій Smart Grid є пристрої визначення пошкодженого фідера. Впровадження даних пристроїв на підстанції та в розподільчі пункти 10кВ дозволить значно скоротити перерву в електропостачанні споживачів, і тим самим знизиться недовідпуск електроенергії. Також новими технологіями, впровадження яких дозволить автоматизувати підстанції та розподільчі пункти 10 кВ, є автоматизовані системи комерційного обліку електричної енергії та пристрої телемеханізації.

Список використаної літератури

1. Рубаненко, О.; Рубаненко, О.; Пограничний, Б.. Дослідження подвійних замкнень на землю в мережах 10 кВ з ізольованою нейтраллю. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences, 2024, 331.1: 415-419.

2. Orobchuk, B., Babiuk, S., Buniak, O., Sysak, I., Kostyk, L., Nakonechniy, M., & Filiuk, Y. (2023). Development of an educational laboratory stand at the base fast-acting automatic reserve input. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 112(4), 12-25.

УДК 628.179.2

Кравченко В.І.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВИГОТОВЛЕННЯ БІОПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ НА ОСНОВІ МУЛОВИХ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Вступ. Статистичні дані свідчать, що підприємства житлово-комунального господарства скидають близько 3400 млн м³ стічних вод, з них недостатньо очищеними – 1370 млн м³ (116 млн м³ без очищення) [1].

Очищення стічних вод відноситься до багатовідхідної технології, в якій утворений осад являється великотоннажним відходом.

У країнах Європи на сьогодні застосовуються наступні методи утилізації осадів: у сільському господарстві як добрива, як будівельний матеріал, для спалювання тощо. В Україні використовується практично один спосіб утилізації мулового осаду – це складування (>95 %). Разом з тим, очисні споруди можуть бути потенційним джерелом отримання додаткових сировинних ресурсів, потенціал яких повною мірою не використовується. Це пов'язано з браком сучасних технологій утилізації осадів стічних вод, з високою вологістю цих відходів, а також тим, що їх якість не відповідає вимогам нормативів за вмістом важких металів.

Основна частина. За класичною технологією очищення та обробки стічних вод та їх осадів відбуваються наступні стадії: механічна очистка з метою видалення органічних та мінеральних включень до 100 мм; відстоювання у первинних відстійниках стічних вод з утворенням осаду; очищення води у біореакторах; утворення очищеної стічної води та вторинного осаду у вторинних відстійниках. Одержані мулові осади направляються на мулові майданчики, що вимагає залучати значні площі земель та створює екологічну небезпеку навколишньому середовищу.

Елементарний склад сухої речовини (горючих) мулового осаду коливається у широких межах: до 87 % вуглецю, до 8,7% водню, до 2,7% сірки. За даними літературних джерел енергетичний потенціал осадів знаходиться у межах від 10 до 14,5 МДж/кг (на суху масу), що приблизно дорівнює теплоті згоряння бурого вугілля [2].

Технологія очистки стічних вод, що застосовується на підприємстві ОКВП «Дніпро- Кіровоград» не передбачає утилізацію чи використання мулових осадів стічних вод, що утворюються на каналізаційних очисних спорудах (КОС).

Одним з перспективних шляхів утилізації мулових осадів цього підприємства може бути термічна переробка, але при цьому вміст твердих

речовин в осаді повинен бути не нижчим 40%. Тобто попередньо перед спалюванням відходів їх необхідно зневоднити та висушити, що підвищить їх теплоту згоряння, енергоємність і параметри горіння.

Для виготовлення дослідно-промислової партії біопаливних пелет підприємство «Дніпро-Кіровоград» надало матеріали осадів з тимчасових майданчиків їх зберігання.

Для зменшення вмісту вологості осадів та підвищення їх енергетичної цінності було прийнято рішення про виготовлення композитної сировини шляхом змішування мулових осадів після центрифуги з лушпинням соняшника. Підставою для вибору лушпиння соняшника обґрунтовано тим, що значна частина його вирощується і переробляється саме у Кіровоградській області.

З урахуванням результатів досліджень виготовлення і аналізу експериментальних зразків композитних біопаливних пелет, отриманих на основі мулових осадів стічних вод ОКВП «Дніпро- Кіровоград», прийнято рішення виготовляти дослідну партію пелет з використанням такого складу: 80% мулові осади і 20% лушпиння соняшника.

При виборі пресового пристрою для виготовлення біопаливних пелет, приймалося до уваги, що надані зразки осадів є пластично-в'язкими матеріалами, а композитна сировина, виготовлена на основі мулових осадів та лушпиння соняшника також буде мати пластично-в'язкі властивості.

Серед машин для пластичного формування значне поширення одержали шнекові преси. Тому при виготовленні біопалива використовували модернізований пресовий пристрій з використанням горизонтального шнекового преса спрощеної конструкції. Його загальний вид показано на рисунку 1.



Рисунок 1 - Загальний вигляд шнекового пристрою для виготовлення біопаливних пелет на основі мулових осадів стічних вод

Зменшення вологості виготовлених пелет у межах 7-10% спостерігалось при місцевому малопотужному підігріванні шнекового преса до 45-50 С.

Тому для зниження вологості до меншої величини виготовлені біопаливні пелети підсушували в умовах відкритої атмосфери, як правило протягом 24 годин до вологості 18-25%. Загальний вигляд біопаливних пелет, виготовлених на шнековому пресі з композитної сировини на основі мулових осадів показано на рисунку 2.



Рисунок 2 - Загальний вигляд біопаливних пелет, виготовлених на шнековому пресі з композитної сировини на основі мулових осадів

Основні характеристики біопаливних пелет, виготовлених на шнековому пресі з композитної сировини на основі мулових осадів

Склад композитних пелет:

мулові осади стічних вод	80%
лушпиння соняшника	20%
діаметр пелет	$d = 16 \text{ мм}$
щільність пелет на виході з шнекового пресового пристрою	$\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$
вологість підсушених пелет	$W = 23 \%$
зольність	$A = 33\%$
теплота згоряння (розрахована)	$Q = 21,6 \text{ МДж/кг}$
загальна маса виготовлених пелет	$m_n = 50 \text{ кг}$

Висновки. Виготовлено дослідно-промислову партію біопаливних пелет на основі мулових осадів стічних вод загальною масою 50 кг, достатню для теплотехнічних випробувань при спалюванні у котельній техніці.

Визначено основні фізико-технічні характеристики біопаливних пелет: щільність пелет на виході з шнекового пресового пристрою $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$, вологість підсушених пелет $W = 23 \%$, зольність $A = 33\%$, теплота згоряння (розрахована) $Q = 21,6 \text{ МДж/кг}$

Список використаних джерел

1. Бабаєв В.М., Панов В.В., Хайло Я.М., Волков В.М., Горох М.П. Альтернативні технологічні рішення проблеми повної утилізації мулового осаду стічних вод // Комунальне господарство міст. 2018. № 144. С. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_144_7

2. Кравченко В.І., Білоус Ю.В., Кравченко В.П. Створення та обґрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод //Технічні науки. Херсон: ХДАЕУ. 2023. № 3. С. 88-94. URL: <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>

УДК 621.382.28

Литвиненко В.М., Блажкевич П.П., Микитин А.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТРАНЗИСТОРІВ

Вступ. Важливою складовою у схемотехніці є оперативність перевірки елементів. На даний момент існує широкий асортимент пристроїв, за допомогою яких можна встановити параметри малопотужних транзисторів, але не всі вони раціональні у використанні [1]. Наприклад, мають високу вартість, значні габарити, і незручність в експлуатації. У зв'язку з цим виникла потреба у створенні пристрою, який усунув би ці недоліки. Для того щоб проводити швидко перевірку біполярних малопотужних транзисторів, було розроблено схему, що дозволяє оперативно отримати дані про справність транзистора, і визначити тип структури провідності – n-p-n або p-n-p.

Основна частина. Схема пристрою для перевірки транзисторів наведена на рис. 1.

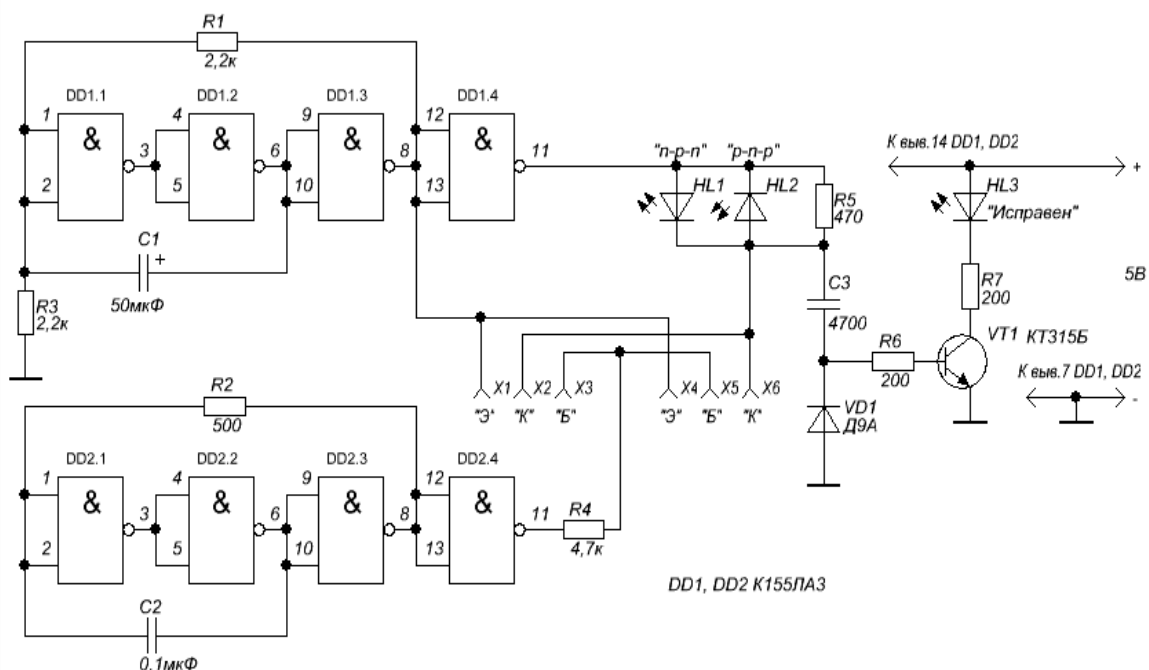


Рис.1. Принципова схема пристрою для перевірки транзисторів

Основу пристрою для перевірки транзисторів становлять два генератори. Один із них (на елементах DD1.1-DD1.3) генерує коливання порівняно низької частоти (одиниці герц), на виході іншого (на елементах DD2.1-DD2.3) частота сигналу становить 5кГц. Елементи DD1.4 та DD2.4, включені як інвертори, що дозволяє узгодити вихідні опори генераторів з опорами ланцюгів навантажень, а також отримати потрібні полярності напруги живлення транзисторів обох структур, що перевіряються. Коли транзистор, що перевіряється, вставлений своїми виведеннями в гнізда XS1-XS3, до виведень його емітера і колектора поперемінно прикладається то низький, то високий рівень напруги, що еквівалентно зміні полярності напруги живлення. Залежно від структури транзистора буде спалахувати світлодіод HL1, або HL2. Якщо, наприклад, транзистор структури р-п-р, що перевіряється, то буде спалахувати світлодіод HL2 в ті моменти, коли на вході елемента DD1.4 високий рівень напруги (рівень логічної 1), а значить, на виході цього елемента низький рівень напруги (рівень логічного 0). Тобто в цей момент на емітері транзистора плюсова напруга по відношенню до колектора.

Одночасно з подачею напруги на емітер і колектор транзистора на його

базу надходить сигнал іншого генератора. Якщо транзистор справний, сигнал посилюється і подається через конденсатор С3 на діод VD1. Випрямлена ним напруга відкриває транзистор VT1, і світлодіод HL3, включений в колекторний ланцюг транзистора, починає світитися.

Крім зазначених на схемі, у випробувачі можна застосувати інші мікросхеми серії K155, що містять елементи І-НЕ, наприклад, K155ЛА1, K155ЛА4 [2]. Перша з них складається з двох елементів 4І-НЕ, тому знадобиться чотири мікросхеми, друга ж містить три елементи 3І-НЕ, і в приладі доведеться встановити три такі мікросхеми. У будь-якому варіанті вхідні висновки кожного елемента з'єднують разом. Замість транзистора КТ315Б підійде інший транзистор цієї серії або будь-який малопотужний транзистор структури n-p-n зі статичним коефіцієнтом передачі струму не менше 50. У випрямлячі може працювати будь-який діод серії Д9. Світлодіоди АЛ102Б з червоним світінням замінні на АЛ102В із зеленим світінням, щоправда, яскравість їх дещо менша. Конденсатор С1 – К50-6, С2 та С3 – малогабаритні (КМ-6, КЛС та аналогічні), резистори – МЛТ-0,125. Більшість деталей монтують на платі з ізоляційного матеріалу, яку потім розміщують у відповідному корпусі. Живлять випробувач від джерела постійного струму, наприклад випрямляча напругою 5В. Допустимо також використовувати батарею типу 3R12.

Висновки. Розроблено пристрій для оперативної перевірки транзисторів, що має просту конструкцію, недорогі компоненти схеми, має малу вартість, дозволяє швидко і точно оцінити працездатність і тип структури провідності транзистора, не вдаючись у його характеристики, а також не потребує налагодження.

Список використаної літератури

1. Кичак В.М., Стронський В.В., Белов В.С. Електрорадіовимірювання: лабораторний практикум. Вінниця: ВНТУ, 2017. 90с.
2. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка. Підручник. К.: Каравелла, 2009. 416с.

**к.т.н доц. кафедри будівництва, архітектури та дизайну Слонь В.В., ас.
кафедри двигунів і теплотехніки Потьомкін Р.О. ас. кафедри будівництва,
архітектури та дизайну Копійка О.О.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
Національний транспортний університет м. Київ*

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У ЛОГІСТИЦІ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Вступ. Сучасне будівельне виробництво характеризується високим рівнем комплексності процесів, де логістика відіграє одну з ключових ролей. Транспортування будівельних матеріалів, конструкцій і техніки вимагає точного планування, координації та контролю. З огляду на зростаючі вимоги до термінів виконання робіт, економії ресурсів і зниження викидів, актуальним стає впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у логістичну інфраструктуру будівельних підприємств.

Основний текст. Інтелектуальні транспортні системи — це сукупність технічних, інформаційних і програмних засобів, спрямованих на підвищення ефективності управління транспортними потоками. Основними складовими ІТС є: сенсорні та GPS-системи моніторингу руху транспортних засобів; програмне забезпечення для планування маршрутів та обліку транспортних операцій; системи зв'язку (Wi-Fi, GSM, 4G/5G) для обміну даними між транспортом і диспетчерським центром; аналітичні модулі, що дозволяють прогнозувати затримки, контролювати витрати палива та ефективність логістичних процесів.

Основні напрями впровадження ІТС у будівельній логістиці є моніторинг та управління автопарком. Використання GPS-трекерів, датчиків пального,

тахографів та автоматизованих систем дозволяє здійснювати контроль за технічним станом машин, витратами пального та режимами експлуатації. Оптимізація маршрутів доставки. Програмні рішення на основі алгоритмів розраховують найефективніші маршрути доставки матеріалів, враховуючи стан доріг, погодні умови та трафік. Це зменшує простої, витрати палива та час виконання робіт. Інтеграція логістичних даних із системами управління будівництвом (BIM, ERP). Об'єднання інформаційних потоків дозволяє координувати доставку матеріалів з етапами будівництва, уникати надлишкових запасів і запізнь. Підвищення безпеки перевезень. ІТС забезпечують контроль швидкісних режимів, попередження про небезпечні ділянки, відстеження дотримання маршрутів. Це знижує ризик аварій і збитків. Екологічна оптимізація транспортних процесів.

Впровадження інтелектуальних транспортних систем у будівельну логістику забезпечує:

- зниження експлуатаційних витрат на транспорт до 15–25%;
- скорочення часу доставки матеріалів до 20%;
- зменшення витрат палива на 10–30%;
- підвищення рівня безпеки перевезень;
- покращення екологічних показників виробництва.

Цифровізація логістичних процесів сприяє підвищенню прозорості та контролю, що є важливим чинником у системі управління якістю будівельних робіт.

Висновок.

Інтелектуальні транспортні системи є важливим інструментом модернізації будівельної логістики. Вони дозволяють оптимізувати процеси перевезення, забезпечити оперативний контроль і підвищити ефективність використання автотранспорту. Подальший розвиток ІТС у галузі будівництва пов'язаний із впровадженням технологій Big Data та Інтернету речей (IoT) що дозволять перейти до повністю автоматизованого управління транспортно-логістичними процесами на будівельних підприємствах.

Рагулін С.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ІНТЕГРАЦІЯ У ЄВРОПЕЙСЬКУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖУ ENTSO-E

Вступ. Як вже давно відомо, 27 червня 2014 року Україна підписала угоду про асоціацію з ЄС, тим самим остаточно обравши свій шлях подальшого розвитку. У зв'язку з цією подією перед нашою країною повстало багато завдань, пов'язаних з необхідністю поступового переходу до стандартів ЄС задля подальшої Євроінтеграції. Для реалізації цих завдань необхідно змінювати стандарти у багатьох галузях виробництва, у тому числі й у енергетичному секторі України. Так, постає задача інтеграції ОЕС України в Європейську мережу системних операторів з передачі електроенергії (ENTSO-E).

Подальше збільшення експорту електроенергії з України до країн Європейського Союзу можливе шляхом переходу на синхронну роботу ОЕС України з енергооб'єднанням ENTSO-E. Синхронізація ОЕС України з ENTSO-E буде представляти собою комплекс заходів, пов'язаних, насамперед, із питаннями регулювання частоти та потужності, гнучкого регулювання режимів та розроблення протиаварійної автоматики. За прогнозами фахівців синхронізація Української ОЕС з ENTSO-E можлива вже у 2018-2019. Для інтеграції Української ОЕС в ENTSO-E необхідно провести роботи з ремонту, реконструкції та модернізації багатьох елементів енергосистеми, які вже відпрацювали свій ресурс. Також необхідно провести комплекс робіт з будівництва нових магістральних мереж, а для підвищення надійності роботи вже існуючих та збільшення пропускної спроможності контрольованих перетинів, позбавлення підстанцій магістральної мережі від нехарактерних для них функцій необхідне будівництво розподільчих мереж.

Основна частина. Слід також відзначити, що існує можливість поетапного інтегрування частинами енергосистеми, наприклад шляхом реалізації створення енергомосту в Європу від Хмельницької АЕС. Підключення Української ОЕС до ENTSO-E можливе островами (за прикладом «острова Бурштинської електростанції»), але більш бажаним є варіант переходу на паралельну роботи одразу усієї ОЕС. Для реалізації синхронізації та збільшення експортних потужностей є доречним будівництво нових вставок постійного струму (ВПС), та усунення «вузьких місць» в енергосистемі, що в свою чергу позитивно вплине на подальший розвиток електричних мереж усієї України.

Задачею проектування електричних систем (ЕС) є розробка із врахуванням найновіших досягнень науки і техніки і техніко-економічного обґрунтування рішень, що визначають формування енергетичних об'єднань і розвиток електричних станцій, електричних мереж і засобів їх експлуатації та управління, при яких забезпечується оптимальна надійність постачання споживачів електричною та тепловою енергією в необхідних розмірах та з певною якістю із найменшими затратами [1].

В процесі проектування ЕС установлюється найбільш доцільна конфігурація мережі, вибирається номінальна напруга всіх ділянок мережі, перерізи проводів ліній, що утворюють мережу наміченої конфігурації. При розробці проекту установлюються потужності трансформаторів на підстанціях і схеми електричних з'єднань цих підстанцій, визначається потужність джерел реактивної потужності, вибираються найбільш економічний розподіл цих джерел і необхідні засоби для регулювання напруги.

Задача забезпечення енергією заданих споживачів не має однозначного рішення. Визначеність у рішенні вводиться вимогою забезпечити при проектуванні найвищу економічну доцільність. Для кількісної характеристики оцінки економічності на даний час служать значення приведених народногосподарських затрат. Сумарні затрати розглядаються як функціонал

багатьох змінних. Задача проектування ЕС класифікується як задача пошуку умов, при яких досягається мінімум цього функціоналу з врахуванням обмежень, що визначаються як заданими технічними вимогами так і практичною реалізацією проекту з врахуванням майбутнього розвитку системи.

Робота систем електропостачання міст, промислових підприємств та сільського господарства неможлива без автоматичного керування елементами системи в нормальних та аварійних режимах. Методи та засоби автоматичного управління постійно розвиваються, удосконалюється елементна база пристроїв автоматики.

Протягом останніх років у зв'язку з підвищенням вимог до ефективності та якості електропостачання споживачів виникла необхідність швидкого розвитку автоматизованого централізованого керування системою електропостачання на основі використання засобів телемеханіки та обчислювальної техніки.

Сучасні мікропроцесорні пристрої володіють високою функціональністю, надійністю та мають ряд переваг над старими пристроями релейного захисту, а саме:

- ❖ Простота в обслуговуванні;
- ❖ Наявність вільно програмованої логіки;
- ❖ Можливість керування з терміналу захисту;
- ❖ Відображення основних параметрів на дисплеї;
- ❖ Наявність функцій реєстрації подій;
- ❖ Доступ до основних параметрів через людино-машинний інтерфейс.

Висновки. На пристрої релейного захисту й автоматики покладено відповідальне завдання найшвидшої ліквідації аварійних і ненормальних режимів роботи окремих елементів електроенергетичних установок (генераторів, трансформаторів, ліній електропередач й ін.) або групи таких елементів (частини єдиної енергосистеми), а також можливо найшвидше

відновлення електропостачання відключених споживачів і неущкоджених електроустановок.

Список використаної літератури

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2013. – 533 с.
2. Андреев В.А. Релейний захист і автоматика систем електропостачання – 4-е видання перероб та доп. – 2006. – 639 ст.

Наукове видання

Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє: зб. наук. пр.:

Вип.8. – Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 91 с.

*Збірка наукових праць видається за підсумками щорічної
VIII Всеукраїнської науково – практичної конференції молодих вчених
«Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє»,
24 жовтня 2025 р.*