

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВСП «ГЛУХІВСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**  
**СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»**



**ЗБІРНИК СТАТЕЙ І ТЕЗ**

**Всеукраїнська студентська науково-практична конференція**

**«Підготовка фахівців-енергетиків:**

**традиції, інновації та перспективи розвитку»**

**(до 80-річчя відділення електроенергетики**

**ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського НАУ»)**

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Кліндух М.М.**, заступник директора з навчальної роботи ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Гладушка О.Ф.**, методист ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Суравицька О.І.**, завідувач навчально-методичного кабінету ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Белікова Т.М.**, завідувач відділення будівництва ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Суглобова В.І.**, завідувач відділення економіки та інформаційних технологій ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Ладижев В.В.**, завідувач відділення електроенергетики ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Чалий В.І.**, завідувач відділення агроінженерії ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

**Хандій Т.В.**, в.о. завідувача бібліотеки ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»;

### **Адреса редакційної колегії:**

41400, м. Глухів, Сумська обл., вул. Терещенків, 36, ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського національного аграрного університету»

E-mail: [koledg@gati.snau.edu.ua](mailto:koledg@gati.snau.edu.ua), <http://gati.snau.edu.ua/>

До збірника увійшли матеріали, присвячені актуальним проблемам розвитку енергетики, енергоефективності та підготовки фахівців в умовах технологічних, економічних і суспільних трансформацій. Йдеться про відновлювану й альтернативну енергетику; smart-технології; штучний інтелект; цифровізацію; енергозбереження в агропромисловому комплексі, будівництві та промисловості; архітектуру енергосистем у воєнний і післявоєнний періоди, а також освітні підходи та формування професійних компетентностей майбутніх фахівців-енергетиків.

Збірник розрахований на наукових співробітників, викладачів, аспірантів, студентів вищих навчальних закладів, а також фахівців АПК.

## ЗМІСТ

<b>Артемова О.Є.</b> Підготовка фахівців-енергетиків: 80 років традицій та інновацій .....	5
<b>Бадулін С.М., Литвиненко В.В.</b> Роль сонячної енергетики у зміцненні енергетичної безпеки.....	11
<b>Бірюк В.А.</b> Інтеграція технологій енергоефективності та smart-систем у підготовку майбутніх фахівців будівельної галузі.....	16
<b>Гончарова Н.І., Барзо І.Т.</b> Сталий розвиток плодоовочівництва через впровадження енергозберігаючих рішень .....	19
<b>Коренівська Л.В.</b> Цифровий споживач 2026 як детермінанта нової місії фахівця-енергетика в умовах трансформації економіки .....	22
<b>Лата С.М.</b> Архітектура нових енергосистем в умовах воєнного часу та післявоєнної відбудови .....	25
<b>Логінов А. М.</b> Спеціалізоване вирощування енергетичної верби для біопалива .....	28
<b>Лук'яненко П.В.</b> Енергозбереження при виробленні волокна конопель у загальній масі	31
<b>Макаєв В.І.</b> Роздільна енергозберігаюча технологія прибирання льону-довгунця.	37
<b>Маринченко І.О., Маринченко В.І.</b> Енергоефективні підйомно-транспортні системи: екологічна трансформація агрологістики .....	39
<b>Марченко І.С., Ткачов О.О.</b> Сучасні системи резервного електроживлення в умовах нестабільності енергопостачання.....	42

<b>Марченко С.С.</b> Розвиток цифрових компетентностей майбутніх енергетиків засобами інноваційних педагогічних технологій.....	46
<b>Мелута Г.В.</b> Роль електрифікації у розвитку сучасних тепличних комплексів.....	49
<b>Петраченко Д.О.</b> Підвищення енергоефективності переробки насіння промислових конопель шляхом енергетичного використання лушпиння.....	52
<b>Самофалова С.Г.</b> Досвід підготовки фахівців-енергетиків та їхня роль у забезпеченні енергоефективності агропромислового комплексу України .....	54
<b>Суравицька О.І.</b> Перспективи впровадження ШІ-технологій для формування професійних компетентностей майбутніх фахівців-енергетиків .....	58
<b>Суравицький М.М.</b> Вплив енергоекономічних технологій на розвиток комп'ютерної техніки.....	61
<b>Фурса О.М.</b> Сучасні технології та іноваційні рішення в системах освітлення.....	63
<b>Хланта І.Є.</b> Енергоефективність, енергозбереження та smart технології .....	67
<b>Чорнобай Б.В.</b> Енергетичний фронт: виклики та стратегії відновлення енергосистеми України .....	74
<b>Шаман А.В.</b> Сонце над ріллею: енергетична автономія агросектору України в умовах викликів та перспектив сьогодення.....	80
<b>Шельпяков В.Ю., Чонгін М.А.</b> Інтелектуалізація енергетики: системне мислення й цифрове втілення	83

## ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ: 80 РОКІВ ТРАДИЦІЙ ТА ІННОВАЦІЙ

*Артемова О.Є., старший викладач, методист,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У статті висвітлено 80-річний шлях підготовки фахівців-енергетиків у коледжі та розглянуто етапи становлення і розвитку спеціальності, зміни її змісту і назв відповідно до потреб агропромислового комплексу й енергетичної галузі України

**Ключові слова.** Електроенергетика, підготовка фахівців, освітні традиції, інновації в освіті, практична підготовка, міжнародна співпраця, агропромисловий комплекс.

Цьогоріч ми відзначаємо 80-річчя від початку підготовки фахівців-енергетиків – ювілей, який символізує цілісну епоху становлення, розвитку, модернізації та безперервного вдосконалення відділення електроенергетики, яке має вагоме значення не лише для нашого коледжу, а й для усієї енергетичної галузі України.

Вісім десятиліть – це історія, яку разом творили тисячі студентів, сотні викладачів, десятки партнерів-підприємств. Це роки невтомної праці, пошуку нових знань, упровадження сучасних рішень, створення і збереження традицій, що стали фундаментом сучасної освіти.

Ми живемо в час, коли енергетика визначає темп розвитку економіки, стійкість держави та комфорт кожної людини, тому місія нашого відділення сьогодні – як ніколи актуальна. І саме тому наш ювілей – це не просто дата, а підтвердження того, що ми стали частиною великої історії енергетичної освіти України.

80 років – це період становлення і невпинного розвитку, де зміна назви спеціальності – це відображення історії нашої країни, змін у суспільстві та економіці: від післявоєнної відбудови до сучасних технологій. Кожен період – це крок уперед, це відповідь на виклики часу.

З 1945 по 1989 рік спеціальність, за якою готували фахівців, мала назву «Електрифікація сільського господарства».

Післявоєнна доба – це період масштабної відбудови та розвитку, коли країна переживала фундаментальні зміни й формувала основу для майбутнього економічного зростання. Держава гостро потребувала кваліфікованих кадрів, здатних забезпечити електрифікацію сільського господарства, без чого неможливо було налагодити аграрне виробництво, відновити роботу підприємств і забезпечити продовольчу безпеку. Електрифікація ставала не просто технічним завданням, а стратегічною

місією, що визначала розвиток усього аграрного сектору на десятиліття вперед.

Студентам першого набору 1945 року довелося розпочинати навчання в надзвичайно складних умовах. Більшість із них лише нещодавно повернулися з фронту, будучи демобілізованими солдатами, які пройшли тяжкі випробування війни. Вони прийшли до навчального закладу не лише з бажанням здобути професію, а й із глибоким усвідомленням необхідності працювати для відновлення країни. Матеріальні труднощі були величезними: не вистачало теплого одягу, взуття, елементарного навчального приладдя – паперу, зошитів, підручників. У закладі бракувало електротехнічного обладнання, належно облаштованих кабінетів і лабораторій, наочні засоби навчання замінювали власноруч створеними плакатами та стендами. Та попри всі труднощі, у студентів було величезне прагнення здобути нові знання і стати учасниками масштабної післявоєнної відбудови. Саме їхня наполегливість, сила духу та віра в майбутнє стали фундаментом розвитку спеціальності.

На створеному відділенні працювало 5 викладачів інженерів-електриків, які готували перших фахівців: К.В. Лотоцький, І.В. Петров, С.В. Левицька, В.О. Волощенко, В.К. Волощенко та викладачі суспільних і загальнотехнічних дисциплін: М.З. Коган, Т.Ю. Бровіна, А.О. Кривко, М.І. Майський та інші.

У липні 1948 року відбувся перший випуск 76 фахівців, які були направлені на роботу до різних регіонів. Тогочасні випускники будували повітряні лінії, електрифікували тисячі сіл, встановлювали трансформаторні підстанції, електротехнічне обладнання на тваринницьких фермах, елеваторах, переробних підприємствах.

Працівники відділення багато зробили для застосування електричної енергії в сільському господарстві. Так, перша в місті й районі високовольтна лінія напругою 6 кВ була споруджена студентами та співробітниками для передачі енергії від електростанції, розташованої в технікумі, до навчального господарства в Іванівці.

Викладачі та співробітники відділення здійснювали дослідницьку і методичну роботу, брали активну участь у будівництві першого в Глухові ретранслятора для приймання і передачі телевізійних програм. Глухівчани пам'ятають телеаматорів С.І. Кириченка, І.В. Петрова, В.Д. Вінду. У ті часи почали формуватися традиції тісного зв'язку навчального процесу з виробництвом, що ставало основою професіоналізму.

Здійснювалась робота зі створення навчальних підручників. Тривалий час студенти вивчали предмет «Електричні машини і апарати» за підручниками К.В. Лотоцького, «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні вимірювання», «Загальна електротехніка» І.В. Петрова. Над

створенням навчальних матеріалів працювали С.В. Левицька, В.О. Зуєв, П.М. Рядовий, Г.Ф. Савицький., В.Н. Ступаков, Є.О. Ступакова.

Із введенням в експлуатацію в 1974 році нового триповерхового навчального корпусу значно розширилася матеріально-технічна база відділення, були реконструйовані лабораторії «Експлуатації і ремонту електрообладнання та засобів автоматизації», «Електрообладнання с.г. агрегатів і установок», «Економіки сільського господарства».

У період з 1989 року по 2007 р спеціальність мала назву «Електрифікація і автоматизація сільського господарства».

Розвиток технологій і перехід до автоматизованих систем управління вимагав нових знань, технологічної грамотності, тому для підготовки конкурентоспроможних фахівців були введені в навчальні плани нові дисципліни, модернізовано навчально-практичну базу. Так, у 1989 році відповідно до вимог нового навчального плану були створені лабораторії «Основ автоматики» і «Автоматизації технологічних процесів», що значно розширило матеріально-технічну базу відділення. Це був початок формування покоління фахівців, які працювали з релейним захистом, системами автоматичного контролю, обладнанням для комплексної автоматизації агровиробництва. Крім основної спеціальності у студентів з'явилась можливість опанувати робочі спеціальності електромонтера, водія транспортних засобів категорії В.

Досвідчений педагогічний колектив відділення був важливим чинником якісної підготовки кваліфікованих техніків-електриків.

До його складу входили: Гузенко М.Г., Таранішин В.Г. – заслужені працівники народної освіти України; Снігир А.О. – заслужений вчитель України; викладачі вищої категорії – Лисенко М.І., Манжара В.М., Нестеренко Л.К., Хандуріна В.В. Суспільно-гуманітарну підготовку майбутніх фахівців-електриків здійснювали майстри педагогічної справи – Васянович Л.Г., Коняєва М.М., Кошель І.М., Михайлюкова Т.М., Рубан Н.О., Таранішина Т.Д., Шульга Т.Ю. та інші.

У навчально-виховному процесі викладачі активно впроваджували інноваційні, особистісно орієнтовані педагогічні технології, опановували та починали застосовувати комп'ютерні засоби навчання. Під час вивчення дисциплін «Основи інформатики» й «Інформаційні технології», які викладали та продовжують викладати Колесник С.А. та Колесник В.В., студенти здобували навички виконання графічних, розрахункових, курсових і дипломних робіт із використанням комп'ютерної техніки.

Під керівництвом викладачів Манжари В.М., Маслова В.О., Снігиря А.О. студенти на замовлення виробництв виконували дипломні проекти, захист яких відбувався безпосередньо на підприємствах. Традиційним стало проведення занять зі спеціальних дисциплін безпосередньо на виробництві.

На відділенні функціонувало 11 гуртків технічної творчості при кабінетах, майстернях і лабораторіях. Студенти разом із викладачами

виготовляли діючі моделі, пристрої, лабораторні стенди та інші вироби, кращі з яких представляли на виставках Навчально-методичного центру з підготовки молодших спеціалістів Міністерства аграрної політики України.

Неодноразово на виставці експонувалися роботи викладачів: Гузенка М.Г, Іваніщева О.В., Корзюкова А.В., Лисенка М.І., Манжари В.М., Назаренка П.П, Нестеренко Л.К., Снігіря А.О., Таранішина В.Г., Таранішиної Т.Д., Чередниченка П.Е., Шевченка В.В., Хандуріної В.В. та інших. Це був час розширення можливостей спеціальності й інтеграції новітніх технологій.

Зміна назви спеціальності «Електрифікація і автоматизація сільського господарства» в 2007 році на «Монтаж, обслуговування та ремонт електротехнічних установок в агропромисловому комплексі» стала не формальністю, а відображенням практичного підходу до підготовки фахівців відповідно до реальних потреб виробництва, розвитку технологій і вимог ринку праці. Відбулося суттєве оновлення змісту професійної підготовки. Акцент був зміщений на поглиблене вивчення монтажу, налагодження, експлуатації, обслуговування й ремонту сучасного електроустаткування. У навчальні плани введено дисципліну «Монтаж електрообладнання і систем керування», збільшено обсяг практичного навчання, створені відповідні лабораторії та модернізовано робочі місця для навчальних практик.

Важливою складовою стало опанування методів сучасної діагностики й ремонту електроустаткування і засобів автоматизації. Розширення практичної підготовки забезпечило тісний зв'язок теорії з реальними виробничими процесами та формувало фахівців, готових до роботи в сучасних умовах.

Викладачі, поєднуючи багаторічний досвід з інноваціями, підтримували високий рівень підготовки студентів. Кабінети й лабораторії були переоснащені сучасним обладнанням, тренажерами та стендами, а студенти виконували роботи, максимально наближені до умов реального виробництва – від монтажу електромереж до діагностики й ремонту обладнання.

Із 2016 по 2025 роки спеціальність іменувалася «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Назва спеціальності розширила рамки традиційної аграрної електрифікації та відкрила двері до інших галузей – в навчальний план була включена дисципліна «Діджиталізація аграрного виробництва»; продовжилось оновлення навчально-матеріальної бази сучасним електротехнічним обладнанням; почала впроваджуватись дуальна форма навчання. Випускники ставали універсальними фахівцями – мобільними, затребуваними, готовими до професійних викликів.

З часом на зміну тим, хто пішов на заслужений відпочинок, прийшли фахівці з виробничим досвідом та молоді викладачі: Литвиненко В.В., Середа Д.О., Ткачов О.О., Чернобай Б.В., Шаман А.В., Фурса О.М.,

Шельпяков В.Ю. які є гідними продовжувачами традицій своїх попередників.

Із 2017 року відділення стало активним учасником німецько-українського проекту «Сприяння розвитку професійної освіти в аграрних коледжах України», що стало не лише важливою складовою в модернізації освітнього процесу, але й прикладом реальної інтеграції української професійної освіти в європейський освітній простір. За вісім років участі в проекті ми отримали можливість переосмислити зміст і методи підготовки майбутніх енергетиків, розширити горизонти студентської мобільності та зміцнити матеріально-технічну базу коледжу.

Одним із ключових напрямів співпраці стало вивчення європейських технологій організації роботи фермерських господарств. Викладачі та студенти побачили сучасні приклади використання відновлюваної енергетики, цифровізації агровиробництва, автоматизації процесів на аграрних підприємствах, що значно удосконалило освітній процес.

Не менш важливим став культурно-ціннісний аспект проекту: учасники мали можливість ознайомитися з культурними традиціями країн Європи, що сприяло формуванню ширшого світогляду студентів, вихованню поваги до міжкультурного діалогу й усвідомленню власної професійної місії в умовах глобального ринку праці.

Завдяки проекту було оновлено матеріально-технічну базу коледжу, доукомплектовано кабінети і лабораторії: технології виробництва та переробки сільськогосподарської продукції; охорони праці та безпеки життєдіяльності; основ електроніки та автоматики; електрообладнання сільськогосподарських агрегатів та установок; комп'ютеризації сільськогосподарського виробництва.

Це дозволило наблизити умови навчання до європейських стандартів і забезпечити студентам можливість працювати з сучасним обладнанням.

Таким чином участь у німецько-українському проекті стала потужним каталізатором розвитку навчального закладу та прикладом того, як міжнародне партнерство здатне не лише розширити можливості закладу освіти, а й сформувати нове покоління фахівців – компетентних, мобільних, європейсько мислячих та готових відповідати на виклики сучасної енергетичної галузі.

Жоден навчальний процес не може існувати без тих, хто передає знання і тих, хто навчається. Сьогодні на відділенні працюють 11 викладачів спеціальних дисциплін і 4 майстри виробничого навчання – фахівці, які не лише навчають і мотивують здобувачів освіти, а й створюють і вдосконалюють навчальні програми, беруть участь у розробленні стандартів освіти, ведуть гуртки технічної творчості.

Зараз за денною та заочною формами навчається 318 студентів. Це молоді люди, які обрали складну, але перспективну професію і незважаючи на складні часи пишаємося тим, що вони демонструють високі результати:

стають переможцями олімпіад і конкурсів; проходять виробничу практику на провідних підприємствах, проявляють ініціативність та творчий підхід у навчанні. Саме вони формують майбутнє енергетичної галузі країни.

За 80 років існування відділення сформувалися унікальні традиції: системність та практична спрямованість навчання; тісна співпраця з підприємствами енергетичної сфери; виховання відповідальності та професійної культури; орієнтація на реальні потреби виробництва, участь у державних та галузевих програмах; підтримка студентських ініціатив та технічної творчості.

Зараз відділення електроенергетики – це простір нових технологій, де впроваджується дуальна форма навчання; використовуються системи дистанційного супроводу; навчання відбувається на сучасному електротехнічному обладнанні, вивчається відновлювальна енергетика, цифрові системи керування, застосовується комп'ютерне моделювання та симуляція процесів, відбувається знайомство зі Smart-технологіями. Саме це дозволяє формувати компетентності, адаптовані до ринку праці, а нашим студентам отримувати освіту, яка відповідає викликам часу.

За період з 1945 по 2025 рік за денною та заочною формами навчання було підготовлено близько 6500 фахівців-електриків для агропромислового комплексу. Такий показник є не просто статистичною довідкою – це переконливе підтвердження високого навчально-методичного потенціалу відділення, його стабільності та здатності впродовж десятиліть забезпечувати аграрну галузь країни кваліфікованими кадрами.

Сьогодні випускники відділення гідно представляють свій навчальний заклад на різних рівнях професійної діяльності. Вони очолюють важливі ділянки виробництва, керують трудовими колективами, працюють інженерами, енергетиками, майстрами та керівниками підрозділів підприємств. Багато з них активно долучаються до громадської діяльності, беруть участь у житті своїх громад і регіонів, сприяючи їх соціально-економічному розвитку. Частина наших випускників займає виборчі посади, що свідчить про їхню високу професійну підготовку, авторитет і довіру людей.

Окремою гордістю є ті випускники, які сьогодні захищають Україну, демонструючи мужність, патріотизм і вірність присязі. Інші – забезпечують стабільну роботу енергосистеми країни, працюють у службах експлуатації, ремонту, диспетчеризації та технічної підтримки електричних мереж. Їхній професіоналізм забезпечує безперебійне постачання електроенергії, що є життєво важливим для економіки, обороноздатності та повсякденного життя.

Таким чином, внесок відділення електроенергетики у розвиток держави – це не лише тисячі підготовлених фахівців, а й реальний вплив на функціонування аграрної, енергетичної та соціальної сфер. Це спадщина, якою ми по праву пишаємося і яку продовжуємо розвивати.

Підсумовуючи 80-річний шлях, можна впевнено сказати: відділення електроенергетики – це поєднання досвіду, професіоналізму й інновацій.

Ми шануємо минуле, творчо працюємо сьогодні й готові до викликів майбутнього. Віримо, що наступні десятиліття принесуть нові здобутки та професійні перемоги.

### **Перелік використаних джерел**

1. Глухівський агротехнічний: традиції та сучасність. - Житомир: ТОВ «Видавничий дім "Бук-друк"», 2024. 96 с., з іл.
2. Литвиненко А. Реалії вимагають зосередженості та професіоналізму. «Студентський меридіан». 2019. №7 (140). С.1.
3. Литвиненко А. Отже ми ювіляри. «Студентський меридіан». 2009. №6 (50). С.1.
4. Артемова О. З успіхами в майбутнє. «Студентський меридіан». 2005. №7 (13). С.1.

**УДК 620.92:621.311.243**

## **РОЛЬ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЗМІЦНЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**Бадулін С. М.** здобувач освіти 21ПЕ групи,  
**Литвиненко В.В.**, спеціаліст вищої категорії викладач спеціальних  
дисциплін,  
*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського НАУ»*

**Анотація.** *Описано роль сонячної енергетики. Поточний стан сонячної генерації в Україні. Приділено особливу увагу впливу війни на розвиток сонячної генерації та перспективи розвитку сонячної енергетики.*

**Ключові слова.** *Сонячна електроенергетика, сонячні електростанції, сонячна генерація, альтернативна енергетика.*

Війна і енергетика стали нерозривно пов'язаними поняттями з 24 лютого 2022 року, коли розпочалася повномасштабна агресія росії проти України. Енергетична система країни зазнала масштабних руйнувань від російських атак, що кардинально змінило підходи до розвитку енергетичної інфраструктури. На перше місце поставивши питання безпеки та стійкості енергосистеми, стратегія енергетичного переходу була адаптована до воєнних умов з акцентом на розвиток розподіленої генерації та систем накопичення енергії. Енергетична система України інтегрувалася з

європейським ринком електроенергії, що забезпечило додаткові можливості для експорту й імпорту електричної енергії. Приватний сектор отримав більші стимули для інвестицій у власні енергетичні потужності, особливо у сферу відновлюваних джерел енергії. “Укренерго” розробило нові підходи до управління енергосистемою в умовах постійних загроз і необхідності швидкого відновлення пошкоджених об’єктів. За оцінками Міністерства енергетики, до 75% об’єктів відновлюваної енергетики зазнали пошкоджень під час війни, що стало серйозним викликом для галузі.

Станом на 2025 рік загальна встановлена потужність відновлюваних джерел енергії в Україні досягла 9655,9 МВт, а частка електроенергії з відновлюваних джерел склала майже 11% у загальному енергобалансі.

Одною з важливих ролей у зміцненні енергетичної безпеки відіграє сонячна енергетика. Сонячна енергетика займає провідну позицію – на неї припадає 56% від усієї генерації. Війна і сонячні електростанції показали особливу важливість децентралізованих джерел енергії для забезпечення стійкості енергосистеми України. Сонячні електростанції виявилися менш вразливими до масштабних атак завдяки своїй розподіленій природі та можливості швидкого відновлення після пошкоджень. Приватні сонячні електростанції забезпечують енергетичну автономію для домогосподарств та підприємств, знижуючи навантаження на центральну енергосистему. Мобільність і модульність сонячних панелей дозволяє швидко переміщувати та встановлювати системи в безпечних регіонах. Розвиток сонячної енергетики сприяє зменшенню залежності від імпортованих енергоносіїв і підвищує загальну енергетичну незалежність країни в умовах воєнного стану.

Географічне розміщення сонячних електростанцій в Україні зазнало змін через війну та необхідність забезпечення безпеки енергетичних об’єктів. Західні та центральні регіони демонструють найвищі темпи нарощування сонячних потужностей завдяки кращим умовам безпеки та розвиненій інфраструктурі. Потужність існуючих сонячних електростанцій у безпечних регіонах збільшилася завдяки розширенню та модернізації існуючих установок. Енергосистема України адаптувалася до нерівномірного географічного розподілу генерації через розвиток міжрегіональних електричних мереж. Сонячні електростанції в прифронтових регіонах працюють у режимі підвищеної готовності з можливістю швидкого відключення та евакуації обладнання.



Загальна встановлена потужність сонячних електростанцій станом на 2024 рік складала близько 8 ГВт, що становить значну частку у структурі відновлюваних джерел енергії. Приватний сектор активно інвестує в розвиток малих і середніх СЕС для власних потреб, що сприяє розвитку розподіленої генерації. Український бізнес розглядає сонячну енергетику як стратегічний інструмент забезпечення енергетичної автономії та зниження операційних ризиків. Компанії адаптують свої енергетичні стратегії до воєнних умов, інвестуючи в резервні й автономні джерела електропостачання.

Ринок сонячної енергетики в 2025 році характеризується зростаючим попитом на малі й середні установки потужністю до 1 МВт для комерційного та промислового використання. Зелена енергетика отримує додатковий імпульс завдяки державним програмам підтримки й міжнародним інвестиціям в енергетичну інфраструктуру України. Вводилися нові регулятивні механізми, які спрощують процедури підключення СЕС до мережі й стимулюють розвиток приватної генерації. Попит на системи накопичення енергії збільшився в кілька разів, оскільки споживачі прагнуть забезпечити безперебійне електропостачання в умовах нестабільної роботи енергосистеми. Європейські партнери активно підтримують розвиток «зеленої» енергетики України через технічну допомогу та фінансування проєктів.

Війна створила унікальні виклики для розвитку сонячної енергетики, але водночас стимулює інновації та адаптаційні механізми. Енергетичні компанії розробили нові підходи до планування та експлуатації сонячних електростанцій з урахуванням воєнних ризиків. Підвищені вимоги до безпеки об'єктів призвели до розробки мобільних і легко демонтованих систем СЕС. Логістичні ланцюги постачання обладнання були перебудовані для забезпечення безперебійної доставки компонентів сонячних електростанцій.



Основні ризики для сонячної генерації включають пряме пошкодження від обстрілів, ускладнення логістики постачання та проблеми з оперативним ремонтом пошкодженого обладнання. Енергетична інфраструктура потребує постійного моніторингу та готовності до швидкого відновлення після атак на енергетичні об'єкти. Транспортування габаритного обладнання ускладнилося через пошкодження транспортної інфраструктури та необхідність дотримання заходів безпеки. Також обладнання, яке зберігається на складах, потребує додаткових заходів захисту та розосередження запасів для мінімізації ризиків втрат. Вартість обладнання для сонячних електростанцій зросла на 20-30% через ускладнення логістики, валютні коливання та підвищені страхові тарифи.

Серйозною проблемою для енергетичного сектору став кадровий дефіцит, а саме відсутність кваліфікованих фахівців із монтажу й обслуговування сонячних електростанцій через мобілізацію або евакуацію з небезпечних регіонів.

Підготовка нових кадрів для енергетичної галузі стала пріоритетним завданням для забезпечення сталого розвитку сонячної енергетики. Інвестиції в автоматизацію та дистанційне управління сонячних електростанцій збільшилися для компенсації дефіциту робочої сили на об'єктах.

Міжнародна фінансова підтримка розвитку української енергетики досягла рекордних обсягів, при цьому значна частина коштів спрямовується на проекти відновлюваної генерації. Державні програми стимулювання включають пільгові кредити, податкові знижки та спрощені процедури для розвитку приватної генерації. Міжнародні донори підтримують проекти сонячної енергетики через гранти та технічну допомогу для впровадження найкращих світових практик.

Державна політика підтримки альтернативної енергетики зосереджена на створенні сприятливих умов для приватних інвестицій і розвитку розподіленої генерації. Спрощені дозвільні процедури дозволяють швидше впроваджувати проекти СЕС потужністю до 1 МВт без складних погоджень. Податкові пільги для інвесторів у відновлювану енергетику включають звільнення від ввізного мита на обладнання та зниження ставок прибуткового податку. Гарантії держави для кредитів на енергетичні

проекти знижують фінансові ризики та здешевлюють залучення капіталу. Програми компенсації збитків від воєнних дій поширюються на об'єкти відновлюваної енергетики, що підвищує привабливість інвестицій.

Міжнародні партнери реалізують масштабні програми підтримки енергетичної безпеки України через розвиток відновлюваних джерел енергії. Європейський банк реконструкції та розвитку виділив 500 млн євро на проекти “зеленої” енергетики в Україні на період до 2030 року. Приватні міжнародні компанії створюють спільні підприємства з українськими партнерами для розвитку великих сонячних електростанцій потужністю понад 10 МВт. Технологічні гранти дозволяють українським компаніям впроваджувати найсучасніші рішення у сфері сонячної енергетики та систем накопичення. Програми обміну досвідом і навчання фахівців сприяють підвищенню кваліфікації українських спеціалістів енергетичної галузі.

Експерти прогнозують зростання встановленої потужності сонячних електростанцій в Україні до 15-20 ГВт до 2030 року завдяки активній державній підтримці та міжнародним інвестиціям. Частка сонячної енергетики в загальному енергобалансі країни може досягти 25-30%, що відповідає європейським стандартам енергетичного переходу.

Розвиток систем накопичення енергії дозволить ефективно використовувати сонячну генерацію в темний час доби та забезпечити стабільність енергосистеми.

### **Перелік використаних джерел**

1. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2023 р. № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15/card3#Files>
2. Закон № 3220-IX від 30 червня 2023 року про зелену трансформацію енергосистеми.
3. Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина. Г. П. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
4. Закон № 4213-IX, який запроваджує cable pooling для сонячної енергетики.
5. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року ЗАТВЕРДЖЕНО розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 серпня 2024 р. № 761-р
6. Прогноз розвитку енергетики України до 2035 року. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Київ : Міненерговугілля, 2017.
7. <https://mev.gov.ua/>. Міністерство енергетики України
8. Що залишилося від «зеленої» енергетики в Україні. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431/>

## ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА SMART-СИСТЕМ У ПІДГОТОВКУ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

**Бірюк В.А.**, викладач вищої категорії спеціальних дисциплін,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** Розглянуто актуальні аспекти підготовки техніків-будівельників в умовах трансформації енергетичного сектору України. Наголошено на важливості вивчення сучасних методів енергозбереження, впровадження систем «Smart City» та «Smart Home» у навчальний процес. Визначено роль міждисциплінарних зв'язків між будівництвом та енергетикою.

**Ключові слова.** Енергоефективність, енергозбереження, Smart-технології, професійна освіта, будівництво, підготовка фахівців.

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується тісним переплетенням із енергетичною сферою. В умовах глобальної енергетичної кризи та стратегічного курсу України на енергонезалежність підготовка фахівців на відділенні «Будівництво та цивільна інженерія» потребує докорінного перегляду. Випускник коледжу сьогодні – це не просто виконавець робіт, а фахівець, який має розуміти принципи створення енергоефективних споруд та інтеграції інтелектуальних систем управління енергією.

Традиційні підходи до будівництва поступаються місцем концепції «сталого розвитку». У межах спеціальних дисциплін («Технологія та організація будівельного виробництва», «Архітектура будівель і споруд») особлива увага приділяється:

- термомодернізації будівель: вивченню новітніх теплоізоляційних матеріалів та методів ліквідації «містків холоду»;
- використанню відновлюваних джерел енергії: проектуванню вузлів для встановлення сонячних панелей і теплових насосів безпосередньо в огорожувальні конструкції;
- Smart-технології в сучасному будівництві.

Інноваційний розвиток неможливий без упровадження «Smart-технологій». Для майбутнього будівельника-енергетика важливо опанувати концепцію BIM (Building Information Modeling), яка дозволяє ще на стадії проектування розрахувати енергетичний паспорт будівлі та змоделювати споживання ресурсів.

Упровадження систем «Розумний будинок» (автоматичне регулювання освітлення, опалення та вентиляції) потребує від викладача спеціальних дисциплін формування у студентів знань про:

- датчики моніторингу енергоспоживання;
- інтелектуальні мережі (Smart Grids) у межах житлових кварталів;
- автоматизовані системи диспетчеризації інженерних мереж.

Сучасний будівельник має розуміти архітектуру IoT (Internet of Things). Це не лише автоматичне ввімкнення світла, а розгалужена мережа сенсорів, що інтегровані в конструктивні елементи будівлі (стіни, перекриття, фундамент).

Сенсори вологості та температури всередині конструкцій: дозволяють запобігти руйнуванню утеплювача та вчасно виявити точки конденсації роси.

Smart-вікна: використання скла зі змінною прозорістю (електрохромне скло), яке автоматично регулює рівень сонячної інсоляції, зменшуючи навантаження на системи кондиціонування влітку та опалення взимку.

Для якісної підготовки фахівців у нашому закладі впроваджуються такі методи:

метод проєктів: розробка курсових проєктів з обов'язковим розділом «Енергоефективність об'єкта»;

практичне моделювання: використання спеціалізованого програмного забезпечення для розрахунку теплових втрат;

дуальна освіта: співпраця з підприємствами, які займаються монтажем енергозберігаючих систем, що дозволяє студентам бачити роботу Smart-технологій на реальних об'єктах.

Важливою складовою підготовки фахівців є ознайомлення з міжнародними системами сертифікації енергоефективних будівель, такими як LEED та BREEAM. Студенти мають розуміти, що енергоефективність – це лише частина ширшого поняття «екологічного сліду» будівлі.

Використання рециклінгових матеріалів: вивчення технологій використання вторинної сировини (наприклад, бетонів з додаванням подрібненого будівельного сміття).

Life Cycle Assessment (LCA): навчання студентів оцінювати енерговитрати будівлі не лише під час експлуатації, а й на етапах видобутку сировини, будівництва та майбутньої утилізації.

Майбутнє підготовки будівельників лежить у площині поєднання з енергетикою. Перспективним є створення міждисциплінарних лабораторій «Енергоефективного будівництва», де студенти будівельних та енергетичних спеціальностей могли б спільно працювати над кейсами з оптимізації енергоспоживання будівель.

Підготовка сучасного фахівця на відділенні будівництва повинна базуватися на трьох стовпах: глибокі технологічні знання, володіння інструментами енергозбереження та вміння інтегрувати Smart-системи в

архітектурне середовище. Тільки такий комплексний підхід забезпечить випусникам конкурентоспроможність на ринку праці та сприятиме відбудові України за найвищими світовими стандартами.

### **Перелік використаних джерел**

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».
2. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».
3. Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В., Півторацька Н. В., Пятничук Т. В. Технології утеплення фасадів будівель: підручник. Житомир : Видавництво «Полісся», 2021. 362 с.
4. Лісенко В. А., Суханов В. Г., Загорчешний Ю. О., Верьовкіна С. Є. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд: навчальний посібник. Одеса : Видавництво «Optimum», 2015. 254 с.
5. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 року № 373-р. Верховна Рада України: офіційний вебсайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#n6>
6. Nagayev V., Gerliand T., Kyrepin V., Nagayeva G., Sosnytska N., Yablunovska K. Pedagogical technology of management of students' educational and creative activities in the process of professional training

**УДК 634.1/7:631.147:620.9**

## **СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПЛОДООВОЧІВНИЦТВА ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РІШЕНЬ**

**Гончарова Н.І.**, викладач професійних (агронічних) дисциплін,  
спеціаліст вищої категорії

*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Барзо І.Т.**, кандидатка сільськогосподарських наук, фермерка,  
засновниця та співвласниця господарства «Ягідна Сторона життя»

**Анотація.** У тезах висвітлено роль енергозберігаючих та енергоефективних рішень у забезпеченні сталого розвитку плодоовочівництва. Розглянуто основні напрями зниження енергоспоживання в галузі. Наведено практичний досвід упровадження інноваційних рішень у ягідництві. Обґрунтовано доцільність комплексного застосування енергозберігаючих технологій.

**Ключові слова.** Плодоовочівництво, ягідництво, овочівництво, сталий розвиток, енергозбереження, енергоефективність, відновлювані джерела енергії, краплинне зрошення.

Сучасне плодоовочівництво стикається з низкою викликів, серед яких зростання вартості енергоресурсів, посилення антропогенного навантаження на довкілля, зміни клімату й необхідність підвищення економічної ефективності виробництва. У цих умовах актуалізується потреба переходу галузі до принципів сталого розвитку. Сталий розвиток плодоовочівництва передбачає гармонійне поєднання економічної доцільності, екологічної безпеки та соціальної відповідальності. Одним із ключових інструментів реалізації цього підходу є впровадження енергозберігаючих та енергоефективних рішень, які дозволяють зменшити витрати енергії, оптимізувати виробничі процеси та знизити негативний вплив на навколишнє середовище [1], [5].

**Енергозберігаючі технології у сучасному плодоовочівництві.** Одним із найбільш ефективних енергозберігаючих рішень у плодоовочівництві є впровадження краплинного зрошення. Порівняно з традиційними способами поливу, ця технологія дозволяє значно зменшити витрати води й електроенергії, забезпечуючи при цьому рівномірне зволоження кореневої зони рослин. Важливе значення має використання енергоощадної сільськогосподарської техніки й технологій мінімального або нульового обробітку ґрунту. Зменшення кількості проходів техніки по саду дозволяє скоротити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту та зберегти його родючість [2], [3].

Перспективним напрямом є застосування відновлюваних джерел енергії в плодівничих господарствах. Сонячні електростанції можуть використовуватися для енергозабезпечення насосних станцій, систем освітлення, вентиляції та холодильного обладнання у сховищах. Використання альтернативної енергії сприяє зменшенню залежності від традиційних енергоносіїв і підвищує енергетичну автономність господарств [3], [4].

**Смарт-технології в ягідництві й овочівництві.** Новітні технології, за допомогою метеостанцій, спеціальних датчиків ґрунтових показників і платформи, на яку фіксуються всі важливі показники, дозволяють спрогнозувати та визначити найбільш стресові умови рослин і за допомогою вчасно вжитих заходів попередити природні втрати. Цей підхід науково обґрунтований, він враховує специфіку виробництва, побудований на основі багаторічного багажу знань і практичного досвіду [6].

**Механізація процесів виробництва.** Враховуючи ситуацію з постійним дефіцитом працівників, особливо сезонних, необхідно максимально механізувати всі можливі процеси, як-от: ручне прополювання в кущах і міжряддях рослин; видалення сухого листя навесні; утилізація насаджень.

У тих процесах, де неможливо здійснити операцію без участі працівників, необхідно зробити умови роботи максимально комфортними.

Наприклад, розробка господарства "Ягідна Сторона життя" СЕМ1 – це запатентований агрегат, індивідуальний електричний транспортний засіб, призначений для полегшення та підвищення продуктивності праці та якості продукції у процесі вирощування суниці, спаржі й інших культур. Зручна, продумана конструкція добре зарекомендувала себе на полях суниці протягом двох сезонів. За допомогою такого електромобіля працівники мають змогу виконувати ту ж роботу швидше та якісніше, оскільки максимально знімається фізичне навантаження із працівника.

**Автоматизація процесів виробництва.** Всі операційні процеси, які є на виробництві, необхідно максимально переводити в автоматизований режим. Відомо, що керівник не в змозі одночасно та якісно збирати, аналізувати та працювати з даними, які надходять з усіх процесів виробництва, навіть якщо в нього є для цього помічники. Людський фактор частіше дає збій, ніж спеціально створені для цього сервіси та програми. Тому, щоб звільнити себе від такого рутинного тягаря, який забирає весь час і не дає думати масштабно, треба переходити на автоматизацію обліку всіх процесів у полі. Мінімізація впливу людського фактору сприяє покращенню показників загального рівня господарювання, суттєво зменшує затрати, дозволяє вивести підприємство на новий, більш якісний рівень виробництва продукції та надання послуг. Застосування всіх вищезазначених нових підходів дає більше можливостей для розвитку власної справи та звільняє від виконання рутинних повторюваних завдань, які забирають весь час: і робочий, і особистий [7].

**Переробка та додана вартість плодоовочевої продукції.** На сьогоднішній день кожному українському фермеру-виробнику трудомістких і швидкопсувних продуктів важливо продовжити сезон виробництва якомога довше. Тому для сталого розвитку того чи іншого підприємства, яке виробляє ягоди, плоди чи овочі, необхідно запроваджувати напрямок переробки (сушіння, соління та консервація овочів, фруктів та ягід) і заморозки продукції. Таким чином, упровадження даних заходів дозволить виробнику стабільно розвиватися, тримати якість виробництва продукції на високому рівні та бути конкурентним не лише у власній країні, а й поза її межами [8].

### **Висновки**

Системний комплексний підхід із використанням найкращих практик, новітніх підходів, інструментів виробництва, енергоощадних технологій та автоматизації процесів у виробництві дозволяють знизити собівартість продукції, підвищити якість і продуктивність вирощуваних культур, забезпечити сталий розвиток виробництва, бути затребуваним виробником, як в середині країни, так і поза її межами, впевнено займати свою нішу та рухатися вперед.

Таким чином, упровадження енергозберігаючих рішень є необхідною умовою сталого розвитку сучасного плодоовочівництва. Раціональне

використання енергоресурсів, застосування енергоефективних технологій та відновлюваних джерел енергії дозволяють підвищити економічну ефективність виробництва, зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити довгострокову стабільність галузі.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Бабич А. О. Сталий розвиток аграрного виробництва. – Київ : Аграрна наука, 2019.
2. Бондаренко В. М. Енергоефективні технології в садівництві. – Харків : ХНАУ, 2020.
3. FAO. Energy-smart agriculture: Practices and technologies. – Rome, 2018.
4. Коваленко О. І. Енергозбереження в агропромисловому комплексі України. – Київ : НУБіП України, 2021.
5. Шевченко Л. М. Екологічні основи сталого розвитку сільського господарства. – Львів : Світ, 2017.
6. Ірина Барзо. Реальні можливості отримання бажаних результатів в умовах кластеру. Журнал «Ягідник» випуск 4/2020 р. Все про вирощування та переробку ягід.
7. Ірина Барзо. Активація та старт нового сезону. Знані та нові підходи в ягідництві. Журнал «Ягідник» випуск № 2 (32), квітень-травень 2023 р.
8. Ірина Барзо. Без пауз і сезонності: стратегія розвитку від «Ягідної сторони життя». Журнал «Ягідник» випуск № 4, грудень-січень 2025 – 2026 р.

**УДК 339.138:620.9**

## **ЦИФРОВИЙ СПОЖИВАЧ 2026 ЯК ДЕТЕРМІНАНТА НОВОЇ МІСІЇ ФАХІВЦЯ-ЕНЕРГЕТИКА В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ**

*Коренівська Л.В., доктор філософії, спеціаліст вищої категорії,  
викладач-методист, викладачка відділення економіки та інформаційних  
технологій,*

*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У тезах досліджено когнітивно-поведінкову модель покоління Z як основну рушійну силу цифрової трансформації. Визначено вплив цінностей цифрового споживача на енергетичний сектор та обґрунтовано нову місію фахівця-енергетика, яка полягає у забезпеченні

етичності, екологічності та технологічності енергоспоживання відповідно до запитів нового покоління.

**Ключові слова.** Покоління Z, цифровий споживач, цифрова трансформація, етичність бренду, енергоефективність, місія енергетика.

На межі 2026 року ландшафт світової та вітчизняної економіки зазнає фундаментальних змін під впливом покоління Z. Ці «цифрові аборигени» стають не лише найбільш активною категорією покупців, а й формують нові вимоги до сервісних галузей, зокрема енергетики. Традиційна модель споживання електроенергії як пасивного отримання послуги змінюється на модель активної взаємодії («prosumerism»), де споживач хоче керувати своїм вуглецевим слідом та енергозатратами через цифрові інтерфейси.

Для сучасного фахівця-енергетика це створює нове поле професійних викликів. Згідно з дослідженнями *Deloitte*, понад 60% представників покоління Z готові платити більше за товари та послуги брендів, які демонструють реальну екологічну відповідальність. В енергетичному секторі це трансформується у попит на «зелені» тарифи та прозору звітність про джерела походження енергії. Нова місія фахівця полягає не лише у технічній підтримці мереж, а й у впровадженні інструментів, що задовольняють ці когнітивні запити.

Цифровий споживач 2026 очікує «Mobile First» підходу. Енергетик майбутнього має проектувати системи, інтегровані з мобільними додатками, що дозволяють у реальному часі відстежувати ефективність кожної одиниці обладнання. Це корелює з потребою Зумерів у безшовному цифровому досвіді та миттєвому отриманні даних (рис. 1).

Аналітика *Promodo* та *Outplay* підтверджує, що нове покоління має нульову толерантність до декларативності (грінвошингу). Відтак, фахівець-енергетик на підприємстві виступає аудитором етичності: він має забезпечити реальну енергомодернізацію, яка стає частиною маркетингової стратегії та репутаційного капіталу компанії (рис. 2).

Використання соціальних медіа та платформ (Discord, Twitch) навчило Зумерів цінувати горизонтальні зв'язки. В енергетиці це проявляється через підтримку мікромереж і розподіленої генерації (сонячні панелі, вітрові установки на рівні окремих господарств). Фахівець має вміти інтегрувати ці приватні рішення в загальну енергосистему країни (рис. 3).



Рис. 1. Інтеграція Smart Grid та IT-рішень

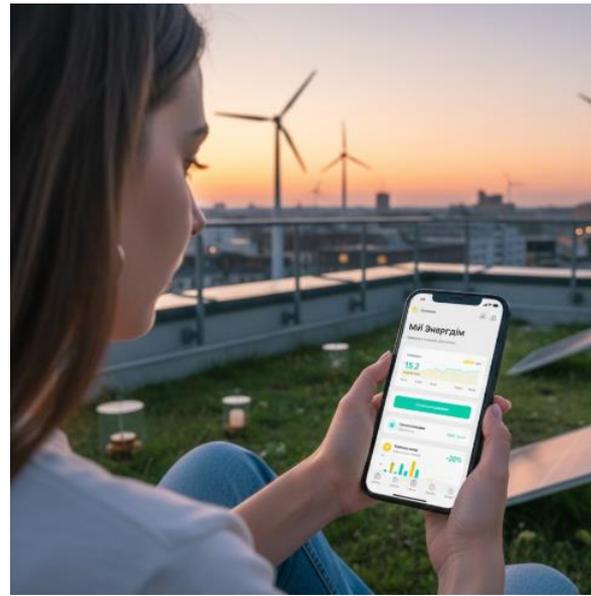


Рис. 2. Етичність та енергомодернізація



Рис. 3. Гнучкість і децентралізація

Особливого значення це набуває в умовах післявоєнної відбудови України. Споживчий патріотизм, притаманний українським Зумерам, вимагає від енергетики бути не лише надійною, а й інноваційною. Таким чином, сучасний випускник енергетичного коледжу - це цифровий стратег, який поєднує інженерні знання з глибоким розумінням психології «цифрового клієнта», забезпечуючи сталий розвиток галузі через призму ESG-стандартів.

### Перелік використаних джерел

1. Deloitte Ukraine «Споживацькі настрої українців у 2024 році». URL: <https://www.deloitte.com/ua/uk/about/press-room/consumer-behavior-research-2024.html> (дата звернення: 13.12.2025).
2. Бенчмарки соціальних мереж 2025 року. URL: <https://www.dashsocial.com/resources/social-media-benchmarks> (дата звернення: 11.12.2025).
3. Promodo (Аналітика українського ритейлу та e-commerce). URL: <https://www.promodo.ua/blog> (дата звернення: 12.12.2025).

УДК 633. 521

## АРХІТЕКТУРА НОВИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

*Лата С.М., викладач відділення «Будівництва»,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У статті розглядаються сучасні підходи до формування архітектури енергосистем в умовах воєнного часу та в процесі післявоєнної відбудови. Проаналізовано ключові виклики, пов'язані з руйнуванням енергетичної інфраструктури, нестабільністю постачання та загрозами безпеці. Особливу увагу приділено принципам децентралізації, впровадженню мікромереж, використанню відновлюваних джерел енергії та систем накопичення енергії. Обґрунтовано доцільність переходу до гнучких, стійких і цифровізованих енергосистем як основи енергетичної безпеки та сталого розвитку у післявоєнний період.

**Ключові слова.** Енергосистема, воєнний час, післявоєнна відбудова, децентралізація, мікромережі, відновлювані джерела енергії, енергетична безпека.

Війна суттєво змінила підходи до проектування, експлуатації та відновлення енергетичної інфраструктури. Сучасні виклики ставлять за

мету не лише забезпечення безперервного живлення, а й підвищення стійкості, адаптивності й ефективності енергосистем у надзвичайних умовах. У післявоєнний період стратегічна мета — побудова такої архітектури енергосистеми, яка дозволить забезпечити надійну енергію, гнучкість та енергетичну незалежність.

Воєнні дії суттєво впливають на функціонування енергетичних систем, перетворюючи їх на один із головних об'єктів ризику для національної безпеки. Руйнування електростанцій, підстанцій та ліній електропередачі призводить до масштабних відключень і порушення життєдіяльності населення та економіки. За таких умов традиційна централізована модель енергопостачання виявляється вразливою та потребує трансформації.

Одним із ключових напрямів розвитку є децентралізація енергосистеми, що передбачає створення локальних джерел генерації та автономних мікромереж. Мікромережі здатні функціонувати незалежно від основної мережі, забезпечуючи електроенергією критично важливі об'єкти — лікарні, системи водопостачання, центри зв'язку й оборонну інфраструктуру. Такий підхід підвищує стійкість системи до фізичних і кібернетичних загроз.

Важливу роль у новій архітектурі енергосистем відіграють відновлювані джерела енергії, зокрема сонячна й вітрова генерація. Їх використання дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів і скоротити викиди парникових газів. Поєднання ВДЕ з системами накопичення енергії забезпечує стабільність електропостачання навіть за умов змінного виробітку.

Післявоєнна відбудова енергетичної інфраструктури має ґрунтуватися на принципах цифровізації та інтелектуального управління. Впровадження smart grid-технологій, автоматизованих систем моніторингу та прогнозування навантажень сприяє швидкому реагуванню на аварійні ситуації та оптимізації використання ресурсів. Таким чином, формування нової архітектури енергосистем є не лише відповіддю на виклики війни, а й основою довгострокового сталого розвитку.

## **1. Виклики воєнного часу для енергосистем**

Воєнні дії призводять до:

- руйнування ключових елементів енергетичної інфраструктури;
- перебоїв у постачанні палива й електроенергії;
- ризику кібератак і фізичних атак на об'єкти критичної інфраструктури;
- проблем з логістикою та доступом до генерації.

Ці ризики вимагають перегляду традиційної централізованої архітектури енергосистем та переходу до більш розподілених, модульних рішень з високою резервною здатністю.

## **2. Основні принципи архітектури енергосистеми під час війни**

### **2.1 Децентралізація**

Замість великої кількості великих електростанцій важливо розвивати мережу малих і середніх джерел генерації (сонячні, вітрові, малі ГЕС, когенерація). Це зменшує вразливість і дозволяє локально забезпечувати енергією критичні об'єкти.

## **2.2 Модульність і сегментація мережі**

Енергосистема повинна бути здатна працювати в ізольованих мікромережах (мікрогрідах), що можуть функціонувати самостійно в разі відключення основної мережі.

## **2.3 Акцент на резерви й адаптивність**

Важливо мати резервні джерела енергії (генератори, акумулятори) для забезпечення безперебійної роботи критичних служб — медичних закладів, систем зв'язку, інфраструктури зв'язку.

## **3. Сучасні технологічні рішення**

### **3.1 Інтелектуальні мережі (Smart Grids)**

Інтелектуальні розподільчі мережі дозволяють оптимізувати навантаження, швидко реагувати на зміни ситуації, автоматично перемикаючи джерела живлення та мінімізувати вплив відключень.

### **3.2 Відновлювані джерела енергії (ВДЕ)**

ВДЕ — ключовий компонент сучасної енергетики. Сонячні панелі, вітряки, гібридні системи з акумуляцією дозволяють забезпечувати локальну генерацію навіть за обмеженого доступу до централізованої мережі.

### **3.3 Акумуляція енергії**

Системи зберігання енергії (БЕС/ESS) на базі літій-іонних батарей, гідроакумуляюючих станцій чи водневих технологій — важлива складова стабільності постачання.

## **4. План післявоєнної відбудови**

### **4.1 Відновлення критичної інфраструктури**

Першочергове відновлення мереж електропостачання, трансформаторних підстанцій, ліній передачі — із застосуванням сучасних стандартів безпеки та гнучкості.

### **4.2 Інтеграція ВДЕ на широкій основі**

Реконструкція з урахуванням масштабованих сонячних і вітрових електростанцій, стимулювання приватних ініціатив з мікрогенерації — дахові СЕС, локальні вітрові турбіни.

### **4.3 Модернізація цифрових систем управління**

Інтеграція SCADA й інших систем моніторингу забезпечує прогнозованість, автоматичне відновлення, швидке реагування та мінімізацію людського фактору у критичних ситуаціях.

## **5. Стратегічні переваги нової архітектури**

- **Стійкість до атак та збою** — мережі з модульною структурою легше ізолювати та відновлювати.

- **Економічна ефективність** — зниження втрат, оптимальне використання ресурсів.
- **Енергетична незалежність** — розвиток ВДЕ та локальної генерації зменшує залежність від імпорту енергоресурсів.
- **Зниження шкідливих викидів** — екологічні рішення сприяють сталому розвитку.

### **Висновок**

Архітектура нових енергосистем повинна будуватися на принципах гнучкості, адаптивності та стійкості. В умовах воєнного часу ці властивості стають критично важливими для забезпечення функціонування економіки та життєдіяльності суспільства. Післявоєнна відбудова має стати шансом для модернізації енергетичної інфраструктури, інтеграції відновлюваних джерел енергії та застосування передових технологій управління мережею.

### **Перелік використаних джерел**

1. Кулик М.М. Енергетична безпека держави : виклики та шляхи забезпечення. – Київ : Наукова думка, 2020.
2. International Energy Agency. *Energy Security and Resilience*. – Paris, 2022.
3. Lund H. *Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach*. – Academic Press, 2019.
4. Закон України «Про альтернативні джерела енергії».
5. European Commission. *Smart Grids and Energy Transition*. – Brussels, 2021.

**УДК 631/962**

## **СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ДЛЯ БІОПАЛИВА**

**Логінов А.М.** канд. с/г наук, викладач спец дисциплін за спеціальністю агрономія,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** Розглянуто технологію вирощування енергетичної верби для використання на біопаливо. Показано енергетичний потенціал біопаливних культур. Даються рекомендації щодо боротьби з бур'янами й обробіткою ґрунту при вирощуванні енергетичної верби й економічна оцінка.

**Ключові слова.** Енергетичні культури, біопаливо, біомаса, енергетична верба, технологія вирощування.

Шляхи отримання біопалива наразі дуже гостро стоять як у світі, так і в Україні зокрема. Швидкість витрат вичерпних ресурсів, особливо нафти й газу невпинно зростає, запасів стає все менше, людство все більше використовує альтернативні джерела енергії. Одними з таких джерел можуть бути енергетичні культури.

Енергетичні культури — це рослини із вагомим енергетичним потенціалом, спеціально вирощені для використання як біоенергетичне паливо. Такі культури використовуються для отримання твердих, рідких і газоподібних біопалив. Дослідники постійно знаходять усе більше енергетичних рослин. Нині їх досить багато, наприклад міскантус, тополя, цукрове сорго, світчграс, енергетична верба й інші. Вирощування енергетичних культур також виправдано з економічної точки зору. Динаміка цін на тверде біопаливо значно зростає, в порівнянні з 2015 роком ціна пілетів виросла більш ніж у 2 рази.

При вирощуванні кукурудзи на силос, при використанні її як біоенергетичне паливо вихід енергії становить 51 Гкал/га, міскантус, який належить до родини тонконогових і має походження з субтропічних і тропічних регіонів Африки, дає вихід енергії 81 Гкал/га. Найбільший енергетичний потенціал має цукрове сорго – 128 Гкал/га. Із одного гектара посівів цукрового сорго можна збирати 90-120 т. цукромісткої біомаси з загальним вмістом цукрів у соці до 20%. Недоліком вирощування цієї культури є те, що вирощувати потрібно кожен рік.

На цьому фоні виділяється енергетична верба, яка дає вихід енергії до 65 Гкал/га, але вирощується на одному полі 20-25 років. Урожай збирається кожні 2-3 роки, і з одного гектара можна отримати до 30-50 тонн біомаси щорічно. За три роки верба досягає висоти 6-7 метрів. Інвестиції, вкладені у виробництво, повністю окупаються під час збору другого врожаю. Середня вартість закладення 1 га становить 1000 євро, також 1 га плантації енергетичної верби дає до 30 і більше тонн біомаси в рік, що дорівнює 4,5 тис.м<sup>3</sup> природного газу. Також енергетичні плантації біомаси запобігають ерозії ґрунту, сприяють поліпшенню стану навколишнього середовища. Під час спалювання біомаси на електростанціях в атмосферу викидається тільки та частина вуглекислого газу, яка була поглинута рослиною в процесі фотосинтезу під час зростання. Таким чином, використання біомаси не додає "нового" вуглецю до природного вуглецевого циклу, на відміну від спалювання нафти, газу, вугілля, яке вивільняє вуглець, "законсервований" під землею мільйони років.

Поширені в Україні сорти швидкорослих сортів енергетичної верби: *Salix viminalis* L, *Salix fragilis* L, *Salix alba* L вирощуються на спеціальних плантаціях за інтенсивною технологією.

Підготовка ґрунту проводиться, як під овочеві культури. Восени проводиться глибока зяблева оранка, культивування і боронування, що

забезпечує оптимальні умови росту навесні. Посадка здійснюється механізованим або ручним способом. Норма посадки – 15-20 тисяч саджанців на гектар, що забезпечує швидке закриття ґрунту та високу врожайність.

В якості посадкового матеріалу використовують спеціальні живці швидкорослих сортів енергетичної верби. Важливим заходом у перший рік посадки є контроль бур'янів за допомогою агротехнічних і хімічних засобів. Проти багаторічних злакових бур'янів добре зарекомендували гербіциди Пантера, к.е., з нормою внесення 2 л/ га., Раундап – 6 л/ га й ін. Обприскування необхідно проводити у фазі 4-5 листків верби. Також застосовуються мінеральні добрива та мікроелементи для забезпечення високого приросту біомаси.

Не менш важливим заходом є розпушування міжрядь із метою покращення умов для росту й розвитку рослин, поліпшення водного й повітряного режиму, у ранній період вегетації. Також розпушування зменшує щільність ґрунту. Відмова від розпушування збільшує витрати вологи з верхніх шарів у період інтенсивного росту. Як правило, розпушування ґрунту в міжряддях проводять у перший рік вирощування на початку вегетації. Наступні розпушування проводять залежно від щільності ґрунту. Якщо вона становить 1,2–1,25 г/см<sup>3</sup> і більше, та з'являються бур'яни, то необхідно провести друге розпушування фрезерними культиваторами.

За період вегетації також проводять 2-3-разове присипання бур'янів. Це сприяє збереженню вологи в нижніх шарах ґрунту, вирівнює ґрунт у зоні рядка, зменшує відхилення рослин від осі рядка й позитивно впливає на якість збирання врожаю.

Перше присипання бур'янів починають, коли сходи верби досягнуть висоти 5 см, друге 20-30 см. Роботу проводять переобладнаними захисними дисками чи спареними лапами-бритвами з полічками.

Після закінчення першого року вегетації проводять перше, так зване «виховне», зрізування верби на висоті 10 см відносно поверхні ґрунту, що сприяє збільшенню кількості пагонів у подальші роки вегетації.

Для отримання паливної тріски з пагонів енергетичної верби частіше використовують потоковий спосіб збирання біомаси, який забезпечує мінімальні витрати праці, коштів і високу якість біосировини. Пагони зрізаються, подрібнюються на дрібні частини (паливну тріску), яка має вигляд деревинної біомаси, переробленої різанням або подрібненням у дрібну фракцію за допомогою спеціальних подрібнювальних машин, і навантажуються у транспортний засіб, який рухається поруч із самохідним комбайном. Паливна тріска транспортується до місця її подальшого перероблення або зберігання. Довжина паливної тріски, придатної для спалювання у топках котлів малої потужності, які використовуються для теплопостачання будинків та малих ТЕС, становить 1-3 см. Збиральні

роботи необхідно планувати таким чином, щоб мати високий приріст маси і своєчасно закінчити збирання і вивезення тріски.

Сучасна технологія вирощування верби забезпечує високий рівень продуктивності, дозволяє ефективно використовувати забруднені й деградовані землі.

Збирання енергетичної верби для промислового використання варто проводити через кожні два-три роки після скидання листа, як правило жовтень-листопад місяць. Планації енергетичної верби можуть експлуатуватися протягом 20-25 років без повторного засаджування, оскільки після зрізу коренева система залишається в ґрунті та дає нові пагони. Урожайність біосировини може досягати 30-50 тонн із гектара. Вирощування енергетичної верби є економічно доцільним і рентабельним бізнес-проектом, який може забезпечити дохідність понад 30%.

#### **Перелік використаних джерел**

1. <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8384-tekhnologii-vyroshchuvannia-enerhetychnoi-verby.html>
2. <https://kurkul.com/spetsproekty/1185-pavlovniya-chi-energetichna-verba--yaku-energetichnu-kulturu-obrati-dlya-viroschuvannya-biopalisa>
3. [https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna\\_verba.pdf](https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna_verba.pdf)
4. <https://u-lead.org.ua/storage/admin/files/eff925dd2c23a1e6564fbc8c89f8ba4f.pdf>
5. <https://superagronom.com/news/3530-pributkovist-viroschuvannya-energetichnoyi-verbi--ponad-30>
6. <https://agrotimes.ua/interview/viroshchuvannya-energetichnoyi-verbi-saliks-enerdzh/>

**УДК 633.522:631.354.2**

## **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБЛЕННІ ВОЛОКНА КОНОПЕЛЬ У ЗАГАЛЬНІЙ МАСІ**

**Лук'яненко П.В.**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
*Інститут луб'яних культур НААН*

**Анотація.** Наведені показники енергетичних витрат при двох технологіях вироблення волокна конопель у загальній масі. Показано, що при використанні запропонованої технології в порівнянні з пристосуванням заводського технологічного обладнання до вироблення з трести конопель

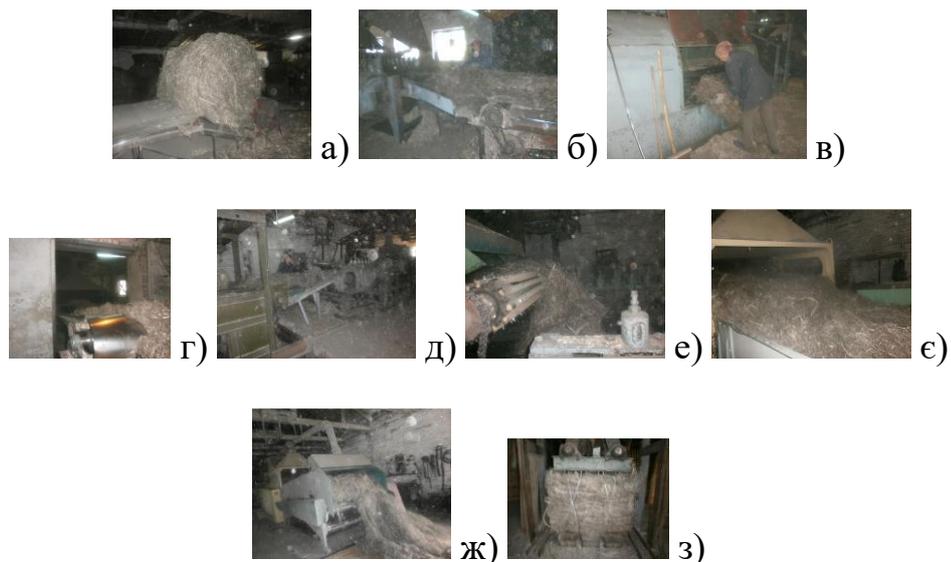
*волокна в загальній масі поряд із хорошими показниками його якості присутнє значне зниження витрат електроенергії.*

**Ключові слова.** *Треста конопель, волокно в загальній масі, технології вироблення, витрати електроенергії, енергозбереження.*

Волокно конопель знаходить багатогранне використання при виготовленні кручених виробів і технічних тканин (канати, шпагат, мотузки, сітка, килими й інше), в текстильній промисловості (одяг, рушники, серветки, сумки, шарпетки, взуття), при виготовленні промислових виробів (агроволокнисті суміші, сформовані тиском деталі, тормозні елементи), будівельних матеріалів (фібровий картон, ізоляційний матеріал, армоване скловолокно) та в інших напрямках [1]. В останній час практично у всіх країнах насіннєві коноплі збирають із використанням високопродуктивних сільськогосподарських машин, якими є зернозбиральні комбайни [2-3] Після збирання насіння конопель даними машинами на полі залишається стеблова частина, яка здебільшого збирається трестом при досягненні кондиційної вологості. Для цього розроблена технологія з використанням технологічних операцій зламування стебел, згрібання їх у валок, надання їм більшої зчепності за рахунок руйнування деревинної частини та його підбирання з формуванням крупних поковок [4-6], які в подальшому навантажуються на транспортні засоби та перевозяться до пунктів переробки. З використанням для збирання сільськогосподарських машин загального призначення стебла в сформованій крупній поковці знаходяться в хаотичному стані та придатні для вироблення волокна конопель у загальній масі.

При виробленні волокна конопель у загальній масі на технологічному обладнанні коноплезаводу був дещо змінений технологічний ланцюг переробки, а саме після проминання трести в м'яльній машині сирець знімався з транспортера і подавався через завантажувальне вікно в зону пневматичного транспортування першої секції тіпальних барабанів без їх включення, після чого він передавався на лінію короткого волокна з почерговими діями м'яльних і трясильних машин.

Фрагменти переробки трести конопель на заводському технологічному обладнанні з виробленням волокна в загальній масі наведені на рисунку 1, характеристика переробної сировини в рулонах – в таблиці 1, витрати електроенергії за даним варіантом переробки – в таблиці 2.



*Рис.1. Фрагменти переробки трести конопель на заводському технологічному обладнанні з виробленням волокна в загальній масі: а) треста конопель на розмотувачі рулону; подача сировини в м'яльну машину лінії довгого волокна (б), в систему пневмотранспортування (в), на вхідну трясильну машину (г) та в першу м'яльну машину лінії короткого волокна (д), передача сировини з трясильної в другу м'яльну машину (е); її схід з другої (є) та вихідної трясильної машини (ж) і пресування виробленого волокна в тюки (з).*

*Таблиця 1.  
Характеристика трести конопель у рулонах, отриманої при використанні для її збирання сільськогосподарських машин загального призначення*

Показники	Значення показників
Вологість, %	13,5
Довжина стебел, см	110,0-130,0
Розташування стебел	хаотичне
Ширина рулону, см	130
Вміст волокна, %	31,5
Вміст костриці, % з них:	62,0
- не відокремленої від волокна	24,2
- у вільному стані	37,8
Вміст бур'янів та інших домішок, %	1,1

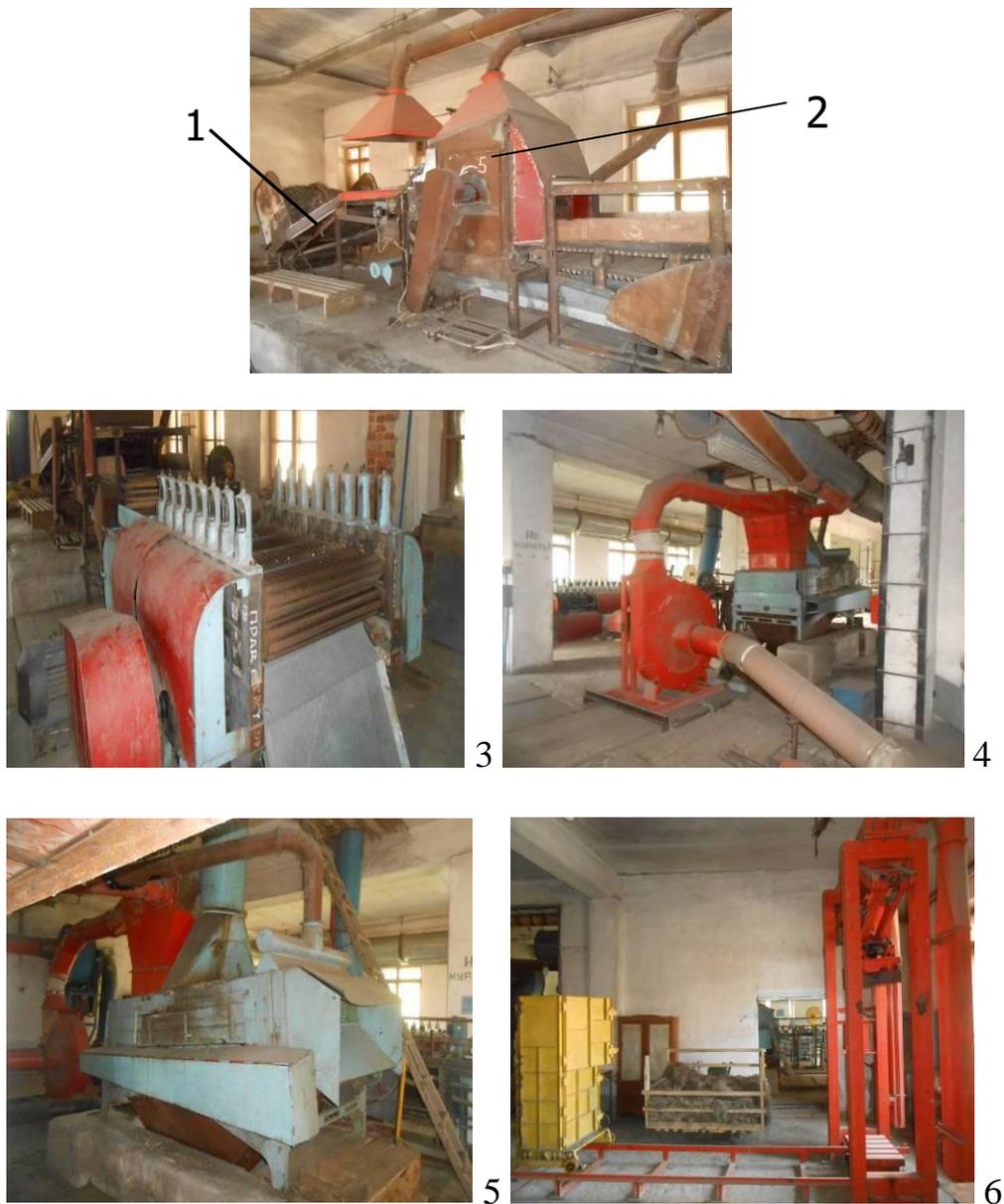
Аналіз таблиці 1 показує, що в процесі збирання трести конопель сільськогосподарськими машинами загального призначення втрачається біля 8,0% костриці, а залишена її частина в більшості знаходиться у відокремленому від волокна стані. При цьому вологість трести знаходиться в межах придатності для її переробки.

Таблиця 2.

*Витрати електроенергії при виробленні волокна конопель в загальній масі на технологічному обладнанні коноплезаводу*

Технологічні операції та машини для їх здійснення	Витрати електроенергії, кВт/год.
Розмотувач рулонів	привод від м'яльної машини
М'яльна машина ПМГ-1	22,0
Пневмотранспортування в зоні першої секції тіпальних барабанів на лінію короткого волокна знятого з транспортера та вручну завантаженого сирцю	10,0
Вхідна трясильна машина лінії короткого волокна	3,0
Перша м'яльна машина лінії короткого волокна	7,0
Трясильна машина	3,0
Друга м'яльна машина лінії короткого волокна	5,0
Трясильна машина	3,0
Вихідна трясильна машина лінії короткого волокна	3,0
Пресування волокна в тюки	5,0
Система видалення костриці	14,0
Система видалення пилу	14,0
Всього:	89,0

Як альтернативний варіант в Інституті луб'яних культур розроблена нова технологія переробки трести конопель із виробленням волокна в загальній масі, до складу якої входять машини, зображені на рисунку 2.



*Рис.2. Почерговість технологічних операцій та встановлених машин у розробленій технології вироблення волокна конопель у загальній масі: 1 – розмотування рулону трести конопель; 2 – потоншення та збагачення шару у відповідному механізмі; 3 – проминання шару трести в м'яльній машині; 4 – тіпання пром'ятого сирцю в дезінтеграторі; 5 – видалення відокремленої від волокна костриці в трясильній машині; 6 – зважування та пресування виробленого волокна в тюки.*

Витрати електроенергії при виробленні волокна конопель у загальній масі за розробленою технологією наведені в таблиці 3, а показники його якості в обох варіантах при переробці трести з вищевказаною характеристикою (табл.1) – в таблиці 4.

Таблиця 3.

*Витрати електроенергії при виробленні волокна конопель у загальній масі за запропонованою технологією*

Технологічні операції та машини для їх здійснення	Витрати електроенергії, кВт/год.
Розмотувач рулонів	3,0
Механізм потоншення та збагачення шару	4,0
Проминання потоншеного шару в м'яльній машині	7,0
Тіпання пром'ятого сирцю в дезінтеграторі	4,0
Видалення відокремленої від волокна костриці в трясильній машині	3,0
Пресування волокна в тюки	5,5
Система видалення костриці	14,0
Система видалення пилу	14,0
Усього:	54,5

Таблиця 4.

*Показники якості волокна конопель у загальній масі при двох технологіях його вироблення*

Показники якості	Технології переробки трести	
	на заводському технологічному обладнанні	запропонована
Розривне навантаження скрученої стрічки, даН	19,0	18,4
Масова частка костриці, %	3,5	0,5
Масова частка лапи, %	2,4	1,6
Сорт	3	3

Аналіз таблиці 3 показує, що в порівнянні із заводським варіантом вироблення волокна конопель у загальній масі за запропонованою технологією суттєво знижуються витрати електроенергії (на 34,5 кВт/год.) При цьому в обох варіантах вироблене волокно відповідає третьому сорту, в той час як за показником масової частки костриці воно значно чистіше (0,5 проти 3,5%).

Отже за результатами проведених досліджень можна зробити **висновок** про те, що за запропонованою технологією вироблення волокна конопель у загальній масі в порівнянні з його отриманням при переробці трести на заводському технологічному обладнанні скорочуються витрати електроенергії на 38,7%, а отримане волокно значно чистіше, що може зацікавити потенційних його покупців.

### Перелік використаних джерел

1. Коноплі: монографія / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін.]; за ред. М.Д. Мигалья, В.М. Кабанця. – Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. – 384 с.
2. Лук'яненко П.В. Досвід використання зернозбиральних комбайнів на збиранні насінневих конопель / П.В. Лук'яненко, В.М. Кабанець, Р.Н. Гілязетдінов та ін. // Луб'яні та технічні культури: Зб. наук. пр. – Суми : ТОВ «ТД» Папірус», 2012. – Вип. 2 (7). – С.120-130.
3. Лук'яненко П.В. Дослідження процесу збирання насінневих конопель зернозбиральним комбайном Dominator-208 MEGA / П.В. Лук'яненко, І.О. Маринченко // Міжвідомч. тематич. наук. зб. «Механізація та електрифікація сільського господарства», Випуск 92, Глеваха : Видавництво ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». – 2008. – С.118-124.
4. Примаков О.А. Використання зернозбиральних комбайнів для збирання насінневих конопель / О.А. Примаков, В.І. Макаєв, П.В. Лук'яненко, О.П. Рябченко // Міжвідомч. тематич. наук. зб. «Механізація та електрифікація сільського господарства», Випуск 93, Глеваха : Видавництво ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». – 2009. – С.469-475.
5. Примаков О.А. Розробка елементів технології збирання конопель сільськогосподарськими машинами загального призначення / Матеріали міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «Іноваційні напрямки в селекції, генетиці, технології вирощування, збирання, переробки і стандартизації технічних культур» (Глухів, 2-4 грудня 2008 р.): Зб. наук. пр. – Суми : «Note bone», 2009. – С.29-32.
6. Пат. 47817 Україна МПК А 01 D 91/00. Спосіб збирання стебел конопель після збирання насіння зернозбиральним комбайном / Голобородько П.А., Гілязетдінов Р.Н., Рябченко О.П., Лук'яненко П.В., Макаєв В.І., Примаков О.А.; заявник і патентовласник Інститут луб'яних культур НААН. - №200909179; заявл. 07.09. 2009; опубл. 25.02.2010. Бюл. №4.

## РОЗДІЛЬНА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ

**Макаєв В.І.**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

У даний час стратегічне значення льону-довгунця для України як єдиного джерела сировини для текстильного виробництва є актуальною проблемою галузі, крім того, збільшення продукції з натуральної целюлози на основі льону є важливою проблемою для країни.

Починаючи з 1993 року, в галузі льонарства почали розвиватися деструктивні процеси, які призвели до скорочення площі посівів льону та, як наслідок, знизилися обсяги виробництва й заготівлі волокна, що призвело до втрати зовнішнього ринку збуту цього важливого товару, одного з джерел валютних надходжень.

До однієї із причин кризового стану галузі можна віднести відсутність виробництва льонозбиральної техніки в Україні.

Збирання льону-довгунця – завершальний етап обробітку цієї культури і дуже важливий, від якого залежать не лише кількісні, а й, головним чином, якісні втрати льонопродукції. Величина цих втрат багато в чому визначається вихідним станом посівів до початку збирання: полеглістю стебел, висотою рослин і рівномірністю по висоті, засміченістю, не одночасністю дозрівання стебел і коробочок. Найбільші втрати спостерігаються при збиранні сильно паглового, засміченого та короткостеблового льону-довгунця і при пізньому його дозріванні. Значно залежать вони також від метеорологічних умов у період збирання. Величина втрат залежить від застосовуваних способів збирання та способу приведення льонопродукції, що реалізується, в товарний вигляд.

Для льонарства України скорочення трудових, енергетичних і матеріальних затрат залишається актуальною проблемою, рішення якої потребує, перш за все, створення нових зразків продуктивнішої техніки, розробки перспективних технологій збирання льону-довгунця.

Так, в Інституті луб'яних культур Української академії аграрних наук розроблено й апробовано роздільну технологію збирання льону-довгунця. Для її здійснення розроблено макетний зразок машини - льонопідбирача-молотилка ПМЛ-1, яка успішно пройшла випробування протягом чотирьох років у польових умовах та обмолотила понад 200 га льону.

Даний спосіб збирання включає дві основні операції - смикання льону з розстилом у стрічку у фазі ранньої жовтої стиглості льонотеребілкою ТЛН-1, і наступний підбір висохлих стебел льону (через 5-7 днів), відокремлення насінневих коробочок шляхом обчісування та виділення з

них насіння і розстил стебел із перевертанням, здійснюваний льонопідбирачем-молотилкою ПМЛ-1. Розробка дослідного зразка льонопідбирача-молотарки заводом «Ірпінмаш» Київської області за результатами виробничих випробувань практично була припинена.

Роздільний спосіб збирання не вирішує всіх проблем льонарства, проте дозволяє знизити рівень енергетичних витрат, змістити терміни початку збирання на більш ранній період, підвищити якість насіння та трести льону. Вона забезпечує отримання сухого насіння, що не потребує подальшого сушіння.

Проведена порівняльна оцінка комбайнової технології з використанням льонозбирального комбайна ЛК-4Т та роздільної технології збирання показало значні переваги останнього, тобто збирання льону з використанням льонопідбирача-молотилки ПМЛ-1. Якщо за комбайновою технологією лляна купа потребує негайного сушіння, яка пов'язана із значними енергетичними витратами – витратами палива й електричної енергії, тоді як при роздільній – зовсім немає необхідності у її проведенні.

Згідно з результатами проведених досліджень, збільшення збирання насіння за роздільної технології порівняно з комбайновим збиранням становить 14,4%. Кожен гектар льону, зібраний за роздільною технологією, лише за рахунок збільшення збирання насіння додатково приніс 168 грн прибутку в цінах 2010 року.

Впровадження роздільної технології прибирання з урахуванням кліматичних умов можливе практично в усіх зонах України.

Чотирьохрічні дослідження щодо термінів підбору й обмолоту стебел зі стрічок розстилання, при якому якість насіння погіршується не значно, тобто насіння відповідає 1 класу становить 15-20 діб.

Ушкодження насіння робочими органами льонозбирача-молотилки ПМЛ-1 не перевищує 1%, що відповідає агротехнічним вимогам на льонопідбирач-молотилку.

### **Перелік використаних джерел**

1. Макаєв В.І., Гілязетдінов Р.М., Сірий В.О. Роздільне збирання льону-довгунцю // Пропозиція 2000 - №1 с. 84-85.
2. Макаєв В.І., Роздільна ресурсозберігаюча технологія збирання льону-довгунцю // Зб. наукових праць ІМЄСГ Вип.87. 2003 с. 149-153
3. Макаєв В.І. Удосконалення роздільного способу збирання льону-довгунця з метою покращення якості продукції // Проблеми легкої та текстильної промисловості України. №1(8). - Херсон: 2004. - С.96-100

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ: ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРОЛОГІСТИКИ

**Маринченко І.О.**, *к.т.н., викладач професійних дисциплін,*  
**Маринченко В.І.**, *викладач професійних дисциплін,*  
*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У статті досліджено механізми екологічної та енергетичної трансформації підйомно-транспортних систем в агропромисловому комплексі. Проаналізовано роль ПТМ як енергетичного ядра елеваторів і виявлено потенціал заощадження ресурсів через впровадження частотних перетворювачів. Розглянуто заходи щодо мінімізації антропогенного впливу на довкілля шляхом герметизації ліній та використання біорозкладних мастильних матеріалів. Визначено економічну ефективність впровадження інтелектуальних систем управління в контексті відповідності міжнародним стандартам сталого розвитку.

**Ключові слова.** Агрологістика, підйомно-транспортні машини, енергоефективність, частотний перетворювач, екологічна трансформація, декарбонізація, сталий розвиток.

### Вступ

Сучасний агропромисловий комплекс (АПК) України перебуває на етапі масштабної технологічної трансформації. В умовах зростання вартості енергоресурсів і посилення екологічних вимог із боку світової спільноти, ефективність логістичних процесів стає визначальним фактором конкурентоспроможності. Ключову роль у цьому ланцюжку відіграють підйомно-транспортні машини (ПТМ) — норії, стрічкові та ланцюгові конвеєри, які складають «енергетичне ядро» будь-якого елеватора чи переробного терміналу.

Традиційна агрологістика тривалий час базувалася на принципах максимальної продуктивності без належної уваги до енергоефективності. Це призвело до того, що значна частина парку ПТМ сьогодні характеризується високою енергомісткістю, значними втратами сировини через запиленість і негативним впливом на довкілля. За статистикою, на транспортувальні операції припадає до 60–70% загального споживання електроенергії елеваторними потужностями.

Актуальність «зеленого» переходу в агрологістиці зумовлена не лише етичними міркуваннями збереження довкілля, а й жорсткою економічною прагматикою. Впровадження енергоефективних систем дозволяє не тільки знизити собівартість перевалки зерна, а й привести українські підприємства

у відповідність до міжнародних стандартів сталого розвитку (зокрема, принципів ESG та вимог ЄС щодо декарбонізації).

Комплексний підхід до екологічної трансформації підйомно-транспортних систем: від інтелектуального керування електроприводами до впровадження технологій замкненого циклу дозволить мінімізувати антропогенне навантаження на екосистеми.

### **Технологічні рішення для енергоощадності.**

Основою екологічної трансформації ПТМ є перехід від статичних систем управління до динамічних та інтелектуальних рішень. Основними векторами впровадження енергоощадних технологій у сучасній агрологістиці є оптимізація роботи приводів.

Традиційні електродвигуни конвеєрів і норій без регулювання частоти обертів споживають надмірну кількість енергії, особливо в моменти пуску та при неповному завантаженні лінії. Впровадження перетворювачів частоти (VFD) дозволяє:

1. Оптимізувати швидкість. Система автоматично підлаштовує швидкість руху стрічки або ланцюга під фактичну інтенсивність подачі зерна. Це виключає роботу обладнання на «холостому ході» або з надлишковою потужністю.

2. Знизити пускові струми. Плавний пуск зменшує навантаження на електричну мережу та механічні вузли (редуктори, вали), що подовжує термін експлуатації ПТМ на 30–40%.

3. Економити ресурс. Точне керування моментом двигуна дозволяє досягти економії електроенергії від 15% до 35% залежно від режиму експлуатації.

*Таблиця 1.*

*Порівняльна характеристика енергоспоживання приводу конвеєра (потужність 30 кВт)*

<b>Параметр порівняння</b>	<b>Прямий пуск (традиційний)</b>	<b>З частотним перетворювачем (VFD)</b>	<b>Заощадження</b>
Споживання при пуску (пікове)	до 210 кВт	30-35 кВт	<b>-85%</b>
Середнє споживання при 70% навантаженні	27,5 кВт/год	19,8 кВт/год	<b>-28%</b>
Споживання за зміну (8 год)	220 кВт/год	158 кВт/год	<b>62 кВт/год</b>
Економія за сезон (2000 год)	—	—	<b>15 400 кВт/год</b>

Модернізація підйомно-транспортних систем має на меті не лише економію кіловат-годин, а й радикальне зменшення антропогенного навантаження на довкілля.

**Зменшення пилових викидів.** Традиційні відкриті конвеєри є джерелом дрібнодисперсного зернового пилу. Впровадження герметичних самопливів, закритих стрічкових конвеєрів і систем локальної аспірації безпосередньо у вузлах пересипання дозволяє знизити рівень запиленості на 90-95%. Це мінімізує ризик пилових вибухів і захищає здоров'я персоналу.

Перехід на використання мастил на рослинній основі (наприклад, ріпакової чи соєвої з додаванням екологічних присадок) у підшипникових вузлах і ланцюгових передачах вирішує проблему випадкового забруднення зерна нафтопродуктами. У разі потрапляння в ґрунт такі матеріали розкладаються природним шляхом, не завдаючи шкоди екосистемі.

### **Економічна вигода від еко-трансформації.**

Екологічна трансформація – це довгострокова інвестиція з чітко прогнозованим періодом окупності (ROI).

- Пряма окупність: завдяки зниженню витрат на електроенергію та зменшенню ремонтних циклів (через відсутність ривків при пусках), середній термін окупності системи частотного регулювання становить 1,5–2,5 роки.
- Збереження сировини: зниження втрат зерна у вигляді пилу (який раніше просто вилітав у повітря) дозволяє зберегти від 0,1% до 0,3% загального обсягу перевалки, що на великих терміналах конвертується у мільйони гривень прибутку.
- Міжнародні стандарти: впровадження енергоефективних систем дозволяє підприємству отримати сертифікати за стандартами ISO 50001 (Енергоменеджмент) та ISO 14001 (Екологічний менеджмент). Це є критичною умовою для отримання пільгових кредитів від європейських банків (ЄБРР, ЄІБ) та виходу на ринки ЄС.

### **Висновки**

Екологічна трансформація агрологістики через впровадження енергоефективних ПТМ – це невідворотний шлях розвитку для українського АПК. Використання інтелектуальних систем керування, рекуперації енергії та герметичних транспортних ліній дозволяє трансформувати елеватор із джерела промислового шуму та пилу на високотехнологічний, «чистий» об'єкт.

Перспективи розвитку галузі лежать у площині інтелектуальних екосистем, де кожен конвеєр є частиною мережі промислового інтернету речей, що самостійно оптимізує свою роботу залежно від якості зерна, вологості та погодних умов. Для України це шанс не просто відновити зруйновану інфраструктуру, а побудувати її на принципово новому, вищому рівні технологічного укладу.

### Перелік використаних джерел

1. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР (зі змінами).
2. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання.
3. Мартиненко О. О. Напрямки підвищення енергоефективності транспортувальних систем зернових елеваторів. Технічний сервіс АПК. 2021. №4. С. 112–118.
4. Малиновський А. А. Автоматизований електропривод підйомно-транспортних машин: підручник. Київ : Кондор, 2019. 350 с.

УДК 621.311.6:621.316

## СУЧАСНІ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

**Марченко І.С.**, здобувач освіти 22Е групи,

**Керівник: Ткачов О.О.**, голова циклової комісії електротехнічних  
дисциплін,

*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського НАУ»*

**Анотація.** У тезах проаналізовано сучасні системи резервного електроживлення України в умовах тривалої нестабільності енергопостачання. Здійснено класифікацію технічних рішень (ДБЖ, генераторні установки, інверторні та гібридні системи) з оцінкою їх переваг і недоліків для різних категорій споживачів. Визначено тенденцію переходу до інверторних систем на базі літій-іонних акумуляторів та гібридних комплексів з інтеграцією відновлювальних джерел енергії. Обґрунтовано критерії вибору оптимальних конфігурацій систем залежно від специфіки об'єкта та економічних показників.

**Ключові слова.** Резервне живлення, джерела безперебійного живлення, генератори, інвертори, акумуляторні системи, гібридні системи, енергонезалежність, відновлювані джерела енергії.

Забезпечення безперебійного електропостачання нині є одним із ключових викликів енергетики України. В умовах воєнного стану та постійних пошкоджень енергетичної інфраструктури системи резервного живлення стають критично важливими. Вони стали необхідним елементом енергобезпеки як для побутових споживачів, так і для критичної

інфраструктури. Мета роботи полягає в аналізі сучасних технічних рішень для систем резервного живлення та визначенні перспектив їх застосування в умовах нестабільного енергопостачання.

Сучасні системи резервного живлення можна класифікувати за принципом роботи та технічними характеристиками на декілька основних типів [3].

*Джерела безперебійного живлення* (ДБЖ) призначені для короткочасного резервування електропостачання та захисту обладнання від перепадів напруги. Розрізняють три основні типи ДБЖ: резервні (offline), які перемикаються на батареї при зникненні мережевої напруги; лінійно-інтерактивні (line-interactive), що мають стабілізатор напруги; з подвійним перетворенням (online), які забезпечують найвищий рівень захисту завдяки постійному живленню навантаження від інвертора. Час автономної роботи ДБЖ зазвичай становить від 5 до 30 хвилин, чого достатньо для коректного завершення роботи обладнання [3].

*Генераторні установки* забезпечують тривале резервне живлення та можуть працювати необмежений час за наявності палива. Бензинові генератори характеризуються компактністю та низькою ціною, проте мають обмежений ресурс роботи та високу вартість палива. Дизельні генератори відзначаються надійністю, економічністю та тривалим ресурсом роботи, що робить їх оптимальним вибором для тривалого резервування. Газові генератори мають найнижчі експлуатаційні витрати й екологічність, але потребують підключення до газової мережі [4].

*Інверторні системи* з акумуляторними батареями являють собою сучасне рішення, яке поєднує переваги ДБЖ та генераторів. Такі системи складаються з інвертора, що перетворює постійний струм акумуляторів у змінний, та акумуляторної батареї великої місткості. Сучасні літій-іонні акумулятори забезпечують високу питому енергомісткість, тривалий термін служби та можливість глибокого розряду, що робить інверторні системи все більш популярними [4].

*Гібридні системи* об'єднують декілька джерел енергії для максимальної надійності й ефективності. Типова гібридна система може включати інвертор, акумуляторну батарею, генератор і сонячні панелі. Така конфігурація дозволяє оптимізувати витрати на резервне живлення, використовуючи відновлювальні джерела енергії в пріоритетному режимі та запускаючи генератор лише за необхідності [2].

При виборі системи резервного живлення необхідно враховувати низку технічних та економічних факторів. Потужність системи повинна відповідати сумарному навантаженню підключеного обладнання з урахуванням пускових струмів. Час автономної роботи визначається місткістю акумуляторів або запасом палива і залежить від специфіки об'єкта [2].

Швидкість перемикання на резервне живлення є критичним

параметром для чутливого обладнання. ДБЖ типу online забезпечують перемикання за 0 мс, тоді як для генераторів цей показник може становити 10-30 секунд. Надійність системи визначається якістю компонентів, наявністю резервування та можливістю обслуговування [3].

Економічні показники включають початкову вартість обладнання та експлуатаційні витрати. Для генераторів основні витрати пов'язані з паливом і регулярним обслуговуванням, тоді як інверторні системи потребують періодичної заміни акумуляторів. Рівень шуму й екологічність також є важливими факторами, особливо для житлових зон [4].

Розвиток цифрових технологій суттєво вплинув на системи резервного живлення. Сучасні Smart-системи управління дозволяють здійснювати автоматичний моніторинг стану обладнання, прогнозувати навантаження та оптимізувати режими роботи. Дистанційне керування через мобільні додатки забезпечує контроль системи в режимі реального часу з будь-якої точки світу [5].

Енергоефективні рішення включають інвертори з високим ККД (до 98%), системи рекуперації енергії та інтелектуальне управління навантаженням. Модульна архітектура сучасних систем дозволяє нарощувати потужність за необхідності та забезпечує резервування за принципом N+1, що підвищує загальну надійність системи [4].

Інтеграція з відновлювальними джерелами енергії стає стандартом для сучасних систем резервування. Гібридні інвертори автоматично керують потоками енергії від сонячних панелей, мережі, акумуляторів і генератора, забезпечуючи максимальну ефективність та економію коштів [2].

Досвід використання систем резервного живлення під час енергетичної кризи продемонстрував їх критичну важливість для забезпечення функціонування країни. Попит на обладнання резервного живлення зріс у десятки разів, що стимулювало розвиток ринку та впровадження нових технологій [1].

Для житлового сектору найбільш популярними стали інверторні системи потужністю 3-5 кВт з акумуляторами місткістю 10-20 кВт-год, які забезпечують автономну роботу основних побутових приладів протягом 8-12 годин. Комерційні об'єкти віддають перевагу гібридним системам з генераторами потужністю 10-50 кВт та акумуляторними батареями для оптимізації витрат на паливо [3].

Критична інфраструктура, зокрема лікарні, дата-центри та об'єкти зв'язку, використовують багаторівневі системи резервування з дублюванням обладнання. Типова конфігурація включає ДБЖ для миттєвого перемикання, дизель-генератори для тривалої роботи та акумуляторні системи для забезпечення безперебійного переходу між режимами [2].

Подальший розвиток систем резервного живлення пов'язаний з удосконаленням технологій акумулялювання енергії. Перспективними

напрямами є твердотільні батареї з підвищеною енергомісткістю та безпекою, а також розвиток водневої енергетики як альтернативи традиційним генераторам [5].

Інтеграція систем резервування з концепцією Smart Grid дозволить створювати розподілені мережі взаємодопомоги, де надлишки енергії окремих систем можуть використовуватися для підтримки сусідніх об'єктів. Роль молодих фахівців-енергетиків у впровадженні цих інновацій є визначальною, оскільки саме вони володіють актуальними знаннями в галузі цифрових технологій та відновлювальної енергетики [5].

Системи резервного електроживлення є невіддільним елементом сучасної енергетичної інфраструктури України. Різноманітність технічних рішень дозволяє підібрати оптимальну конфігурацію для будь-якого об'єкта з урахуванням специфічних вимог та бюджету. Впровадження Smart-технологій та інтеграція з відновлювальними джерелами енергії визначають перспективи розвитку галузі. Підготовка кваліфікованих фахівців-енергетиків, здатних проєктувати, експлуатувати та модернізувати системи резервного живлення, є важливим завданням сучасної освітньої системи.

### **Перелік використаних джерел**

1. Проходження осінньо-зимових періодів 2022-2024 рр. Стан енергосистеми / DIXI Group. 2024. 67 с. URL: [https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2024/04/2024\\_winterseasons\\_analysis\\_dixi\\_group\\_final.pdf](https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2024/04/2024_winterseasons_analysis_dixi_group_final.pdf) (дата звернення: 15.01.2026).
2. Митражик І.І., Буняк О.А. Оцінка надійності системи електропостачання підприємства АПК із резервним джерелом живлення : кваліфікаційна робота магістра / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2024. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/46858/2/Кваліфікаційна%20робота\\_Митражик%20І.І..pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/46858/2/Кваліфікаційна%20робота_Митражик%20І.І..pdf) (дата звернення: 15.01.2026).
3. Джерела резервного живлення при вимкненні світла. Теплорадість : веб-сайт. 2024. URL: <https://teploradost.com.ua/ua/article/dzherela-rezervnogo-zhyvlennja-pry-vymknenni-svitla> (дата звернення: 15.01.2026).
4. Резервне живлення на акумуляторах vs генератор. Alteco : веб-сайт. 2025. URL: <https://alteco.in.ua/ua/teknolohiyi/akumulatory/rezervne-zhyvlennia-na-akumuliatorakh-vs-henerator> (дата звернення: 15.01.2026).
5. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 9 листоп. 2023 р. / Державний біотехнологічний університет. Харків : ФОП Бровін О. В., 2023. 250 с.

## РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ЕНЕРГЕТИКІВ ЗАСОБАМИ ІННОВАЦІЙНИХ ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Марченко С.С.**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри  
технологічної і професійної освіти

*Глухівський національний педагогічний університет ім. О. Довженка*

**Анотація.** У тезах обґрунтовано педагогічні стратегії формування цифрових компетентностей майбутніх фахівців-енергетиків в умовах цифрової трансформації галузі. Розкрито структуру цифрових компетентностей сучасного енергетика, що включає здатність працювати з великими масивами даних, володіння інструментами автоматизації енергосистем, використання спеціалізованого програмного забезпечення та навички кібербезпеки. Проаналізовано інноваційні педагогічні технології формування цифрових компетентностей: віртуальна та доповнена реальність, проєктне навчання, гейміфікація, змішане навчання. Визначено виклики впровадження інноваційних технологій: матеріально-технічне забезпечення, рівень цифрової компетентності викладачів, оновлення освітніх програм, співпраця з виробництвом.

**Ключові слова.** Цифрові компетентності, фахівці-енергетики, інноваційні педагогічні технології, віртуальна реальність, змішане навчання, професійна освіта, цифрова трансформація.

Сучасний етап розвитку енергетичної галузі України характеризується масштабною цифровою трансформацією, що охоплює всі сегменти енергетичного сектору. Впровадження розумних енергомереж, систем автоматизованого управління, технологій інтернету речей та штучного інтелекту кардинально змінює вимоги до професійної підготовки фахівців-енергетиків. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах воєнного стану та майбутньої післявоєнної відбудови енергетичної інфраструктури, коли від якості підготовки спеціалістів залежить енергетична безпека держави. Традиційні підходи до навчання вже не відповідають динамічним змінам галузі, що потребує переосмислення змісту, форм і методів професійної освіти майбутніх енергетиків.

Метою даного дослідження є обґрунтування педагогічних стратегій формування цифрових компетентностей майбутніх фахівців-енергетиків на основі інноваційних освітніх технологій.

Цифрова компетентність у контексті енергетичної освіти розглядається як інтегративна здатність майбутнього фахівця ефективно використовувати

цифрові технології для розв'язання професійних завдань, критичного аналізу даних і прийняття обґрунтованих рішень у сфері енергетики. Структура цифрових компетентностей сучасного енергетика включає кілька взаємопов'язаних компонентів: здатність працювати з великими масивами даних і системами моніторингу енергетичних об'єктів, володіння інструментами автоматизації та диспетчеризації енергосистем, уміння використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання та прогнозування енергетичних процесів, навички кібербезпеки критичної інфраструктури [3]. Важливо підкреслити, що цифрові компетентності не існують ізольовано, а тісно інтегровані з професійними компетентностями енергетика, утворюючи цілісну систему професійної майстерності. Саме такий інтегративний підхід забезпечує здатність випускника швидко адаптуватися до технологічних змін у галузі та бути конкурентоспроможним на ринку праці.

Формування цифрових компетентностей майбутніх енергетиків потребує застосування інноваційних педагогічних технологій, що відповідають викликам сучасності. Одним із найперспективніших напрямів є використання технологій віртуальної та доповненої реальності для створення реалістичних симуляцій енергетичних систем та аварійних ситуацій, що дозволяє студентам набувати практичного досвіду в безпечному віртуальному середовищі [2]. Проєктне навчання з використанням цифрових інструментів передбачає розроблення студентами реальних проєктів з енергоефективності, моделювання енергосистем або впровадження відновлюваних джерел енергії із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення. Гейміфікація та навчальні симулятори енергетичних процесів підвищують мотивацію студентів та сприяють глибшому розумінню складних технічних систем через інтерактивну взаємодію [1]. Змішане навчання, що поєднує традиційні аудиторні заняття з онлайн-компонентами на цифрових освітніх платформах, забезпечує гнучкість освітнього процесу та індивідуалізацію навчальних траєкторій [4]. Електронні освітні ресурси дають змогу організувати самостійну роботу студентів з оперативним зворотним зв'язком та моніторингом навчальних досягнень. Важливим аспектом є використання технологій Big Data та аналітики для обробки інформації про енергоспоживання, що формує у майбутніх фахівців навички роботи з великими масивами даних та прийняття рішень на основі доказів.

Попри очевидні переваги інноваційних педагогічних технологій, їх впровадження у підготовку майбутніх енергетиків стикається з низкою серйозних викликів. Матеріально-технічне забезпечення закладів освіти залишається недостатнім для масового використання технологій віртуальної реальності, потужних симуляторів та ліцензійного спеціалізованого програмного забезпечення, що обмежує доступ студентів до сучасних навчальних інструментів. Критичною проблемою є рівень

цифрової компетентності викладачів енергетичних дисциплін, адже успішне впровадження інновацій можливе лише за умови готовності педагогів до роботи з новими технологіями та методиками [5]. Необхідність оновлення навчальних програм та освітніх стандартів відповідно до стрімких змін у галузі часто відстає від темпів технологічного розвитку, що створює розрив між змістом навчання та реальними потребами енергетичного сектору [1]. Ефективна співпраця закладів освіти з підприємствами енергетичної галузі залишається фрагментарною, що унеможлиблює практичне застосування цифрових компетентностей студентів у реальних виробничих умовах та отримання зворотного зв'язку від роботодавців щодо якості підготовки фахівців.

Формування цифрових компетентностей майбутніх фахівців-енергетиків є пріоритетним завданням сучасної професійної освіти, що вимагає системного впровадження інноваційних педагогічних технологій. Проведене дослідження дозволяє сформулювати наступні висновки та рекомендації.

Доцільним є впровадження модульної системи навчання цифровим компетентностям з поетапним ускладненням завдань: від базових навичок роботи з енергетичним програмним забезпеченням до складних симуляцій аварійних ситуацій у віртуальній реальності. Ефективна інтеграція віртуальної реальності, проєктного навчання, гейміфікації та змішаного навчання потребує створення центрів цифрових компетентностей з сучасним обладнанням та спеціалізованим програмним забезпеченням, доступним для студентів кількох закладів освіти. Необхідним є також запровадження системи підвищення кваліфікації викладачів енергетичних дисциплін з обов'язковим модулем освоєння цифрових педагогічних технологій та отриманням сертифікатів міжнародного зразка.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням конкретних методик оцінювання сформованості цифрових компетентностей на основі компетентнісних матриць, створенням банку навчальних кейсів для енергетичних спеціальностей та експериментальною перевіркою ефективності запропонованих педагогічних технологій у закладах фахової передвищої та вищої освіти України.

### **Перелік використаних джерел**

1. Боярська-Хоменко А., Собченко Т. Інноваційні методи навчання у професійній освіті. Український Педагогічний журнал. 2025. № 2. С. 105–114. <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-2-105-114>
2. Хмельницька О. Застосування імерсивних технологій як прогресивний напрям модернізації професійної освіти. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки. 2023. № 2. С. 191–197. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2023-2-191-197>

3. Годецька Т. Проблематика цифрової компетентності в науковому доробку українських дослідників. Науково-педагогічні студії. 2024. № 7 (7). С. 252–274. <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2023-7-252-274>

4. Дудка Т. Ю., Чумак М. Є. Електронні освітні ресурси як інструмент підвищення ефективності змішаного навчання: виклики та перспективи. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2024. № 213. С. 271–275. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-271-275>

5. Спірін О., Олексюк В., Василенко Я., Сіренко О. Модель розвитку цифрової компетентності наукових та науково-педагогічних працівників. Інформаційні технології і засоби навчання. 2024. Вип. 104 (6). С. 156–179. <https://doi.org/10.33407/itlt.v104i6.5889>

УДК 631.234:631.371

## РОЛЬ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ У РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

**Мелута Г.В.**, викладач спеціальних дисциплін за спеціальністю агрономія, ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** *Висвітлено роль електрифікації у розвитку сучасних тепличних комплексів в умовах переходу до «розумного фермерства» (Smart Farming). Розглянуто сучасну теплицю не просто, як споруду чи частину агрокомплексу, а як складну високотехнологічну екосистему, де кожен параметр середовища контролюється з високою точністю.*

**Ключові слова.** *Електрифікація теплиць, розумне фермерство, освітлення, вентиляція, рекуперація, електричні теплові насоси, датчики вимірювання вологості ґрунту.*

Основною складовою Smart Farming (розумного фермерства) на початку XXI століття є електрифікація сучасних тепличних комплексів. І це не просто підведення електромережі для освітлення, а орієнтир на прорив в агросекторі. Сучасна теплиця перетворилася на високотехнологічну екосистему саме завдяки автоматизації та інноваційним енергорішенням, де кожен параметр середовища з точністю до відсотка контрольований.



Ключовими аспектами, що визначають сучасний стан електрифікації в аграрному виробництві є система штучного доосвітлення, клімат-контроль (вентиляція),

автоматизація поливу й використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Найбільшим споживачем електроенергії в теплиці було і є освітлення, а перехід від натрієвих ламп високого тиску (HPS) до LED-технологій – революція, хоча в умовах сьогодення це ще один виклик.

(Top Lighting) дає змогу підтвердити енергоефективність: світлодіоди споживають на 40-60% менше енергії за тієї ж інтенсивності світла. У залежності від фази росту рослини сучасні системи дозволяють фермерам змінювати спектр (співвідношення синього, червоного й інфрачервоного), а також зменшити теплове навантаження. Для прикладу – на відміну від ламп HPS, LED майже не випромінюють тепла, що дозволяє розміщувати їх ближче до рослин (міжрядне освітлення).

Вентиляція та клімат-контроль дозволяють підтримувати в теплицях ідеальний мікроклімат незалежно від зовнішніх погодних умов, у той час, як потужні електродвигуни автоматично керують відкриттям вікон для природної вентиляції та контролюють розгортання енергозберігаючих екранів (штор), які утримують тепло вночі.



Примусова вентиляція та рекуперація не менш важлива в теплицях.



Можливість використання потужних вентиляторів з частотними перетворювачами дозволяє плавно регулювати швидкість обміну повітря, уникаючи «мертвих зон» з високою вологістю.

Високоєфективним є використання електричних теплових насосів для обігріву й охолодження. Воно дозволяє відмовитися від викопного палива.

Ядром теплиці все частіше називають вузол приготування поживного розчину. Електричне обладнання тут забезпечує й точне дозування, і рециркуляцію: електромагнітні клапани й насоси-дозатори подають воду та добрива безпосередньо до кореневої системи, а системи фільтрації та ультрафіолетової стерилізації дозволяють застосовувати воду повторно, що критично важливо для екологічного господарства.

Сучасні теплиці дедалі частіше стають енергонезалежними завдяки інтеграції власних генеруючих потужностей. Враховуючи ситуацію, що сталася в країні, останні чотири роки критично важливою стала агровольтаїка: встановлення напівпрозорих сонячних панелей на даху теплиці.

Перспективними є когенераційні установки (ГПУ), які виробляють одночасно електрику для ламп і тепло для обігріву, а відпрацьований CO<sub>2</sub> після очищення подається рослинам для прискорення фотосинтезу. Крім того, системи накопичення (ESS) допомагають мінімалізувати споживання енерговитрат і забезпечують роботу систем у разі аварійних відключень.

Можна з упевненістю стверджувати, що електрифікація створює мережу, якою «течуть» не лише вати, а й дані. З датчиків вимірювання вологості ґрунту, рівня CO<sub>2</sub>, інтенсивності PAR-випромінювання та дефіциту тиску пари (VPD) інформація передається на центральний комп'ютер. Розумне програмне забезпечення аналізує їх та приймає рішення про ввімкнення освітлення чи поливу без участі людини.

Отже, електрифікація в сучасних теплицях перейшла від ролі допоміжного сервісу до статусу інтелектуального ядра бізнесу. Це дозволяє отримувати стабільні врожаї 365 днів на рік, мінімізуючи вплив на довкілля. Але головним викликом залишається висока вартість енергоносіїв і необхідність значних капітальних інвестицій на старті, хоча тренд на «зелену енергетику» та дефіцит водних ресурсів робить повну електрифікацію та автоматизацію єдиним шляхом до рентабельності.



### **Перелік використаних джерел**

1. Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): [Матеріали наук.-техн конф., м. Київ].
2. <https://surli.cc/pysedr>
3. Біологічні та медичні прилади і системи в АПВ на основі електромагнітних технологій: методичні вказівки щодо проведення практичної та самостійної роботи для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 1 6 3 «Біомедична інженерія». Держ. біотехнол. ун-т ; уклад.: Н. Г. Косуліна, М. Л. Лисиченко, В. О. Шигимага, М. О. Чорна. – Харків : [б. в.], 2025. – 82 с.
4. <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/avtonomne-keruvannya-teplyczy-vyuvavvsya-najprybutkovishym/>

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ ШЛЯХОМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛУШПИННЯ

*Петраченко Д.О., кандидат технічних наук, викладач,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** Розглянуто енергетичний потенціал лушпиння насіння промислових конопель як побічного продукту технологій обрушування. Обґрунтовано доцільність його використання як сировини для виробництва твердого біопалива з метою зниження питомих витрат енергії та підвищення загальної енергоефективності процесів переробки насіння. Показано, що залучення лушпиння до енергетичного циклу підприємства сприяє раціональному використанню біомаси та зменшенню обсягів відходів виробництва.

**Ключові слова.** Промислові коноплі, насіння, лушпиння, біомаса, тверде біопаливо, енергоефективність, енергозбереження.

Розвиток переробки насіння промислових конопель у харчовому напрямі супроводжується утворенням значної кількості побічних продуктів, серед яких домінуючу частку займає насінневе лушпиння. Застосування технологій обрушування, розроблених для одержання очищеного ядра [1], зумовлює формування відходів, масова частка яких може досягати 55-65 % від початкової маси насіння. За таких умов особливої актуальності набуває питання раціонального використання цієї фракції з урахуванням принципів енергозбереження.

Одним із перспективних напрямів утилізації лушпиння є його використання як джерела енергії. В умовах зростання вартості традиційних енергоносіїв та необхідності скорочення енергетичних витрат у виробництві все більшого поширення набувають альтернативні види палива, зокрема тверде біопаливо [2]. Його застосування дозволяє частково замінювати викопні енергоносії та підвищувати енергетичну автономність підприємств агропромислового комплексу.

Сировинною основою твердого біопалива є біомаса, яка характеризується відновлюваністю та доступністю. Разом з тим біомаса має низку специфічних особливостей, що впливають на ефективність її енергетичного використання. До них належать неоднорідність структури, широкий фракційний склад, відносно низька насипна щільність і підвищена вологість [3]. Тому при виборі конкретного виду біомаси важливим є аналіз її фізико-хімічних та енергетичних показників.

Серед різновидів біомаси, що використовуються для виробництва твердого палива, виділяють первинні та вторинні відходи рослинництва, відходи тваринництва і деревної промисловості [4-5]. Лушпиння олійних культур належить до вторинної рослинної біомаси і вже широко застосовується в енергетичних цілях, зокрема у вигляді паливних гранул.

Практика використання лушпиння соняшнику для виготовлення пелетів довела ефективність такого підходу з позицій енергозбереження. Завдяки високій щільності та низькій вологості гранульоване паливо характеризується значною теплотворною здатністю, що підтверджується результатами експериментальних досліджень [6]. За своїми морфологічними та структурними особливостями лушпиння насіння конопель є близьким до лушпиння соняшнику (табл. 1), оскільки має волокнисту будову та формується переважно з целюлози і лігніну.

Таблиця 1

Основні фізико-хімічні показники лушпиння соняшнику та конопель

№ з/п	Назва показника	Лушпиння соняшнику <sup>1</sup>	Лушпиння конопель <sup>2</sup>
1	Масова частка води та летких речовин, %	до 12,0	8,2
2	Зольність, %	до 4,0	4,92
3	Масова частка сировини клітковини в перерахунку на абсолютно суху речовину, %	35-60	37,70
4	Уміст сторонніх домішок (камінчики, скло, земля тощо)	Не дозволено	Не виявлено
5	Масова частка металодомішок, %:	Не дозволено	Не виявлено
6	Зараженість шкідниками або наявність слідів зараження	Не дозволено	Не виявлено

<sup>1</sup> Згідно ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшникове пресоване гранульоване. Технічні умови». <sup>2</sup> Згідно результатів проведених досліджень

Порівняння основних показників лушпиння конопель із нормативними вимогами, що висуваються до лушпиння соняшнику (табл. 1), свідчить про відповідність більшості параметрів. Зокрема, значення вологості, вмісту клітковини та відсутність сторонніх домішок дозволяють розглядати лушпиння конопель як придатну сировину для виробництва паливних гранул. Використання технології гранулювання забезпечує зменшення об'єму матеріалу в 5-10 разів, що позитивно впливає на умови зберігання та транспортування [6].

Таким чином, залучення лушпиння насіння промислових конопель до енергетичного використання є ефективним інструментом підвищення енергоефективності переробних підприємств. Перетворення побічного

продукту у джерело теплової енергії дозволяє скоротити втрати біомаси, зменшити споживання традиційних енергоносіїв та оптимізувати загальний енергетичний баланс виробництва. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення теплотворних характеристик лушпиння конопель та оцінку економічної ефективності його енергетичного використання.

### Перелік використаних джерел

1. Petrachenko D.O. Innovations in processing of hemp raw material / D.O. Petrachenko, S.P. Koropchenko // International scientific conference «New development areas of digitalization at the beginning of the third millennium»: conference proceedings, December 10–11, 2021. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2021. P. 80-83.

2. Біопаливо: види і джерела отримання. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biopalyvo-vydy-dzherela> (дата звернення 10.12.2025)

3. Скляренко Ю., Воробйов Л. Енергетичні характеристики композитних біопалив на основі лушпиння соняшнику. *Traektoriâ Nauki*. 2019. № 03. P. 3001-3010.

4. Канцедал Н. А., Самбурська К. С., Годзенко В. В., Кравчина І. В. Економіко-екологічна сутність побічної продукції соняшнику як об'єкта обліку. *Сучасний менеджмент: проблеми та перспективи розвитку*: матеріали 4-ої Всеукраїнської наук.-практ. конф. Херсон, 2019. С. 99-102.

5. Які види біопалива є в Україні. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/7974> (дата звернення 10.12.2025).

6. Паливні гранули (пелети) з лушпиння соняшника. URL: <https://teplolider.ua/uk/korysno-znaty/palyvni-hranuly-pelety-z-lushpynnia-soniashnyka.html> (дата звернення 10.12.2025)

УДК 633.521

## ДОСВІД ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ ТА ЇХНЯ РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

**Самофалова С.Г.**, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист,  
викладач циклової комісії викладачів іноземної мови,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** У статті розглянуто досвід підготовки фахівців-енергетиків у ВСП "Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ" та проаналізовано їхню роль у забезпеченні енергоефективності

*агропромислового комплексу України. Висвітлено особливості навчального процесу на заочній формі навчання, практичну підготовку здобувачів освіти та їхню адаптацію до потреб сучасного аграрного виробництва. Обґрунтовано важливість підготовки кваліфікованих енергетиків для забезпечення енергетичної незалежності та ефективності сільськогосподарських підприємств в умовах воєнного стану та трансформації енергетичного сектору України.*

**Ключові слова.** Фахівці-енергетики, агропромисловий комплекс, енергоефективність, фахова передвища освіта, заочна форма навчання, практична підготовка, відновлювані джерела енергії.

Енергетична криза, спричинена повномасштабним російським вторгненням, актуалізувала питання енергетичної незалежності й ефективності використання енергоресурсів в агропромисловому комплексі України. Сільське господарство є одним із найбільших споживачів електроенергії та паливно-мастильних матеріалів, тому підготовка кваліфікованих фахівців-енергетиків набуває стратегічного значення для розвитку галузі.

ВСП "Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ" протягом багатьох років здійснює підготовку молодших спеціалістів і фахових молодших бакалаврів за спеціальністю "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" з орієнтацією на потреби аграрного сектору регіону. Особливістю навчального закладу є можливість здобуття освіти за заочною формою навчання, що дозволяє поєднувати навчання з практичною роботою на сільськогосподарських підприємствах.

Підготовка фахівців-енергетиків у ВСП "Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ" здійснюється відповідно до освітньо-професійної програми, що передбачає формування комплексу професійних компетентностей, необхідних для обслуговування, ремонту та експлуатації енергетичного обладнання сільськогосподарських підприємств.

Навчальний план включає дисципліни загальної та професійної підготовки: електропривод с/г машин, електричне освітлення і опромінення, електричні машини і апарати, монтаж електрообладнання і систем керування, автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування, діджиталізація аграрного виробництва, експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації, електропостачання сільського господарства, електротехнологія, машини і обладнання АПК, основи енергозбереження, правила безпечної експлуатації електроустановок, правила влаштування електроустановок. Особлива увага приділяється вивченню специфіки енергозабезпечення саме сільськогосподарського виробництва – від електрифікації тваринницьких ферм до енергопостачання зернопереробних комплексів.

Заочна форма навчання має свої особливості та переваги. По-перше, більшість студентів-заочників уже працюють на сільськогосподарських підприємствах, що дозволяє їм безпосередньо застосовувати здобуті теоретичні знання на практиці. По-друге, роботодавці отримують можливість "виростити" фахівця під специфіку конкретного підприємства, забезпечуючи йому підтримку в навчанні. По-третє, студенти мають змогу формувати професійні навички в реальних виробничих умовах, що значно підвищує якість їхньої підготовки.

Практична підготовка є наріжним каменем освітнього процесу. Здобувачі освіти проходять виробничу практику на базових підприємствах-партнерах коледжу – сільськогосподарських підприємствах Сумської області. Під час практики майбутні енергетики ознайомлюються з організацією енергогосподарства підприємств, беруть участь у технічному обслуговуванні електрообладнання, виконують ремонтні роботи, освоюють сучасні системи автоматизації та диспетчеризації.

Важливим аспектом підготовки є вивчення енергозберігаючих технологій та відновлюваних джерел енергії. В умовах зростання цін на традиційні енергоносії та необхідності зменшення залежності від імпортованих ресурсів, аграрні підприємства дедалі частіше звертаються до альтернативних джерел енергії – сонячних панелей, вітрогенераторів, біогазових установок, теплових насосів. Фахівці-енергетики повинні вміти не лише обслуговувати таке обладнання, а й консультувати керівництво підприємств щодо доцільності його впровадження, розраховувати економічну ефективність енергозберігаючих заходів.

Аналіз працевлаштування випускників спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" свідчить про високий попит на таких фахівців. Більшість випускників працюють на посадах електриків, енергетиків, техніків з експлуатації електрообладнання на сільськогосподарських підприємствах, у фермерських господарствах, підприємствах переробної промисловості. Деякі випускники продовжують навчання у закладах вищої освіти за скороченими програмами.

Роль фахівців-енергетиків у забезпеченні енергоефективності АПК важко переоцінити. Від їхнього професіоналізму залежить безперебійність виробничих процесів, раціональне використання енергоресурсів, своєчасне виявлення та усунення неполадок. У тваринництві енергетики забезпечують функціонування систем мікроклімату, доїльного обладнання, кормоприготування. У рослинництві – роботу зрошувальних систем, зерносушарок, зернопереробного обладнання. На переробних підприємствах – технологічних ліній, холодильного обладнання.

В умовах воєнного стану роль енергетиків зросла ще більше. Пошкодження енергетичної інфраструктури, перебої з електропостачанням вимагають від фахівців уміння швидко реагувати на аварійні ситуації, організувати резервне живлення, оптимізувати енергоспоживання. Багато

сільськогосподарських підприємств встановлюють автономні джерела електроенергії – генератори, сонячні станції, що також потребує кваліфікованого обслуговування.

Енергоефективність АПК безпосередньо впливає на собівартість продукції та конкурентоспроможність підприємств. За оцінками експертів, потенціал енергозбереження в сільському господарстві України становить 30-40%. Реалізація цього потенціалу неможлива без кваліфікованих енергетиків, які здатні впроваджувати сучасні енергозберігаючі технології, оптимізувати режими роботи обладнання, виявляти та усувати нерациональне використання енергоресурсів.

Перспективи розвитку підготовки фахівців-енергетиків пов'язані з модернізацією матеріально-технічної бази, впровадженням дуальної форми навчання, розширенням співпраці з роботодавцями, актуалізацією освітніх програм відповідно до потреб ринку праці. Важливим напрямком є інтеграція питань цифровізації енергетики, "розумних" систем енергоменеджменту.

**Висновки.** Підготовка фахівців-енергетиків у ВСП "Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ" забезпечує агропромисловий комплекс регіону кваліфікованими кадрами, здатними вирішувати завдання енергозабезпечення та підвищення енергоефективності сільськогосподарських підприємств. Заочна форма навчання дозволяє поєднувати теоретичну підготовку з практичною діяльністю, що підвищує якість освіти та полегшує адаптацію випускників до професійної діяльності.

Роль фахівців-енергетиків у забезпеченні енергоефективності АПК є критично важливою, особливо в умовах енергетичної кризи та трансформації енергетичного сектору. Подальший розвиток системи підготовки таких фахівців повинен відбуватися з урахуванням викликів сьогодення, потреб роботодавців та тенденцій розвитку енергетичних технологій.

### **Перелік використаних джерел**

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 20.10.2024).
2. Калетнік Г. М. Енергетична автономія як основа сталого розвитку аграрного сектору економіки. «Економіка АПК». 2020. № 3. С. 6-14.
3. Мазур В. А., Мазур К. В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. «Вісник аграрної науки». 2019. № 8. С. 72-78.
4. Про фахову передвищу освіту: Закон України від 06.06.2019 № 2745-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 20.10.2024).
5. Стратегія розвитку аграрного сектору економіки на період до 2030 року. URL: <https://minagro.gov.ua> (дата звернення: 20.10.2024).

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ- ЕНЕРГЕТИКІВ

**Суравицька О.І.**, завідувач навчально-методичного кабінету,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** У тезах досліджено перспективи інтеграції технологій штучного інтелекту (ШІ) в освітній процес підготовки фахівців-енергетиків у ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ». Розглянуто можливості використання ШІ для формування нових професійних компетентностей, зокрема у сферах предиктивного обслуговування обладнання, роботи з цифровими двійниками та управління інтелектуальними мережами Smart Grid. Крізь призму 80-річного досвіду роботи відділення електроенергетики обґрунтовано необхідність цифровізації навчання для забезпечення енергетичної незалежності аграрного сектору України.

**Ключові слова.** Штучний інтелект, енергетична освіта, професійні компетентності, фаховий коледж, цифровізація, Smart Grid, ГАФК СНАУ.

Сучасна енергетична галузь України, особливо в умовах післявоєнного відновлення та розбудови «розумних мереж» (Smart Grids), потребує фахівців нового формату. Впровадження технологій штучного інтелекту у виробничі процеси – від предиктивної діагностики трансформаторів до оптимізації енергоспоживання в агропромисловому комплексі – ставить нові вимоги до освітнього процесу [3]. Для ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ», який завжди був флагманом підготовки технічних кадрів, інтеграція інноваційних інструментів у навчання є ключем до підготовки конкурентоспроможних енергетиків відповідно до вимог Закону України «Про фахову передвищу освіту» [2].

Цьогоріч відділення електроенергетики відзначає знаменну дату – 80-річчя від дня свого заснування. Пройшовши шлях від підготовки фахівців для першої хвилі електрифікації сільського господарства до навчання спеціалістів із сучасних систем енергозабезпечення, відділення залишається вірним традиціям якості. Сьогодні, на порозі нового десятиліття, ми розглядаємо штучний інтелект не як загрозу традиційній освіті, а як логічне продовження технологічного прогресу, що супроводжував відділення протягом усієї його вісімдесятирічної історії.

Основний виклик сучасності полягає у необхідності швидкої адаптації навчальних планів до технологій, що змінюються щомісяця. Формування професійних компетентностей майбутнього енергетика сьогодні неможливе без розуміння алгоритмів машинного навчання, роботи з цифровими двійниками енергосистем та використання ШІ-асистентів для вирішення складних інженерних завдань [5].

Метою даної роботи є обґрунтування перспектив впровадження ШІ-технологій в світній процес енергетичного відділення ГАФК СНАУ як інструменту формування фахових компетентностей, що відповідають вимогам Енергетичної стратегії України до 2050 року [1].

Реалізація потенціалу штучного інтелекту в освітньому процесі Глухівського агротехнічного фахового коледжу СНАУ відкриває принципово нові горизонти для формування професійного профілю сучасного енергетика. Насамперед, інтеграція ШІ-технологій дозволяє радикально змінити підхід до вивчення фундаментальних дисциплін, таких як «Електричні машини» та «Електропостачання сільського господарства». Використання великих мовних моделей та інтелектуальних пошукових систем забезпечує здобувачам освіти можливість миттєвого доступу до аналізу величезних масивів нормативної документації, ПУЕ та галузевих стандартів, що в умовах динамічного оновлення законодавчої бази енергетики є критично важливим. Більше того, ШІ виступає як персоналізований інтелектуальний асистент, що здатний пояснювати складні фізичні процеси через візуалізацію та інтерактивне моделювання, адаптуючи складність матеріалу до індивідуального рівня сприйняття здобувача освіти [4].

Особливого значення набуває впровадження концепції «цифрових двійників» (Digital Twins) енергетичних об'єктів, що є невід'ємною частиною індустрії 4.0. Завдяки алгоритмам машинного навчання здобувачі освіти отримують можливість працювати з віртуальними моделями реальних енергосистем коледжу або агропромислових підприємств регіону. Це дозволяє без ризику для обладнання та життя персоналу відпрацьовувати навички оперативного реагування на критичні сценарії: від ліквідації наслідків коротких замикань до оптимізації роботи мереж в умовах дефіциту потужності. В контексті агротехнічного спрямування закладу, ШІ стає незамінним інструментом для навчання предиктивному обслуговуванню електрообладнання. Замість традиційних планових ремонтів, майбутні фахівці навчаються аналізувати дані сенсорів за допомогою нейромереж, які здатні за непрямыми ознаками — вібрацією, температурними коливаннями чи гармонійними спотвореннями — прогнозувати вихід з ладу силових трансформаторів або електродвигунів ще до настання аварійної події.

Крім того, підготовка енергетиків на сучасному етапі неможлива без оволодіння навичками управління інтелектуальними мережами Smart Grid

[1]. ІІІ-технології дозволяють студентам моделювати роботу систем із розподіленою генерацією, де ключову роль відіграють відновлювані джерела енергії. Для північно-східного регіону, що має значний потенціал у біоенергетиці та сонячній генерації, вміння використовувати ІІІ для прогнозування погодних умов та відповідного балансування навантаження в локальних мережах стає однією з провідних професійних компетенцій. Таким чином, цифровізація навчання в стінах коледжу перетворюється з допоміжного засобу на фундаментальну платформу, яка інтегрує 80-річний досвід практичної підготовки з новітніми досягненнями комп'ютерних наук. Це забезпечує підготовку спеціаліста, здатного не лише експлуатувати існуючі мережі, а й проектувати інтелектуальні енергосистеми майбутнього, що є запорукою енергетичної незалежності та ефективності аграрного сектору України.

Підсумовуючи проведені дослідження, можна стверджувати, що впровадження технологій штучного інтелекту в освітній простір ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ» є не лише вимогою часу, а й стратегічним кроком до якісної трансформації підготовки енергетичних кадрів. Аналіз перспектив використання ІІІ демонструє, що ці інструменти дозволяють змістити фокус із репродуктивного навчання на розвиток аналітичного та інженерного мислення [4]. Формування компетентностей у сферах предиктивного обслуговування обладнання та управління інтелектуальними мережами Smart Grid забезпечує випускникам значну перевагу на сучасному ринку праці, особливо в контексті цифровізації агропромислового сектору.

Відзначаючи 80-ту річницю від дня відкриття відділення електроенергетики, ми констатуємо, що готовність до інновацій завжди була фундаментом успіху нашого закладу. Інтеграція штучного інтелекту в освітній процес стає логічним продовженням багаторічних традицій, що дозволяє поєднати досвід поколінь із технологіями майбутнього. Таким чином, створення інтелектуального освітнього середовища в коледжі сприятиме підготовці фахівців, здатних не лише підтримувати сталу роботу енергосистем, а й виступати драйверами технологічного оновлення та енергетичної безпеки України в умовах глобальних викликів.

### **Перелік використаних джерел**

1. Енергетична стратегія України на період до 2050 року. Кабінет Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/bilsh-nizh-energetika-energetichna-strategiya-ukrayini-na-period-do-2050-roku> (дата звернення: 03.01.2026).
2. Про фахову передвищу освіту : Закон України від 06.06.2019 № 2745-VIII. Відомості Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2745-19> (дата звернення: 03.01.2026).

3. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80> (дата звернення: 03.01.2026).

4. Штучний інтелект в освіті: рекомендації для закладів освіти : збірник матеріалів Міністерства освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/shtuchnij-intelekt-v-osviti-rekomendaciyi-dlya-zakladiv-osviti> (дата звернення: 03.01.2026).

5. Generative AI and the future of education: UNESCO digital library. 2023. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877> (дата звернення: 03.01.2026).

**УДК 004.032.24**

## **ВПЛИВ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ**

**Суровицький М.М.**, викладач вищої категорії відділення економіки та інформаційних технологій,  
*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У роботі проаналізовано вплив сучасних енергоекономічних технологій на архітектурний та функціональний розвиток комп'ютерної техніки. Розглянуто ключові апаратні рішення, такі як гібридні процесорні архітектури, накопичувачі SSD та високоефективні системи живлення. Досліджено роль інтелектуальних алгоритмів керування напругою у підвищенні автономності та продуктивності сучасних обчислювальних систем у контексті концепції Green IT.

**Ключові слова.** Енергоефективність, енергоекономічні технології, SSD, архітектура процесора, Green IT, блоки живлення, енергоспоживання ПК.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій енергоефективність стала визначальним фактором проектування архітектури обчислювальних систем. Стрімке зростання потужності процесорів та обсягів обробки даних вимагає впровадження нових підходів, що дозволяють мінімізувати енерговитрати без втрати продуктивності. Еволюція комп'ютерної техніки сьогодні відбувається в парадигмі «продуктивність на ват».

Основні апаратні та програмні рішення, що забезпечують енергоефективність сучасних комп'ютерних систем можна розглянути у розрізі трьох різних підходів:

- енергоефективна архітектура та техпроцес;
- технології енергозбереження в компонентах персонального комп'ютера;
- програмно-апаратна оптимізація.

1. Енергоефективна архітектура та техпроцес. Фундаментом енергозбереження є вдосконалення на рівні мікроархітектури. Використання гібридних архітектур (наприклад, технологія big.LITTLE) дозволяє комбінувати потужні й енергоефективні ядра, динамічно розподіляючи ресурси залежно від типу завдань. Перехід на 5-нм та 3-нм техпроцеси дозволяє знизити робочу напругу транзисторів, що радикально зменшує тепловиділення та дозволяє підвищити щільність компонентів на кристалі [1, с. 196-198].

2. Технології енергозбереження в компонентах ПК. Сучасний персональний комп'ютер використовує комплекс рішень для раціонального споживання енергії. Важливим кроком став повний перехід на SSD-накопичувачі. Відсутність механічних частин та підтримка глибоких режимів сну (L1.2 у NVMe) знижують енергоспоживання підсистеми збереження даних до мінімальних показників [2]. Еволюція систем живлення (стандарти 80 PLUS Gold/Platinum та нова специфікація ATX12VO) забезпечує ККД блока живлення понад 90%, що мінімізує втрати енергії на перетворення струму [3]. Оперативна пам'ять стандарту DDR5, завдяки вбудованим схемам управління живленням (PMIC), працює при напрузі лише 1.1 В [4].

3. Програмно-апаратна оптимізація. Сучасні системи використовують алгоритми Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS), що дозволяють миттєво знижувати частоту і напругу компонентів у моменти низького навантаження. Технологія Active State Power Management (ASPM) забезпечує динамічне відключення живлення ліній PCI Express, коли вони не активні, що критично важливо для сучасних портативних пристроїв [5, р. 23-29].

Отже, енергоекономічні технології є головним драйвером еволюції комп'ютерної техніки. Вони дали можливість на появу та розвиток сучасних потужних мобільних пристроїв, комп'ютерних систем та мереж та дозволили нарощувати потужність суперкомп'ютерів, це дозволяє сьогодні широко впроваджувати, у тому числі і, штучний інтелект без критичного зростання витрат на енергоносії. Подальший розвиток галузі пов'язаний із концепцією «зелених ІТ», що спрямована на зменшення вуглецевого сліду через технологічну досконалість компонентів.

### Перелік використаних джерел

1. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера : підручник. Київ : Кондор, 2018. 450 с.
2. Why Do SSD Disks Have a Reputation for Power Efficiency? / KingSpec — електрон. джерело. Опубл. 28 лист. 2022 URL: <https://www.kingspec.com/uk/news/why-do-ssd-disks-have-a-reputation-for-power-efficiency.html> (дата звернення 15.12.2025).
3. Пятківський Ю. Класифікація комп'ютерних блоків живлення 80 PLUS: Bronze, Silver, Gold, Platinum, Titanium / E-Katalog URL: <https://ek.ua/ua/post/2528/351-klassifikaciya-kompyuternyh-blokov-pitaniya-80-plus-bronze-silver-gold-platinum-titanium/> (дата звернення 15.12.2025).
4. Кучинська Н. Нове покоління оперативної пам'яті DDR5: значно цікавіші характеристики, ніж у попередника / МТА.ua — електрон. джерело. — Опубл. 05.07.2024. — URL: <https://blog.mta.ua/nove-pokolinnya-operativnoi-pamyati-ddr5-znachno-cikavishi-harakteristiki-nizh-u-poperednika/> (дата звернення 15.12.2025).
5. Hennessy J. L., Patterson D. A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 6th ed. Cambridge : Elsevier, 2019. 1527 p.

УДК 621.32

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В СИСТЕМАХ ОСВІТЛЕННЯ

**Фурса О.М.,** викладач спеціальних дисциплін II категорії  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

*Анотація. У статті розглянуто сучасні технології та інноваційні рішення в галузі освітлення, які активно впроваджуються у виробничих, аграрних і навчально-виробничих об'єктах. Проаналізовано світлодіодні джерела світла, інтелектуальні системи керування освітленням, питання енергоефективності й екологічної безпеки. Особливу увагу приділено практичному застосуванню сучасного освітлення в закладах фахової передвищої освіти, а також у сільськогосподарському та промисловому секторі.*

**Ключові слова.** *Освітлення, LED-технології, енергоефективність, аграрне освітлення, промислове освітлення, інтелектуальні системи.*



## **Вступ**

Освітлення відіграє надзвичайно важливу роль у житті людини, впливаючи на безпеку, продуктивність праці, якість навчання та стан здоров'я. У виробничих і навчальних приміщеннях правильно організоване освітлення є обов'язковою умовою ефективної діяльності. Сучасні тенденції розвитку енергетики й електротехніки спрямовані на зниження енергоспоживання, підвищення ефективності обладнання та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище.

У зв'язку з цим значну актуальність набуває впровадження інноваційних освітлювальних технологій, особливо у закладах фахової передвищої освіти, де студенти набувають практичних навичок роботи з сучасним електротехнічним обладнанням.

### **1. Розвиток освітлювальних технологій**

Історично освітлення пройшло шлях від використання ламп розжарювання до сучасних світлодіодних систем. Лампи розжарювання характеризуються низькою світловою віддачею та значними втратами енергії у вигляді тепла. Газорозрядні лампи частково вирішили цю проблему, однак мали обмеження, пов'язані з наявністю ртуті та складністю утилізації.

Поява світлодіодних джерел світла стала якісним проривом у галузі освітлення. LED-технології дозволили значно зменшити енергоспоживання, підвищити термін служби світильників і забезпечити гнучкість у формуванні світлового потоку.



## 2. Світлодіодні технології освітлення

Світлодіоди характеризуються високою світловою віддачею (до 150–200 лм/Вт), довговічністю та механічною міцністю. Вони не потребують часу на розігрів і можуть працювати в широкому діапазоні температур, що особливо важливо для аграрних і промислових об'єктів.

Сучасні LED-світильники дозволяють регулювати яскравість, колірну температуру й напрямок світлового потоку, що робить їх універсальними для різних умов експлуатації.

## 3. Інтелектуальні системи керування освітленням

Інтелектуальні системи освітлення базуються на використанні мікроконтролерів, датчиків руху, освітленості та часу. Такі системи автоматично адаптують рівень освітлення до реальних умов експлуатації.

У навчальних закладах це дозволяє створювати комфортні умови для студентів і викладачів, зменшуючи втому зору та витрати електроенергії.



## 4. Енергоефективність та екологічні аспекти

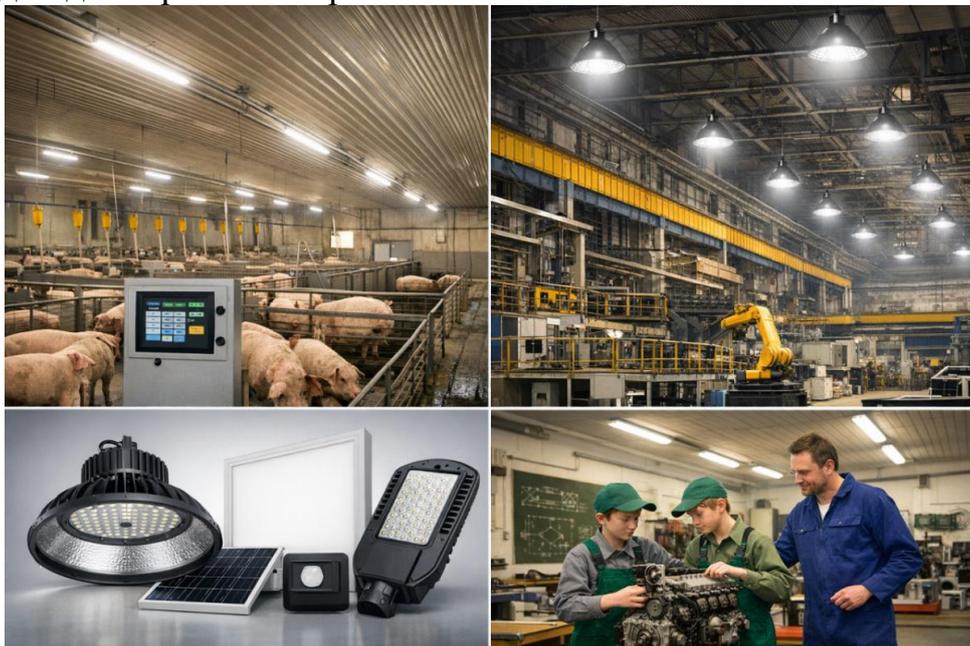
Питання енергоефективності є одним із ключових у сучасній світлотехніці. Використання LED-освітлення дозволяє скоротити споживання електроенергії на 50–70% порівняно з традиційними системами.

Крім того, світлодіодні світильники не містять шкідливих речовин, що спрощує їх утилізацію та зменшує негативний вплив на довкілля.

### **5. Застосування в аграрному секторі**

У тваринницьких приміщеннях освітлення безпосередньо впливає на продуктивність і фізіологічний стан тварин. Наприклад, у свинарниках застосовується рівномірне загальне освітлення з рівнем 50–100 лк.

Програмовані системи дозволяють змінювати світловий режим відповідно до біоритмів тварин.



### **6. Промислове та навчально-виробниче освітлення**

У промислових цехах і майстернях освітлення має відповідати вимогам безпеки праці. Світлодіодні світильники з високим ступенем захисту забезпечують стабільну роботу в умовах підвищеної запиленості та вологості.

У навчальних майстернях коледжів LED-освітлення сприяє підвищенню якості практичної підготовки студентів.

#### **Висновки**

Сучасні технології освітлення є важливою складовою енергоефективного, безпечного та комфортного середовища в навчальних, промислових і аграрних об'єктах. Широке впровадження світлодіодних джерел світла дозволяє суттєво знизити споживання електричної енергії, підвищити термін служби освітлювальних установок і зменшити витрати на їх експлуатацію та обслуговування.

Використання інтелектуальних і «розумних» систем освітлення, що базуються на датчиках руху, освітленості й автоматизованому керуванні,

забезпечує раціональне використання світлового потоку відповідно до реальних потреб приміщення. Це особливо актуально для промислових цехів, навчально-виробничих майстерень та аграрних приміщень, де режими роботи змінюються протягом доби.

Практичні приклади впровадження сучасних систем освітлення у тваринницьких комплексах, виробничих зонах і навчальних лабораторіях свідчать про їх позитивний вплив на продуктивність праці, безпеку персоналу та якість освітнього процесу. Правильно спроектоване освітлення сприяє зменшенню втомлюваності, підвищенню точності виконання робіт і формуванню комфортних умов для навчання.

Таким чином, сучасні технології та інновації в освітленні є перспективним напрямом розвитку електротехнічних систем. Їх вивчення та практичне застосування в закладах фахової передвищої освіти сприяє підготовці конкурентоспроможних фахівців, здатних ефективно впроваджувати енергоощадні та інноваційні рішення у професійній діяльності.

#### **Перелік використаних джерел**

1. ДСТУ EN 12464-1: Освітлення робочих місць у приміщеннях.
2. Світлотехніка: підручник / за ред. В.І. Костенка.
3. Сучасні енергоефективні технології освітлення. Навчальний посібник.

**УДК 633. 521**

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА SMART ТЕХНОЛОГІЇ**

*Хланта І.Є., викладач спецдисциплін відділення будівництва,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

**Анотація.** У статті розглянуто сучасні підходи до підвищення енергоефективності та енергозбереження в сфері електрифікації з використанням Smart-технологій. Проаналізовано роль інтелектуальних електромереж, автоматизованих систем управління енергоспоживанням та цифрових рішень у зменшенні втрат електроенергії. Визначено основні переваги впровадження Smart-технологій для сталого розвитку енергетики.

**Ключові слова.** Енергоефективність, енергозбереження, електрифікація, Smart-технології.

Електрифікація є основою розвитку промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства й інформаційних технологій. Зростання обсягів споживання електричної енергії призводить до підвищених навантажень на електричні мережі та збільшення втрат енергії. У зв'язку з цим актуальними стають питання підвищення енергоефективності та впровадження заходів енергозбереження.

Сучасний етап розвитку енергетики характеризується активним використанням Smart-технологій, що поєднують автоматизацію, цифрові системи керування та аналіз великих обсягів даних. Їх застосування у сфері електрифікації дозволяє оптимізувати процеси виробництва, передавання та споживання електроенергії.

Енергоефективність у сфері електрифікації означає досягнення необхідного рівня електропостачання з мінімальними витратами енергії. Вона тісно пов'язана з енергозбереженням, яке передбачає скорочення втрат та оптимізацію режимів роботи електрообладнання.

Основними напрямками підвищення енергоефективності є:

- використання сучасного електрообладнання;
- зменшення втрат у мережах;
- автоматизація керування навантаженням;
- впровадження цифрових систем контролю.

Smart-технології – це інтелектуальні рішення, що поєднують електротехнічні системи з інформаційними та комунікаційними технологіями. Центральним елементом є Smart Grid — інтелектуальна електромережа з двостороннім обміном даними між постачальником і споживачем електроенергії.

<b>Компонент</b>	<b>Призначення</b>
Інтелектуальні лічильники	Точний облік та аналіз споживання
Датчики мережі	Контроль напруги, струму, навантаження
Центр керування	Аналіз даних та керування мережею
Канали зв'язку	Передавання інформації в реальному часі

# ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ В ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ



## **Енергоефективність електрифікації в житловому секторі**

Житловий сектор є одним із ключових споживачів електричної енергії та відіграє важливу роль у загальній структурі енергоспоживання. Зростання кількості електроприладів, систем кондиціонування, електроопалення та зарядної інфраструктури для електротранспорту призводить до підвищення навантаження на електромережі. У таких умовах підвищення енергоефективності електрифікації житлових будівель є актуальним завданням.

Енергоефективність у житловому секторі передбачає забезпечення комфортних умов проживання за мінімальних витрат електроенергії. Це досягається шляхом впровадження сучасних електротехнічних рішень, автоматизованих систем управління та енергоощадного обладнання. Значну роль відіграє модернізація внутрішніх електромереж будівель, зменшення витрат електроенергії та підвищення надійності електропостачання.

Одним із найбільш ефективних напрямів є використання Smart-технологій у житлових будинках. Інтелектуальні лічильники електроенергії забезпечують точний облік споживання та надають споживачам інформацію про структуру витрат. Це сприяє формуванню відповідального ставлення до використання електроенергії та стимулює зменшення надмірного споживання.

Системи «розумний будинок» дозволяють автоматично керувати освітленням, електроприладами та кліматичними системами залежно від часу доби, рівня освітленості та присутності мешканців. Використання

енергоощадного LED-освітлення, автоматичних вимикачів і датчиків руху значно знижує споживання електроенергії в житлових приміщеннях.

Важливим аспектом енергоефективної електрифікації є інтеграція відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, у житловому секторі. Поєднання локального виробництва електроенергії з інтелектуальними системами управління дозволяє зменшити навантаження на централізовані електромережі та підвищити енергетичну автономність будівель.

Крім технічних рішень, важливу роль відіграє підвищення рівня обізнаності населення щодо раціонального використання електроенергії. Інформаційні технології та цифрові платформи дають змогу аналізувати споживання та приймати обґрунтовані рішення щодо енергозбереження.

Таким чином, енергоефективність електрифікації в житловому секторі є комплексним процесом, що поєднує технічні, технологічні та організаційні заходи. Впровадження Smart-технологій сприяє зменшенню енергетичних витрат, підвищенню надійності електропостачання та створенню умов для сталого розвитку енергетичної системи.



### **Smart-технології в промисловій електрифікації**

Промислова електрифікація є однією з найенергоємніших сфер економіки, оскільки більшість виробничих процесів пов'язані з використанням електроприводів, технологічного обладнання та автоматизованих систем керування. Зростання обсягів виробництва й ускладнення технологічних процесів зумовлюють необхідність підвищення енергоефективності та надійності електропостачання промислових підприємств. У цьому контексті важливу роль відіграють Smart-технології, які забезпечують інтелектуальне управління електроенергетичними системами.

Smart-технології в промисловій електрифікації ґрунтуються на поєднанні електротехнічних систем із цифровими технологіями, автоматизованими засобами контролю та аналізу даних. Вони дозволяють

здійснювати постійний моніторинг стану електрообладнання, оперативно виявляти відхилення від нормальних режимів роботи та запобігати аварійним ситуаціям. Це особливо важливо для підприємств з безперервним виробничим циклом, де збої в електропостачанні можуть призвести до значних економічних втрат.

Одним із ключових напрямів застосування Smart-технологій є автоматизоване управління електроприводами та технологічними процесами. Використання інтелектуальних систем керування дозволяє адаптувати режими роботи обладнання до фактичних виробничих потреб, що сприяє зменшенню надлишкового споживання електроенергії. Крім того, оптимізація навантаження знижує зношування електрообладнання та подовжує термін його експлуатації.

Важливою складовою Smart-електрифікації промислових об'єктів є системи енергомоніторингу та обліку електроенергії. Вони забезпечують детальний аналіз структури енергоспоживання, дозволяючи визначати найбільш енергоємні ділянки виробництва. На основі отриманих даних керівництво підприємства може приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження заходів з енергозбереження та модернізації обладнання.

Smart-технології також сприяють підвищенню надійності електропостачання промислових підприємств. Завдяки використанню цифрових систем діагностики та прогнозування можливих несправностей зменшується ризик аварійних відключень. Автоматизовані системи керування дозволяють швидко локалізувати пошкодження та відновлювати електропостачання, що забезпечує безперервність виробничих процесів.

Окрему роль відіграє інтеграція промислових електромереж із відновлюваними джерелами енергії та системами накопичення електроенергії. Smart-технології забезпечують ефективне поєднання різних джерел живлення та оптимальний розподіл електричної енергії залежно від поточних потреб підприємства. Це сприяє зниженню витрат на електроенергію та підвищенню екологічної безпеки виробництва.

Таким чином, застосування Smart-технологій у промисловій електрифікації є важливим чинником підвищення енергоефективності, надійності та конкурентоспроможності промислових підприємств. Їх впровадження створює передумови для сталого розвитку промисловості й ефективного використання електроенергетичних ресурсів.

### **Роль Smart-технологій у розвитку електротранспорту**

Електротранспорт є важливим елементом сучасної електрифікації та відіграє значну роль у зменшенні викидів шкідливих речовин. Однак його розвиток потребує ефективної системи керування зарядною інфраструктурою.

Smart-технології дозволяють:

- координувати роботу зарядних станцій;
- рівномірно розподіляти навантаження в електромережах;

- інтегрувати електротранспорт у загальну систему електропостачання міста.

Використання інтелектуальних систем управління заряджанням зменшує ризик перевантаження мережі та підвищує загальну енергоефективність електрифікації.

### **Інтеграція відновлюваних джерел енергії**

Одним із ключових напрямів розвитку електрифікації є інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції. Їх особливістю є нестабільність вироблення електроенергії, що ускладнює балансування електромережі.

Smart-технології забезпечують:

- прогнозування вироблення електроенергії;
- автоматичне регулювання навантаження;
- ефективне поєднання традиційних та відновлюваних джерел.

Це дозволяє підвищити надійність електропостачання та зменшити залежність від викопних енергоресурсів.

### **Цифровізація та кібербезпека в Smart-електрифікації**

Цифровізація є ключовим чинником розвитку сучасних електроенергетичних систем і невід'ємною складовою Smart-електрифікації. Використання цифрових технологій у процесах генерації, передавання та розподілу електроенергії забезпечує підвищення ефективності управління електромережами, зменшення втрат енергії та покращення якості електропостачання. Водночас активне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій зумовлює зростання вимог до кібербезпеки енергетичних систем.

Цифровізація Smart-електрифікації передбачає використання інтелектуальних датчиків, автоматизованих систем управління, цифрових платформ аналізу даних та каналів зв'язку в реальному часі. Такі рішення дозволяють оперативно отримувати інформацію про стан електромереж, прогнозувати навантаження та швидко реагувати на аварійні ситуації. Завдяки цифровим технологіям електромережі стають більш гнучкими та адаптивними до змін у режимах роботи.

Однією з ключових особливостей Smart-електрифікації є двосторонній обмін інформацією між постачальником і споживачем електроенергії. Це відкриває нові можливості для оптимізації енергоспоживання, однак водночас підвищує ризики несанкціонованого доступу до даних та систем керування. Тому кібербезпека є критично важливим елементом функціонування Smart-електромереж.

Кіберзагрози в електроенергетичних системах можуть призводити до порушення роботи обладнання, втрати даних та зниження надійності електропостачання. Особливо вразливими є інтелектуальні лічильники, системи дистанційного керування та центри обробки даних. З огляду на це,

забезпечення захисту інформації та стабільності роботи електромереж є пріоритетним завданням.

Для підвищення рівня кібербезпеки в Smart-електрифікації застосовуються комплексні заходи, що включають багаторівневу систему захисту, шифрування даних, автентифікацію користувачів та регулярний моніторинг мережевої активності. Важливу роль відіграє також резервування систем управління та створення альтернативних каналів зв'язку, що дозволяє підтримувати стабільну роботу електромереж навіть у разі кібератак.

Окрему увагу приділяють підготовці фахівців та підвищенню рівня цифрової грамотності персоналу, який обслуговує Smart-електромережі. Людський фактор залишається одним із найбільш вразливих елементів системи безпеки, тому навчання та дотримання стандартів інформаційної безпеки є необхідною умовою ефективного функціонування цифрових енергетичних систем.

Таким чином, цифровізація відкриває широкі можливості для розвитку Smart-електрифікації, однак водночас вимагає комплексного підходу до забезпечення кібербезпеки. Поєднання сучасних цифрових технологій із надійними засобами захисту інформації є запорукою стабільної, безпечної та енергоефективної роботи електроенергетичних систем майбутнього.

#### **Соціально-економічні переваги впровадження Smart-технологій**

Використання Smart-технологій у сфері електрифікації має не лише технічні, але й соціально-економічні переваги. Зменшення споживання електроенергії дозволяє знизити витрати споживачів і підвищити енергетичну незалежність держави.

Крім того, розвиток Smart-електрифікації стимулює:

- створення нових робочих місць;
- розвиток інноваційних технологій;
- підвищення екологічної безпеки.

Smart-технології є ефективним інструментом підвищення енергоефективності та енергозбереження в сфері електрифікації. Їх впровадження дозволяє зменшити втрати електроенергії, підвищити надійність електропостачання та створити передумови для сталого розвитку енергетики.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Денисюк С. П. Енергоефективність та енергозбереження в електроенергетиці. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 256 с.
2. Білодід В. Д. Електроенергетичні системи та мережі. – Київ : Техніка, 2018. — 312 с.
3. Кириленко О. В., Басок Б. І. Сучасні електроенергетичні системи та Smart Grid. – Київ : Інститут електродинаміки НАН України, 2020. – 198 с.

4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Київ, 2017.
5. Gungor V. C., Sahin D., Kocak T. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2020.
6. Kundur P. Power System Stability and Control. – New York : McGraw-Hill, 2017.
7. Momoh J. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis. – Wiley-IEEE Press, 2019.
8. Fang X., Misra S. Smart Grid – The New and Improved Power Grid // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2018.

**УДК 620.9:355.02:621.31**

## **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФРОНТ: ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ**

**Чорнобай Б.В.,** викладач спецдисциплін відділення електроенергетики,  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** Метою цього матеріалу є всебічний аналіз проблем, з якими стикається енергетична галузь України в умовах збройної агресії, а також визначення стратегічних пріоритетів для її відновлення. Актуальність питання обумовлена необхідністю переходу від підходу «швидкої ліквідації наслідків» до системної модернізації, базованої на принципах децентралізації, цифровізації та екологічної стійкості. У статті висвітлюються технічні, фінансові та безпекові аспекти відбудови енергетичної інфраструктури. Особлива увага приділяється ролі міжнародної підтримки та інтеграції з європейською енергетичною системою ENTSO-E як ключовим чинникам забезпечення майбутньої енергетичної незалежності країни.

**Ключові слова.** Генерація, ENTSO-E, відбудова, енергетика, АЕС.

### **Фінансовий вакуум і боргова криза**

Фінансовий стан галузі поступається за рівнем загрози лише ракетним ударам. Для її відновлення необхідні інвестиції в розмірі мільярдів доларів, але внутрішній ринок перебуває в стані серйозної ліквідної кризи. Основними факторами цього стали:

- зниження платоспроможності. Руйнування великих промислових підприємств, зокрема "Азовсталі" та ММК імені Ілліча, призвело до падіння

споживання електроенергії промисловим сектором більш ніж на 40%. Це критично, адже саме промисловість була основним джерелом поповнення системи, що забезпечувала доступність низьких тарифів для населення.

- проблеми з механізмом спеціальних обов'язків (ПСО). Механізм, за яким державні компанії "Енергоатом" та "Укргідроенерго" компенсували різницю між ринковими цінами та тарифами для населення, перестав ефективно функціонувати. Через окупацію ЗАЕС та удари по ГЕС ці підприємства втратили фінансові та технічні можливості для субсидування.

- накопичення боргів. Заборгованість на ринку "на добу наперед" та за балансуєчу енергію вже досягла десятків мільярдів гривень. Це унеможливує закупівлю генераційними компаніями необхідного вугілля, газу чи запчастин для проведення ремонтів. Без радикальної зміни тарифної політики, а також прямої підтримки з бюджету чи допомоги у вигляді західних грантів, як приватні, так і державні оператори не зможуть залучити комерційне кредитування. Жоден банк не ризикне надати позику підприємству, яке завтра може бути повністю зруйновано. Тому забезпечення фінансової стабільності галузі безпосередньо залежить від створення міжнародних страхових механізмів для стимулювання інвестицій навіть у воєнний час.

### **Дефіцит обладнання та технологічний виклик**

Проблематика відновлення енергетичної інфраструктури України виходить далеко за межі фінансових витрат, оскільки вона також пов'язана з фізичною доступністю необхідного обладнання. Національна енергетична система була спроектована і побудована за радянськими стандартами, де основна напруга магістральних мереж становить 750 кВ та 330 кВ. У той же час у Західній Європі переважає стандарт напруги на рівні 400 кВ.

Ця специфіка породжує дві значущі проблеми:

1. Обмеженість можливості швидкої заміни обладнання. Наприклад, через різницю в технічних характеристиках неможливо просто взяти трансформатор із Німеччини й інтегрувати його в українську енергосистему. Для цього потрібні або дороговартісні адаптери, або обладнання, виготовлене за спеціальними технічними замовленнями.

2. Тривалі терміни виробництва. Автотрансформатори великої потужності, які іноді досягають ваги до 250 тонн, вимагають щонайменше дев'ять місяців для виготовлення. До того ж у світі існує лише обмежена кількість підприємств (зокрема Hitachi Energy, Siemens, GE), що здатні забезпечити такий виробничий процес. Зазначені заводи вже мають значне завантаження замовленнями на роки вперед. У цих умовах Україна змушена шукати використане обладнання на складах країн (як от Польща, Литва, Естонія чи Болгарія). Це наразі єдиний спосіб забезпечити оперативне постачання комплектуючих. Однак цей ресурс майже вичерпано. Наступним логічним кроком стає поступовий перехід на європейські стандарти напруги у процесі відновлення енергетичних вузлів. Це, у свою

чергу, означає необхідність повного перепроєктування національної мережі передачі електроенергії.

### **Децентралізація та розбудова розподіленої генерації**

Українська енергосистема історично створювалася довкола концепції великих енергетичних потужностей. Гігантські атомні та теплові електростанції постачали енергію через потужні магістральні лінії до значних промислових центрів.

Проте у форматі конвенційної війни така надмірна централізація обернулася слабким місцем системи. Руйнування ключового вузла на підстанції 750 кВ здатне залишити цілий регіон без електропостачання. Розподілена генерація виступає стратегічним рішенням цієї проблеми. Замість однієї теплової електростанції потужністю 1000 МВт заохочується створення численних дрібних об'єктів потужністю від 1 до 50 МВт. Виявити такі об'єкти складніше, а їхнє пошкодження не спричиняє масштабного колапсу системи.

Основними елементами децентралізації є:

- газопоршневі та газотурбінні установки. Це компактні станції, здатні працювати у когенераційному режимі, одночасно виробляючи електроенергію та тепло. Вони ідеально підходять для забезпечення критичної інфраструктури великих міст наприклад, водопостачальних систем чи лікарень і можуть діяти автономно від основної мережі.

- мікромережі (Microgrids). Це локальні енергетичні комплекси, які інтегрують місцеве виробництво енергії, системи її зберігання та споживачів. У випадку аварії центральної мережі вони здатні працювати в «острівному режимі», забезпечуючи стабільність на рівні району чи підприємства.

- системи накопичення енергії (BESS). Промислові акумулятори відіграють ключову роль у стабілізації мережі. Через знищення багатьох маневрових потужностей, таких як гідроелектростанції та теплові станції, батареї стають критично важливими для швидкого реагування на частотні коливання енергосистеми.

### **Роль «зеленого» переходу та відбудова за принципом Build Back Better**

Війна змусила Україну зробити стратегічний вибір: повернутись до відновлення старих, неекологічних вугільних блоків чи здійснити технологічний прорив. Концепція Build Back Better (відбудувати краще, ніж було) передбачає використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) як ключового елемента для забезпечення енергонезалежності країни.

Чому зелена енергетика пов'язана з безпекою? Під час масованих обстрілів у 2023–2024 роках сонячні та вітрові електростанції в окремих регіонах часто залишалися єдиним можливим джерелом енергії. Їх неможливо повністю знищити одним ракетним ударом, адже поломка кількох панелей не призводить до зупинки всього комплексу. Вітрова

енергетика має значний потенціал у західних регіонах, таких як Карпати і Волинь. Ці території, віддалені від лінії фронту, демонструють більш стабільні вітрові умови, ніж очікувалося раніше, що робить їх пріоритетним напрямком для розвитку.

Біоенергетика є перспективною завдяки величезним ресурсам біомаси, доступним в Україні як аграрній державі. Використання сільськогосподарських відходів для виробництва біогазу дозволяє скоротити залежність від імпортного природного газу та підвищити локальну генерацію тепла. Водневі технології приваблюють увагу у довгострокових планах: Україна може стати ключовим хабом для виробництва «зеленого» водню, що забезпечить Європейський Союз екологічним паливом. Це не лише крок до зменшення впливу на довкілля, а й можливість залучення європейських інвестицій у модернізацію газотранспортної системи.

Водночас, масштабне впровадження ВДЕ вимагає розумних мереж (Smart Grids), які здатні оперативнo адаптуватися до змін погодних умов. Це потребує значних вкладень у сучасні ІТ-рішення задля ефективного управління енергетикою країни.

#### **Безпековий аспект і фізичний захист**

Україна стала першою державою у світі, яка змушена зводити масштабні інженерні споруди для фізичного захисту об'єктів енергетики від ракетних і дронів атак. Цей унікальний досвід нині привертає увагу експертів НАТО.

Оснoву складає стратегія трирівневого захисту:

- перший рівень (пасивний) установка габіонів, наповнених піском або щебенем. Такий базовий захист знижує вплив вибухової хвилі та уламків, допомагаючи зберегти обладнання навіть у разі влучання ракети поблизу.

- другий рівень (захист від дронів) навколо високовольтних трансформаторів зводяться спеціальні бетонні саркофаги та металеві сітки. Вони призначені детонувати дрони типу «Шахед» до того, як ті зможуть пошкодити критично важливе обладнання.

- третій рівень (комплексний інженерний захист) наймасштабніший і найамбітніший етап переміщення ключових вузлів підстанцій під землю або спорудження надміцних залізобетонних куполів. Слід зауважити, що фізичний захист не є заміною протиповітряній обороні, а виступає її доповненням. Будь-яка ракета, яку не вдалося перехопити системам ППО, повинна стикнутися з бар'єром, що мінімізує можливі руйнування. Основною ж проблемою цього підходу залишається його висока вартість: будівництво одного укриття для трансформатора може перевищувати ціну самого трансформатора.

Окрім того, виконання робіт в умовах постійних обстрілів потребує неабиякого героїзму від працівників енергетичних станцій, що ставить на

порядок денний питання страхування життя та забезпечення додаткових соціальних гарантій для цих фахівців.

### **Атомна енергетика як хребет системи та виклики ЗАЕС**

Атомна енергетика залишається основою енергетичної безпеки України, забезпечуючи понад половину виробництва електроенергії навіть у найскладніші часи. Водночас під час воєнних дій цей сектор зіткнувся з безпрецедентними загрозами, зокрема ядерним шантажем та окупацією найбільшої в Європі Запорізької атомної електростанції (потужністю 6 ГВт).

Втрата ЗАЕС та заходи з компенсації Запорізької АЕС спричинила значний дефіцит в енергобалансі країни. У стані холодної або гарячої зупинки станція припинила подачу потужності в мережу, але продовжує споживати електроенергію для забезпечення власної безпеки. Щоб компенсувати ці втрати, НАЕК «Енергоатом» була змушена переглянути графіки ремонтів на дев'яти енергоблоках трьох інших станцій Рівненської, Хмельницької та Південноукраїнської АЕС. Завдяки скороченим термінам завантаження палива атомникам вдалося забезпечити максимальний рівень потужності під час зимових пікових навантажень. Стратегічні кроки: Хмельницька АЕС та технологія AP1000 Подальший розвиток галузі неможливий без створення нових потужностей.

Україна вирішила зробити вибір на користь американської технології реакторів AP1000 від компанії Westinghouse. Перехід на американське паливо зробив Україну першою державою, яка повністю перевела атомні реактори радянського типу ВВЕР на ядерне паливо американського виробництва.

Розвиток Хмельницької АЕС. Завершення будівництва третього та четвертого енергоблоків на ХАЕС, а також початок робіт над п'ятим і шостим блоками є важливим стратегічним завданням на післявоєнний період. Це не лише дасть змогу перекрити внутрішній дефіцит енергоресурсів, але й відкриє шлях для експорту електроенергії до країн Європейського Союзу.

### **Міжнародна координація та дорожня карта 2026-2030**

Фінальна частина статті зосереджена на інтеграції України в європейський енергетичний простір і перспективах на майбутнє. Енергетична сфера стала однією з ключових, де західна солідарність проявилася найбільш відчутно через передачу технічного обладнання та фінансову підтримку. Енергетична координація та допомога Євросоюзу створення координаційної групи з питань енергетики (Energy Support Group) дало змогу впорядкувати процес підтримки потреб України. Понад 30 країн передали тисячі тонн обладнання від генераторів до потужних трансформаторів. При цьому важливим довгостроковим завданням є повноцінна інтеграція країни в ENTSO-E (європейську мережу системних операторів), що відкриває доступ до ринкових механізмів імпорту та

експорту енергії й дозволяє легше долати дефіцити під час кризових ситуацій.

Стратегія на 2026-2030 роки. Післявоєнне відновлення (або розвиток у разі тривалого конфлікту) спиратиметься на три основні напрямки:

- повна цифровізація мереж із впровадженням Smart Grid. Це включає автоматичну ізоляцію ушкоджених ділянок і перенаправлення енергетичних потоків без прямого втручання людини;

- модернізація законодавчої бази відповідно до стандартів третього та четвертого енергопакетів ЄС, що відкриє доступ до багатомільярдних інвестицій приватного сектору;

- перетворення України на енергетичний хаб Європи із потенціалом стати ключовим постачальником зеленої енергії та водню, а також найбільшим у Європі сховищем газу для стратегічних резервів ЄС.

### **Висновок**

Масштабні руйнування української енергосистеми довели її здатність до адаптації навіть у найскладніших умовах. Кризова ситуація не лише не зупинила розвиток, але й стала стимулом для модернізації, яка в інших обставинах могла б тривати десятиліттями. Сьогодні Україна не просто відновлюється, вона створює взірць енергетичної системи майбутнього: сучасної, гнучкої, децентралізованої та інтегрованої у світовий технологічний простір.

### **Перелік використаних джерел**

1. Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квіт. 2023 р. № 373-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua> (дата звернення: 24.12.2025).
2. Огляд енергетичного сектору України: наслідки війни та напрямки відновлення : звіт / Світовий банк. Вашингтон, 2024. 112 с.
3. Галущенко Г. Енергетичний фронт: як Україна витримує удари по критичній інфраструктурі. Урядовий кур'єр. 2024. 15 берез. (№ 52). С. 3.
4. Проблеми та перспективи децентралізації енергетичної системи України в умовах воєнного стану / О. М. Суходоля та ін. ; за ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2023. 64 с. (Серія «Енергетична безпека»).
5. Стан енергетичної системи України після масованих ракетних атак : аналіт. доп. / Центр Разумкова. Київ, 2024. URL: <https://razumkov.org.ua> (дата звернення: 24.12.2025).
6. Сучасний захист об'єктів електроенергетики: світовий досвід та українські реалії : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 18–19 трав. 2024 р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 245 с.
7. Ukraine: Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3) — February 2024 / World Bank ; Government of Ukraine ; European Union ; United Nations. Washington, DC : World Bank, 2024. 182 p.

8. Кудрицький В. Синхронізація з ENTSO-E як чинник стабільності української енергосистеми. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 4. С. 12–20.

9. Рябцев С. О. Вплив окупації Запорізької АЕС на енергетичну безпеку Європи. Стратегічна панорама. 2024. № 1/2. С. 45–58.

10. Зелена відбудова України: роль відновлюваних джерел енергії у післявоєнний період : монографія / за ред. А. Г. Геєця. Київ : Ін-т економіки та прогнозування НАН України, 2023. 310 с.

УДК 621.311.243

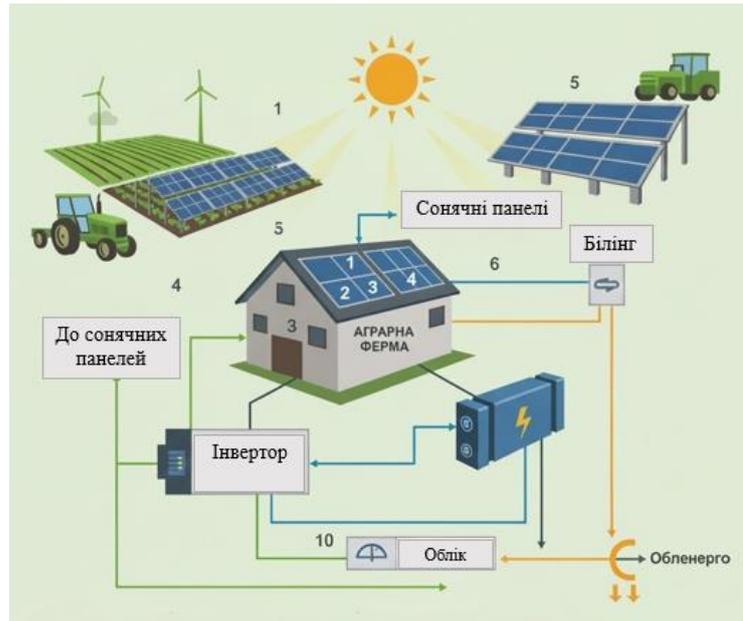
## **СОНЦЕ НАД РІЛЛЕЮ: ЕНЕРГЕТИЧНА АВТОНОМІЯ АГРОСЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ ТА ПЕРСПЕКТИВ СЬОГОДЕННЯ**

**Шаман А.В.**, викладач спецдисциплін відділення електроенергетики,  
*ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»*

Для українського фермера сонячна генерація перестала бути лише питанням екології чи «модної» декарбонізації. Сьогодні — це питання фізичного виживання бізнесу. В умовах цілеспрямованих атак на магістральні мережі, локальні сонячні електростанції (СЕС) створюють автономні «острови енергобезпеки».

Перспектива використання сонячної енергії в умовах блекаутів відкриває перед аграріями можливості автономії. Традиційна модель господарювання завжди залежала від стабільної напруги в мережі: робота елеваторів, холодильних установок, систем зрошення та автоматизованих ферм миттєво зупиняється без електричної енергії. Проте впровадження гібридних сонячних систем із промисловими накопичувачами енергії перетворює фермерське господарство на енергетичний острів (рисунок 1). Це не просто дає змогу пережити відключення, а й забезпечує критичну безперервність технологічних процесів.

Сонце стає надійним партнером, який не залежить від стану магістральних ліній чи наявності дефіцитного пального для дизель-генераторів. Більше того, власна генерація дозволяє фермеру зафіксувати собівартість енергії на десятиліття вперед, захищаючи бізнес від ринкових коливань та воєнної інфляції.



*Рисунок 1. Структура гібридної сонячної електростанції.  
1,5 - сонячні панелі, 2 - інвертор та акумулятор, 3 - аграрна ферма, 4  
- кабель живлення, 6 - білінг контроль.*

Однак шлях до цієї автономії пролягає крізь терни надскладних викликів. Український фермер сьогодні працює в умовах певного ризику, де головним є фізична безпека інфраструктури. Фотоелектричні панелі — це крихка технологія, вразлива до уламків, вибухових хвиль і прямого вогневого ураження. Окрім прямої загрози знищення, аграрії стикаються з проблемою окупованих і замінованих територій, де розгортання будь-яких наземних станцій стає неможливим без попереднього тривалого та дорогого розмінування. До цього додається гострий дефіцит кваліфікованих кадрів: інженери, здатні монтувати й обслуговувати складні інтелектуальні енергосистеми, часто перебувають у лавах Збройних Сил, що сповільнює темпи енергомодернізації в тилу.

Окремим пластом проблем є специфіка самого сільськогосподарського циклу. Агропідприємства мають нерівномірний характер споживання енергії, що часто не збігається з піками сонячної активності. Наприклад, пік генерації припадає на літні місяці, тоді як основне навантаження на мережі елеваторів виникає під час осінніх жнив. Це створює потребу в складних технічних рішеннях для балансування потужностей. Фінансовий аспект також залишається складним, адже висока вартість обладнання вимагає значних капіталовкладень «на старті», що в умовах війни, коли кожна гривня потрібна на насіння, добрива та логістику, стає серйозним бар'єром для малих та середніх господарств.

У відповідь на ці виклики державна політика почала трансформуватися, пропонуючи механізми, які раніше здавалися

футуристичними. Одним із найважливіших кроків стало впровадження системи нет-білінгу (рисунок 2).

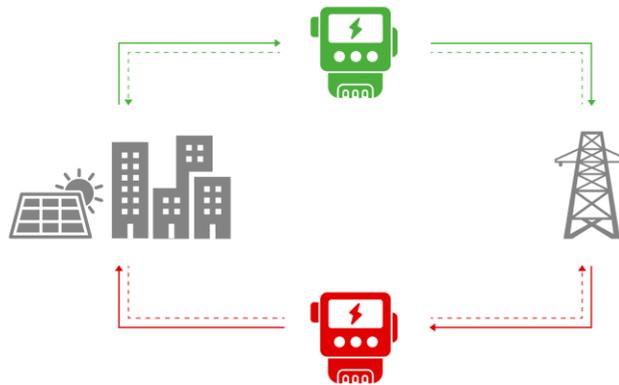


Рисунок 2. Виробництво електричної енергії Net Billing.

Схематично механізм Net Billing виглядає наступним чином. Перший контур(зелений) – електроенергія: надлишкова електроенергія, вироблена генеруючою установкою активного споживача, обліковується лічильником і передається в мережу, одночасно такий споживач може отримувати з мережі електроенергію в тих обсягах, які йому необхідні для покриття свого повного споживання, зокрема, і тоді, коли власна генерація відсутня. Другий контур(червоний) – фінансовий, під час якого активний споживач отримує розрахунок на віртуальний рахунок за всю електроенергію, яку відпустив у мережу по визначеній ринком чи договором ціні.

Цей механізм дозволяє аграріям віддавати надлишки виробленої вдень енергії в загальну мережу, отримуючи за це кошти на спеціальний рахунок, які згодом можна використати для оплати електрики в періоди низької сонячної активності. Це фактично перетворює державну енергосистему на величезний віртуальний акумулятор для фермера. Додатково держава стимулює перехід на «зелену» сторону через програму пільгового кредитування «5-7-9%», яка тепер поширюється на придбання енергоефективного обладнання. Тимчасове скасування ввізного мита та ПДВ на сонячні панелі та інвертори також суттєво знизило фінансовий поріг входу, роблячи технологію доступнішою.

Попри всі труднощі, майбутнє українського агросектору нерозривно пов'язане з сонячною енергією через призму перспективи. Це концепція подвійного використання земель, де сонячні панелі встановлюються безпосередньо над посівами або садами. Це створює унікальну синергію: панелі забезпечують частковий затінок, захищаючи культури від екстремальної спеки та зменшуючи випаровування вологи з ґрунту, що є критично важливим для посушливих регіонів Півдня. Таким чином, українська нива стає місцем виробництва одночасно і продовольства, і чистої енергії.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що для України сонячна енергетика в аграрному секторі — це не лише про екологію чи глобальні кліматичні цілі. Це про право на існування національного виробника в умовах глобальної нестабільності. Війна стала трагічним, але потужним поштовхом до децентралізації та модернізації. Кожна сонячна панель, встановлена на даху корівника чи на краю поля, — це крок до того, щоб українське зерно було не лише найякіснішим, а й енергетично незалежним. Сонце над нашою ріллею світить для всіх, але сьогодні саме аграрії вчаться збирати цей променистий врожай, перетворюючи його на світло, тепло та стабільність для всієї країни.

### **Перелік використаних джерел**

1. Матвеева О. В., Колісник О. В. Ефективність використання сонячних електростанцій в аграрному секторі України. Економіка та управління АПК: збірник наукових праць. — Біла Церква : Білоцерківський національний аграрний університет, 2021. — № 2. — С. 45-56.

2. Клименко М. О., Прищепа А. М. Перспективи впровадження систем відновлюваної енергетики для забезпечення енергонезалежності фермерських господарств. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: сільськогосподарські науки. — Рівне : НУВГП, 2022. — № 3(99). — С. 112-120.

3. Бондарчук В. М., Сидоренко О. П. Державна підтримка та нормативно-правове регулювання розвитку «зеленої» енергетики в сільських територіях України в умовах воєнного стану. Аграрна економіка. — Львів : Львівський національний університет природокористування, 2023. — Т. 16, № 1-2. — С. 88-97.

**УДК 681.5, 004.9**

## **ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ: СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ Й ЦИФРОВЕ ВТІЛЕННЯ**

**Шельпяков В.Ю.**, спеціаліст вищої категорії, викладач спеціальних дисциплін відділення електроенергетики,

**Чонгін М.А.**, студент 41Е групи відділення електроенергетики  
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

**Анотація.** Матеріал статті сформований на досвіді та перевагах використання пакету прикладних програм «Matlab» для проектування і аналізу об'єктів керування у системах автоматичного управління, програми Fritzing для створення наочних схем електронних систем, міні-

комп'ютера *Raspberry Pi 3* для реалізації проєктів автоматизованих IoT-пристроїв, операційної системи *Raspbian Desktop* з інтегрованим програмним забезпеченням для навчання та розробок технічних проєктів.

**Ключові слова.** *Smart Grid*, двигун постійного струму (ДПС), математична модель, система автоматичного керування (САК), передаточна функція, диференційне рівняння, перехідна функція, імпульсна функція, амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), фазочастотна характеристика (ФЧХ), апаратно-програмні платформи відкритого коду (АППВК), *Matlab*, *Simulink*, *Fritzing*, *Raspberry Pi*, *Raspbian Desktop*, *Python*-скрипт.

Інтелектуалізація енергетики представляє собою перехід від пасивного, децентралізованого управління системами автоматичного керування до технологій *Smart Grid*, які є самоадаптивними і можуть працювати на основі технічних даних згідно з заданим алгоритмом роботи.

В якості об'єкта дослідження доцільно обрати двигун постійного струму (ДПС), який є базовим виконавчим елементом у багатьох енергетичних і промислових системах: насоси, вентилятори, приводи, трекери тощо. Інтелектуальне управління для ДПС дозволяє втілити принципи цифрової трансформації, а саме перейти від простого вмикання/вимикання до точного програмного управління швидкістю обертання валу двигуна з функцією реверсу.

Математичну модель ДПС можна представити за допомогою рівнянь, які описують його електричну та механічну частини. Електричне рівняння якірного кола (1.1) представлено на основі Закону Кірхгофа, а механічне рівняння руху валу (1.2) математично відображає другий Закон Ньютона для обертального руху.

$$U = I \cdot R + L \frac{dI}{dt} + E, (1.1)$$

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, (1.2)$$

де:  $U$  – напруга;  $I$  – струм якоря;  $R$  – опір якірного кола;  $L$  – індуктивність якірного кола;  $E$  – проти ЕРС якоря (електромашинний коефіцієнт);  $M$  – обертовий момент двигуна;  $M_c$  – момент опору від робочого механізму;  $J$  – момент інерції обертючих частин;  $\omega$  – кутова частота обертання валу двигуна.

Якщо знехтувати індуктивністю якірної обмотки ( $L \approx 0$ ) та розглядати електромеханічну постійну часу як домінуючу, можна спростити ДПС з ускладненої позиційної коливальної ланки до спрощеної аперіодичної ланки 1-го порядку.

Диференційне рівняння ланки виглядає наступним чином:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t), (1.3)$$

де:  $k$  – коефіцієнт передачі;  $T$  – стала часу, яка описує інерційні властивості ланки.

Правило прямого перетворення Лапласа дає змогу вивести передаточну функцію інерційної ланки у наступному вигляді:

$$\frac{\omega(p)}{U(p)} = \frac{k}{Tp + 1}, \quad (1.4)$$

де:  $Tp + 1$  – множник інерційності процесів диференціювання ланок.

Щоб упевнитись у технічній реалізації ДПС та можливостях керування об'єктом, потрібно здійснити лінійний аналіз передаточної функції 1.4 та отримати наступні часові та частотні характеристики:

- перехідна характеристика описує зміну швидкості при миттєвій подачі напруги на об'єкт та дозволяє оцінити час розгону ДПС та його стійкість;
- вагова характеристика визначає реакцію ланки на короткий імпульс напруги, дає змогу спрогнозувати реакцію ДПС на будь-який складний керуючий сигнал;
- амплітудно-частотна характеристики (АЧХ) показує, як ДПС реагує на керуючі сигнали різної швидкості (частоти);
- фазочастотна характеристика (ФЧХ) показує, на скільки запізнюється фаза швидкості відносно керуючої напруги.

Сучасні засоби комп'ютерного моделювання, як от платформа Matlab, значно полегшують виконання подібних завдань.

Simulink – це програмне забезпечення в складі Matlab, що дозволяє в режимі реального часу імітувати модель динамічної системи автоматичного керування (САК) та проводити її лінійний аналіз. Інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс дозволяє швидко створювати структурні-алгоритмічні схеми, при цьому відмовитись від проведення будь-яких математичних розрахунків.

За допомогою пакету прикладних програм Matlab реалізована структурна схема аперіодичної ланки I-го порядку, що приведена у формулі 1.4, за умови:  $k = 2$ ,  $T = 1$  (див. рис. 1.1) [1].

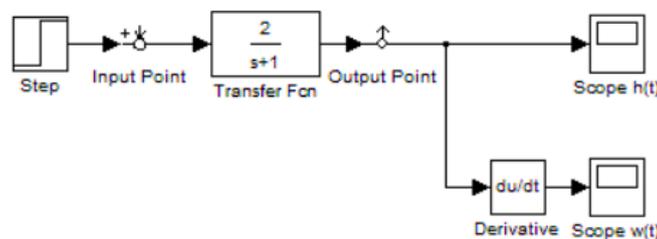


Рисунок 1.1. Структурна схема аперіодичної ланки I-го порядку

Блоки структурної схеми виконують наступні функції:

- Step – задає одиничний ступінчатий вплив на ланку;
- Transfer Fcn – модель ланки при  $k = 2$ ,  $T = 1$ ;

- Derivative – блок, що дозволяє реалізувати першу похідну від  $h(t)$ ;
- Scope  $h(t)$  – інтерактивний осцилограф, що буде зображення перехідної характеристики  $h(t)$ ;
- Scope  $w(t)$  – інтерактивний осцилограф, що буде зображення вагової характеристики  $w(t)$ ;
- Input/Output Point – вхідна та вихідна точки для здійснення лінійного аналізу ланки та формування частотних характеристик.

Після запуску схеми на моделювання миттєво формуються часові характеристики інерційної ланки. Їх можна переглянути, відкривши відповідні інтерактивні осцилографи.

Вносячи зміни в чисельник та знаменник передаточної функції можна наглядно спостерігати за інерційними властивостями ланки.

Зображення перехідної та вагової характеристик для вище зібраної структурної схеми наведені на рисунках 1.2 та 1.3.

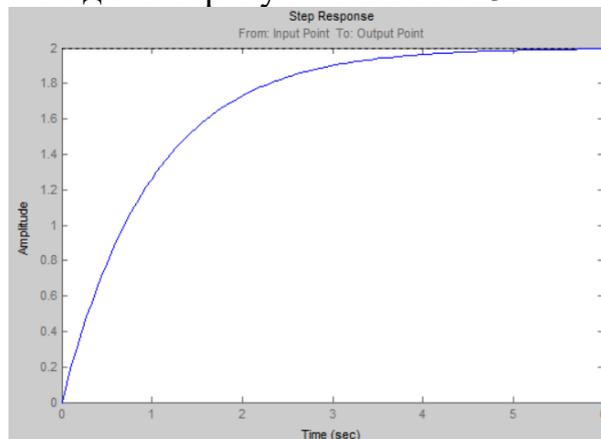


Рисунок 1.2. Перехідна характеристика аперіодичної ланки I-го порядку

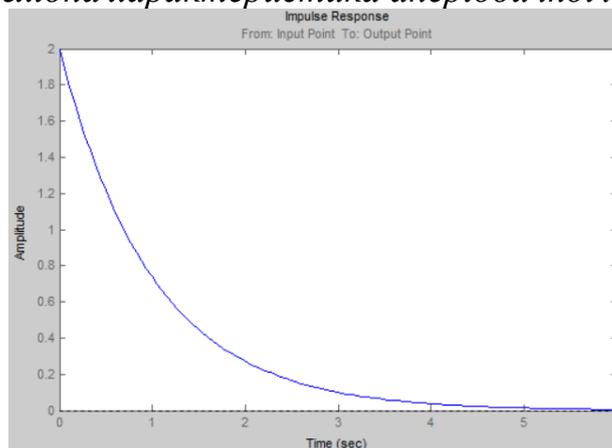


Рисунок 1.3. Вагова характеристика аперіодичної ланки I-го порядку

Для побудови АЧХ і ФЧХ потрібно перелаштувати вікно LTI Viewer лінійного аналізу на значення «Bode». Частотні характеристики інерційної ланки зображені на рисунку 1.4.

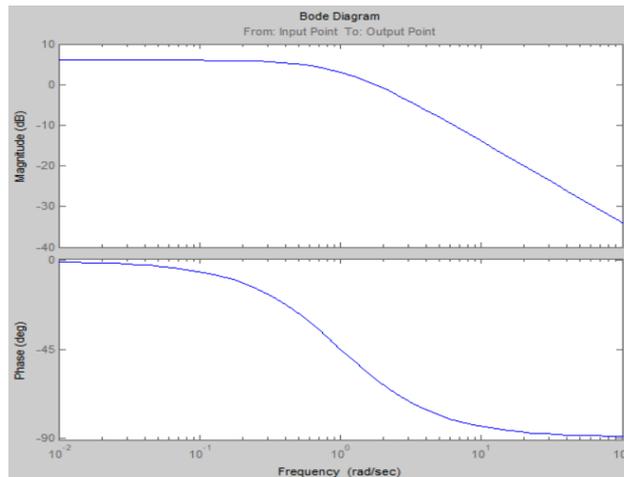


Рисунок 1.4. Частотні характеристики (АЧХ, ФЧХ) для аперіодичної ланки I-го порядку

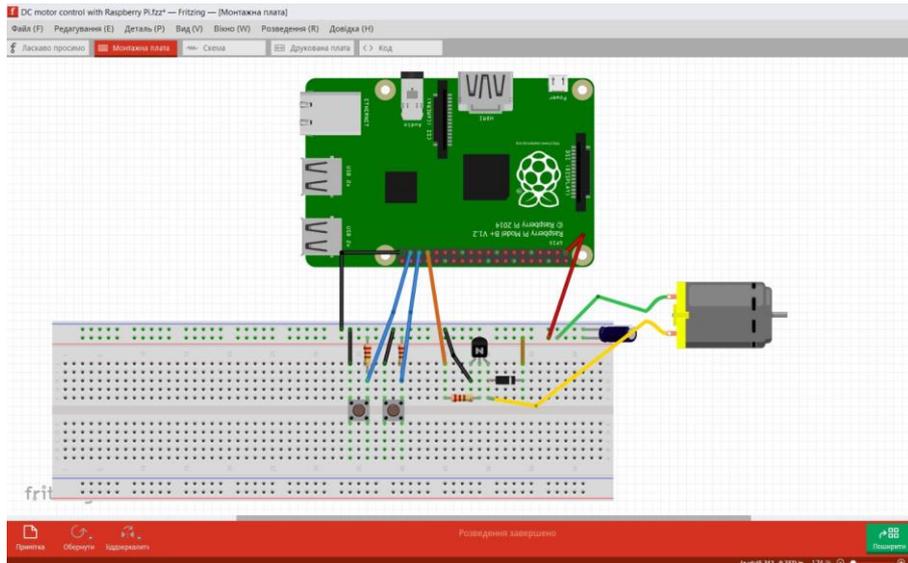
Результати моделювання показують, що аперіодична ланка I-порядку є стійкою, плавно реагує на імпульс, здатна реагувати на керуючі сигнали за різних частот. Відповідно, на основі ланки можна реалізувати систему автоматичного керування двигуном.

Апаратно-програмні платформи відкритого коду (АППВК), такі як Raspberry Pi та Fritzing, є загальнодоступними науковими програмними інструментами та дають можливість розробляти інтерактивні системи управління та контролю [2].

Міні-комп'ютер Raspberry Pi вважається продуктивною АППВК, де обробка та комплексний аналіз даних здійснюється у реальному часі. Він має високу обчислювальну потужність та повноцінне програмне забезпечення. Raspberry Pi володіє вбудованою підтримкою технологій машинного навчання та штучного інтелекту, що дозволяє реалізовувати складні аналітичні завдання без використання зовнішніх ресурсів.

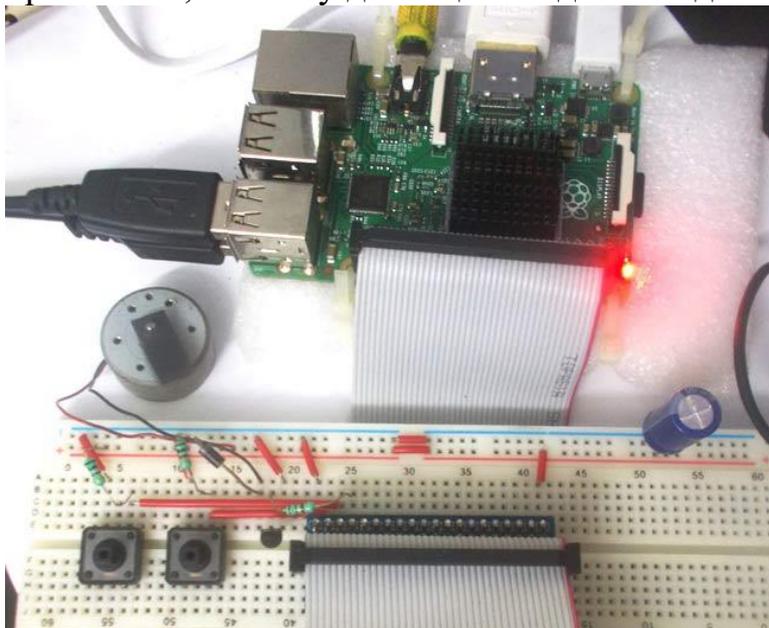
Для моделювання електронних схем та ефективної візуалізації проєктів на базі Raspberry Pi рекомендовано до використання спеціалізоване програмне середовище Fritzing. Такий інструмент надає можливість здійснювати попередню перевірку ідей технічної направленості ще до створення пристроїв, мінімізуючи як ризики, так і витрати.

Модель САК для керування швидкістю ДПС та здійснення реверсу, зібрана у середовищі Fritzing, представлена на рисунку 1.5.



*Рисунок 1.5. Модель САК для керування ДПС на основі міні-комп'ютера Raspberry Pi 3B, створена у Fritzing*

Використовуючи компоненти навчального набору Raspberry Pi Super KIT, можна зібрати САК, тотожну до вище наведеної моделі (див. рис. 1.6).



*Рисунок 1.6. Макет системи керування ДПС на основі міні-комп'ютера Raspberry Pi 3B*

Операційна система Raspbian Desktop для міні-комп'ютера Raspberry Pi має вбудоване середовище Python IDLE, у якому можна написати програму управління ДПС на мові програмування Python [3].

На рисунку 1.7 представлено Python-скрипт програми, яка керує системою через GPIO-порти: надсилає сигнали на виходи (вмикає ДПС) та читає сигнали з входів (кнопки керування обертанням валу ДПС у прямому та реверсному напрямку).

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time

# --- Налаштування конфігурації GPIO ---
# Використовуємо нумерацію BCM
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

# Контакти для керування двигуном (підключення до H-мосту)
MOTOR_IN1 = 17
MOTOR_IN2 = 27

# Контакти для кнопок (підтягнуті до високого рівня - PULL UP)
BUTTON_FORWARD = 2 # Кнопка для руху вперед
BUTTON_BACKWARD = 3 # Кнопка для руху назад

# Налаштування вихідних контактів
GPIO.setup(MOTOR_IN1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(MOTOR_IN2, GPIO.OUT)
GPIO.output(MOTOR_IN1, GPIO.LOW) # За замовчуванням вимкнено
GPIO.output(MOTOR_IN2, GPIO.LOW)

# Налаштування вхідних контактів (Кнопки)
# GPIO.PUD_UP означає, що контакт буде HIGH, доки кнопку не натиснуть (тоді він стане LOW)
GPIO.setup(BUTTON_FORWARD, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(BUTTON_BACKWARD, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

# --- Функції для керування двигуном ---

def motor_forward():
    """Запуск двигуна вперед."""
    GPIO.output(MOTOR_IN1, GPIO.HIGH)
    GPIO.output(MOTOR_IN2, GPIO.LOW)
    print("Двигун: ВПЕРЕД")

def motor_backward():
    """Запуск двигуна назад."""
    GPIO.output(MOTOR_IN1, GPIO.LOW)
    GPIO.output(MOTOR_IN2, GPIO.HIGH)
    print("Двигун: НАЗАД")

def motor_stop():
    """Зупинка двигуна."""
    GPIO.output(MOTOR_IN1, GPIO.LOW)
    GPIO.output(MOTOR_IN2, GPIO.LOW)
    print("Двигун: ЗУПИНЕНО")

```

*Рисунок 1.7. Python-скрипт програми керування ДПС, що демонструє ініціалізацію, запуск та зупинку, функцію реверсу*

Дана робота успішно поєднує аналітичний підхід, а саме математичне моделювання ДПС, з практичним цифровим втіленням – фізичним керуванням двигуном за допомогою міні-комп’ютера на основі попередньо написаної програми, що є повноцінною ілюстрацією принципів інтелектуалізації та цифровізації електротехнічних систем.

### **Перелік використаних джерел**

1. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. Теоретичні основи автоматики: Навч. Посібн. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2012.
2. Могильний С.Б. Мікрокомп’ютер Raspberry Pi – інструмент дослідника: посібник. Київ : «Талком», 2014. 340 с.
3. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті: словник. Київ : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2019. 134 с.