

Сучасні підходи до проектування енергетичних систем аграрної сфери

Павло В. Потапський ¹ • Микола В. Вусатий ² •

Дарія В. Вільчинська ³ • Андрій В. Печенюк ^{4*}

¹ Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (Україна). Доцент кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій, канд. тех. наук.

² Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (Україна). Асистент кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій.

³ Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (Україна). Асистент кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту, канд. с.-г. наук.

⁴ Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (Україна). Доцент кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту, канд. екон. наук.

* Автор-кореспондент, e-mail: anvaspe@meta.ua

СТАТТЯ

АНОТАЦІЯ

Дослідницька

DOI:

[10.70651/3041-248X/2025.5.10](https://doi.org/10.70651/3041-248X/2025.5.10)

Авторське право

© 2025 авторів



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons «Із Зазначенням Авторства – Некомерційна 4.0 Міжнародна» (CC BY-NC 4.0).



У статті розглядаються сучасні підходи до проектування енергетичних систем аграрної сфери України. Визначено значення енергетичних систем для стабільного функціонування сільськогосподарського виробництва та їхній вплив на економічну ефективність аграрного сектору. Окреслено основні виклики у сфері енергозабезпечення, зокрема енергетичну нестабільність, залежність від імпорتنих ресурсів, високі тарифи та недостатню потужність електромереж у сільській місцевості. Проаналізовано основні принципи проектування енергетичних систем для аграрного сектору, що включають енергоефективність, надійність та безперерйність постачання, інтеграцію відновлюваних джерел енергії, гнучкість та адаптивність систем, мінімізацію впливу на довкілля та використання цифрових технологій. Окрему увагу приділено впровадженню SMART GRID, автоматизації управління енергоспоживанням та застосуванню інтелектуальних мереж. Розглянуто сучасні технології та рішення у сфері енергетики, що дозволяють знизити залежність аграрного сектору від традиційних енергоносіїв, зокрема використання сонячних електростанцій, вітрових турбін, біогазових установок та енергоефективних рішень для агропідприємств. Окреслено перспективи децентралізації енергопостачання завдяки мікромережам та автономним системам енергозабезпечення. Наведено основні етапи проектування енергетичних систем для аграрних підприємств, включаючи аналіз енергетичних потреб, розробку техніко-економічного обґрунтування, вибір оптимальних технологій, створення фінансових моделей та впровадження систем енергоменеджменту. Визначено ключові фактори, що сприяють успішному впровадженню інноваційних рішень у галузі енергозабезпечення аграрного сектору. Запропоновано практичні рекомендації щодо підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у сільськогосподарському виробництві. Зокрема, розглянуто питання енергоаудиту, модернізації обладнання, впровадження новітніх технологій збереження енергії та підвищення обізнаності фермерів щодо ефективного управління енергоспоживанням.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

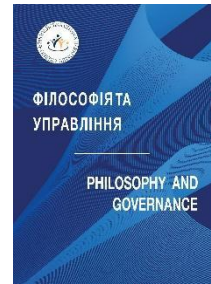
енергетичні системи, аграрний сектор, енергоефективність, відновлювані джерела енергії, енергоаудит.



e-ISSN 3041-248X

Philosophy and Governance

<https://www.eu-scientists.com/index.php/fag>



Modern Approaches to the Design of Energy Systems in the Agricultural Sector

Pavlo Potapskyi ¹ • Mykola Vusatyi ² •
 Dariia Vilchynska ³ • Andrii Pecheniuk ⁴ *

¹ Podillia State University (Ukraine). Associate Professor at the Department of Electrical Engineering, Electromechanics and Electrotechnologies, PhD in Technical Sciences.

² Podillia State University (Ukraine). Assistant Professor at the Department of Electrical Engineering, Electromechanics and Electrotechnologies.

³ Podillia State University (Ukraine). Assistant Professor at the Department of Energy-Saving Technologies and Energy Management, PhD in Agricultural Sciences.

⁴ Podillia State University (Ukraine). Associate Professor at the Department of Energy-Saving Technologies and Energy Management, PhD in Economics.

* **Corresponding Author**, e-mail: anvaspe@meta.ua

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Research Article

DOI:

[10.70651/3041-248X/2025.5.10](https://doi.org/10.70651/3041-248X/2025.5.10)

Copyright © 2025
by authors



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)



The article explores modern approaches to the design of energy systems in Ukraine's agricultural sector. It emphasizes the importance of energy systems for the stable operation of agricultural production and their impact on the economic efficiency of the agrarian sector. Key challenges in energy supply are outlined, including energy instability, dependence on imported resources, high tariffs, and insufficient grid capacity in rural areas. The article analyzes the main principles of designing energy systems for agriculture, which include energy efficiency, reliability and continuity of supply, integration of renewable energy sources, system flexibility and adaptability, minimal environmental impact, and the use of digital technologies. Special attention is given to the implementation of SMART GRID technologies, energy consumption automation, and the use of intelligent networks. Contemporary technologies and energy solutions are discussed, which help reduce the agricultural sector's dependence on traditional energy carriers. These include the use of solar power plants, wind turbines, biogas facilities, and energy-efficient solutions for agricultural enterprises. The prospects of decentralized energy supply through microgrids and autonomous energy systems are also highlighted. The article outlines the main stages of designing energy systems for agricultural enterprises, including the analysis of energy needs, development of feasibility studies, selection of optimal technologies, creation of financial models, and implementation of energy management systems. It identifies key factors that support the successful adoption of innovative solutions in the energy supply of the agricultural sector. Practical recommendations are proposed to improve the efficiency of energy resource use in agricultural production. These include conducting energy audits, modernizing equipment, implementing the latest energy-saving technologies, and increasing farmers' awareness of effective energy management.

KEYWORDS

energy systems, agricultural sector, energy efficiency, renewable energy sources, energy audit.

1. Вступ

Енергетичні системи відіграють важливу роль у розвитку аграрного сектору України, забезпечуючи необхідні ресурси для його стабільного функціонування. Без доступу до електроенергії та пального сільськогосподарське виробництво було б значно менш ефективним, адже саме енергія дозволяє механізувати та автоматизувати ключові процеси – від обробки ґрунту до збору врожаю.

Завдяки електроенергії працюють сучасні зрошувальні системи, які дозволяють підтримувати врожайність навіть у посушливих регіонах. Окрім того, енергетичні ресурси необхідні для зберігання та переробки продукції: елеватори, холодильні установки та млини не можуть функціонувати без стабільного електропостачання.

Енергетична складова також впливає на економічну ефективність аграрного виробництва. Висока вартість енергоресурсів може значно підвищувати собівартість продукції, тому дедалі більше підприємств звертається до альтернативних джерел енергії. Використання біогазових установок, сонячних та вітрових електростанцій дозволяє не лише зменшити витрати, а й підвищити енергетичну незалежність, що особливо важливо в умовах енергетичних криз.

Крім того, розвиток відновлюваних джерел енергії має позитивний вплив на довкілля. Біогазові комплекси дозволяють ефективно утилізувати органічні відходи, а використання сонячної та вітрової енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів. Це робить агросектор більш екологічним та стійким до змін клімату.

Таким чином, енергетичні системи є невід'ємною частиною сільського господарства. Їх розвиток та модернізація є ключовими для забезпечення стабільного виробництва, підвищення конкурентоспроможності агропідприємств та покращення екологічної ситуації в Україні. А проблема ефективного проектування енергетичних систем аграрної сфери є досить актуальною в сучасних умовах України.

2. Огляд літературних джерел

Сучасні підходи до проектування енергетичних систем аграрної сфери передбачають переосмислення традиційних рішень у контексті цифровізації, екологічності, адаптивності до викликів часу та забезпечення енергоефективності. Огляд актуальних літературних джерел дозволяє виокремити кілька ключових напрямів, які визначають актуальні тенденції в цій галузі.

Одним із пріоритетів є впровадження цифрових технологій, що охоплює автоматизацію управління енергетичними об'єктами, застосування систем типу Smart Grid, прогнозування навантаження та управління попитом. Це відображено у працях Білінова та Денисюка [1], де підкреслено роль цифрової трансформації для підвищення ефективності енергосистем. Бут [3] також акцентує на тому, як «розумні мережі» можуть допомогти долати дефіцит енергії, особливо в умовах нестабільності.

Іншою важливою тенденцією є оптимізація енергоспоживання на основі аналізу реальних даних. Зокрема, дослідження Бокренка [2] демонструє приклад використання графіків навантаження для обґрунтування ефективних рішень в електропостачанні фермерських господарств. Це свідчить про перехід до більш гнучкого, індивідуалізованого проектування, заснованого на даних конкретного об'єкта.

Особливу увагу в сучасному проектуванні приділяють інтеграції відновлюваних джерел енергії. У працях Колеватової [6], Конеченкова [8] та Печенюка [12] обґрунтовано доцільність впровадження сонячної, вітрової та біоенергетики в аграрних регіонах. Такі рішення сприяють децентралізації енергопостачання, зменшенню залежності від зовнішніх джерел і підвищенню енергетичної автономії сільських територій.

Водночас важливим залишається підвищення енергоефективності та ресурсозбереження, що висвітлюється у працях Градового [4], Круглика [9] та Мандрики [11]. Їхні дослідження демонструють, як впровадження енергоощадних технологій дозволяє суттєво знизити витрати господарств та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Сучасні умови, зокрема виклики, пов'язані з воєнним станом, вимагають врахування стійкості та безпеки енергетичних об'єктів. У цьому контексті роботи Суходолі [18] та Щурова [16] наголошують на необхідності проектування систем, здатних функціонувати в умовах ризиків і обмежень. Актуальними також залишаються питання дотримання нормативних вимог, що відображено у документах НКРЕКП [14] і матеріалах Державної інспекції енергетичного нагляду [17].

Окрему роль відіграє фінансування енергоефективних і відновлювальних проєктів, що розкривається у дослідженні Кашицької та Блащук-Дев'яткіної [5]. Фінансова підтримка держави та донорів дозволяє впроваджувати сучасні технології в аграрному секторі навіть за умов обмеженого доступу до капіталу.

У цілому, сучасні підходи до проектування енергетичних систем в аграрній сфері орієнтовані на комплексність, сталість і інноваційність. Вони поєднують технічні рішення з економічною доцільністю, екологічною відповідальністю та здатністю до адаптації в умовах нестабільності. Такий підхід дозволяє формувати енергетичну інфраструктуру агропромислового комплексу, що відповідає викликам сьогодення та потребам сталого розвитку.

3. Постановка завдання

У сучасних умовах аграрна сфера України стикається з необхідністю оновлення та переосмислення підходів до забезпечення енергопостачання. Посилення вимог до енергоефективності, зростання ролі відновлюваних джерел енергії, цифровізація енергетичних процесів, а також виклики, зумовлені кліматичними змінами та військовими загрозами, потребують впровадження новітніх рішень у процесі проектування енергетичних систем для агропромислових об'єктів.

Разом із цим, сучасне проектування повинно враховувати низку взаємопов'язаних чинників: технічну адаптивність систем до змін навантаження, економічну доцільність впроваджуваних рішень, екологічну відповідальність, нормативно-правові вимоги, а також потенціал цифрових технологій і можливості фінансування проєктів з боку держави та міжнародних партнерів.

У зв'язку з цим, метою статті стали систематизація сучасних підходів до проектування енергетичних систем в аграрній сфері, аналіз їх ключових характеристик і переваг, а також визначення напрямів, які забезпечують підвищення ефективності, надійності та сталості функціонування енергетичної інфраструктури в сільському господарстві.

4. Методи та матеріали

У процесі підготовки статті було застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, що дозволило всебічно проаналізувати предмет дослідження у контексті сучасних вимог та викликів.

Зокрема проведено систематичний аналіз наукових статей, монографій, нормативно-правових документів, аналітичних доповідей та публікацій у профільних медіа, присвячених питанням енергоефективності, цифровізації, відновлюваної енергетики та сучасних підходів до проектування енергосистем. Порівняльний метод застосовано для співставлення традиційних та сучасних підходів до проектування енергетичних систем в аграрній сфері, включаючи оцінку впливу цифрових рішень, відновлювальних джерел енергії, систем управління навантаженням тощо.

На основі системного підходу сформовано уявлення про енергетичну систему аграрного підприємства як багаторівневу техніко-економічну структуру, де проєктні рішення повинні враховувати взаємодію між виробничими, енергетичними, технологічними та екологічними складовими.

Структурно-логічне моделювання використано для формування структурної моделі етапів проектування енергетичних систем, від обстеження об'єкта до впровадження систем керування та моніторингу. На основі емпіричних матеріалів розкрито поточні проблеми та потреби аграрного сектору в умовах воєнного стану.

Залучено офіційні документи, які регламентують порядок проектування, підключення та експлуатації енергетичних систем в Україні, зокрема Ліцензійні умови провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії, вимоги до підключення до електромереж, стандарти безпеки.

Використані методи дозволили не лише теоретично обґрунтувати сучасні підходи до проектування енергетичних систем в аграрному секторі, але й окреслити напрямки їх практичної реалізації з урахуванням актуальних викликів.

5. Результати та обговорення

Сільське господарство України залежить від стабільного енергозабезпечення, яке впливає на продуктивність, витрати та конкурентоспроможність галузі. Проте нині аграрний сектор стикається з низкою викликів, що ускладнюють його ефективне функціонування.

Однією з головних проблем залишається енергетична нестабільність, спричинена залежністю від імпорتنих енергоресурсів. Сільськогосподарські підприємства, особливо ті, що використовують значні обсяги пального та електроенергії, змушені пристосовуватися до коливань цін на газ і паливно-мастильні матеріали. Це безпосередньо впливає на собівартість продукції та прибутковість агробізнесу.

Важливим викликом є й високі тарифи на енергоресурси. Витрати на електроенергію та паливо постійно зростають, що особливо відчутно для підприємств, які використовують інтенсивні технології зрошення, переробки та зберігання врожаю. Через це аграрії змушені шукати шляхи оптимізації витрат, зокрема впроваджувати енергоощадні технології [16].

Окрему проблему становить стан енергетичної інфраструктури в сільській місцевості. У деяких регіонах досі спостерігається недостатня потужність електромереж, що обмежує можливості розширення господарств та впровадження сучасного обладнання. Крім того, у зв'язку з воєнними діями енергосистема країни зазнала значних пошкоджень, що спричиняє перебої в постачанні електроенергії та створює додаткові труднощі для фермерів [18].

Незважаючи на наявний потенціал, альтернативні джерела енергії поки що не стали основою енергозабезпечення агросектору. Біогазові установки, сонячні та вітрові електростанції могли б стати дієвим рішенням для підвищення енергетичної незалежності сільськогосподарських підприємств, проте їх впровадження потребує значних інвестицій і державної підтримки [12].

Таким чином, подолання енергетичних викликів є одним із ключових завдань для українського агросектору. Вирішення цих проблем сприятиме стабільності виробництва, зниженню витрат та підвищенню стійкості галузі в умовах сучасних кризових явищ.

Проектування енергетичних систем для аграрного сектору України базується на низці ключових принципів, які забезпечують ефективність, надійність та стійкість енергопостачання. Враховуючи особливості сільськогосподарського виробництва, важливо передбачити оптимальне використання енергоресурсів, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Серед основних принципів проектування енергетичних систем для аграрної сфери слід виділити:

1. Енергоефективність та оптимізація ресурсів. Проектування енергетичних систем повинно передбачати раціональне використання енергії на всіх етапах аграрного виробництва. Це включає застосування сучасних енергозберігаючих технологій, таких як світлодіодне освітлення, утеплення приміщень та впровадження систем енергомоніторингу. Оптимізація роботи насосних станцій, іригаційних систем і холодильних установ також сприяє зменшенню енергоспоживання [9].

2. Надійність та безперебійність постачання. З огляду на сезонність сільськогосподарських робіт, важливо гарантувати безперебійне електропостачання навіть у пікові періоди. Для цього застосовуються резервні джерела живлення, такі як дизельні генератори та акумуляторні батареї. Додатково передбачається резервування мережових потужностей, що дозволяє уникнути перебоїв у постачанні електроенергії [2].

3. Використання відновлюваних джерел енергії. Аграрний сектор має значний потенціал для розвитку відновлюваної енергетики. Біогазові установки можуть ефективно переробляти

відходи тваринництва та рослинництва, виробляючи електроенергію та тепло. Сонячні та вітрові електростанції дозволяють частково або повністю забезпечити енергетичні потреби ферм, елеваторів та інших сільськогосподарських підприємств. Проекти енергетичних систем усе частіше включають гібридні рішення, що поєднують традиційні та альтернативні джерела енергії [12].

4. Гнучкість та адаптивність. Енергетичні системи повинні легко адаптуватися до змін у виробничих процесах та потребах господарства. Це означає, що інфраструктура має бути модульною, з можливістю розширення або модернізації в разі збільшення обсягів виробництва. Гнучкі системи керування електроспоживанням дозволяють автоматично регулювати подачу енергії відповідно до потреб [15].

5. Мінімізація впливу на довкілля. Сучасне проектування енергетичних систем враховує екологічні аспекти, такі як зниження викидів парникових газів, утилізація відходів та раціональне використання природних ресурсів. Впровадження технологій енергоефективності та заміна викопних енергоносіїв на альтернативні джерела сприяють зменшенню екологічного навантаження на довкілля [7].

6. Автоматизація та цифрові технології. Використання сучасних технологій, таких як системи інтелектуального керування енергоспоживанням (SMART GRID), дозволяє підвищити ефективність енергетичних систем. Дистанційний моніторинг та автоматичне регулювання енергоспоживання допомагають уникати перевантажень і знижувати витрати на електроенергію [1].

Отже можна зробити висновок, що проектування енергетичних систем для аграрного сектору України має базуватися на принципах ефективності, надійності та екологічної стійкості. Інтеграція відновлюваних джерел енергії, застосування сучасних технологій автоматизації та оптимізація енергоспоживання сприятимуть підвищенню продуктивності сільськогосподарського виробництва та зменшенню його залежності від традиційних енергоносіїв.

Сучасне сільське господарство України дедалі більше орієнтується на ефективне використання енергоресурсів, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних рішень у сфері енергетики. Новітні технології дозволяють зменшити залежність аграрного сектору від традиційних енергоносіїв, підвищити автономність підприємств і знизити витрати на виробництво.

Одним із ключових напрямів модернізації є використання відновлюваних джерел енергії. Сонячні електростанції стають дедалі популярнішими серед фермерських господарств, забезпечуючи електроенергію для освітлення, вентиляції та іригаційних систем. У степових регіонах перспективним рішенням є встановлення вітрових електростанцій, які можуть забезпечити постійний потік енергії. Крім того, біогазові комплекси дозволяють перетворювати органічні відходи на електроенергію та тепло, що сприяє не лише енергетичній незалежності, а й екологічній безпеці [8].

Важливу роль у підвищенні ефективності аграрного виробництва відіграє автоматизація. Сучасні системи енергоменеджменту дають змогу контролювати споживання електроенергії в режимі реального часу та оптимізувати роботу обладнання відповідно до потреб господарства. Інтелектуальні мережі (SMART GRID) допомагають уникати перевантажень і стабілізують енергопостачання, тоді як автоматизовані системи управління зрошенням та освітленням дозволяють зменшити витрати електроенергії та води [3].

Окремої уваги заслуговують енергоефективні рішення, які сприяють скороченню витрат на утримання агропідприємств. Використання LED-освітлення, сучасних теплоізоляційних матеріалів, систем рекуперації тепла та теплових насосів дає змогу значно знизити енергоспоживання. У тепличному господарстві все частіше застосовують інноваційні конструкції, що підтримують оптимальний мікроклімат із мінімальними затратами енергії.

Розвиток енергетичних технологій також передбачає децентралізацію енергопостачання. Все більше підприємств переходять на автономні системи, які можуть працювати незалежно від загальної енергомережі. Завдяки впровадженню мікромереж та гібридних енергетичних рішень аграрні підприємства отримують можливість забезпечувати себе стабільним електропостачанням навіть за умов енергетичних криз [11].

Таким чином, сучасні енергетичні технології стають невід'ємною частиною українського аграрного сектору. Їхнє впровадження сприяє не лише економічному зростанню підприємств, а й формуванню більш стійкої та екологічно відповідальної моделі агровиробництва.

Проектування енергетичних систем для аграрних підприємств – це складний процес, який передбачає кілька ключових етапів. Кожен з них має важливе значення для забезпечення ефективності, економічності та надійності енергетичного забезпечення господарства. Основними етапами проектування енергетичних систем для аграрних підприємств є:

- 1) аналіз потреб в енергії та попереднє планування;
- 2) розробка техніко-економічного обґрунтування;
- 3) проектування енергетичної системи;
- 4) підготовка та отримання дозволів;
- 5) встановлення та монтаж енергетичної системи;
- 6) тестування та налаштування;
- 7) технічний огляд і сертифікація обладнання;
- 8) введення в експлуатацію та обслуговування.

Аналіз потреб в енергії та попереднє планування передбачають:

- оцінку загальних енергетичних потреб на основі характеру аграрного виробництва (сільське господарство, переробка, зберігання врожаю тощо);
- аналіз сезонних коливань попиту на енергію (наприклад, для зрошення, освітлення теплиць або обігріву приміщень);
- визначення можливих джерел енергії;
- вибір найбільш оптимальних джерел енергії з урахуванням географічних і кліматичних умов [4].

При розробці техніко-економічного обґрунтування спочатку визначається загальна вартість проєкту, що включає не лише витрати на закупівлю та установку необхідного обладнання, але й монтаж системи управління енергоспоживанням, а також інші інфраструктурні складові, які можуть бути пов'язані з підключенням до енергетичних мереж чи створенням автономних джерел енергії. Далі здійснюється оцінка терміну окупності інвестицій, що дозволяє зрозуміти, скільки часу знадобиться, щоб витрачені кошти повернулися за рахунок заощаджень, пов'язаних із зниженням енергоспоживання. Це важлива складова для будь-якого аграрного підприємства, оскільки показує, коли можна очікувати отримання фінансового ефекту від реалізації енергетичної системи.

Заключним кроком є підготовка фінансових моделей проєкту. Це дозволяє розробити кілька сценаріїв фінансування, які можуть включати варіанти залучення зовнішніх інвестицій або отримання державних субсидій для підтримки енергоефективних ініціатив. Підготовлені фінансові моделі надають чітке розуміння, як найкраще організувати фінансування проєкту, що сприяє його успішній реалізації [5].

Таким чином, цей етап є критично важливим для визначення економічної життєздатності проєкту, що дозволяє прийняти обґрунтоване рішення щодо його впровадження та забезпечити фінансову стабільність на майбутнє.

На етапі проектування енергетичної системи здійснюється детальне розроблення технічного проєкту, який включає кілька важливих кроків.

Першим кроком є підбір оптимальних технологій та обладнання для виробництва, зберігання та розподілу енергії. Це передбачає вибір найбільш оптимальних джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові генератори чи біогазові установки, в залежності від конкретних умов підприємства (географічне розташування, клімат, наявність природних ресурсів тощо). Вибір технологій має забезпечити максимальну ефективність енергетичної системи при мінімальних витратах на її встановлення та експлуатацію.

Наступним кроком є розрахунок необхідної потужності для кожного елементу системи. Також важливим є розрахунок потужності для зберігання енергії, якщо передбачено використання акумуляторних систем, та для елементів, що відповідають за передачу енергії до споживачів, таких як трансформатори чи інші розподільчі пристрої [15].

Після цього розробляється проєкт енергетичної мережі, яка включає системи передачі та розподілу електроенергії. Цей крок передбачає визначення, як саме енергія буде передаватися

від джерела виробництва до споживача, з урахуванням характеристик обраного обладнання та інфраструктури. Зокрема, проєктуються мережі електропередач, лінії зв'язку та інші елементи, які забезпечують надійність і стабільність постачання енергії [10].

Завершує етап підготовка документації для підключення до зовнішньої електромережі або організація автономного енергопостачання. Це включає підготовку та подачу необхідних дозволів та заявок на підключення до національної мережі або проєктування системи, яка буде функціонувати незалежно від зовнішніх джерел енергії. Також підготовлюються всі технічні і правові документи, необхідні для реалізації проєкту, включаючи узгодження з місцевими органами влади та енергетичними компаніями.

Підготовка та отримання дозволів – це критичний процес, який дозволяє забезпечити юридичну, технічну та екологічну відповідність майбутньої енергетичної інфраструктури всім вимогам і стандартам.

Першим кроком є отримання ліцензії на використання енергетичних ресурсів. Це необхідно для легального використання природних ресурсів або енергії для виробництва, зберігання чи передачі енергії. Ліцензія є обов'язковою умовою для тих підприємств, які займаються виробництвом електричної енергії або іншими енергетичними процесами на значних масштабах [14].

Наступним кроком є узгодження з місцевими органами влади та екологічними службами для забезпечення відповідності проєкту екологічним стандартам і вимогам безпеки. Це передбачає отримання дозволів на будівництво енергетичної інфраструктури в певних регіонах, а також оцінку впливу на навколишнє середовище. Важливо, щоб проєкт не порушував екологічні норми та не завдавав шкоди природним ресурсам або здоров'ю людей, що проживають в даному регіоні [13].

Завершальний крок – отримання дозволу на підключення до зовнішніх енергомереж, якщо підприємство планує підключити свою енергетичну систему до загальнодержавної або регіональної мережі. Це включає в себе подання заявки на підключення до мережі, узгодження параметрів підключення та забезпечення відповідності технічним вимогам енергетичних компаній [17].

Підготовка та отримання дозволів – це необхідний етап, який передує будівництву енергетичних систем. Він забезпечує дотримання всіх юридичних та екологічних стандартів, що гарантує безпеку та ефективність енергетичного проєкту.

Етап встановлення та монтажу енергетичної системи передбачає монтаж основного обладнання: сонячних панелей, вітрових турбін, біогазових установок, трансформаторів і генераторів. Важливими кроками є:

- установка генеруючих потужностей (сонячних панелей, турбін, біогазових установок) із точним розрахунком їхньої кількості та розташування;
- монтаж електричних і комунікаційних ліній для надійного розподілу енергії;
- налаштування системи управління енергоспоживанням, що забезпечує моніторинг, оптимізацію витрат та стабільну роботу підприємства.

Цей етап перетворює проєкт на реальну, ефективну та надійну енергетичну систему.

Після завершення монтажу, перш за все, проводиться ретельна перевірка всіх компонентів на працездатність та їх відповідність технічним характеристикам, які були зазначені в проєктній документації. Це включає тестування обладнання, такого як сонячні панелі, вітрові турбіни, біогазові установки та інші елементи, а також перевірку їхньої взаємодії між собою в рамках загальної енергетичної системи.

Далі відбувається налаштування системи управління, що включає оптимізацію її роботи для забезпечення максимальної ефективності. Важливо здійснювати моніторинг енергоспоживання, щоб відстежувати реальне споживання енергії та виявляти потенційні неполадки чи недоліки в системі. Якщо необхідно, вносяться коригування в налаштування для покращення продуктивності, підвищення енергоефективності та зниження витрат на енергоресурси.

Останнім етапом є технічний огляд і сертифікація обладнання, якщо це передбачено вимогами законодавства або стандартами якості. Під час огляду перевіряється відповідність встановленого обладнання технічним вимогам, а також його безпека і ефективність. Після

успішного проходження сертифікації обладнання отримує відповідний сертифікат, що підтверджує його готовність до експлуатації.

Таким чином, етап тестування та налаштування є критичним для забезпечення належної роботи енергетичної системи, оптимізації її ефективності та забезпечення її відповідності всім технічним та екологічним вимогам.

Якщо система передбачає підключення до національної енергомережі, відбувається офіційне підключення до мережі. Це може включати фінальне узгодження технічних параметрів з енергетичними компаніями та перевірку правильності роботи всіх підключених елементів. Якщо ж система є автономною, то починається її повноцінна робота без залежності від зовнішніх енергомереж, що забезпечує підприємству енергетичну незалежність.

Після введення в експлуатацію, важливим аспектом є регулярне обслуговування та моніторинг ефективності системи. Це включає періодичні перевірки на працездатність, профілактичне обслуговування, а також моніторинг енергоспоживання для забезпечення стабільної роботи енергетичної системи. Важливо також стежити за її ефективністю, виявляти потенційні проблеми або неефективності і вчасно їх усувати.

Також передбачена підготовка до можливих оновлень чи модернізацій в майбутньому. З розвитком технологій і нових рішень у сфері енергетики, система може потребувати вдосконалення або заміни застарілих елементів. Це дозволяє зберегти високу ефективність і конкурентоспроможність енергетичної системи на довгострокову перспективу.

Таким чином, етап введення в експлуатацію та обслуговування є завершальним, але водночас і безперервним процесом, який забезпечує ефективну та стабільну роботу енергетичної системи підприємства в подальшій експлуатації.

References

1. Blinov, I. & Denysiuk, S. (2023). Tsyfrova transformatsiia v elektroenerhetytsi [Digital Transformation in the Electric Power Sector]. *Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine*. <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/Блінов-Денисюк-доповідь-СІГРЕ-3.pdf> (in Ukrainian)
2. Bokrenko, M. O. (2024). Obgruntuvannia mozhylyvosti optymizatsii systemy elektropostachannia fermerskoho hospodarstva za analizom hrafikiv navantazhennia [Justification of the Possibility to Optimize the Power Supply System of a Farm Based on Load Curve Analysis]. *Polissia National University*. http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/15815/1/Bokrenko_MO_KR_141_2024.pdf (in Ukrainian)
3. But, O. (2024). Tsyfrova enerhetyka: yak rozumni merezhi mozhut vyrishyty problemu defitsytu enerhii [Digital Energy: How Smart Grids Can Solve the Energy Shortage Problem]. *Economic Truth*. <https://epravda.com.ua/columns/2024/09/13/719303/> (in Ukrainian)
4. Hradovyi, V. (2021). Kliuchovi napriamy enerhozberezhennia v silskomu hospodarstvi [Key Directions of Energy Saving in Agriculture]. *Economic Discourse*, 1(4), 34–42. <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2020-4-4> (in Ukrainian)
5. Kashytska, R.-M. & Blashchuk-Deviatkina, N. (2021). Finansova pidtrymka proektiv u sferi enerhozberezhennia v Ukraini [Financial Support for Energy Saving Projects in Ukraine]. *Economy and Society*, (33). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-18> (in Ukrainian)
6. Kolevatova, A. V. (2017). Vykorystannia alternatyvnykh dzherel enerhii v ahrarnomu sektori ekonomiky [Use of Alternative Energy Sources in the Agricultural Sector of the Economy]. *Global and National Economic Problems*, (16), 558–563. <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/112.pdf> (in Ukrainian)
7. Kolisnyk, M. (2022). Klimatychno neitralna enerhetyka ta «zelena ekonomika»: vymoha chasu ta shans dlia Ukrainy [Climate-Neutral Energy and the Green Economy: A Demand of the Times and an Opportunity for Ukraine]. *Economic Truth*. <https://epravda.com.ua/columns/2022/11/04/693464/> (in Ukrainian)
8. Konechenkov, A. (2022). Sektor vidnovliuvanoi enerhetyky Ukrainy do, pid chas ta pislia viiny [The Renewable Energy Sector of Ukraine Before, During, and After the War]. *Razumkov Centre*. <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny> (in Ukrainian)
9. Kruhlyk, B. (2024). Enerhozberihaiuchi ta resursozberihaiuchi tekhnolohii v silskomu hospodarstvi [Energy-Saving and Resource-Saving Technologies in Agriculture]. *Weagro*.

- <https://weagro.com.ua/blog/energozberigayuchi-ta-resursozberigayuchi-tehnologiyi-v-silskomu-gospodarstvi/> (in Ukrainian)
10. Kulyk, V. V., Teptia, V. V., Burykin, O. B. & Sikorska, O. V. (2018). *Typovi rishennia pry proektuvanni elektrychnykh merezh napruhoiu 110-330 kV* [Typical Solutions for Designing Electric Power Networks with Voltages of 110-330 kV]. Vinnytsia National Technical University. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Kulik_2018_110.pdf (in Ukrainian)
 11. Mandryka, A. S. (Ed.). (2021). *Enerhoefektyvni tekhnolohii* [Energy-Efficient Technologies]. Sumy State University. <https://surl.li/douvif> (in Ukrainian)
 12. Pecheniuk, A. V., Harasymchuk, I. D. & Pantsyr Yu. I. (2024). Perspektyvy ta vyklyky rozvytku vidnovliuvalnoi enerhetyky Ukrainy v umovakh voiennoho stanu [Prospects and Challenges of the Development of Renewable Energy in Ukraine under Martial Law Conditions]. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 4(45), 66–72. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.9> (in Ukrainian)
 13. Potapenko, O. (2024). V suchasni enerhetytsi ekolohichnist staie kryteriiem uspishnoho rozvytku [In Modern Energy, Environmental Sustainability Becomes a Criterion for Successful Development]. *Office of Sustainable Solutions*. <https://ukraine-oss.com/olena-potapenko-v-suchasnij-energetychni-ekologichnist-staye-kryteriyem-uspishnogo-rozvytku/> (in Ukrainian)
 14. Resolution No. 1467 dated 27.12.2017 of the National Commission for State Regulation of Energy and Utilities “On Approval of Licensing Conditions for Conducting Business Activities in Electricity Generation” (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1467874-17> (in Ukrainian)
 15. Rubanenko, O. O. (2017). *Osnovy proektuvannia enerhetychnykh ob'ektiv v APK* [Fundamentals of Designing Energy Facilities in the Agro-Industrial Complex]. Vinnytsia National Agrarian University. <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/14871.pdf> (in Ukrainian)
 16. Shchurov, I. V. (2022). Novi hlobalni vyklyky ta problemy enerhetychnoi bezpeky v Ukraini [New Global Challenges and Problems of Energy Security in Ukraine]. *Economic Space*, (180), 76–81. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/180-12> (in Ukrainian)
 17. State Energy Supervision Inspectorate of Ukraine (2022). *Osoblyvosti pryiednannia do elektrychnykh merezh u period dii v Ukraini voiennoho stanu* [Features of Connection to Electric Networks during Martial Law in Ukraine]. <https://sies.gov.ua/news/osoblyvosti-pryiednannia-do-elektrychnykh-merezh-u-period-dii-v-ukraini-voiennoho-stanu> (in Ukrainian)
 18. Sukhodolia, O. M. (2024). *Stiikist krytychnoi enerhetychnoi infrastruktury ta zhyttiediialnosti hromad* [Resilience of Critical Energy Infrastructure and Community Vital Activity]. National Institute for Strategic Studies. https://niss.gov.ua/sites/default/files/2024-05/ad_sukhodolia_resilience_29052024.pdf (in Ukrainian)