

УДК 338.43:621.311.25:330.101.8 DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.3.33>
JEL Classification: Q42, Q48, Q16, O33, P48

Шманько Н.Р.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти*
«доктор філософії» за спеціальністю 073 Менеджмент,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4456-8224>,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

АРХІТЕКТУРА УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ: ІНСТИТУЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА МОДЕЛЬ КООРДИНАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОНТУРІВ

Shmanko N.R.,
candidate for the third level of higher education
“Doctor of Philosophy” in the specialty 073 Management,
West Ukrainian National University, Ternopil

ARCHITECTURE OF MANAGEMENT OF RENEWABLE GENERATION FACILITIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: AN INSTITUTIONAL AND ECONOMIC MODEL FOR COORDINATING PRODUCTION AND ENERGY CONTOURS

Постановка проблеми. Енергетична трансформація світової економіки, що відбувається під впливом декарбонізації, технологічного здешевлення відновлюваних джерел енергії та структурної перебудови електроенергетичних ринків, радикально змінює логіку функціонування агропромислового комплексу. Якщо раніше відновлювана генерація сприймалася переважно як інструмент екологічної політики або об'єкт регуляторної підтримки, то нині вона дедалі частіше інтегрується безпосередньо в операційну структуру підприємств. Для суб'єктів АПК це означає не просто диверсифікацію джерел енергії, а трансформацію моделі енергозабезпечення – від зовнішньої залежності до часткової або повної енергетичної автономізації, що безпосередньо впливає на структуру витрат, ризик-профіль та параметри економічної стійкості.

Специфіка агропромислового виробництва визначається поєднанням сезонної динаміки енергоспоживання, біологічно зумовлених технологічних циклів і наявності значного потенціалу біомаси як енергетичного ресурсу. У такому середовищі об'єкти сонячної, вітрової чи біоенергетичної генерації не можуть розглядатися як ізольовані енергетичні активи. Вони включаються у внутрішній виробничий контур підприємства, взаємодіючи з технологічними процесами зберігання, переробки, тваринництва або сушіння продукції. Це формує принципово інший тип управлінських завдань, що виходять за межі технічної експлуатації чи оцінки окупності інвестицій і пов'язані з координацією виробничих режимів, енергетичних параметрів та ринкових обмежень.

Попри зростання кількості досліджень у сфері відновлюваної енергетики, науковий дискурс залишається фрагментарним. Значна частина праць зосереджена на технологічній ефективності, інвестиційній привабливості або механізмах державної підтримки. Управління розподіленою генерацією здебільшого аналізується з позиції системного оператора чи регулятора ринку. Натомість внутрішньофірмовий рівень, особливо в умовах агропромислового комплексу, не отримав належної теоретичної концептуалізації. Об'єкт відновлюваної генерації у межах АПК і далі трактується або як технічний комплекс, або як інвестиційний проект, що зумовлює методологічну редукцію управління до окремих функціональних аспектів.

У цьому контексті постає наукова проблема – відсутність цілісного теоретичного підходу до визначення сутності управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. Наявні підходи не пояснюють механізм узгодження виробничих циклів аграрного підприємства, режимів функціонування генеруючих установок та інституційно визначених правил ринку електроенергії. Залишається невизначеним управління як процес інтеграції багаторівневих взаємодій між технологічною керованістю генерації, економічною доцільністю її використання та нормативно-

* *Наук. керівник: Брич В.Я. – д-р. екон. наук, професор*

ринковими обмеженнями.

Отже, актуальність дослідження зумовлена необхідністю теоретичного осмислення управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК як специфічної форми управління виробничо-енергетичною системою підприємства в умовах децентралізованого енергоринку та інституційної трансформації енергетичного сектору. Формування такої концептуальної рамки є передумовою подальшого розвитку управлінської теорії у сфері аграрної енергетики та основою для створення прикладних механізмів підвищення енергетичної стійкості підприємств агропромислового комплексу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний науковий дискурс щодо відновлюваної генерації формується на перетині економічних, технологічно-системних та інституційних підходів. Проте їх інтеграція у межах агропромислового комплексу як специфічної виробничої системи залишається обмеженою, що створює методологічну прогалину у трактуванні сутності управління такими об'єктами.

Економічна інтерпретація відновлюваної генерації зазнала суттєвої трансформації протягом останнього десятиліття. Якщо ранні дослідження фокусувалися на механізмах державної підтримки та компенсації екстерналій, то сучасні роботи дедалі більше трактують відновлювані джерела енергії як ринково конкурентні активи. Звіти International Renewable Energy Agency системно демонструють зниження приведеної вартості електроенергії для сонячної та вітрової генерації, що зміщує акцент із проблем субсидування до питань інтеграції у ринкову архітектуру та фінансової стійкості [1; 2]. Аналогічна логіка простежується у дослідженні Шмідт О. (Schmidt O.), Гокс А. (Hawkes A.), Гамбгір А. (Gambhir A.), Стаффелл І. (Staffell I.) [3], де доведено, що технологічні криві навчання забезпечують довгострокове здешевлення ВДЕ. Водночас у цих працях об'єкт генерації постає як самостійний інвестиційний проєкт, відокремлений від внутрішньовиробничого контексту підприємства.

Технологічно-системний напрям досліджень концентрується на проблематиці інтеграції розподіленої генерації в енергосистему. У дослідженні Лопеш Дж. А. П. (Lopes J. A. P.), Хатзіаргіріу Н. (Hatziargiyiou N.), Мутале Дж. (Mutale J.), Джапіч П. (Djaric P.), Дженкінс Н. (Jenkins N.) [4] управління розподіленою генерацією розглядається як процес координації прогнозування, балансування та інформаційної взаємодії з мережею. Параг Й. (Parag Y.), Совакул Б. К. (Sovacool B. K.) [5] акцентують на трансформації ролі споживача у виробника (prosumer), що змінює архітектуру енергетичного управління. Проте навіть у межах цих концепцій управління аналізується переважно з позиції системного оператора або регулятора, тоді як внутрішньофірмовий рівень залишається другорядним. Аграрний сектор у таких дослідженнях розглядається радше як елемент енергетичної інфраструктури, а не як виробничо-енергетична система зі специфічною логікою функціонування.

Особливий сегмент літератури стосується біоенергетики та її ролі у формуванні циркулярних моделей розвитку. Ель Білалі Х. (El Bilali H.) обґрунтовує інтеграцію біоенергетики як чинник підвищення стійкості агропродовольчих систем [6]. Скарлат Н. (Scarlat N.), Даллеман Ж.-Ф. (Dallemand J.-F.), Монфорти-Ферраріо Ф. (Monforti-Ferrario F.), Ніта В. (Nita V.) оцінюють потенціал біомаси в Європі та її внесок у декарбонізацію сільських територій [7]. Матеріали IEA Bioenergy доводять економічну доцільність впровадження анаеробного зброджування у тваринницьких комплексах. Проте навіть у межах біоенергетичного напрямку управління здебільшого редукується до технологічної оптимізації або ресурсної ефективності, тоді як інтеграція генерації у виробничий цикл підприємства залишається поза системною концептуалізацією.

Інституційний вимір досліджень спирається на положення нової інституційної економіки. Норт Д. С. (North D. C.) [8] і Вільямсон О. Е. (Williamson O. E.) [9] продемонстрували визначальну роль інституцій у зниженні транзакційних витрат та формуванні передбачуваності економічної поведінки. У сфері відновлюваної енергетики ці ідеї розвинуті у працях Дель Ріо П. (Del Río P.) [10] та Захманн Г. (Zachmann G.), Майсснер Ф. (Meissner F.), Рєпін Е. (Riepin I.) [11], де аналізується еволюція механізмів підтримки від фіксованих тарифів до аукціонних систем і ринкових премій. Після 2022 року в європейських дослідженнях посилюється акцент на децентралізації та енергетичній стійкості. Гольдтау А. (Goldthau A.), Совакул Б. К. (Sovacool B. K.) [12] розглядають локалізацію генерації як елемент підвищення енергетичної безпеки. Однак resilience-підхід здебільшого застосовується на макро- або мезорівні, тоді як мікрорівень підприємства – з його технологічною чутливістю та сезонною ритмікою – залишається недостатньо теоретизованим.

Аналіз українських публікацій свідчить про зростання уваги до біоенергетичного потенціалу аграрного сектору та економічної ефективності біогазових комплексів [13–15]. Проте більшість робіт концентрується на оцінці ресурсної бази, технічній доцільності впровадження або інвестиційних параметрах. Категорія управління об'єктами відновлюваної генерації як інтегрованої функції, що поєднує виробничий, енергетичний та ринковий контури підприємства, залишається концептуально невизначеною.

Отже, сучасна література формує ґрунтовну основу для розуміння економічних, технологічних та інституційних аспектів функціонування ВДЕ, проте не пропонує цілісної теоретичної моделі управління об'єктами відновлюваної генерації в структурі агропромислового комплексу. Домінування техніко-економічних параметрів над управлінською інтерпретацією та відсутність інтеграції

виробничого й енергетичного вимірів зумовлюють потребу у концептуалізації управління як процесу координації багаторівневих взаємодій у межах аграрного підприємства. Саме ця наукова прогалина визначає логіку подальшого теоретичного розгортання дослідження.

Постановка проблеми. Метою статті є теоретичне обґрунтування сутності управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі як інтегрованого управлінського процесу, що забезпечує координацію виробничих, енергетичних та інституційно-ринкових контурів підприємства в умовах децентралізованої енергосистеми та регуляторно визначених режимів функціонування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретичне осмислення управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі доцільно починати з методологічного розрізнення двох традиційних оптик, які історично формувалися автономно. Перша – інженерно-експлуатаційна – розглядає генеруючу установку як технічну систему, для якої визначальними є параметри надійності, дотримання режимів роботи та стандартів якості електроенергії, що узгоджується з техніко-системним підходом до інтеграції розподіленої генерації [4]. Друга – економіко-організаційна – трактує об'єкт генерації як капіталізований актив із власним життєвим циклом, структурою витрат, моделями монетизації та ризик-профілем, що відповідає сучасним підходам до аналізу інвестицій у відновлювану енергетику [2].

У межах агропромислового комплексу ці оптики не лише співіснують, а перебувають у стані взаємної детермінації. Енергетичний актив функціонує всередині виробничого контуру підприємства з його сезонною нерівномірністю навантаження, біологічною зумовленістю технологічних процесів та високою чутливістю до збоїв енергопостачання. Така інтегрованість зумовлює неможливість редукції управління до технічної експлуатації або до фінансового менеджменту інвестиційного проекту, що узгоджується з ширшим системним трактуванням розподіленої генерації як елементу виробничої структури [5].

Суттєвою теоретичною передумовою є інституційна обумовленість функціонування відновлюваної генерації. В Україні предметне поле ВДЕ визначається нормами позитивного права, які фіксують категоріальний апарат та легітимні режими діяльності. Законодавче визначення альтернативних джерел енергії, механізмів підтримки, зокрема «зеленого тарифу», а також режиму самовиробництва формує рамку економічної доцільності та допустимих управлінських рішень [16]. Показово, що законодавством передбачено можливість функціонування енергетичних кооперативів, що підкреслює інституційне закріплення логіки децентралізації та локалізації енергетичних процесів.

Другий блок теоретичних передумов пов'язаний із трансформацією ринкової архітектури електроенергетики, у якій ефективність об'єкта ВДЕ визначається не стільки обсягом виробленої електроенергії, скільки здатністю інтегруватися в систему з дотриманням вимог балансування, комерційного обліку та технічної керованості [11]. У чинному законодавстві України категорія «активного споживача» фіксує, що виробництво електроенергії для суб'єкта господарювання не становить окремої спеціалізації, а є елементом його енергетичного профілю [17]. Відтак управління генерацією набуває характеру регульованої взаємодії з ринком, де дотримання правил комерційного обліку та балансування стає невід'ємною складовою економічного результату.

Отже, узагальнення економічних, технологічних та інституційних положень дозволяє стверджувати, що управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК слід розглядати як багаторівневий процес узгодження технічної керованості, ринково-облікової дисципліни та виробничих потреб підприємства в межах нормативно визначених режимів функціонування. З цієї позиції класифікація об'єктів ВДЕ в АПК набуває управлінського змісту: технологічна природа, ступінь керованості, масштаб та режим ринкової інтеграції визначають різні конфігурації координації виробничого, енергетичного та інституційного контурів підприємства [2; 4].

Економічна природа управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі розкривається через дуальність самого об'єкта. З одного боку, це капіталомісткий технічний комплекс, що трансформує природний ресурс або біосировину в енергію і функціонує в межах довгострокового інвестиційного горизонту з характерною для енергетичних активів структурою фіксованих витрат і тривалим періодом окупності. З іншого боку, це інтегрована підсистема аграрного підприємства, яка безпосередньо впливає на витратну структуру та стійкість основного виробництва, а відтак входить до логіки формування конкурентних переваг, а не лише модернізації енергетичної інфраструктури. Такий підхід узгоджується з сучасною інтерпретацією відновлюваної генерації як економічно раціонального активу, що дедалі частіше демонструє нижчу приведену вартість електроенергії порівняно з новими проектами на викопному паливі.

Специфіка АПК полягає в тому, що енергетичні потоки структурно поєднані з матеріальними потоками біомаси та органічних відходів, що зумовлює особливий характер управління. Якщо для сонячної та вітрової генерації ключовим викликом є мінливість первинного ресурсу та необхідність балансування, то біоенергетичні установки переводять управлінську проблему у площину координації ланцюга «сировина – переробка – енергія – побічний продукт». Таким чином, управління генерацією інтегрується з управлінням аграрним виробництвом і логістикою сировини, формуючи замкнений виробничо-енергетичний контур, що відповідає логіці циркулярної економіки в агропродовольчих

системах [6]. У національному правовому полі така інтеграція легітимується через нормативне віднесення біомаси, газу з органічних відходів та біогазів до альтернативних джерел енергії [16], що створює інституційну передумову для енергетичної утилізації агропобічних продуктів.

Економічний зміст управління об'єктом ВДЕ в АПК, таким чином, не зводиться до вибору між самоспоживанням і продажем електроенергії. Він передбачає формування внутрішньої ієрархії цінності енергії для підприємства. По-перше, енергія виступає гарантом безперервності критичних технологічних процесів, що особливо важливо в умовах сезонної концентрації робіт та біологічної чутливості виробництва. По-друге, вона є чинником стабілізації та оптимізації питомих витрат через зниження залежності від зовнішніх цінових коливань. По-третє, за наявності відповідного регуляторного режиму енергія може набувати статусу товару на організованому ринку. Така багатовимірність дозволяє трактувати об'єкт ВДЕ як «резильєнтний актив», ефективність якого визначається не лише обсягом виробництва, а й здатністю зменшувати операційні втрати внаслідок перебоїв постачання та цінової волатильності, що відповідає сучасним підходам до децентралізованої енергетичної безпеки [12].

Інституційне середовище додатково формує економічну дисципліну управління через механізми балансування та комерційного обліку. Законодавче визначення балансуючого ринку як інструменту забезпечення балансу в реальному часі та фінансового врегулювання небалансів означає, що економічна відповідальність за відхилення виробітку інтегрується безпосередньо в систему ринкових стимулів [17]. Відтак управління генерацією в АПК передбачає не лише технічне планування режимів роботи, а й мінімізацію фінансових наслідків небалансів через координацію виробничих і енергетичних графіків. Водночас слід зауважити, що інституційний контур не є статичним: частина режимів зазнає трансформації під впливом бюджетних рішень, міжнародної підтримки або змін у європейському праві. Це означає, що управління об'єктами ВДЕ в АПК повинно враховувати не лише чинну нормативну конфігурацію, але й імовірність її перегляду, що формує додатковий вимір стратегічного ризику.

Окремої уваги потребує біометан як наступний етап біоенергетичної інтеграції агропромислового комплексу. На відміну від біогазової когенерації, зорієнтованої переважно на локальний енергобаланс підприємства, біометан інституційно оформлюється як товарний енергетичний продукт, придатний до транспортування газовою інфраструктурою та міжнародної торгівлі за умови функціонування системи гарантій походження. Створення реєстру біометану та механізму сертифікації його походження [18] означає формування нового виміру управління – поєднання виробничої стратегії підприємства з експортними можливостями та вимогами європейського енергетичного ринку. Таким чином, об'єкт відновлюваної генерації в АПК трансформується з інструмента внутрішньої енергетичної стабілізації у потенційний елемент зовнішньоекономічної діяльності, що додатково розширює економічний зміст управління.

На цьому тлі управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК доцільно інтерпретувати як процес координації трьох взаємопов'язаних контурів функціонування підприємства – виробничого, енергетичного та інституційно-фінансового. Виробничий контур формує ритміку попиту на енергію, що в аграрному секторі визначається сезонністю польових робіт, режимами зберігання та сушіння продукції, технологіями переробки та безперервністю процесів у тваринництві. Енергетичний контур задає параметри пропозиції – режими виробництва, накопичення та взаємодії з мережею. Інституційно-фінансовий контур визначає допустимі режими діяльності, правила комерційного обліку та участі в ринку. Ліцензійні умови провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії встановлюють пороги ліцензування, водночас прямо передбачаючи, що виробництво електроенергії для власних потреб без мети продажу не підлягає ліцензуванню незалежно від встановленої потужності [19]. Таким чином, правова конструкція сама по собі формує для агропідприємства декілька траєкторій інтеграції у сферу генерації – від внутрішнього енергоменеджменту до повноцінної ринкової участі.

Принципи управління в межах теоретичного дослідження мають розглядатися не як декларативні настанови, а як похідні від нормативного середовища та технологічної специфіки генерації. Першим із них виступає принцип правової та регуляторної визначеності. У сфері ВДЕ економічний результат безпосередньо залежить від обраного режиму функціонування – самоспоживання, статусу активного споживача, участі у механізмах підтримки чи ринкових аукціонах – і від коректності дотримання кодексів системи передачі, розподілу та правил роздрібного ринку [20–22]. У цьому сенсі управління об'єктом ВДЕ є управлінням відповідністю, де інституційна дисципліна виступає економічною змінною.

Другим фундаментальним принципом є вимірюваність як основа управлінських рішень. Для інверторної генерації дані стають виробничим ресурсом, оскільки забезпечують одночасно технічний моніторинг, коректний комерційний облік та можливість оперативного коригування режимів роботи. Міжнародна стандартизація фотовольтаїчних систем прямо пов'язує якість управління з архітектурою моніторингу: стандарт IEC 61724-1 визначає класи систем спостереження та методи оцінювання продуктивності, що фактично встановлює методичну основу для прийняття управлінських рішень [23].

Таким чином, управління ефективністю СЕС у сучасному розумінні неможливе поза межами стандартизованої системи збору та аналізу даних.

Третім принципом виступає керованість та інтероперабельність із енергосистемою. Для розподіленої генерації АПК, підключеної до мереж із обмеженою пропускнуою спроможністю, управління виходить за межі внутрішньої оптимізації та трансформується у регулювання системної поведінки генеруючої установки. Європейський мережевий кодекс RfG встановлює вимоги до приєднання генеруючих об'єктів до мережі [24], а технічні стандарти IEC 61727 та IEC 62116 регламентують параметри взаємодії інверторів із мережею та процедури випробування захисту від ненавмисного острову [25–26]. У цьому контексті управління означає забезпечення передбачуваності реакції установки на зміни системних параметрів та мінімізацію ризиків небалансів.

Четвертим принципом є адаптивність управління, що для АПК означає пріоритет прогнозно-диспетчерської логіки над статичним плануванням. Змінний характер сонячної та вітрової генерації, поєднаний із сезонною структурою попиту, вимагає побудови циклу «прогноз – план – виконання – корекція», де прогностична інформація безпосередньо інтегрується у рішення щодо накопичення енергії, обмеження виробництва або зміни режимів споживання. Науково-прикладні дослідження у сфері прогнозування сонячної генерації демонструють ефективність поєднання фізичних моделей, чисельного прогнозу погоди та алгоритмів машинного навчання для підвищення точності короткострокових прогнозів [27; 28]. Отже, управління ВДЕ в АПК дедалі більше спирається на аналітику даних як структурний елемент виробничого планування.

П'ятий принцип стосується процесної стабільності біоенергетичних об'єктів. На відміну від сонячної та вітрової генерації, де керованість обмежена природними факторами, біогазові та біометанові установки потребують підтримання стабільності біохімічного процесу. Контроль температурного режиму, рівня рН, складу субстрату та мікронутрієнтів визначає не лише вихід біогазу, а й енергетичну ефективність системи загалом, що підкреслюється у фахових аналітичних матеріалах з розвитку біоенергетики [29]. Таким чином, управління біоенергетичним об'єктом поєднує диспетчеризацію енергетичних потоків із технологічним контролем якості процесу, який продукує сам енергоресурс.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК є багатовимірним процесом координації виробничої логіки підприємства, технічної поведінки генеруючих установок та інституційно визначених правил ринку. Саме інтеграція цих контурів формує специфічний економічний зміст управління, який відрізняє агропромисловий сектор від інших сфер розподіленої генерації.

Інституційно-економічне середовище управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК України становить структурований комплекс правових і регуляторних режимів, що визначають статус генерації, умови її ринкової участі та правила комерційного обліку. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» формує базову економіку підтримки, встановлюючи режими «зеленого» тарифу, аукціонної моделі, ринкової премії, гарантій походження та самовиробництва, тим самим задаючи параметри інвестиційної передбачуваності й вибору стратегії монетизації активу. Натомість Закон України «Про ринок електричної енергії» інтегрує генерацію в організований ринок, визначаючи ролі виробника й активного споживача, принципи балансування та фінансового врегулювання небалансів.

Водночас інституційні режими в межах цієї статті розглядаються не як інструмент максимізації фінансової дохідності ізольованого активу, а як структурні параметри архітектури управління, що визначають допустимі режими координації генерації з виробничими процесами підприємства.

Регуляторна конкретизація цих норм здійснюється актами НКРЕКП, які встановлюють ліцензійні умови, правила ринку та кодекс комерційного обліку. Важливо, що правова конструкція допускає функціонування генерації як у режимі самоспоживання без мети продажу, так і в режимі активного споживача з можливістю реалізації надлишків. Таким чином, інституційна архітектура пропонує аграрним підприємствам декілька траєкторій інтеграції – від внутрішнього енергоменеджменту до повноцінної ринкової участі з відповідальністю за небаланси.

Механізм балансування ринку та кодекс комерційного обліку формують економічну дисципліну функціонування об'єкта генерації, в межах якої прогнозування виробітку та управління ризиком відхилень стають невід'ємною частиною операційного менеджменту. Отже, інституційний контур не є зовнішнім щодо управління – він безпосередньо структурує управлінські рішення через вимоги до обліку, звітності та фінансової відповідальності.

Міжнародний вимір інституційного середовища посилюється після синхронізації енергосистеми України з ENTSO-E у 2022 році [30], що актуалізує гармонізацію технічних і ринкових правил та підвищує значення комплаєнсу з мережевими кодексами. У цьому контексті управління об'єктами ВДЕ в АПК набуває додаткового виміру системної сумісності та відповідності європейським стандартам керованості.

Окремий сегмент інституційного середовища формує регулювання біометану та гарантій його походження, яке в межах запропонованої архітектурної моделі розглядається як специфічний випадок біоенергетичного контуру управління, інтегрованого у загальну систему координації виробничих та

ринкових режимів підприємства. Запровадження законодавчих дефініцій гарантії та сертифіката походження біометану, а також функціонування державного реєстру як цифрової системи обліку [18; 31] інституційно інтегрують аграрну біоенергетику в європейський ринок відновлюваного газу. Це розширює економічну функцію біоенергетичних об'єктів від внутрішнього енергозабезпечення до потенційної зовнішньої торгівлі.

З огляду на викладене, інституційний контур управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК охоплює правовий статус генерації, режим її обліку та механізм фінансового врегулювання участі у ринку. Саме в цій площині технічна установка трансформується в повноцінний економічний актив, інтегрований у виробничу та ринкову архітектуру підприємства.

Концептуалізація сутності управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК має ґрунтуватися на тезі про їх інтегровану природу, яка впливає одночасно з економічної логіки аграрного виробництва та з правової архітектури електроенергетики. Нормативне поле визначає категорії джерел, режими підтримки та ринкові ролі – від механізмів «зеленого тарифу» і ринкової премії до статусу активного споживача та самовиробництва, – формуючи рамку допустимих управлінських дій. Водночас технологічна специфіка ВДЕ обумовлює необхідність керованості, стандартизованого моніторингу та відповідності мережевим вимогам, що інституціоналізує роль даних і комплаєнсу як невід'ємної частини управління [32; 33].

Отже, сутність управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК доцільно визначити як цілеспрямований, інституційно врегульований і даними керований процес координації виробничого, енергетичного та обліково-ринкового контурів аграрного підприємства, спрямований на забезпечення енергетичної стійкості, економічної раціональності та системної сумісності генерації з мережевою інфраструктурою в межах визначених законом режимів. У цьому визначенні принциповими є три концептуальні акценти.

Першим серед них виступає принцип правової та регуляторної визначеності, який у сфері ВДЕ набуває особливої ваги з огляду на множинність режимів функціонування (самоспоживання, активний споживач, «зелений тариф», аукціонна підтримка) та залежність економічного результату від точності обраного правового контуру. Фактично управління в цьому сегменті передбачає постійне співвіднесення операційних рішень із вимогами правил ринку, кодексів системи передачі й розподілу та процедур комерційного обліку.

Не менш суттєвим є принцип вимірюваності, адже для інверторної генерації дані перестають бути лише технічною інформацією й набувають статусу управлінського ресурсу. Саме через системний моніторинг стає можливим одночасне забезпечення технічної справності, коректного обліку та оптимізації режимів роботи. У цьому контексті стандартизація (зокрема ІЕС 61724-1) виконує не лише нормативну, а й методологічну функцію – вона задає рамку, в межах якої формується архітектура моніторингу.

Водночас системна сумісність із мережею не може розглядатися як суто технічна вимога. Вона має економічний вимір, оскільки впливає на допустимі режими генерації, участь у балансуванні та обсяг транзакційних витрат, пов'язаних із небалансами.

Відтак, у теоретичній площині «управління об'єктами ВДЕ в АПК» слід розуміти як особливий випадок управління виробничо-енергетичними системами, де домінує логіка узгодження режимів, відповідності та інформаційної прозорості, а не логіка максимізації виробітку як самоцілі. У цьому контексті економічна раціональність не зводиться до нарощування обсягів генерації, а визначається оптимізацією режимів функціонування об'єкта з урахуванням виробничого циклу підприємства, мережевих обмежень та правил ринку електричної енергії.

Узагальнюючи викладені положення, управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК доцільно представити як систему триконтурної координації, у межах якої виробничий контур формує профіль попиту на енергію, енергетичний – забезпечує її генерацію та технічну керованість, а інституційно-ринковий – визначає допустимі режими участі у ринку, обліку та розрахунків. Взаємодія цих контурів формує інтегровану архітектуру управління, структуровану в табл. 1.

Таблиця 1

Архітектура управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК

Контур	Сфера координації	Управлінські рішення	Результат
Виробничий	Енергозабезпечення технологічних процесів	Планування навантаження, синхронізація з виробничими циклами	Безперервність операцій, мінімізація витрат
Енергетичний	Генерація, накопичення, режим роботи	Моніторинг, прогнозування, диспетчеризація	Стабільність режимів, ефективність використання потужності
Інституційно-ринковий	Правовий статус, облік, продаж надлишків	Вибір режиму діяльності, управління небалансами	Регуляторна відповідність, фінансова результативність

Джерело: сформовано автором

Представлена модель демонструє, що економічний ефект функціонування об'єкта ВДЕ визначається не автономною продуктивністю установки, а ступенем узгодженості між трьома контурами.

У концептуальному вигляді управління об'єктами відновлюваної генерації може бути представлено функціональною залежністю:

$$UVDE = f(P, E, I), \quad (1)$$

де P – параметри виробничого контуру,

E – параметри енергетичного контуру,

I – параметри інституційно-ринкового контуру.

Максимізація результативності управління досягається за умови структурної узгодженості зазначених контурів. Порушення балансу хоча б одного з них трансформується у зниження економічної ефективності, втрату технологічної стабільності або підвищення регуляторних ризиків. Відтак управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК не може зводитися до оптимізації окремих показників виробництва чи фінансової віддачі; воно виступає механізмом динамічної рівноваги між виробничими потребами підприємства, технічними режимами генерації та інституційними вимогами ринку електричної енергії.

Запропонована модель не претендує на вичерпність опису всіх варіантів інтеграції відновлюваної генерації в аграрному секторі, однак вона дозволяє аналітично впорядкувати ключові управлінські вузли та показати їх взаємозалежність. Її евристична цінність полягає у перенесенні аналітичного фокусу з ізольованого розгляду окремих технологій на координацію режимів функціонування підприємства як цілісної виробничо-енергетичної системи.

Висновки з проведеного дослідження. Узагальнюючи, управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі доцільно інтерпретувати як інституційно регламентований і технологічно інтегрований процес координації режимів виробництва, споживання та ринкової участі. Запропонована триконтурна модель формує методологічне підґрунтя для подальших досліджень, спрямованих на розроблення прикладних механізмів підвищення енергетичної автономності аграрних підприємств, оптимізації використання генеруючих потужностей та зміцнення їх економічної конкурентоспроможності в умовах децентралізованої енергетики.

Отримані теоретичні узагальнення створюють підґрунтя для формування цілісного бачення ролі ВДЕ в трансформації енергетичної та виробничої моделі АПК. Дослідження спрямоване на формування архітектурної моделі управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК, що інтегрує виробничий, енергетичний та інституційно-ринковий контури в єдину координаційну систему. На відміну від підходів, які розглядають ВДЕ переважно як інвестиційний або технічний проект, запропонована інтерпретація трактує генерацію як структурний елемент виробничо-енергетичної системи підприємства. Це дозволяє перейти від оцінки ізольованої ефективності до аналізу режимної узгодженості та інституційної відповідності як визначальних чинників результативності. Запропонований підхід дозволяє інтегрувати категорію енергетичної стійкості в управлінську теорію підприємства як елемент виробничої архітектури, а не як зовнішній інфраструктурний фактор.

У роботі сформовано концептуальну архітектурну модель управління такими об'єктами, яка ґрунтується на узгодженні трьох взаємопов'язаних контурів функціонування – виробничого, енергетичного та інституційно-ринкового. Застосування цього підходу дає змогу відійти від традиційного трактування управління відновлюваною генерацією виключно як технічної експлуатації енергетичного обладнання або адміністрування інвестиційних проектів і розглядати його як комплексну управлінську функцію підприємства.

Література

1. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi : IRENA, 2024. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023.pdf (дата звернення: 19.06.2025).
2. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2024. Abu Dhabi: IRENA, 2025. URL: <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024/> (дата звернення: 23.07.2025).
3. Schmidt O., Hawkes A., Gambhir A., Staffell I. The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*. 2017. Vol. 2. Article 17110. DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>.
4. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities / Lopes J. A. P., Hatziargyriou N., Mutale J., Djapic P., Jenkins N. *Electric Power Systems Research*. 2007. Vol. 77. № 9. P. 1189-1203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2006.08.016>.

5. Parag Y., Sovacool B. K. Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy*. 2016. Vol. 1. Article 16032. DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.32>.
6. El Bilali H. Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 221. P. 353-364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.232>.
7. Scarlat N., Dallemand J.-F., Monforti-Ferrario F., Nita V. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy. *Environmental Development*. 2015. Vol. 15. P. 3-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>.
8. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge : Cambridge University Press, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>.
9. Williamson O. E. The new institutional economics: Taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*. 2000. Vol. 38. № 3. P. 595-613. DOI: <https://doi.org/10.1257/jel.38.3.595>.
10. Del Río P. Designing auctions for renewable electricity support. Best practices from around the world. *Energy for Sustainable Development*. 2017. Vol. 41. P. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.05.006>.
11. Zachmann G., Meissner F., Riepin I. Mitigating Ukraine's looming electricity crisis. *Energy Strategy Reviews*. 2025. Vol. 59. Article 101724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101724>.
12. Goldthau A., Keim M., Westphal K. The Geopolitics of Energy Transformation. SWP Comment. Berlin : Stiftung Wissenschaft und Politik, 2018. №42. URL: https://www.swp-berlin.org/publications/products/comments/2018C42_wep_EtAl.pdf (дата звернення: 22.06.2025).
13. Dluhopolskyi O., Rudan V., Haida Y., Hurysh V. EU policy on the development of renewable energy sources: energy security issues. *Journal of European Economy*. 2025. Vol. 24. № 2. P. 283-301. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.283>.
14. Efficiency of production and processing of rapeseed for biodiesel in Ukraine / Parkhomets M., Uniat L., Chorny R., Chorna N., Hradovyi V. *Agricultural and Resource Economics*. 2023. Vol. 9. № 2. P. 245-275. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.11>.
15. Recycling and decontamination of organic waste in Ukraine: Current state, technologies and prospects for the biogas industry / Boyko O. O., Napich H. V., Mylostyvyi R. V., Izhboldina O. O., Chernysh Y., Chubur V., Roubik H., Brygadyrenko V. V. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32. № 2. DOI: <https://doi.org/10.15421/012428>.
16. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (дата звернення: 21.06.2025).
17. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 21.06.2025).
18. Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану : постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.2022 № 823. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF> (дата звернення: 22.06.2025).
19. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії : постанова НКРЕКП від 27.12.2017 № 1467. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1467874-17#Text> (дата звернення: 22.06.2025).
20. Про затвердження Правил ринку : постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 307. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18#Text> (дата звернення: 22.06.2025).
21. Про затвердження Кодексу системи передачі : постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18> (дата звернення: 22.06.2025).
22. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії : постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text> (дата звернення: 22.06.2025).
23. International Electrotechnical Commission. IEC 61724-1: Photovoltaic system performance – Monitoring – Part 1: Monitoring. Geneva : IEC, 2021. URL: <https://ru.scribd.com/document/661012193/IEC-61724-1-2021> (дата звернення: 24.06.2025).
24. Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016 establishing a network code on requirements for grid connection of generators. *Official Journal of the European Union*. 2016. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631> (дата звернення: 24.06.2025).
25. International Electrotechnical Commission. IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface. Geneva : IEC, 2021. URL: <https://ru.scribd.com/doc/151207940/IEC-61727-pdf> (дата звернення: 25.06.2025).
26. International Electrotechnical Commission. IEC 62116: Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters. Geneva : IEC, 2021. URL: <https://webstore.iec.ch/en/publication/6479> (дата звернення: 25.06.2025).
27. National Renewable Energy Laboratory. Solar forecasting: Methods and applications. Golden, CO: NREL, 2021. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/77635.pdf>. (дата звернення: 25.06.2025).

28. National Renewable Energy Laboratory. Advances in solar power forecasting. Golden, CO: NREL, 2023. 21 p. (NREL/TP-5500-86109).

29. UABio. Analytical materials on biomass and biomethane potential in Ukraine. Kyiv : Bioenergy Association of Ukraine, 2023. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/12/Geletukha_Biogas_and_biomethane_market_in_Ukraine_4_December_2024.pdf. (дата звернення: 24.06.2025).

30. ENTSO-E. Synchronous connection of Continental Europe with Ukraine and Moldova power systems completed. 2022. URL: <https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-with-ukraine-and-moldova-power-systems/> (дата звернення: 24.06.2025).

31. Про внесення змін щодо розвитку виробництва біометану та гарантій походження : Закон України від 21.10.2021 № 1820-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text> (дата звернення: 25.06.2025).

32. Про затвердження Порядку продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами : постанова НКРЕКП від 29.12.2023 № 2651. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23> (дата звернення: 26.06.2025).

33. Tracksler I. S., Potapova M. V. Review of green hydrogen transformation technologies for increasing biomethane production at existing plants in Ukraine and Europe. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2024. Vol. 46. No 4. P. 91-100. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.10>.

References

1. International Renewable Energy Agency (2024), *Renewable power generation costs in 2023*, Abu Dhabi, available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023.pdf (access date June 19, 2025).

2. International Renewable Energy Agency (2025), *Renewable power generation costs in 2024*, Abu Dhabi, available at: <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024> (access date July 23, 2025).

3. Schmidt, O., Hawkes, A., Gambhir, A. and Staffell, I. (2017), "The future cost of electrical energy storage based on experience rates", *Nature Energy*, Vol. 2, Article 17110, DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>.

4. Lopes, J.A.P., Hatziargyriou, N., Mutale, J. et al. (2007), "Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities", *Electric Power Systems Research*, Vol. 77, no. 9, pp. 1189-1203, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2006.08.016>.

5. Parag, Y. and Sovacool, B.K. (2016), "Electricity market design for the prosumer era", *Nature Energy*, Vol. 1, Article 16032, DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.32>.

6. El Bilali, H. (2019), "Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 221, pp. 353-364, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.232>.

7. Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F. and Nita, V. (2015), "The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy", *Environmental Development*, Vol. 15, pp. 3-34, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>.

8. North, D.C. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>.

9. Williamson, O.E. (2000), "The new institutional economics: Taking stock, looking ahead", *Journal of Economic Literature*, Vol. 38, no. 3, pp. 595-613, DOI: <https://doi.org/10.1257/jel.38.3.595>.

10. Del Río, P. (2017), "Designing auctions for renewable electricity support. Best practices from around the world", *Energy for Sustainable Development*, Vol. 41, pp. 1-13, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.05.006>.

11. Zachmann, G., Meissner, F. and Riepin, I. (2025), "Mitigating Ukraine's looming electricity crisis", *Energy Strategy Reviews*, Vol. 59, Article 101724, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101724>.

12. Goldthau, A., Keim, M. and Westphal, K. (2018), *The Geopolitics of Energy Transformation*, SWP Comment, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin, Germany, no. 42, available at: https://www.swp-berlin.org/publications/products/comments/2018C42_wep_EtAl.pdf (access date June 22, 2025).

13. Dluhopolskyi, O., Rudan, V., Haida, Y. and Hurysh, V. (2025), "EU policy on the development of renewable energy sources: energy security issues", *Journal of European Economy*, Vol. 24, no. 2, pp. 283-301, DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.283>.

14. Parkhomets, M., Uniiat, L., Chorny, R. et al. (2023), "Efficiency of production and processing of rapeseed for biodiesel in Ukraine", *Agricultural and Resource Economics*, Vol. 9, no. 2, pp. 245-275, DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.11>.

15. Boyko, O.O., Hapich, H.V., Mylostyvyi, R.V. et al. (2024), "Recycling and decontamination of organic waste in Ukraine: Current state, technologies and prospects for the biogas industry", *Biosystems Diversity*, Vol. 32, no. 2, DOI: <https://doi.org/10.15421/012428>.

16. Verkhovna Rada of Ukraine (2003), Law of Ukraine "On alternative energy sources" dated 20.02.2003 no. 555-IV, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (access date June 21, 2025).
17. Verkhovna Rada of Ukraine (2017), Law of Ukraine "On electricity market" dated 13.04.2017 no. 2019-VIII, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (access date June 21, 2025).
18. Cabinet of Ministers of Ukraine (2022), Resolution "On approval of the procedure for functioning of the biomethane register" dated 27.07.2022 no. 823, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF> (access date June 22, 2025).
19. National Energy and Utilities Regulatory Commission (2017), Resolution "On approval of licensing conditions for electricity production activity" dated 27.12.2017 no. 1467, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1467874-17#Text> (access date June 22, 2025).
20. National Energy and Utilities Regulatory Commission (2018), Resolution "On approval of market rules" dated 14.03.2018 no. 307, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18#Text> (access date June 22, 2025).
21. National Energy and Utilities Regulatory Commission (2018), Resolution "On approval of transmission system code" dated 14.03.2018 no. 309, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18> (access date June 22, 2025).
22. National Energy and Utilities Regulatory Commission (2018), Resolution "On approval of commercial electricity metering code" dated 14.03.2018 no. 311, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text> (access date June 22, 2025).
23. International Electrotechnical Commission (2021), *IEC 61724-1: Photovoltaic system performance – Monitoring – Part 1: Monitoring*, IEC, Geneva, available at: <https://ru.scribd.com/document/661012193/IEC-61724-1-2021> (access date June 24, 2025).
24. European Commission (2016), "Commission Regulation (EU) 2016/631 establishing a network code on requirements for grid connection of generators", *Official Journal of the European Union*, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631> (access date June 24, 2025).
25. International Electrotechnical Commission (2021), *IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface*, IEC, Geneva, available at: <https://ru.scribd.com/doc/151207940/IEC-61727-pdf> (access date June 25, 2025).
26. International Electrotechnical Commission (2021), *IEC 62116: Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters*, IEC, Geneva, available at: <https://webstore.iec.ch/en/publication/6479> (access date June 25, 2025).
27. National Renewable Energy Laboratory (2021), *Solar forecasting: Methods and applications*, NREL, Golden, CO, available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/77635.pdf>. (access date June 24, 2025).
28. National Renewable Energy Laboratory (2023), *Advances in solar power forecasting*, NREL, Golden, CO, 21 p. (NREL/TP-5500-86109).
29. UABio (2023), *Analytical materials on biomass and biomethane potential in Ukraine*, Bioenergy Association of Ukraine, Kyiv, Ukraine. available at: https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/12/Geletukha_Biogas_and_biomethane_market_in_Ukraine_4_December_2024.pdf. (access date June 24, 2025).
30. ENTSO-E (2022), "Synchronous connection of Continental Europe with Ukraine and Moldova power systems completed", available at: <https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-with-ukraine-and-moldova-power-systems/> (access date June 24, 2025).
31. Verkhovna Rada of Ukraine (2021), Law of Ukraine "On amendments regarding development of biomethane production and guarantees of origin" dated 21.10.2021 no. 1820-IX, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23> (access date June 25, 2025).
32. National Energy and Utilities Regulatory Commission (2023), Resolution "On approval of the procedure for sale and accounting of electricity produced by active consumers" dated 29.12.2023 no. 2651, available at: <https://zakon.rada.gov.ua> (access date June 26, 2025).
33. Tracksler, I.S. and Potapova, M.V. (2024), "Review of green hydrogen transformation technologies for increasing biomethane production at existing plants in Ukraine and Europe", *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, Vol. 46, no. 4, pp. 91-100, DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.10>.

Шманько Н.Р.

АРХІТЕКТУРА УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ: ІНСТИТУЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА МОДЕЛЬ КООРДИНАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОНТУРІВ

Мета. Теоретичне обґрунтування сутності управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі як інтегрованого управлінського процесу, що забезпечує координацію виробничих, енергетичних та інституційно-ринкових контурів підприємства в умовах децентралізованої енергосистеми та регуляторно визначених режимів функціонування.

Методика дослідження. Методологічною основою дослідження є системний підхід. Теоретико-методологічний каркас дослідження сформовано на поєднанні положень теорії управління підприємством, нової інституційної економіки та концепції децентралізованої енергетики. Інституційний підхід застосовано для пояснення впливу регуляторного середовища на структуру управлінських рішень і межі економічної поведінки суб'єктів господарювання. Положення системного менеджменту використано для обґрунтування інтеграції енергетичних активів у функціональну архітектуру підприємства та визначення їх ролі у забезпеченні стійкості виробничого процесу. Методичний інструментарій дослідження має концептуально-аналітичний характер. Застосовано методи аналізу й синтезу для виокремлення ключових характеристик об'єктів відновлюваної генерації та формування їх узагальненої управлінської інтерпретації; логічного узагальнення – для формулювання авторського визначення сутності управління; порівняльного аналізу – для зіставлення економічних, технологічних та інституційних підходів до трактування ВДЕ; структурно-функціонального аналізу – для розкриття місця генеруючих об'єктів у внутрішній структурі аграрного підприємства та обґрунтування моделі координації виробничого, енергетичного й ринкового контурів; нормативно-правового аналізу – для визначення інституційних меж управлінських рішень у контексті чинного законодавства та правил функціонування ринку електроенергії.

Результати дослідження. Здійснено теоретичну концептуалізацію управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі як інтегрованої архітектури координації виробничих, енергетичних та інституційно-ринкових контурів підприємства. Обґрунтовано, що в умовах децентралізації електроенергетики, розвитку режимів активного споживача, комерційного обліку та балансування відновлювана генерація трансформується з допоміжного елементу енергозабезпечення у структурний компонент економічної системи суб'єкта господарювання в аграрній сфері. Проаналізовано еволюцію наукових підходів до трактування відновлюваної генерації та встановлено їх фрагментарність у межах аграрної специфіки, що зумовлює потребу інтегрованої теоретичної моделі. Визначено, що особливості агропромислового виробництва – сезонність попиту, біологічно детерміновані технологічні цикли, наявність біоенергетичних потоків – формують багаторівневу систему управління, у якій технічна керованість, економічна раціональність та нормативна відповідність мають розглядатися як взаємопов'язані елементи.

Наукова новизна результатів дослідження. Розроблено архітектурну модель управління, засновану на координації трьох контурів: виробничого, енергетичного та інституційно-ринкового. Доведено, що сутність управління об'єктами відновлюваної генерації в АПК полягає не у максимізації виробництва як самоцілі, а у забезпеченні системної сумісності з мережевою інфраструктурою, мінімізації регуляторних та ринкових ризиків і підвищенні енергетичної стійкості підприємства. Сформульовано принципи управління, серед яких ключовими є правова визначеність, вимірюваність, адаптивність до змінної генерації та процесна стабільність.

Практична значущість результатів дослідження. Отримані результати формують методологічне підґрунтя для подальших прикладних досліджень механізмів інтеграції відновлюваної генерації у виробничо-енергетичні системи аграрних підприємств.

Ключові слова: відновлювана генерація, агропромисловий комплекс, управління, інституційна архітектура, активний споживач, балансування, комерційний облік, енергетична стійкість, біоенергетика, децентралізована енергосистема.

Shmanko N.R.

ARCHITECTURE OF MANAGEMENT OF RENEWABLE GENERATION FACILITIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: AN INSTITUTIONAL AND ECONOMIC MODEL FOR COORDINATING PRODUCTION AND ENERGY CONTOURS

Purpose. The aim of this study is to provide a theoretical justification of the nature of managing renewable energy generation facilities in the agro-industrial sector as an integrated management process that ensures the coordination of an enterprise's production, energy, and institutional-market components within the context of a decentralized power system and regulatory operating regimes.

Methodology of research. The methodological basis of the study is a systems approach. The theoretical and methodological framework of the study is based on a combination of principles from enterprise management theory, new institutional economics, and the concept of decentralized energy. The institutional approach is used to explain the impact of the regulatory environment on the structure of managerial decisions and the boundaries of economic behavior of economic entities. The principles of systems management were used to justify the integration of energy assets into the functional architecture of the enterprise and to determine their role in ensuring the stability of the production process. The methodological tools of the study are of a conceptual and analytical nature. Methods of analysis and synthesis were applied to identify the key characteristics of renewable generation facilities and formulate a generalized managerial interpretation of them; logical generalization – to formulate the author's definition of the essence of management; comparative analysis – to compare economic, technological, and institutional approaches to interpreting renewable energy sources; structural and functional analysis – to reveal the place

of generating facilities within the internal structure of an agricultural enterprise and to justify a model for coordinating production, energy, and market circuits; and regulatory-legal analysis – to determine the institutional boundaries of management decisions within the context of current legislation and the rules governing the electricity market.

Findings. A theoretical conceptualization of the management of renewable generation facilities in the agro-industrial complex has been developed as an integrated architecture for coordinating an enterprise's production, energy, and institutional-market systems. It has been substantiated that, in the context of the decentralization of the electric power industry, the development of active consumer modes, commercial metering, and balancing, renewable generation is transforming from a supplementary element of energy supply into a structural component of the economic system of a business entity in the agricultural sector. The evolution of scientific approaches to the interpretation of renewable generation has been analyzed, and their fragmentary nature within the context of agricultural specificity has been established, which necessitates an integrated theoretical model. It has been determined that the characteristics of agro-industrial production – seasonal demand, biologically determined technological cycles, and the presence of bioenergy flows – form a multi-level management system in which technical controllability, economic rationality, and regulatory compliance must be considered as interrelated elements.

Originality. An architectural management model has been developed based on the coordination of three loops: production, energy, and institutional-market. It has been demonstrated that the essence of managing renewable generation facilities in the agro-industrial complex lies not in maximizing production as an end in itself, but in ensuring system compatibility with the grid infrastructure, minimizing regulatory and market risks, and enhancing the enterprise's energy resilience. Management principles have been formulated, among which the key ones are legal certainty, measurability, adaptability to variable generation, and process stability.

Practical value. The results obtained provide a methodological foundation for further applied research into the mechanisms for integrating renewable energy generation into the production and energy systems of agricultural enterprises.

Key words: renewable generation, agro-industrial complex, management, institutional architecture, prosumer, balancing, commercial metering, energy resilience, bioenergy, decentralized energy system.

Дата надходження рукопису: 20.08.2025

Дата прийняття рукопису до друку: 22.09.2025

Дата публікації: 30.09.2025