Chechel, M. (2026). The value hierarchy of own generation as the basis for dispatching a higher education institution microgrid. Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 3(37), 441-453. https://doi.org/10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

МЕНЕДЖМЕНТ

ОТРИМАНО:
19 Липня 2026
ПРИЙНЯТО:
02 Вересня 2026
ВИПУСК:
20 Жовтня 2026

CC BY 4.0

УДК 005.21:620.9:378.4

DOI 10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

ІЄРАРХІЯ ЦІННОСТІ ВЛАСНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЯК ОСНОВА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ МІКРОМЕРЕЖІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чечель М. В.*
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня
Національний університет «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна
ORCID 0000-0001-9462-9560

** Email автора для листування: chechel@zp.edu.ua*

Анотація. Метою статті є обґрунтування цільової функції системи енергетичного менеджменту закладу вищої освіти як предмета управлінського, а не технічного рішення. Методика поєднує оцінювання напрямів використання власної генерації за альтернативною вартістю, метод кредиту на супутній продукт для когенерації та аналіз режимів за фактичними даними обліку. Результати. На основі даних Національного університету «Запорізька політехніка» побудовано ієрархію цінності однієї кіловат-години власної генерації з восьми напрямів: від 10,59 грн за прямого заміщення до мінус 5,96 грн за заряду накопичувача з мережі. Доведено збитковість нічного арбітражу для бюджетної установи та обґрунтовано сезонну інверсію цільової функції, за якої в опалювальний період режим когенерації задається тепловим навантаженням. Практична значущість полягає у придатності ієрархії для формалізації алгоритму диспетчеризації у технічному завданні.

Ключові слова: інноваційно-інвестиційне забезпечення, енергомодернізація, заклад вищої освіти, мікромережа, диспетчеризація, тарифна асиметрія.

JEL класифікація: M11, I23, Q48.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Поява власної генерації на об'єкті бюджетної установи створює клас управлінських рішень, якого раніше не існувало. Доки заклад лише споживав енергію, управління зводилося до скорочення споживання, з однозначною метою – скорочення видатків на оплату енергоносіїв. Щойно з'являється генеруюча складова: когенераційна установка, сонячна електростанція та система накопичення, вироблена кіловат-година може бути використана щонайменше вісьмома різними способами, і кожен з них має власну економічну цінність.

Це рішення на практиці ухвалюється не там, де мало б. Систему енергетичного менеджменту налаштовує проєктувальник або постачальник обладнання, а цільова функція задається за технічним критерієм, найчастіше як мінімізація відбору з зовнішньої мережі. Критерій виглядає самоочевидним і саме тому не обговорюється. Проте він неявно припускає, що всі кіловат-години рівноцінні, а отже байдуже, куди спрямовано надлишок: на заміщення власного споживання, на продаж, на залік проти іншого об'єкта закладу чи на заряд накопичувача.

Для бюджетної установи це припущення хибне, причому не на відсотки. Заклад купує електроенергію за роздрібною ціною, до якої входять тарифи на передачу та розподіл, надбавка постачальника і податок на додану вартість, а продає за оптовою ціною ринку на добу наперед. Різні групи об'єктів одного закладу постачаються за різними тарифами: навчальні корпуси і гуртожитки відрізняються в рази. Теплова енергія має власну ціну, не пов'язану з електричною. Внаслідок цього напрями використання однієї й тієї самої кіловат-години розходяться за цінністю в декілька разів, а окремі з них дають від'ємний результат.

Звідси випливає проблема, якій присвячено статтю. Цільова функція системи енергетичного менеджменту є економічною конструкцією, а не технічним налаштуванням, і має обґрунтовуватися розпорядником коштів на підставі фактичної тарифної структури закладу. Наявні ж методичні матеріали з енергоменеджменту описують склад системи, порядок обліку та вимоги до базового рівня, але не містять процедури впорядкування напрямів використання власної генерації за цінністю. Відтак алгоритм диспетчеризації потрапляє до технічного завдання у вигляді загальних формулювань, а фактичний вибір робить постачальник системи керування, виходячи з власних типових рішень.

Стаття пропонує заповнити цю прогалину, побудувавши ієрархію цінності одиниці власної генерації на фактичних даних обліку конкретного закладу, показуючи, що впорядкування, отримане в такий спосіб, у двох місцях суперечить усталеній практиці.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дотичні дослідження утворюють три напрями, які стосовно предмета статті лишають спільну прогалину.

Енергетичний менеджмент закладів вищої освіти. Систематичний огляд E. C. Quispe зі співавторами за 136 публікаціями показує, що 27 % описаних практик стосуються операційного управління і 26 % енергетичних аудитів, а вагома економія у більшості випадків починалася зі встановлення енергетичного базового рівня [1]. Огляд L. Araújo da Silva зі співавторами фіксує відсутність узгодженої бази нормування показників, через що результати різних робіт не зіставні [2]. Принципово важливим для предмета цієї статті є результат X. Gui, Z. Gou та Y. Lu: істотна частка економії в університетських будівлях досяжна не через термомодернізацію, а через управління режимами експлуатації відповідно до академічного календаря [3]. Тобто режим уже визнано самостійним об'єктом управління. Водночас економічне обґрунтування в цьому напрямі здебільшого зведене до простого строку окупності: так, A. Boharb зі співавторами на кейсі університетського кампусу отримали економію близько 161 МВт·год на рік за строку окупності менш як три роки [4], і питання про придатність самого показника не ставиться. Проте в усіх цих роботах режим розглядається з боку споживання, а не з боку розподілу власної генерації, і питання про цінність виробленої одиниці не ставиться, бо власної генерації в описаних кейсах або немає, або вона трактується як просте зменшення відбору.

Мікромережі та диспетчеризація. A. Franco зі співавторами показали роль цифрового моніторингу як передумови оперативного управління в університетських будівлях [5]. I. Araújo та співавтори розглянули інтеграцію генерації бібліотечного корпусу кампусу в схему колективного самоспоживання, тобто вперше поставили питання не лише про виробництво, а й про напрям використання [6]. Ця робота найближча до постановки цієї статті, однак вона описує інституційну схему розподілу, а не економічне впорядкування напрямів за цінністю, і не працює з різнотарифними групами об'єктів одного власника.

Фінансово-організаційні обмеження бюджетних закладів. І. Сотник зі співавторами на кейсі українського університету встановили, що визначальними є організаційні, фінансово-економічні та освітні бар'єри, а не технічні, і запропонували revolверний фонд енергоефективності [7]. Н. Я. Сокровольська зі співавторами аналізують співвідношення

загального і спеціального фондів кошторису закладу в умовах війни [8]. У контексті інвестиційного забезпечення інноваційного розвитку методичні підходи до комплексного оцінювання інвестиційної привабливості розвиваються на основі поєднання системи показників та інтегрального оцінювання [9].

Ці роботи пояснюють, звідки беруться кошти, і не торкаються того, як розпоряджатися фізичним результатом інвестиції після її здійснення.

Окремо слід назвати нормативну рамку, що створює саму можливість вибору напряму. Стаття 58-1 Закону України «Про ринок електричної енергії» запровадила статус активного споживача, який дає бюджетній установі право реалізовувати надлишок власної генерації [10], а порядок такої реалізації визначено постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [11]. Саме з появою цього права вибір напряму використання стає управлінським рішенням, а не технічною даністю.

Таким чином, зіставлення трьох напрямів виявляє прогалину. Перший напрям визнає режим об'єктом управління, але з боку споживання. Другий описує технічні та інституційні схеми розподілу генерації, не оцінюючи напрями за цінністю. Третій працює з джерелами фінансування, а не з результатом. Нерозв'язаною залишається задача економічного впорядкування напрямів використання власної генерації в мікромережі закладу з різнотарифними групами об'єктів, за наявності накопичувача та права на відпуск у мережу.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є обґрунтування цільової функції системи енергетичного менеджменту закладу вищої освіти як предмета управлінського рішення через побудову ієрархії цінності одиниці власної генерації за фактичними даними обліку.

Досягнення мети передбачає розв'язання чотирьох завдань: визначити перелік напрямів використання одиниці власної генерації в мікромережі закладу і оцінити кожен з них за альтернативною вартістю; перевірити на фактичних даних два поширені в практиці припущення, а саме про вигідність нічного арбітражу та про рівноцінність заліку проти будь-якого об'єкта закладу; обґрунтувати залежність оптимального режиму когенераційної установки від сезону через метод кредиту на супутній продукт; формалізувати отримане впорядкування у вигляді правил диспетчеризації, придатних для внесення до технічного завдання.

МЕТОДОЛОГІЯ

Дослідження побудовано на трьох процедурах.

Оцінювання за альтернативною вартістю. Кожен напрям використання одиниці власної генерації оцінюється за величиною, яку заклад отримує або якої уникає, спрямувавши цю одиницю саме сюди. Для напрямів заміщення це ціна, за якою ту саму кіловат-годину довелося б придбати; для напрямів відпуску – ціна реалізації; для напрямів, що передбачають проходження через накопичувач, обидві величини коригуються на коефіцієнт корисної дії циклу. Такий підхід дозволяє звести різнорідні за природою напрями до однієї шкали, не вдаючись до умовних оцінок.

Метод кредиту на супутній продукт. Для когенераційної установки, що одночасно виробляє два продукти, із повної вартості палива віднімається вартість заміщеної теплової енергії, а залишок відноситься на електроенергію. Кредит обчислюється за фактичним співвідношенням теплової та електричної потужності установки і фактичною ціною теплової енергії відповідної групи об'єктів.

Розмежування середнього та максимального значення ринкової ціни. Як очікувану ціну реалізації прийнято середній індекс ринку на добу наперед за відповідний період, а

максимальне спостережене значення вечірніх годин наведено окремо як верхню межу. Центральний варіант розрахунку побудовано на середньому індексі.

Розрахунки виконано за фактичними даними обліку та первинними документами закладу без використання прогнозних або довідкових величин.

Об'єкт дослідження та цінова база розрахунку

Розрахунки виконано за фактичними даними Національного університету «Запорізька політехніка». Заклад має когенераційну установку номінальною електричною потужністю 357 кВт з тепловою потужністю 402–455 кВт, сонячну електростанцію 40 кВт, а також затверджену проєктну конфігурацію з системою накопичення та додатковими сонячними потужностями. Договірна потужність по робочій секції становить 567 кВт, що дорівнює граничній потужності відпуску в мережу. Університет набув статусу активного споживача, тобто має право реалізовувати надлишок власної генерації.

Ціновою базою слугують дані обліку та первинні документи, а не прогнозні або довідкові величини. Їх зведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Цінова база розрахунку за фактичними даними закладу

Показник	Значення	Джерело і період
Роздрібна ціна купівлі, навчальні корпуси	10,59 грн/кВт·год	8 820 878 грн на 833 008 кВт·год, акти 2025 року
Роздрібна ціна купівлі, гуртожитки	4,32 грн/кВт·год	6 598 679 грн на 1 527 472 кВт·год, акти 2025 року
Роздрібна ціна купівлі, корпуси	13,16 грн/кВт·год	середньозважена за актами лютий–липень 2026 року
Індекс ринку на добу наперед, base	5,60 грн/кВт·год	червень 2026 року
Індекс ринку на добу наперед, peak	5,81 грн/кВт·год	червень 2026 року
Максимум вечірніх годин 17–23	10,42 грн/кВт·год	квітень 2026 року, верхня межа
Теплова енергія, навчальні корпуси	4,825 грн/кВт·год	5 612 грн/Гкал, облік 2026 року
Теплова енергія, гуртожитки	1,492 грн/кВт·год	1 735 грн/Гкал, облік 2026 року
Природний газ	17,05 грн/м³	договір постачання
Собівартість електроенергії когенерації	7,94 грн/кВт·год	структура витрат 3 342 386,77 грн
Коефіцієнт корисної дії циклу накопичувача	0,90	паспортні дані

Джерело: складено автором за даними обліку закладу.

Дві обставини цієї таблиці потребують окремого зауваження, бо саме вони породжують основні результати.

Перша – різниця роздрібних цін між групами об'єктів одного закладу. Навчальні корпуси і гуртожитки постачаються за різними тарифами, і розрив становить 2,45 рази для електричної та 3,23 рази для теплової енергії. Заклад є одним юридичним суб'єктом, споживання фізично однорідне, а ціна різна. Ця асиметрія є зовнішньою щодо закладу умовою, керувати якою він не може, але враховувати зобов'язаний.

Друга – розрізнення середнього індексу ринку і максимуму окремих годин. У робочих розрахунках проєктів ці величини нерідко ототожнюються, і як ціна продажу береться максимальне спостережене значення вечірніх годин. Різниця істотна: 10,42 проти 5,81 грн/кВт·год, тобто в 1,79 рази. Максимум є верхньою межею, досяжною лише за умови

Chechel, M. (2026). The value hierarchy of own generation as the basis for dispatching a higher education institution microgrid. Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 3(37), 441-453. https://doi.org/10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

повного потрапляння обсягу відпуску у вузьке вікно найвищих цін, тоді як середній індекс peak описує очікуване значення. Далі центральний варіант розрахунку побудовано на середньому індексі, а максимум наводиться як верхня межа. Це консервативний вибір, і він, як буде показано, посилює, а не послаблює висновки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Ієрархія цінності одиниці власної генерації

Кожен напрям використання однієї кіловат-години власної генерації оцінюється за альтернативною вартістю, тобто за величиною, яку заклад отримує або якої уникає, спрямувавши цю одиницю саме сюди. Для напрямів заміщення це ціна, за якою ту саму кіловат-годину довелося б купити; для напрямів відпуску – ціна реалізації; для напрямів, що передбачають проходження через накопичувач, обидві величини коригуються на втрати циклу. Результат упорядкування наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Ієрархія цінності однієї кіловат-години власної генерації

№	Напрям використання	Цінність, грн/кВт·год	Підстава оцінки
1	Пряме заміщення споживання навчальних корпусів мікромережі	10,59	уникнена роздрібна ціна купівлі
2	Залік проти навчальних корпусів поза мікромережею	10,59	та сама ціна, інша точка обліку
3	Продаж у мережу в години максимуму вечірнього піку	10,42	верхня межа, досяжна не завжди
4	Збереження в накопичувачі й споживання ввечері	9,53	заміщення за мінусом утрат циклу
5	Продаж у мережу за середнім індексом peak	5,81	очікуване значення ціни реалізації
6	Продаж у мережу за індексом base	5,60	позапікові години
7	Залік проти гуртожитків	4,32	уникнена ціна за нижчим тарифом
8	Заряд накопичувача з мережі з подальшим продажем у пік	–5,96	маржа за середнього індексу peak

Джерело: розраховано автором за даними таблиці 1.

Розрив між найкращим і найгіршим напрямом становить 16,55 грн на кіловат-годину. Іншими словами, рішення про напрям використання однієї й тієї самої фізичної одиниці енергії змінює фінансовий результат у межах, що перевищують саму роздрібну ціну цієї одиниці. Це і є кількісним доказом того, що цільова функція системи керування не може бути технічним налаштуванням.

Позиція перша заслуговує на окремий коментар. Пряме заміщення випереджає продаж за очікуваною ціною в 1,82 рази за цінами 2025 року, а за цінами лютого–липня 2026 року, коли роздрібна ціна зросла до 13,16 грн/кВт·год, розрив збільшується до 2,27 рази. Причина системна і не залежить від кон'юнктури: заклад купує за роздрібною ціною, що включає тарифи на передачу і розподіл, надбавку постачальника та податок на додану вартість, а продає за оптовою ціною, з якої всі ці складові вилучено. Тому за жодного співвідношення ринкових цін продаж не може випередити заміщення, доки обидві сторони угоди перебувають у різних цінових площинах. Дохід від реалізації надлишку є похідним і залишковим результатом, а не метою статусу активного споживача, і це твердження має бути закладене в цільову функцію як обмеження, а не як побажання.

Позиція четверта показує ціну зберігання. Накопичувач не створює вартості сам по собі: він переносить енергію в часі, втрачаючи при цьому десяту частину. Пряме споживання завжди вигідніше за збереження тієї самої одиниці, і різниця дорівнює 1,06 грн/кВт·год. Звідси випливає коректне економічне формулювання задачі обґрунтування ємності: порівнювати слід не «зберегти чи спожити», а «зберегти чи втратити». Дохідна база накопичувача формується лише там, де генерація перевищує наявне навантаження і альтернативою є обмеження генерації з нульовим результатом. Для кейсу закладу це вихідні дні, коли середнє навантаження становить 24,3 кВт, літній період і години максимальної інсоляції.

2. Два поширені припущення, спростовані розрахунком

Побудована ієрархія суперечить практиці у двох місцях, і обидва випадки стосуються рішень, які зазвичай ухвалюються без перевірки.

Припущення перше: нічний арбітраж вигідний. Схема, за якої накопичувач заряджається вночі за низькою ціною і розряджається у вечірній пік за високою, належить до загальновідомих і закладається в типові алгоритми керування як самоочевидна. Для бюджетної установи вона не працює. Перевірку наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Результат заряду накопичувача з різних джерел (на 1 кВт·год відпуску)

Джерело заряду	Витрати, грн	Маржа за середнього індексу peak	Маржа за максимуму вечірніх годин
Сонячна електростанція	0,00	+5,81	+10,42
Когенерація під тепловим навантаженням корпусів	1,86–2,66	+3,15…+3,95	+7,76…+8,56
Когенерація без теплового навантаження	8,82	–3,01	+1,60
Мережа за роздрібним тарифом 2025 року	11,77	–5,96	–1,35
Мережа за роздрібним тарифом 2026 року	14,62	–8,81	–4,20

Джерело: розраховано автором за даними таблиці 1.

Заряд із мережі дає збиток за будь-якого сценарію реалізації. Навіть у найсприятливішому випадку, коли весь обсяг вдається продати в години максимуму, результат залишається від'ємним. Причина та сама асиметрія: бюджетна установа не має прямого доступу до ринку на добу наперед і купує нічну енергію за роздрібним тарифом, що включає всі регульовані складові. Арбітраж був би вигідним для суб'єкта, який купує за оптовою ціною, але статус активного споживача такого доступу не надає.

Наслідок для технічного завдання конкретний: заряд накопичувача з зовнішньої мережі має бути не просто депріоритезований, а заборонений алгоритмічно, з єдиним винятком, розглянутим далі. Якщо цього не зробити, система керування, налаштована на типовий сценарій арбітражу, генеруватиме збиток, який в обліку закладу проявиться як зростання відбору з мережі в нічні години і не матиме очевидного пояснення.

Єдиний випадок, коли заряд із мережі виправданий, лежить поза економічною площиною. Це навмисне накопичення резерву перед прогнозованою загрозою знеструмлення, коли цінністю є не маржа, а забезпечена тривалість автономної роботи. Такий захід має бути оформлений як рішення уповноваженої посадової особи з фіксацією обставини та очікуваної вартості, а не як автоматична функція алгоритму. Це розмежування є самостійним організаційним результатом: одна й та сама фізична дія в одному режимі є помилкою керування, а в іншому – обґрунтованим управлінським рішенням, і відрізняє їх не алгоритм, а наявність зафіксованої підстави.

Припущення друге: залік проти будь-якого об'єкта закладу рівноцінний. Ідея спрямувати надлишок власної генерації на зменшення рахунків інших об'єктів того самого закладу виглядає нейтральною: кошти в будь-якому разі економляться в межах одного кошторису. Розрахунок показує, що напрями заліку різняться у 2,45 рази.

Залік проти навчальних корпусів за іншими адресами дає 10,59 грн/кВт·год, тобто перебуває на вершині ієрархії нарівні з прямим заміщенням і випереджає продаж за очікуваною ціною в 1,82 рази. Додатковою перевагою є те, що цей напрям не потребує потрапляння у вузьке цінове вікно і не залежить від кон'юнктури ринку, тобто знімає ціновий ризик.

Залік проти гуртожитків дає 4,32 грн/кВт·год і є найгіршим із напрямів, що мають додатну цінність. Причина в тому, що гуртожитки постачаються за істотно нижчим тарифом. Спрямування дорогої власної генерації на заміщення дешевої купованої енергії замість дорогої є типовою управлінською помилкою, і кейс закладу дає для неї кількісне підтвердження. Та сама тарифна асиметрія, яка раніше обґрунтувала розміщення когенераційної установки на корпусах, а не на гуртожитках, проявляється тут удруге, вже на рівні розподілу виробленої енергії.

Практичний наслідок стосується договірного оформлення. Механізм міжоб'єктного заліку слід укладати з прив'язкою до конкретних точок обліку, включивши навчальні корпуси за іншими адресами і виключивши гуртожитки. Договір, укладений «на заклад у цілому» без такої прив'язки, з високою ймовірністю спрямує генерацію туди, де вона дає найменший результат, бо гуртожитки мають більший обсяг споживання.

3. Сезонна інверсія цільової функції

Попередні розділи розглядали електроенергію як єдиний продукт. Для когенераційної установки це припущення некоректне: одна й та сама кількість газу одночасно виробляє два продукти, кожен з яких має власну ціну. Віднесення всієї вартості палива на електроенергію, поширене в галузевих розрахунках, систематично завищує її собівартість і спотворює порівняння з купованою енергією.

Коректною процедурою є метод кредиту на супутній продукт: із повної вартості палива віднімається вартість заміщеної теплової енергії, а залишок відноситься на електроенергію. За співвідношення теплової та електричної потужності установки 1,15–1,30 і ціни теплової енергії корпусів 4,825 грн/кВт·год кредит становить 5,55–6,27 грн на кожну вироблену кіловат-годину електроенергії. Чиста собівартість електроенергії знижується з 7,94 до 1,67–2,39 грн/кВт·год, тобто в три з половиною рази.

Звідси випливає результат, що змінює логіку управління установкою. Паливна собівартість однієї гігакалорії у власному джерелі за коефіцієнта корисної дії 90 % становить 2 319 грн, тоді як куповане тепло для корпусів коштує 5 612 грн, тобто в 2,42 рази дорожче. Заміщення купованого тепла є самостійно вигідним навіть без урахування електроенергії, і в опалювальний період саме теплова складова окупає паливо, а електрична стає майже безкоштовним супутнім продуктом.

Слід перевірити, чи не обмежує теплове навантаження роботу установки на максимумі. Теплова потужність установки становить 402–455 кВт, тоді як фактичний попит корпусів у місяцях до її введення в дію був істотно вищим: у січні 2025 року середня теплова потужність становила 1 994 кВт, у лютому 982 кВт, у березні 935 кВт, у листопаді 2024 року 655 кВт.

Установка здатна покрити від 20 до 70 % попиту залежно від місяця, отже обмеження з боку споживання тепла в опалювальний період відсутнє і вся вироблена теплова енергія гарантовано знаходить споживача.

Зіставлення режимів двох періодів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Сезонна інверсія оптимального режиму мікромережі

Ознака	Опалювальний період	Міжопалювальний період
Чинник, що задає режим	теплове навантаження корпусів	електричне навантаження і сонячна генерація
Оптимальний режим когенерації	максимальна потужність цілодобово	мінімальний, лише під гаряче водопостачання
Роль електроенергії	супутній продукт	основний продукт
Чиста собівартість електроенергії	1,67–2,39 грн/кВт·год	6,00–6,22 грн/кВт·год
Роль накопичувача	приймання надлишку і перенесення в пік	приймання сонячного надлишку
Обсяг відпуску в мережу	максимальний	обмежений
Обмежувальний чинник	стеля відпуску та ємність накопичувача	тепловий стік гарячого водопостачання

Джерело: складено автором.

Кількісну перевірку виконано на січні за робочої потужності 350 кВт. Установка виробляє 260 400 кВт·год електроенергії, з яких власне споживання корпусів становить 65 612 кВт·год, а надлишок – 194 788 кВт·год, тобто 262 кВт середньої потужності відпуску, що приблизно вдвічі менше за стелю 567 кВт. Витрати на газ становлять 2 056 тис. грн. Заміщена власна електроенергія дає 697 тис. грн, відпуск надлишку за консервативною оцінкою за базовим індексом – 1 091 тис. грн, заміщене тепло – 1 445–1 634 тис. грн. Чистий результат за місяць становить 1 177 тис. грн.

Методичний висновок формулюється так. Усталена практика управління когенерацією в закладах освіти виходить із покриття власного електричного навантаження, і цей критерій закладається в алгоритм як постійний. Розрахунок доводить, що в опалювальний період цільова функція має бути іншою: система керування максимізує теплову генерацію, а надлишок електроенергії підлягає відпуску в мережу навіть за ціною, нижчою за роздрібну, оскільки паливо вже окуплене тепловою складовою. У міжопалювальний період діє протилежна логіка. Отже, цільова функція не є постійною величиною: вона змінюється двічі на рік, і це має бути прямо закладене в технічне завдання на систему керування, а не залишене на розсуд налаштувальника.

Окремим наслідком є зняття обмеження знизу. Когенераційна установка не може стабільно працювати нижче приблизно 175 кВт, тобто половини номіналу, тоді як середнє навантаження вихідного дня становить 24,3 кВт, і розрив сягає 7,2 рази. За відсутності споживача надлишку єдиним рішенням є повна зупинка. Накопичувач знімає це обмеження: надлишок понад поточне навантаження спрямовується на заряд, і установка працює у власній оптимальній точці незалежно від графіка. Для покриття вихідного дня з потребою 583 кВт·год достатньо 3,7 години напрацювання замість цілодобової роботи і близько 0,58 МВт·год корисної ємності, тобто 14 % від проєктної. Річний ефект від ліквідації відбору з мережі у вихідні дні становить 285 тис. грн: 645 тис. грн уникненої купівлі за мінусом 533 тис. грн додаткового газу і плюс 173 тис. грн кредиту на супутнє тепло.

4. Формалізація: правила диспетчеризації для технічного завдання

Chechel, M. (2026). The value hierarchy of own generation as the basis for dispatching a higher education institution microgrid. Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 3(37), 441-453. https://doi.org/10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

Ієрархія цінності сама по собі є аналітичним результатом. Щоб вона стала управлінським інструментом, її слід перетворити на скінченний набір правил, придатних для внесення до технічного завдання на систему керування і для перевірки виконання. Запропонований набір наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Правила диспетчеризації мікромережі закладу вищої освіти

№	Правило	Підстава
1	Пряме заміщення споживання об'єктів мікромережі має безумовний пріоритет	10,59 грн/кВт·год, найвища цінність
2	Залік проти навчальних корпусів поза мікромережею – другий пріоритет за наявності договірного механізму	10,59 грн/кВт·год без цінового ризику
3	Заряд накопичувача здійснюється від сонячної генерації в години надлишку	нульова маржинальна вартість джерела
4	Резерв автономності утримується на вихідні та нічні години	безпекова цінність, грошового еквівалента не має
5	Відпуск надлишку в мережу – залишковий пріоритет, лише для обсягу, який неможливо спожити або зберегти	5,81 грн/кВт·год, нижче за заміщення в 1,82 рази
6	Залік проти гуртожитків застосовується лише після вичерпання правил 1–5	4,32 грн/кВт·год, найнижча додатна цінність
7	Заряд накопичувача з зовнішньої мережі заборонений алгоритмічно	збиток 5,96 грн/кВт·год
8	Виняток із правила 7 допускається лише за письмовим рішенням уповноваженої особи перед прогнозованою загрозою знеструмлення	безпекова, а не економічна підстава
9	У листопаді–березні цільова функція максимізує теплову генерацію	теплова складова окупає паливо самостійно
10	У квітні–жовтні когенерація працює лише під тепловим навантаженням гарячого водопостачання	відсутність теплового стоку знижує ефективність утричі

Джерело: складено автором.

Правила 1–6 задають порядок розподілу наявного обсягу генерації, правила 7 і 8 обмежують джерела заряду, правила 9 і 10 задають сезонну зміну цільової функції. Порядок правил 3 і 4 не є жорстким: сонячна генерація має нульову маржинальну вартість, але обмежена в часі та обсязі, тоді як когенераційна генерація керована. Практичний оптимум полягає в тому, щоб спершу заповнити накопичувач сонячною генерацією, а дефіцит до цільового обсягу добрати від когенераційної установки, яка вже працює під тепловим навантаженням.

Наведений набір має дві властивості, істотні для управлінського застосування. По-перше, кожне правило спирається на обчислену величину, а не на загальне міркування, отже, його можна перевірити за даними обліку і переглянути при зміні тарифів. По-друге, правила 4 і 8 явно виводять безпекову складову за межі економічного критерію, замість приписувати їй умовну грошову ціну. Це відповідає природі показника: забезпечена тривалість автономної роботи є вимірною величиною і піддається перевірці за фактом знеструмлення, але ринкового еквівалента не має.

Слід зазначити межі перенесення результату. Числові значення ієрархії є специфічними для тарифної структури конкретного закладу і підлягають перерахунку для кожного об'єкта. Перенесенню підлягає не таблиця, а процедура: визначення переліку напрямів, оцінювання кожного за альтернативною вартістю, перевірка знаку маржі для напрямів, що передбачають купівлю, і формалізація отриманого впорядкування у вигляді правил. Стійкими за межами кейсу є три якісні положення: заміщення випереджає продаж за структурної причини, а не

кон'юнктурної; залік проти об'єктів з нижчим тарифом гірший за продаж; в опалювальний період режим когенерації задається тепловим навантаженням.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано, що цільова функція системи енергетичного менеджменту закладу вищої освіти є економічною конструкцією, а не технічним налаштуванням. Побудована за фактичними даними ієрархія з восьми напрямів використання однієї кіловат-години власної генерації дає розрив 16,55 грн/кВт·год між найкращим і найгіршим напрямом, тобто рішення про напрям змінює фінансовий результат у межах, що перевищують саму роздрібну ціну одиниці енергії.

2. Установлено, що пряме заміщення власного споживання випереджає відпуск у мережу в 1,82 рази за цінами 2025 року і в 2,27 рази за цінами лютого–липня 2026 року. Перевага має структурну, а не кон'юнктурну природу: заклад купує за роздрібною ціною з усіма регульованими складовими, а продає за оптовою. Отже, дохід від реалізації надлишку є похідним і залишковим результатом статусу активного споживача, а не його метою.

3. Спростовано припущення про вигідність нічного арбітражу для бюджетної установи. Заряд накопичувача з зовнішньої мережі дає збиток 5,96 грн/кВт·год за очікуваної ціни реалізації і залишається збитковим навіть за максимальних цін вечірніх годин. Причина в тому, що статус активного споживача не надає прямого доступу до оптового ринку. Заряд із мережі має бути заборонений алгоритмічно, з єдиним винятком у вигляді накопичення резерву перед прогнозованою загрозою знеструмлення, оформленим як рішення посадової особи, а не як функція алгоритму.

4. Спростовано припущення про рівноцінність заліку проти будь-якого об'єкта закладу. Напрями заліку різняться у 2,45 рази через різні тарифи груп об'єктів, і залік проти гуртожитків є найгіршим із напрямів з додатною цінністю. Договір про міжоб'єктний залік слід укладати з прив'язкою до конкретних точок обліку.

5. Обґрунтовано сезонну інверсію цільової функції. Застосування методу кредиту на супутній продукт знижує чисту собівартість електроенергії когенерації з 7,94 до 1,67–2,39 грн/кВт·год, а паливна собівартість власного тепла виявляється в 2,42 рази нижчою за ціну купованого. Тому в опалювальний період режим установки має задаватися тепловим, а не електричним навантаженням, а надлишок електроенергії підлягає відпуску в мережу навіть за ціною, нижчою за роздрібну.

6. Показано, що система накопичення знімає обмеження когенераційної установки знизу. За розриву між мінімальним стабільним навантаженням установки та фактичним навантаженням вихідного дня у 7,2 рази покриття вихідного дня потребує 3,7 години напрацювання і 14 % проєктної ємності накопичувача, а річний ефект від ліквідації відбору з мережі у вихідні становить 285 тис. грн.

7. Запропоновано набір з десяти правил диспетчеризації, придатний для внесення до технічного завдання. Кожне правило спирається на обчислену величину і підлягає перегляду при зміні тарифів, а безпекова складова виведена за межі економічного критерію замість приписування їй умовної грошової ціни.

Отримані результати розвивають методичні засади управління інноваційно-інвестиційним забезпеченням енергомодернізації інфраструктурних об’єктів закладів вищої освіти в частині обґрунтування управлінських рішень щодо використання результатів реалізованих енергомодернізаційних проєктів.

Напрямом подальших досліджень є перевірка стійкості отриманого впорядкування за різних тарифних структур закладів і формалізація процедури перерахунку ієрархії при зміні цінових умов.

Chechel, M. (2026). The value hierarchy of own generation as the basis for dispatching a higher education institution microgrid. Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 3(37), 441-453. https://doi.org/10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Quispe E. C., Viveros Mira M., Chamorro Díaz M., Castrillón Mendoza R., Vidal Medina J. R. *Energy Management Systems in Higher Education Institutions' Buildings. Energies*. 2025. Vol. 18, iss. 7. Art. 1810. DOI: https://doi.org/10.3390/en18071810

2. Araújo da Silva L., de Aguiar Dutra A. R., de Andrade Guerra J. B. S. O. Decarbonization in Higher Education Institutions as a Way to Achieve a Green Campus: A Literature Review. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, iss. 5. Art. 4043. DOI: https://doi.org/10.3390/su15054043

3. Gui X., Gou Z., Lu Y. Reducing university energy use beyond energy retrofitting: The academic calendar impacts. Energy and Buildings. 2021. Vol. 231. Art. 110647. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110647

4. Boharb A., Allouhi A., El-houari H., El Markhi H., Jamil A., Kousksou T. Energy audit method applied to tertiary buildings: Case study of a University campus. *AIMS Energy*. 2022. Vol. 10, iss. 3. P. 506–532. DOI: https://doi.org/10.3934/energy.2022025

5. Franco A., Crisostomi E., Leccese F., Mugnani A., Suin S. Energy Savings in University Buildings: The Potential Role of Smart Monitoring and IoT Technologies. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, iss. 1. Art. 111. DOI: https://doi.org/10.3390/su17010111

6. Araújo I., Nunes L. J. R., Patiño Vilas D., Curado A. Integrating Renewable Energy Produced by a Library Building on a University Campus in a Scenario of Collective Self-Consumption. *Energies*. 2024. Vol. 17, iss. 14. Art. 3405. DOI: https://doi.org/10.3390/en17143405

7. Sotnyk I., Sotnyk M., Olondar A., Pidoprygora N., Maslii M. Managing the Energy-Efficient Development of the University: Restraints and Ways to Overcome Them. *Mechanism of an Economic Regulation*. 2020. № 3 (89). С. 68–86. DOI: https://doi.org/10.21272/mer.2020.89.06

8. Сокровольська Н. Я., Корбутяк А. Г., Карча В. Я. Особливості фінансування вищої освіти в умовах війни. *Економіка та суспільство*. 2025. № 80. С. 123–131. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-14

9. Нечаєва І. А., Коляда К. Г., Пуліна Т. В. Методика оцінки інвестиційної привабливості ІТ-компанії за допомогою показників аналізу акцій та інтегрального показника інвестиційної привабливості. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 19. С. 41–45. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2018.19.41

10. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. Законодавство України : вебсайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19 (дата звернення: 23.06.2026).

11. Про затвердження Змін до Правил роздрібного ринку електричної енергії : постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 29.12.2023 № 2651. Законодавство України : вебсайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua (дата звернення: 23.06.2026).

REFERENCES

Araújo, I., Nunes, L. J. R., Patiño Vilas, D., & Curado, A. (2024). Integrating Renewable Energy Produced by a Library Building on a University Campus in a Scenario of Collective Self-Consumption. *Energies*, 17(14), 3405. https://doi.org/10.3390/en17143405

Araújo da Silva, L., de Aguiar Dutra, A. R., & de Andrade Guerra, J. B. S. O. (2023). Decarbonization in Higher Education Institutions as a Way to Achieve a Green Campus: A Literature Review. *Sustainability*, 15(5), 4043. https://doi.org/10.3390/su15054043

Boharb, A., Allouhi, A., El-houari, H., El Markhi, H., Jamil, A., & Kousksou, T. (2022). Energy audit method applied to tertiary buildings: Case study of a University campus. *AIMS Energy*, 10(3), 506–532. https://doi.org/10.3934/energy.2022025

Franco, A., Crisostomi, E., Leccese, F., Mugnani, A., & Suin, S. (2025). Energy Savings in University Buildings: The Potential Role of Smart Monitoring and IoT Technologies. *Sustainability*, 17(1), 111. https://doi.org/10.3390/su17010111

Gui, X., Gou, Z., & Lu, Y. (2021). Reducing university energy use beyond energy retrofitting: The academic calendar impacts. *Energy and Buildings*, 231, 110647. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110647

Nechaieva, I. A., Koliada, K. H., & Pulina, T. V. (2018). Metodyka otsinky investytsiinoi pryvablyvosti IT-kompanii za dopomohoiu pokaznykiv analizu aktsii ta intehralnoho pokaznyka investytsiinoi pryvablyvosti [Methodology for assessing the investment attractiveness of an IT company using stock analysis indicators and an integral investment attractiveness indicator]. Investytsii: praktyka ta dosvid, 19, 41–45. [in Ukrainian]. https://doi.org/10.32702/2306-6814.2018.19.41

Postanova NKREKP No. 2651. (2023). *Pro zatverdzhennia Zmin do Pravyl rozdribnoho rynku elektrychnoi enerhii* [On approval of amendments to the retail electricity market rules]. https://zakon.rada.gov.ua [in Ukrainian].

Quispe, E. C., Viveros Mira, M., Chamorro Díaz, M., Castrillón Mendoza, R., & Vidal Medina, J. R. (2025). Energy Management Systems in Higher Education Institutions' Buildings. *Energies*, 18(7), 1810. https://doi.org/10.3390/en18071810

Sokrovolska, N. Ya., Korbutiak, A. H., & Karcha, V. Ya. (2025). Osoblyvosti finansuvannia vyshchoi osvity v umovakh viiny [Features of higher education financing in wartime]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 80, 123–131. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-14 [in Ukrainian].

Sotnyk, I., Sotnyk, M., Olondar, A., Pidoprygora, N., & Maslii, M. (2020). Managing the Energy-Efficient Development of the University: Restraints and Ways to Overcome Them. *Mechanism of an Economic Regulation*, 3(89), 68–86. https://doi.org/10.21272/mer.2020.89.06

Zakon Ukrainy No. 2019-VIII. (2017). *Pro rynok elektrychnoi enerhii* [On the electricity market]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19 [in Ukrainian].

THE VALUE HIERARCHY OF OWN GENERATION AS THE BASIS FOR DISPATCHING A HIGHER EDUCATION INSTITUTION MICROGRID

Mykola Chechel
Zaporizhzhia Polytechnic National University
Zaporizhzhia, Ukraine

The appearance of own generation at a budgetary institution creates a class of managerial decisions that did not previously exist: a kilowatt hour produced on site can be used in at least eight different ways, each with its own economic value. In practice this decision is taken by the designer or the equipment supplier, and the objective function of the energy management system is set by a technical criterion, most often the minimization of withdrawal from the external grid, which tacitly assumes that all kilowatt hours are equivalent. The purpose of the article is to substantiate the objective function of the energy management system of a higher education institution as a matter of managerial rather than technical decision. The methodology combines valuation of each direction of use at its opportunity cost, the heat credit method for cogeneration, and analysis of operating regimes against actual metering data of Zaporizhzhia Polytechnic National University. A hierarchy of eight directions of use of one kilowatt hour of own generation is constructed, ranging from 10.59 UAH for direct substitution of consumption in academic buildings down to minus 5.96 UAH for charging the storage system from the grid, a spread of 16.55 UAH per kilowatt hour, which exceeds the retail price of the unit itself. It is established that direct substitution outperforms export to the grid by a factor of 1.82 at 2025 prices and 2.27 at the prices of February to July 2026, and that this advantage is structural rather than cyclical, since the institution buys at a retail price containing all regulated components

Chechel, M. (2026). The value hierarchy of own generation as the basis for dispatching a higher education institution microgrid. Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 3(37), 441-453. https://doi.org/10.26661/2522-1566/2026-3/37-31

and sells at a wholesale price. Two assumptions common in practice are refuted. Night arbitrage is loss making for a budgetary institution because the active consumer status grants no direct access to the day ahead market. Offsetting against different facilities of the same institution is not equivalent: the directions differ by a factor of 2.45 because dormitories are supplied at a substantially lower tariff, so offsetting against them is the worst of the directions with positive value. A seasonal inversion of the objective function is substantiated: application of the heat credit method reduces the net cost of cogenerated electricity from 7.94 to 1.67 through 2.39 UAH per kilowatt hour, while the fuel cost of own heat is 2.42 times lower than the price of purchased heat, so that during the heating season the regime must be set by thermal rather than electrical load. A set of ten dispatching rules is proposed for inclusion in the technical specification, in which each rule rests on a computed value and the resilience component is kept outside the economic criterion rather than assigned a notional monetary price. The practical significance lies in the applicability of the hierarchy to the formalization of the dispatching algorithm.

Keywords: innovation and investment support, energy modernization, higher education institution, microgrid, dispatching, tariff asymmetry.