

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

МАКСИМЕНКО ВІКТОРІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 621.311.16

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПРОФІЛЬНОЇ
ЛІКАРНІ ТОВ «ВІТАЦЕНТР»

Спеціальності: 8.05070108 – Енергетичний менеджмент

Автореферат магістерської роботи

Запоріжжя – 2016

Дипломна робота виконана на кафедрі «Ефективності енергозабезпечення»

Науковий керівник к.е.н. доц. Братковська Катерина Олександрівна

Рецензент _____

Захист відбудеться

«__»_____20__р.

Дипломну роботу надано до захисту

«__»_____20__р.

Завідувач кафедри _____

Декан факультету _____

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. За умов значного підвищення тарифів на енергоносії загальнодержавного значення набули питання раціонального використання енергетичних ресурсів. Для України це стратегічна проблема, адже постачання енергоносіїв ззовні сягає 70–80 %. Тоді як енергоресурсів у розрахунку на 1 м² загальної площі будинку витрачається в 1,5–3 рази більше порівняно із США чи Швецією, втрати енергоносіїв для будівель продовжують зростати.

Загальний резерв енергозбереження в Україні оцінюється в 32,8 млн. т.у.п., тому інвестування у енергозбереження визнано у 2–3 рази ефективнішим від фінансування розвитку енергетичного комплексу, а орієнтація на скорочення паливно-енергетичних витрат у будівництві є виправданою й перспективною.

Міжнародна співпраця сприяє розвитку енергозбереження в Україні. Досвід з енергозбереження країн Західної Європи й Америки стає здобутком українських спеціалістів, але він не враховує повною мірою українські сучасні економічні і енергетичні реалії: наслідки господарювання у попередні роки; особливості наявної забудови; темпи розвитку ринку матеріалів й технологій; стан нормативної бази. Необхідно проведення ґрунтовних досліджень та розроблення власних шляхів реконструкції або реновації існуючих будівель.

На регіональному і муніципальному рівнях найбільшими бюджетними споживачами теплової енергії є заклади охорони здоров'я, де потенціал енергозбереження є чи не одним з найбільших. У системах опалення закладів охорони здоров'я технічний потенціал енергозбереження становить 80 %.

Щороку на оплату послуг теплопостачання для закладів охорони здоров'я зростають витрати. Реальне споживання теплової енергії на 1 м² площі становить 114 кВт·год/ м² в той час як реально досяжним значенням серед закладів охорони здоров'я є енергоспоживання 26 кВт·год/м². Зростання тарифів на природний газ призведе до підвищення витрат на опалення при використанні природного газу у 3,4 рази.

На основі бюджетної програми «Термомодернізація будівель департаменту охорони здоров'я Запорізької міської ради на 2015 – 2025 роки», яка розроблена з метою впровадження комплексу заходів для реалізації потенціалу енергозбереження в закладах бюджетної сфери, запропоновані заходи для зниження потреб в енергоресурсах на опалення та електропостачання у закладах охорони здоров'я міста Запоріжжя. В той час як заклади приватної власності розробляють програми енергозбереження за власними пріоритетами. Тому актуальним є формування програми енергозбереження, яка при існуючих обмеженнях щодо фінансування здатна забезпечити найкращі показники зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів та витрат на їх оплату для підприємств.

Мета дипломної роботи – вибір оптимальної програми енергозбереження для зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів для багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр».

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз стану енергоспоживання та енергозберігаючих заходів для підвищення енергоефективності закладів охорони здоров'я;
- математична постановка задачі оптимізації для формування програми енергозбереження з найкращими показниками ефективності у вигляді цільової функції та обмежень, та її розв'язок;
- складання програми енергозбереження для багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр»;
- визначення економічної доцільності запропонованої програми енергозбереження.

Об'єктом дослідження є енергозберігаючі заходи для зниження показників споживання енергії закладом охорони здоров'я.

Предметом дослідження є методи формування програми енергозбереження для закладів охорони здоров'я.

Методи досліджень: спостереження, аналіз, синтез, моделювання, метод системного підходу.

Публікації. Основні результати магістерської роботи опубліковані в 2 друкованих працях, з них 1 стаття у збірнику «Матеріали ХХ науково - технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА» та 1 теза доповідей.

Структура і об'єм дипломної роботи:

Дипломна робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань.

Робота викладена на 102 сторінках комп'ютерного тексту, включає 35 таблиць, 3 ілюстрації, 35 джерел посилань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, визначено мету та завдання кваліфікаційної роботи магістра.

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

У першому розділі дана характеристика програми «Термомодернізація будівель департаменту охорони здоров'я Запорізької міської ради на 2015 – 2025 роки», проведено аналіз енергозберігаючих заходів у закладах охорони здоров'я. Запропоновано економіко-математичне моделювання програми енергозбереження для закладів охорони здоров'я.

Проаналізовано бюджетну програму «Термомодернізація будівель департаменту охорони здоров'я Запорізької міської ради на 2015 – 2025 роки»

(далі – Програма), яка розроблена з метою впровадження комплексу заходів для реалізації потенціалу енергозбереження в закладах бюджетної сфери, та проведено аналіз запропонованих заходів для зниження потреб в енергоресурсах на опалення та електропостачання у закладах хорони здоров'я міста Запоріжжя.

В рамках реалізації програми енергозбереження пропонується впровадити енергозберігаючі заходи щодо комплексної термомодернізації будівель, в тому числі для бюджетних закладів охорони здоров'я для яких за результатами енергоаудитів всі заходи групувались по пакетах. Перший пакет передбачає маловитратні заходи, в той час як другий пакет включає набагато більше заходів, в тому числі дорогі, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Енергозберігаючі заходи згідно Муніципального енергетичного плану міста Запоріжжя, згруповані за пакетами

Пакети енергозберігаючих заходів	
Пакет №1	Пакет №2
<ul style="list-style-type: none"> - часткова модернізація системи опалення (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку, балансування системи опалення, встановлення радіаторних рефлекторів); - заміна вікон; - часткова модернізація системи внутрішнього освітлення. 	<ul style="list-style-type: none"> - комплексна модернізація системи опалення (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку, балансування системи опалення, встановлення біметалічних радіаторів, термостатичних регуляторів та радіаторних рефлекторів); - модернізація фасаду; - модернізація дахового перекриття; - модернізація підвального перекриття; - заміна вікон; - часткова модернізація системи вентиляції; - часткова модернізація системи внутрішнього освітлення.
Питомі капіталовкладення на економію 1 кВт·год теплової енергії, грн/кВт·год	
0,0084	0,0087

Середні за пакетами значення питомих капітальних витрат на економію 1 кВт год теплової енергії свідчать, що ці показники майже не відрізняються. Тобто незалежно від того, які заходи включені в програму енергозбереження, ефективність цих пакетів майже однакова.

Запропоновано економіко-математичне моделювання програми енергозбереження, оскільки низькі показники ефективності виконання програми енергозбереження підприємств спричинені вибірковою реалізацією економічно привабливих проектів. Отже, актуальною є зміна сприйняття

програми енергозбереження як переліку окремих, не пов'язаних між собою енергозберігаючих проектів на розуміння її як «мегапроекту» – цільової інвестиційної програми, що містить безліч взаємозв'язаних кінцевих проектів, не розглядаючи конкретний зміст розроблених на підприємстві заходів у складі програми енергозбереження, зумовлений станом енергоспоживання та перспективами розвитку конкретного виробництва. Оскільки для забезпечення зниження енергоемності продукції підприємств доречним є відображення в їх програмі енергозбереження технологічно доступного замість економічно доцільного енергозберігаючого потенціалу, то при її формуванні слід визначати конкретні умови реалізації кожного заходу, виходячи з ресурсного забезпечення програми, дотримання яких максимально наблизить таку програму енергозбереження підприємства до рівня її економічної доцільності. Оцінка ефективності програми енергозбереження здійснюється за показником NPV.

Цільова функція даної задачі оптимізації – це максимальна чиста приведена вартість, тобто скільки коштів буде отримано внаслідок реалізації всіх проектів:

$$NPV = E \cdot \frac{1 - (1 + \alpha)^{-T}}{\alpha} - K \rightarrow \max, \quad (1)$$

де E – ефект від впровадження енергозберігаючих заходів, грн.;
 α – ставка дисконтування, %; T – життєвий цикл проекту, років;
 K – капітальні витрати, грн.

Отже постановка задачі оптимізації ПЕЗ у вигляді цільової функції та сукупності обмежень має вигляд системи

$$\left. \begin{array}{l} NPV_{ПЕЗ} = NPV_{\Sigma} \rightarrow \max \\ \sum X_i = 1 \end{array} \right\}, \quad (2)$$

де X_i – умовна змінна впровадження i -го альтернативного заходу.

ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПРОФІЛЬНОЇ ЛІКАРНІ ТОВ «ВІТАЦЕНТР»

У другому розділі описана характеристика будівель багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр» та запропоновані енергозберігаючі заходи згідно Муніципального енергетичного плану м.Запоріжжя та згідно власної програми енергозбереження.

Досліджуваний об'єкт є приватним закладом, тому керівництво безпосередньо зацікавлене в зниженні витрат на енергоресурси і розробило власну програму енергозбереження.

Опалення будівель реалізовано за допомогою водяної системи опалення з якісним регулюванням за графіком 85/70 ° С. Джерелом тепла є теплові мережі концерну «Міські теплові мережі», які працюють за графіком 130/70°.

Власна програма енергозбереження передбачає теплоізоляцію фасадів будівель за одним з трьох варіантів :

- волога теплоізоляція з базальтовою ватою;
- волога теплоізоляція з мінеральною ватою;
- утеплення фасадів з повітряним зазором огорожувальних конструкцій (система «Вентфасад»).

Техніко-економічні показники варіантів теплоізоляції будівель багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр» приведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняння економічної ефективності витрат на теплоізоляцію будівель багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр»

Варіанти реконструкції	Споживана теплова потужність, кВт	Спожите тепло протягом опалювального періоду, Гкал	Вартість фасадних ізоляційних конструкцій, тис. грн	Вартість теплової енергії, грн./Гкал	Вартість експлуатаційних витрат, тис.грн.	Економія в порівнянні з вихідним станом, тис.грн.	Термін окупності, років
Початковий стан	3322,1	3584,2	–	1579,2	5 660,2	–	
Варіант1	710,5	1202,1	4 672,2		1 898,4	3 761,8	1,24
Варіант2	707,5	1199,1	4 876,3		1 893,6	3 766,6	1,29
Варіант3	707,5	1199,1	9 021,4		1 893,6	3 766,6	2,4

Як джерело теплопостачання були проаналізовані 3 варіанти: встановлення газової котельної, котельні на твердому паливі та встановлення електричних котлів. Для встановлення газових та твердопаливних котлів передбачається будівництво котельної. Котли на твердому паливі з автоматичною подачею палива працюють на вугіллі, а при необхідності на пелетах та дровах. Один твердопаливний котел та по одному електричному котлу на будівлю є резервними. Для безперебійної роботи електричних котлів передбачається будівництво електропідстанції та розподільчих мереж.

Техніко-економічні показники за варіантами зміни джерела теплопостачання приведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вихідні дані та результати розрахунків витрат на опалення будівель поліклініки та хірургічного корпусу за допомогою газової котельні

Варіанти реконструкції	Вироблене протягом опалювального періоду, Гкал	Тип встановлених котлів	Кількість, шт, та теплова потужність встановлених котлів, кВт, хірургічний корпус/поліклініка	Капітальні витрати, тис. грн.	Собівартість теплової енергії, грн/Гкал	Економія в порівнянні з базовим варіантом, тис. грн.
Газова котельня	1321,53	VISSMAN Vitoplex 100 PV 1	2 x 310 1 x 620	6952	1032,7	2574,6
Котельня на твердому паливі	1321,53	КотЭко Geyzer 500	3 x 500	6997	586,1	2885,9
Електричні котли	1283,05	ТЕПЛОМАШ ЭКО1-510	2 x 500 2 x 300	6131	1319,2	1471

Інвестиції для заміни джерела теплопостачання за приведеними варіантами майже не відрізняються і складають 7 млн.грн. Проте найменша собівартість теплової енергії при встановленні твердопаливних котлів – 586 грн/Гкал.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОГРАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БАГАТОПРОФІЛЬНОЇ ЛІКАРНІ ТОВ «ВІТАЦЕНТР»

У третьому розділі представлено розрахунок задачі оптимізації для ТОВ «Вітацентр» та техніко-економічні показники оптимального рішення.

Враховуючи те, що Муніципальний план передбачає реалізацію одного або другого Пакету енергозберігаючих заходів, а сама лікарня лише заходи з

теплоізоляції будівель та заміни джерела тепlopостачання, запропоновано визначити склад оптимальної програми енергозбереження для підприємства.

Вихідні дані для розрахунку кращого плану фінансування проектів наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Вихідні дані для розрахунку чистих грошових потоків програми енергозбереження для багатoproфільної лікарні ТОВ «Вітацентр»

№	Енергозберігаючі заходи	Капітальні вкладення на впровадження заходів, тис.грн	Економія теплової енергії в порівнянні з базовим варіантом, Гкал
Базові заходи з енергозбереження			
1	Теплоізоляція 1	4672,17	1006,01
2	Теплоізоляція 2	4876,25	1011,97
3	Теплоізоляція 3	9021,4	1011,97
4	Газова котельня	6951,6	
5	Котельня на твердому паливі	6997,75	
6	Електричне опалення	6131,61	
Пакет енергозберігаючих заходів №1			
7	Часткова модернізація системи опалення	1092,62	321
8	Заміна вікон	2126,4	733,75
9	Часткова модернізація системи освітлення	153,9	154655*
Пакет енергозберігаючих заходів № 2			
10	Комплексна модернізація системи опалення	2975,88	557,33
11	Модернізація фасаду	4942,32	1706,87
12	Модернізація дахового перекриття	768,1	479,95
13	Модернізація підвального перекриття	226,58	284,68
14	Заміна вікон	2126,47	807,13
15	Часткова модернізація системи вентиляції	2459,47	851,63

* ΔW – економія електричної енергії в порівнянні з базовим варіантом, кВт·год.

При заміні джерел тепlopостачання ефект отримуємо внаслідок зниження собівартості теплової енергії:

$$E_{T.e.} = (C_{\text{баз}} - \sum C_{\text{нов}} \cdot X_i) \cdot Q_{\text{баз}}, \quad (3)$$

де $C_{\text{баз}}$ – базова собівартість теплової енергії; $C_{\text{нов}}$ – нова собівартість теплової енергії після впровадження енергозберігаючих заходів; X_i – умовна змінна впровадження i -го альтернативного заходу; $Q_{\text{баз}}$ – базове спожите тепло протягом опалювального періоду, Гкал.

При впровадженні заходів з енергозбереження - внаслідок зниження обсягів енергоспоживання:

$$E_{\text{ен.зб.}} = (Q_{\text{баз}} - \sum \Delta Q \cdot X_i) \cdot C_{\text{нов}}, \quad (4)$$

де ΔQ – економія теплової енергії при впровадженні енергозберігаючих заходів, Гкал.

Таким чином цільова функція представлена у вигляді формули сумарної чистої приведеної вартості програми енергозбереження багатопрофільної лікарні ТОВ « Вітацентр »:

$$NPV_{\Sigma} = ((C_{\text{баз}} - \sum C_{\text{нові}} \cdot X_i) \cdot (Q_{\text{баз}} - \sum \Delta Q_i \cdot X_i) + E_{e.e.} \cdot C_{e.e.}) \cdot \alpha_T - \sum K_i X_i - K_{\text{осв.}}, \quad (5)$$

де $E_{e.e.}$ – економія електричної енергії при впровадженні енергозберігаючих проектів, кВт·год; $C_{e.e.}$ – вартість електричної енергії, грн/кВт·год; $K_{\text{осв.}}$ – капітальні вкладення на впровадження заходу з часткової модернізації системи освітлення.

Обмеження вибрані щодо альтернативності заходів, тобто тих, які не можна реалізувати одночасно. В даному випадку альтернативними є деякі заходи в пакетах енергозберігаючих заходів, варіанти встановлення теплоізоляції на фасадах будівель та варіанти заміни джерела тепlopостачання.

Отже постановка задачі оптимізації ПЕЗ у вигляді цільової функції та сукупності обмежень має вигляд системи

$$\begin{cases} NPV_{\text{ПЕЗ}} = NPV_{\Sigma} = (E_{\text{т.е.}}(C_{\text{баз}} - C_{\text{нов}}) + E_{e.e.} \cdot C_{e.e.}) \cdot \alpha_T - \sum K_i - K_{\text{осв.}} = \sum NPV_i \cdot X_i \rightarrow \max; \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_{11} = 1; \\ X_4 + X_5 + X_6 = 1; \\ X_7 + X_{10} = 1; \\ X_8 + X_{14} = 1. \end{cases} \quad (6)$$

Оптимальну програму вибрано за допомогою надбудови «Розв'язувач» в середовищі Microsoft Excel, де програмою були перераховані всі можливі варіанти, 7 з яких наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 – Аналіз впровадження різних комбінацій енергозберігаючих заходів з підвищення енергоефективності

Програма енергозбереження	Номери заходів, що входять в програму енергозбереження	Сумарна чиста приведена вартість, грн
№1	1, 6, 7, 8, 9	520 599,2
№2	1, 4, 7, 8, 9	957 334,2
№3	1, 5, 7, 8, 9	1 637 072
№4	2, 4, 7, 8, 9	940 700,2
№5	2, 4, 7, 8, 9, 12	-11 666 962
№6	1, 5, 7, 8, 9, 15	-4 773 250
№7	1, 5, 7, 8, 9, 13	-506 345

Найбільший показник ефективності є у програми, яка включає заходи: волога теплоізоляція з базальтовою ватою, встановлення котельні на твердому паливі та заходи, запропоновані пакетом №1 Муніципального енергетичного плану.

Техніко-економічні показники оптимального варіанту програми енергозбереження наведені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Техніко-економічні показники оптимального варіанту програми енергозбереження для багатопрофільної лікарні ТОВ «Вітацентр»

Показник	Одиниці вимірювання	Величина
Капіталовкладення	тис.грн	15042,8
Економія енергетичних ресурсів у грошовому еквіваленті	тис.грн	6209,2
Термін окупності	роки	2,42
Чиста теперішня вартість при ставці дисконтування 12%	тис.грн.	16785,5

Чиста теперішня вартість, тобто сумарна сьогоденна вартість чистих грошових потоків програми енергозбереження за життєвий цикл тривалістю 10 років складає 16785,5 тис.грн. Тариф на теплову енергію знизився з 1579 до 590 грн/Гкал. Оптимальний варіант ПЕЗ забезпечить 6,2 млн.грн економії щорічно при капітальних вкладеннях 15 млн.грн. Термін окупності складає 2 роки 5 місяців.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено формування оптимальної програми енергозбереження для зниження споживання теплової енергії на опалення закладів охорони здоров'я. За результатами роботи можна зробити наступні висновки:

1. Заклади охорони здоров'я є одними з найбільших споживачів теплової енергії серед закладів бюджетної сфери м.Запоріжжя. Реальне споживання теплової енергії закладами охорони здоров'я на 1 м² площі становить 114 кВт·год/м² при реально досяжному значенні 26 кВт·год/м². Запропоновані Муніципальним енергетичним планом м.Запоріжжя заходи для бюджетних закладів згруповані за двома пакетами, ефективність яких суттєво не відрізняється за показником середніх капітальних вкладень на економію 1 кВт·год теплової енергії, а для приватних закладів програма енергозбереження містить лише заходи з теплоізоляції та заміни джерела тепlopостачання, що є передумовою оптимізації програм енергозбереження закладів охорони здоров'я.

2. В оптимізації приймає участь велика кількість варіантів альтернативних енергозберігаючих заходів та проектів заміни джерел тепlopостачання. Цільова функція даної задачі оптимізації – це максимальна чиста приведена вартість, в якій враховується ефект від впровадження енергоефективних заходів, ефект від зниження собівартості теплової енергії та обмеження щодо альтернативності проектів.

3. Склад оптимальної програми енергозбереження для ТОВ «Вітацентр» визначався серед енергозберігаючих заходів пакетів Муніципального енергетичного плану м.Запоріжжя та заходів власної програми енергозбереження. Оптимальне рішення включає часткову модернізацію системи опалення та освітлення, заміну вікон, варіант вологої теплоізоляції з базальтовою ватою, що має мінімальну вартість теплоізоляційних матеріалів, та заміну джерела тепlopостачання на три котли на твердому паливі потужністю 500 кВт кожний з мінімальною собівартістю теплової енергії.

4. Пошук оптимальної програми енергозбереження дозволяє знизити капітальні витрати та відмовитись від енергозберігаючих заходів з тривалим терміном окупності. При впровадженні програми енергозбереження собівартість теплової енергії знизилась з 1100грн/Гкал на 586 грн/Гкал, споживана протягом опалювального періоду тепла енергія з 3322 Гкал на 2060 Гкал. При цьому капітальні вкладення для впровадження проекту складають 14 млн.грн. Чиста теперішня вартість проекту 16785 тис.грн, а термін окупності складає 2,42 роки.