

Шифт науково-дослідної роботи

VogomazTE

Науково-дослідна робота на тему

ЕЛЕКТРОКОТЕЛЬНЯ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАВЧАЛЬНОГО
КОРПУСУ ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Вінниця 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	4
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОКОТЕЛЬНІ	6
2.1 Електрокотельня із звичайним обліком	6
2.2 Електрокотельня із використанням електроенергії у термін ночі та тепловою енергією у інший термін доби.....	9
2.3 Електрокотельня із використанням електроенергії у термін ночі і напівпіку за тризонним лічильником та тепловою енергією у інший термін доби	13
2.4 Електрокотельня із використанням електроенергії у термін ночі за тризонним лічильником та тепловою енергією у інший термін доби	18
2.5 Електрокотельня із використанням електроенергії у термін ночі за тризонним лічильником та баками-акумуляторами у інший період доби.....	22
2.6 Електрокотельня із використанням електроенергії у термін ночі та напівпіку за тризонним лічильником та баками-акумуляторами у інший період доби.....	26
ВИСНОВКИ	31
ЛІТЕРАТУРА	32
ДОДАТКИ.....	34

ВСТУП

В зв'язку із стрімким вичерпанням непоновлюваних енергоресурсів, недостатнім розвитком поновлюваних енерготехнологій [1], високою енергоємністю української промисловості та житлово-комульного сектору особливої актуальності набувають питання обґрунтованого вибору джерел енергії для теплопостачання будівель.

Використання електрокотлів в системах теплозабезпечення – хороша альтернатива іншим видам котлів, оскільки завжди є можливість їхнього застосування. Електрокотли можуть використовуватися як основне, так і додаткове джерело тепла для опалення житлових будинків, складських приміщень та виробничих цехів.

Існує думка, що електричні котли підходять тільки для опалення невеликих приміщень - однак ця думка помилкова. Також, твердження про те, що електричні котли програють в економії рідкопаливним, теж досить спірне.

Вважають, що [електрокотли](#) – це дороге задоволення. Адже вартість електроенергії з часом зростає. Проте витрати на обслуговування електрокотла практично дорівнюють витратам на газовий котел. Крім того, для газового котла ще додатково необхідно облаштовувати димохід в ізольованому приміщенні. Електрокотли мають низку переваг, які можуть компенсувати витрати на електроенергію. За зручністю експлуатації електричне опалення може конкурувати тільки з опалювальним устаткуванням на магістральному газі, виграючи при цьому за часом монтажу і сумою капітальних витрат на створення системи опалення [1].

Об'єктом дослідження є електрокотельня для опалення корпусу №1 Вінницького національного технічного університету.

Предметом дослідження є електрокотельня та вибір актуального варіанту споживання електроенергії

Задачею дослідження є розрахунок техніко-економічних показників.

Апробація результатів дисертації. Деякі положення роботи оприлюднено на науковій конференції. Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінниця, 2017 р [13].

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів (кожен з яких має внутрішній проблемний розподіл), висновків, списку використаних джерел. Обсяг основного змісту дисертації становить 30, а загальний - 35 сторінок. Листів креслень - 4. Використано джерел - 18, у тому числі - 1 власної роботи.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом для впровадження електрокотельні обрано навчальний корпус №1 Вінницького національного технічного університету.

Мета даної роботи – оцінювання ефективності теплопостачання навчального корпусу від електрокотельні з різними варіантами споживання та обліку електроенергії.

Для знаходження теплової енергії, яку потрібно спожити за рік на опалення корпусу №1 ВНТУ, використано довідкові дані споживаної теплової енергії за минулі роки споживання, які наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Споживання теплової енергії навчальним корпусом №1, Гкал

Рік/місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всього
2010	155,37	206,29	104,64	18,37	12,58	53,77	139,76	690,78
2011	120,08	155,24	120,02	41,38	6,16	84,16	82,1	659,14
2012	91,77	188,44	90,7	24,38	-	61,91	80,66	537,86
2013	89,19	126,85	78,38	32,85	-	12,04	50,52	390,03

Виходячи із табл. 2.1 для розрахунку електрокотельні візьмемо значення споживання теплової енергії за 2013 рік, яка складає 390 Гкал, та максимальну за лютий місяць, яка складає 125, 85 Гкал для розрахунку теплової схеми.

Для техніко-економічного розрахунку було предоставлено кошторис, у якому зазначена ціна у розмірі 237, 138 тис. грн.

Ціна електроенергії в Україні на 2017 рік складає 1,68 грн за 1 кВт·год.

В схемі електрокотельні встановлено 6 електричних котлів з комплектами автоматики, два циркуляційні насоси, теплолічильники, розширювальні баки, регулювальна та комутуюча арматура. Обладнання електрокотельні підключається паралельно до вводів теплоти від базової газової водогрійної котельні.

Для дослідження запропоновано 6 варіантів споживання і обліку електроенергії.

Базовим варіантом для порівняння є теплопостачання від газової водогрійної котельні за тарифом 1330, 33 грн/Гкал або 317,5 грн/ГДж [5].

Варіант №1 – використання електрокотельні цілодобово із звичайним однозонним обліком і ціною електроенергії 1,68 грн/(кВт·год).

Варіант №2 – використання електроенергії в нічний час із двозонним обліком і коефіцієнтом ціни 0,35, і використання теплоти від газової котельні в денний час.

Варіант №3 – використання електроенергії із тризонним обліком в нічний час з коефіцієнтом ціни 0,25 та в час напівпіку з коефіцієнтом 1,02, протягом 6 годин пікових навантажень пропонується використання теплоти від газової котельні.

Варіант №4 – використання електроенергії із тризонним обліком в нічний час з коефіцієнтом ціни 0,25, протягом 11 год напівпікових та 6 годин пікових навантажень пропонується використання теплоти від газової котельні.

Варіант №5 – використання електроенергії в нічний час із тризонним обліком і коефіцієнтом ціни 0,25, а в інший час теплопостачання відбувається від системи баків-акумуляторів, які заряджаються в нічний час. Впровадження такої схеми вимагає додаткових капіталовкладень в порівнянні з попередніми варіантами, відведення значної території для розміщення важких та габаритних акумуляторів теплоти і можливості приєднання значної електричної потужності.

Варіант №6 – використання електроенергії в нічний час та в час напівпіку із тризонним обліком і коефіцієнтом ціни 0,25 та 1,02, а в інший час – від системи баків-акумуляторів. Такий варіант дозволяє зменшити в 2,5 рази масу та габарити баків-акумуляторів та приєднану потужність котельні в порівнянні з варіантом №4.

При проведенні числових досліджень прийнято, що котельню обслуговує один працівник з мінімальним фондом заробітної плати, норма амортизації – 7,5%, електрична потужність циркуляційного насоса 3 кВт [2]

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОКОТЕЛЬНІ

2.1 Електрокотельня із звичайним обліком

Споживання теплової енергії за сезон складає 390 Гкал за сезон

Вартість електроенергії на 2017 рік складає 1,68 грн/кВт·год

Визначаємо вартість влаштування електрокотельні:

- капіталовкладення – $K = 237$ тис. грн.;
- заробітна плата – 3200 тис. грн.

Витрата електроенергії витраченої за сезон на котли

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q'_{\text{річ}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{390 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 453,9 \text{ (МВт·год)}.$$

Витрати електроенергії на котельні

$$C_{\text{еє}} = EE_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{еє}}, \quad (2.2)$$

де $\text{Ц}_{\text{еє}}$ – вартість електроенергії, яка в даній котельні становить 1,68 грн./кВт·год).

Витрата електроенергії на насоси за сезон

$$EE_{\text{річ}} = Ne_{\text{н}} \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де $Ne_{\text{н}}$ – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{\text{річ}} = 3 \cdot 24 \cdot 189 = 13,61 \text{ (МВт·год)}.$$

$$C_{\text{еє}} = (453,9 + 13,6) \cdot 10^3 \cdot 1,68 = 785441 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення на електрокотельню

$$K = K' + K' (0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 319950 \text{ (грн)}$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot H_a, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення;

H_a – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{ам}} = 319950 \cdot 0,075 = 23996 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 23996 \cdot 0,2 = 4799 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд зарплати

$$\Phi_3 = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де $З$ – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_3 = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{ее}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,06 \cdot (28627 + 785441 + 23996 + 4799) = 8429 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{ее}} + C_{\text{а}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28728 + 785441 + 23996 + 4799 + 8429 = 851293 \text{ (грн./рік)}.$$

Собівартість теплової енергії

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{851293}{390 \cdot 4,19} = 521 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Простий термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{319950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 521\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = -0,96 \text{ (років)}.$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що використання електричної котельні, яка працює цілодобово має собівартість теплової енергії буде більша, чим базовий варіант, який складає 317,5 грн/ГДж. Такий варіант не окупується.

2.2 Електрокотельня із використання електроенергії у термін ночі та тепловою енергією у інший термін доби

Споживання теплової енергії за сезон складає 390 Гкал, звідси 130 Гкал на опалення у термін ночі від електрокотельні та 260 Гкал від газової котельні, яка використовується у інший термін часу.

Відповідно з обліку двозонного лічильника ми знаємо, що у термін ночі він працює 8 годин із коефіцієнтом 0,35, в термін дня із коефіцієнтом 1,8, тому в цей час ми будемо користуватись тепловою енергією від газової котельні.

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період ночі

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}^{\text{к.н.}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{130 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 151,3 \text{ (МВт·год)}.$$

Витрата електроенергії на котельні

$$C_{\text{еел}} = EE_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{еел}}, \quad (2.2)$$

Витрата електроенергії на насоси за сезон

$$EE_{\text{річ}} = Ne_{\text{н}} \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де $Ne_{\text{н}}$ – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{\text{річ}} = 3 \cdot 8 \cdot 189 = 4,54 \text{ (МВт·год)}.$$

$$C_{\text{еел}} = (151,3 + 4,54) \cdot 10^3 \cdot 1,68 \cdot 0,35 = 90555 \text{ (грн/сезон)}.$$

Споживання теплоти від газової котельні

$$C_{\text{теел}} = EE_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{теел}}, \quad (2.12)$$

де $C_{\text{еe}}$ – вартість теплової енергії від газової котельні, яка на даний момент становить 1330,33 грн./кВт·год).

$$C_{2\text{еe}} = 260 \cdot 1330,33 = 345885,8 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення

$$K = K' + K' (0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 319950 \text{ (грн)}.$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot H_{\text{а}}, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення;

$H_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{ам}} = 319950 \cdot 0,075 = 23996 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 23996 \cdot 0,2 = 4799 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд зарплати

$$\Phi_3 = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де Φ_3 – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_3 = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (28627 + 345885,8 + 23996 + 90555 + 4799) = 4939 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{а}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28627 + 345886,8 + 23996 + 90555 + 4799 + 4939 = 498902 \text{ (грн/рік)}$$

Собівартість теплової енергії від електрокотельні

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$СВ_{\text{теплоти}} = \frac{498902}{390 \cdot 4,19} = 305,3 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Простий термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{319950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 305,3\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = 16 \text{ (років)}.$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що використання такого варіанту по собівартості вигідніше, чим використання газової котельні, але термін окупності такого варіанту складає 16 років, що теж є недоцільним

2.3 Електрокотельня із використання електроенергії у термін ночі і напівпіку за тризоним лічильником та тепловою енергією у інший термін доби

Споживання теплової енергії за сезон складає 390 Гкал за сезон, звідси 113,75 Гкал в період ночі, 178,75 Гкал в період напівпіку та 96,5 Гкал в період піку від газової котельні.

Відповідно з обліку трифазного лічильника ми знаємо, що у термін ночі він працює 7 годин із коефіцієнтом 0,25, в термін напівпіку із коефіцієнтом 1,02. В період піку із коефіцієнтом 1,8, тому тут ми використовуємо теплову енергію від газової котельні

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період ночі

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q'_{\text{річ}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{113,75 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 132,4 (\text{МВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період напівпіку

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q'_{\text{річ}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{178,75 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 208,05 (\text{МВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата електроенергії на котельні

$$C_{\text{lee}} = EE_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ee}}, \quad (2.2)$$

Витрата електроенергії на насоси за сезон

$$EE_{\text{річ}} = Ne_{\text{н}} \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де $Ne_{\text{н}}$ – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{\text{річ}} = 3 \cdot (7 \cdot 0,25 + 11 \cdot 1,02) \cdot 189 = 7,5 \text{ (МВт}\cdot\text{год)}.$$

$$C_{1\text{еє}} = (132,4 \cdot 0,25 + 208,05 \cdot 1,02 + 7,5) \cdot 10^3 \cdot 1,68 = 424465,6 \text{ (грн/сезон)}.$$

Витрата на теплову потужність від газової котельні

$$C_{2\text{еє}} = EE_{\text{річ}} \cdot Ц_{\text{г}}, \quad (2.12)$$

де $Ц_{\text{г}}$ – вартість теплової енергії, яка в даній котельні становить 1330,33 грн./(кВт·год).

$$C_{2\text{еє}} = 97,5 \cdot 1330,33 = 129707,2 \text{ (грн/сезон)}.$$

Загальна витрата на опалення навчального корпусу

$$C_{\text{еє}} = C_{1\text{еє}} + C_{2\text{еє}}, \quad (2.13)$$

$$C_{\text{еє}} = 424465,6 + 129707,2 = 554172,8 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення

$$K = K' + K' (0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 319950 \text{ (грн)}$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot H_a, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення;

H_a – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{ам}} = 319950 \cdot 0,075 = 23996 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 23996 \cdot 0,2 = 4799 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд зарплати

$$\Phi_3 = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де 3 – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_3 = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (28627 + 554172,8 + 23996 + 4799) = 6116 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_a + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28627 + 554172,8 + 23996 + 4799 + 6116 = 617711,5 \text{ (грн/рік)}$$

Собівартість теплової енергії від електрокотельні

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{617711,5}{390 \cdot 4,19} = 378 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Простий термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{319950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 378\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = -3,236 \text{ (років)}.$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що використання такого варіанту економічно не доцільно, тому що собівартість теплової енергії у такому варіанті складає 378 грн/ГДж, що є більшим числом у порівнянні із газовою котельнею. Терміну окупності у такого варіанту немає. Такий варіант не окуповується.

2.4 Електрокотельня із використання електроенергії у термін ночі за тризонним лічильником та тепловою енергією у інший термін доби

Споживання теплової енергії за сезон складає 390 Гкал за сезон, звідси 113,75 Гкал в період ночі для електрокотельні, а тепловою енергії використовуємо для опалення 178,75 Гкал в період напівпіку та 96,5 Гкал в період піку.

Відповідно з обліку трифазного лічильника видно, що у термін ночі він працює 7 годин із коефіцієнтом 0,25. В термін напівпіку із коефіцієнтом 1,02 період піку із коефіцієнтом 1,8, тому тут ми використовуємо тепло від газової котельні.

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період ночі

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}^{\text{к.п.}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{113,75 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 132,4 \text{ (МВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата електроенергії на котельні

$$C_{\text{еє}} 1 = E E_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{еє}}, \quad (2.2)$$

Витрата електроенергії на насоси за сезон

$$EE_{\text{річ}} = Ne_n \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де Ne_n – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{\text{річ}} = 3 \cdot 7 \cdot 189 = 3,97 \text{ (МВт}\cdot\text{год)}.$$

$$C_{1\text{еe}} = (3,97 + 132,4) \cdot 10^3 \cdot 1,68 \cdot 0,25 = 25021 \text{ (грн/сезон)}.$$

Витрата на теплову енергію від газової котельні

$$C_{2\text{еe}} = EE_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{еe}}, \quad (2.12)$$

де $\Pi_{\text{еe}}$ – вартість теплової енергії, яка в даній котельні становить 1330,33 грн./(кВт·год).

$$C_{2\text{еe}} = (97,5 + 178,75) \cdot 1330,33 = 367504 \text{ (грн/сезон)}.$$

Загальна вартість опалення навчального корпусу

$$C_{\text{еe}} = C_{1\text{еe}} + C_{2\text{еe}}, \quad (2.13)$$

$$C_{\text{еe}} = 25021 \cdot 367504 = 392525 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення

$$K = K' + K' (0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 319950 \text{ (грн)}$$

Витрати на амортизацію

$$C_{ам} = K \cdot H_a, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення;

H_a – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{ам} = 319950 \cdot 0,075 = 23996 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{пр} = 0,2 \cdot C_{ам}, \quad (2.6)$$

$$C_{пр} = 23996 \cdot 0,2 = 4799 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд зарплати

$$\Phi_3 = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де Z – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_3 = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (28627 + 392525 + 23996 + 4799) = 4500 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_a + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28627 + 392525 + 23996 + 4799 + 4500 = 454447 \text{ (грн./рік)}$$

Собівартість теплової енергії від електростанції

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{454447}{390 \cdot 4,19} = 278,1 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Простий термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{319950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 278,1\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = 4,97 \text{ (років)}.$$

Отже, цей варіант доцільно використовувати, оскільки його собівартість складає 278, 1, що виходить економічніше, ніж використання цілком газової котельні. Термін окупності складає 4,97 роки.

2.5 Електрокотельня із використання електроенергії у термін ночі за тризонним лічильником та баками-акумуляторами у інший період доби

Споживання теплової енергії за сезон складає 390 Гкал за сезон

У цьому варіанті ми користуємось електроенергією тільки у період ночі із коефіцієнту 0,25 для обігріву навчального корпусу та баків-акумуляторів, які будуть опалювати цей корпус у інший період доби.

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період ночі

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}^{\text{к.н.}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{390 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 453,92 \text{ (МВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата електроенергії на котельні

$$C_{1ee} = EE_{річ} \cdot \Pi_{ee}, \quad (2.2)$$

Витрата електроенергії на насоси за сезон

$$EE_{річ} = Ne_n \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де Ne_n – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{річ} = 3 \cdot (7 \cdot 0,25 + 11 \cdot 1,02 + 6 \cdot 1,8) \cdot 189 = 13,48 \text{ (МВт}\cdot\text{год)}.$$

$$C_{ee} = (13,48 + (453,92 \cdot 0,25)) \cdot 10^3 \cdot 1,68 = 213287,4 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення

$$K = K' + K' (0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 150000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 522450 \text{ (грн)}$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot H_{\text{а}}, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення;

$H_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{ам}} = 522450 \cdot 0,075 = 39184 (\text{грн./рік}).$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 39184 \cdot 0,2 = 7837 (\text{грн./рік}).$$

Фонд зарплати

$$\Phi_{\text{з}} = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де $З$ – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_{\text{з}} = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 (\text{грн./рік}).$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (28627 + 213287 + 39184 + 7837) = 2889 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_a + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28627 + 213287 + 39184 + 7837 + 2889 = 291824,4 \text{ (грн./рік)}$$

Собівартість теплової енергії від електрокотельні

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{291824,4}{390 \cdot 4,19} = 178,6 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Простий термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{319950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 178,6\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = 2,3$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що використання котельні у цьому варіанті було б доцільним, тому що собівартість тут набагато менша у порівнянні із газовою котельнею. Термін окупності складає 2, 3 роки. Але практично це неможливо, тому що потрібна велика потужність для акумулювання баків у період ночі. Також мінусом є те, що потрібні додаткові кошти на баки-акумулятори.

2.6 Електрокотельня із використання електроенергії у термін ночі і напівпіку за тризонним лічильником та баками-акумуляторами у інший період доби

У цьому варіанті ми користуємось електроенергією у період ночі із коефіцієнтом 0,25 та період напівпіку із коефіцієнтів 1,02 для обігріву навчального корпусу та баків-акумуляторів, які будуть опалювати цей корпус у інший період доби.

Відповідно з обліку трифазного лічильника видно, що у термін ночі він працює 7 годин із коефіцієнтом 0,25. В термін напівпіку із коефіцієнтом 1,02.

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період ночі

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}^{\text{к.н.}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{(113,75 + (97,5 / 2)) \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 189,1 (\text{МВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата електроенергії, витраченої за сезон на електрокотельню в період напівпіку

$$Q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}^{\text{к.нп.}} \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = \frac{(178,75 + (97,5 / 2)) \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 264,79 \text{ (МВт·год)}.$$

Витрати електроенергії на котельні за сезон

$$C_{\text{ісе}} = EE_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{се}}, \quad (2.2)$$

Потужність електроенергії на насоси за сезон

$$Q''_{\text{річ}} = Ne_{\text{н}} \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де $Ne_{\text{н}}$ – потужність насоса, яка складає 3 кВт

$$EE_{\text{річ}} = 3 \cdot (7 \cdot 0,25 + 11 \cdot 1,02 + 6 \cdot 1,8) \cdot 189 = 13,48 \text{ (МВт·год)}.$$

$$C_{\text{се}} = (13,48 + (189,1 \cdot 0,25 + 264,79 \cdot 1,02)) \cdot 10^3 \cdot 1,68 = 555813 \text{ (грн/сезон)}.$$

Оскільки постійного підживлення немає, вважатимемо, що витрати на воду дорівнюють нулю.

Капіталовкладення

$$K = K' + K'(0,25 + 0,1), \quad (2.4)$$

де 0,25 та 0,1 відрахування на страхування та монтаж

$$K = 237000 + 60000 + 237000 \cdot (0,25 + 0,1) = 400950 \text{ (грн)}$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot H_{\text{а}}, \quad (2.5)$$

де K – капітальні вкладення за кошторисом;

$H_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{ам}} = 400950 \cdot 0,075 = 30071 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 30071 \cdot 0,2 = 6014 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд зарплати

$$\Phi_3 = \frac{3 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot a \cdot 3}{30}, \quad (2.7)$$

де $З$ – заробітня плата робітнику в місяць

a – податок на доходи фізичних осіб

$$\Phi_3 = \frac{3200 \cdot 189}{30} + \frac{189 \cdot 0,42 \cdot 3200}{30} = 28627 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (\Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,01 \cdot (28627 + 555913 + 30071 + 6014) = 6205 \text{ (грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = \Phi_3 + C_{\text{еє}} + C_a + C_{\text{пр}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.9)$$

$$C_{\text{річ}} = 28627 + 555913 + 30071 + 6013 + 6205 = 626731 \text{ (грн./рік)}$$

Собівартість теплової енергії від електростанції

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.10)$$

$$СВ_{\text{теплоти}} = \frac{626731}{390 \cdot 4,19} = 383,5 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Основний термін окупності електрокотельні складає

$$T = \frac{K}{E_{\text{еф}} - C_{\text{річ}}}, \quad (2.11)$$

$$T = \frac{400950}{\left(\frac{1330,33}{4,19} - 383,5\right) \cdot 390 \cdot 4,19} = -3,716$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що використання котельні у цьому варіанті було б доцільним, у тому випадку, коли б ми застосовували варіювання кількістю годин роботи котельні в період нічних та напівпікових навантажень.

ВИСНОВКИ

В результаті виконня роботи було порівнянно різні варіанти джерел теплопостачання корпусу №1 ВНТУ та визначено, що для його опалення краще всього буде використання електрокотельні із зонним лічильником та баками-акумуляторами та можливе його комбінування із газовою котельнею. Була проведена характеристика об'єкту дослідженн.

Проведено техніко-економічний розрахунок шести запропонованих варіантів споживання електроенергії. Економічно найвигіднішим буде варіант №4, у якому собівартість складає 278,1 грн / ГДж, що є меншим від базового варіанту, який складає 317,5 грн/ГДж. Також економічно вигідним буде варіювання варіантів №5 та №6, у яких застосовується баки-акумулятори, собівартість яких коливається від 178, 6 до 383,5 грн/ГДж, Таким чином, порівняння різних варіантів використання електрокотельні для теплопостачання навчального корпусу показало, що можна досягти економічної ефективності в порівнянні із теплозабезпеченням від газової котельні. Термін окупності для різних варіантів коливається в межах 2,5...16 років.

ЛІТЕРАТУРА

1. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3>
2. Степанов Д. В. Обґрунтування джерела теплопостачання навчального корпусу ВНТУ / Д. В. Степанов, А. О. Буянов // Електронне наукове видання матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН – 2015)» (23-26 квітня 2015 р., Вінниця)
3. Нові тарифи на електроенергію 2017 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.teploline.com.ua/statti/47-aktualni-taryfy-na-elektroenerhiyu.html>
4. Степанов Д. В. Обґрунтування раціонального джерела теплопостачання навчального корпусу ВНТУ / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, А. О. Буянов // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. – 2016. – №1. – С. 123-127.
5. Тарифи на гарячу воду і опалення у м. Вінниця 2016-2017р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.vinnitsa.info/news/tarifi-na-garyachu-vodu-i-opalennya-zrosli-vdvichi-skilki-vinnichani-platitimus-z-1-lipnya.html>
6. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 : - [Чиний від 2013-11-01]. – К.: Держбуд України, 2013. – 128с. – (Державні будівельні норми).
7. Тарифы на электрическую энергию (кроме населения) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kyivenergo.ua/ru/ee-company/tarifi>
8. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88: - [Действителен от 1989-11-01]../ Министерство здравоохранения СССР, 1989.- 50с.
9. ДСН 3.3.6.042-99 – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
10. ДБН. В.2.5-28-2006 – Природне і штучне освітлення
11. ДБН В.1.1.7-2002 – Пожежна безпека
12. Староверов И. Т. Монтаж внутренних санитарно - технических устройств /И. Т. Староверов - М.: Стройиздат ,1984г.-560с.
13. Ткаченко С. Й. Екологічні аспекти виробництва енергії/С. Й. Ткаченко, Л. А. Боднар. - Вінниця, ВНТУ, 2014.

14. Ткаченко С. Й. [Розрахунки теплових схем теплоенергетичних установок](#) : Навч. пос. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 137 с.
15. Ткаченко С. Й. [Технічна термодинаміка в прикладах і задачах](#) : навч.пос. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний. – Вінниця: ВНТУ. – 2005. – 131 с.
16. Ткаченко С. Й. [Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання](#) : навч.пос. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137 с.
17. Ткаченко С. Й. Джерела теплопостачання промислових підприємств : навч.пос. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. - Вінниця: ВНТУ. – 2004. – 129 с.
18. Степанов Д. В. [Акумулювання теплоти в схемі ефективної системи теплохолодопостачання](#) / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук // Наукові праці ВНТУ. - 2015. - №2.