

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема: Екологічно чиста технологія опалювальних систем з використанням теплових насосів

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____
(підпис)

Керівник проекту Трунова І.О. _____
(підпис)

Консультанти:

з охорони праці Фалько В.В. _____
(підпис)

Виконавець

студент групи ТСм-11 Мальцев О.Ф. _____
(підпис)

Суми 2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
_____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА Мальцева Олександра Федоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Екологічно чиста технологія опалювальних систем з використанням теплових насосів

затверджена наказом по університету від “03” листопада 2022 р. № 1006-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 20 листопада 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Схема роботи теплового насосу, методика розрахунку тепловтрат будівлі, методика розрахунку теплового насосу, опис системи теплопостачання об'єкту дослідження (навчальний корпус «Н» Сумського державного університету)

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Дослідження можливості застосування теплових насосів у системах теплопостачання: теплові насоси, їх класифікація та ефективність застосування; екологічні аспекти впровадження; світовий досвід застосування. Оцінка ефективності теплопостачання об'єкту дослідження: визначення основних тепловтрат будівлі та розроблення рекомендацій щодо підвищення її енергоефективності; SWOT-аналіз пропонованих технологій підвищення енергоефективності. Моделювання системи теплопостачання на базі теплового насосу. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Тема роботи. Мета, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Принципова схема компресійного теплового насоса. Блок-схема переваг використання теплових насосів у технічному та екологічному аспекті. Проблеми використання теплових насосів та шляхи їх вирішення. Карта-схема розміщення будівель та навчальних корпусів на території Сумського державного університету. Методика розрахунку тепловтрат будівлі. Основні види тепловтрат в будівлі корпусу «Н» Сумського державного університету. Матрицю SWOT-аналізу технології застосування теплового насосу. Матрицю SWOT-аналізу методу утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі. Методика розрахунку теплового насосу. Зовнішній вигляд та технічні характеристики теплового насосу NIBE 1345. Розрахунок економічного ефекту встановлення теплового насосу. Висновки.

Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ 1. Дослідження можливості застосування теплових насосів у системах тепlopостачання.	Квітень-Вересень 2022 р.	
2	Розділ 2. Оцінка ефективності тепlopостачання об'єкту дослідження	Вересень-Жовтень 2022 р.	
3	Розділ 3. Моделювання системи тепlopостачання на базі теплового насосу	Жовтень-листопад 2022 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Листопад 2022 р.	

5. Дата видачі завдання _____ 24.09.2022 _____

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 23 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 61 с., у тому числі 5 таблиць, 14 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

Мета роботи – дослідження можливості інтеграції теплового насосу в існуючу систему тепlopостачання з метою підвищення її ефективності і автономності.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі *завдання*:

- вивчення особливостей застосування теплового насосу у системах тепlopостачання;
- дослідження технологічного циклу теплового насосу;
- визначення основних екологічних та економічних аспектів впровадження теплових насосів у системах тепlopостачання;
- аналіз основних тепловтрат будівлі навчального корпусу «Н» сумського державного університету;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків ефективності впровадження теплового насосу у системі тепlopостачання будівлі.

Об'єкт дослідження – система тепlopостачання навчального корпусу «Н» Сумського державного університету, розташований за адресою вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми.

Предмет дослідження – енергетичні процеси, що протікають у будівлі начального корпусу «Н» Сумського державного університету.

Ключові слова: ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЧИСТА ТЕХНОЛОГІЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Дослідження можливості застосування теплових насосів у системах теплопостачання.....	7
1.1 Теплові насоси, їх класифікація та ефективність застосування	7
1.2 Екологічні аспекти впровадження теплових насосів	14
1.3 Світовий досвід застосування теплових насосів	18
Розділ 2 Оцінка ефективності існуючої системи теплопостачання об'єкту дослідження	21
2.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження.....	21
2.2 Визначення основних тепловтрат будівлі та розроблення рекомендацій щодо підвищення її енергоефективності	25
2.3 SWOT-аналіз пропонованих технологій підвищення енергоефективності	32
Розділ 3 Моделювання системи теплопостачання на базі теплового насоса.....	37
3.1 Моделювання системи опалювання	37
3.2 Розрахунок теплового насосу для системи теплопостачання.....	38
3.3 Підбір обладнання.....	41
3.4 Розрахунок економічного ефекту встановлення теплового насосу.....	43
Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	45
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при використанні опалювальних систем з тепловими насосами.....	45
4.2 Розрахунок рівнів шуму у котельні при використанні теплового насосу та шляхи його зниження.....	47
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при використанні опалювальних систем з тепловими насосами.....	49
Висновок	51
Перелік джерел посилань	53
Додатки	56

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 21510195

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
		Розроб. Мальцев		
		Перев. Трунова		
		Н.Контр Батальцев		
		Затв. Пляцук		

Екологічно чиста технологія
опалювальних систем з
використанням теплових насосів

Літ.	Аркуш	Аркушів
	4	63
СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТСм-11		

– аналіз основних тепловтрат будівлі навчального корпусу «Н» сумського державного університету;

– проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків ефективності впровадження теплового насосу у системі теплопостачання будівлі.

Об'єктом роботи є система теплопостачання навчального корпусу «Н» Сумського державного університету, розташований за адресою вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми.

Предметом роботи є енергетичні процеси, що протікають у будівлі навчального корпусу «Н» Сумського державного університету.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 21510195					Арк
										6
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1 Теплові насоси, їх класифікація та ефективність застосування

Теплові насоси допомагають скоротити використання органічного палива шляхом заміни вторинної енергії первинною енергією, що є одним із перспективних напрямів розвитку сучасної енергетики. У європейських і американських країнах теплові насоси використовуються для опалення житлових і офісних будівель і різних приміщень вже більше 30 років. Розробкою, виробництвом і впровадженням теплових насосів займаються найбільші енергетичні компанії. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА, латинська аббревіатура IEA) об'єднує 28 енергетично розвинутих країн світу. Основна мета агенства — забезпечення енергетичної безпеки та пошук шляхів покращення стану навколишнього середовища.

Досвід Швеції, Фінляндії, Німеччини та інших зарубіжних країн довів доцільність використання теплових насосів. Відтак, на етапі розробки та проектування опалювальних мереж доцільним являється врахування та обґрунтування можливості застосування теплових насосів. Навіть при використанні традиційних джерел енергії застосування теплових насосів в комплексах з традиційними опалювальними рішеннями систем опалення, кондиціонування та вентиляції великих об'єктів забезпечує повну автономність та значну економію паливно-енергетичних ресурсів.

Тепловий насос - пристрій, що передає теплову енергію від низькопотенційного джерела тепла (низької температури) до більш високотемпературного споживача (теплоносія). Термодинамічний цикл теплового насоса подібний до циклу холодильника, але навпаки. У тепловому насосі конденсатор — це теплообмінний пристрій, який виділяє тепло для

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк 7
-----	-----	----------	-------	------	-------------	----------

користувача, а випарник — теплообмінний пристрій, який використовує теплову енергію низького рівня (нетрадиційну відновлювану енергію та вторинну енергію) [1].

Відповідно до принципу роботи теплові насоси бувають компресійні та абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди живляться механічною енергією (електрикою), тоді як абсорбційні теплові насоси також можуть використовувати тепло як джерело енергії (електрика або паливо). Найбільшою популярністю користуються компресійні теплові насоси. Принципова схема компресійного теплового насоса показана на рисунку 1. 1

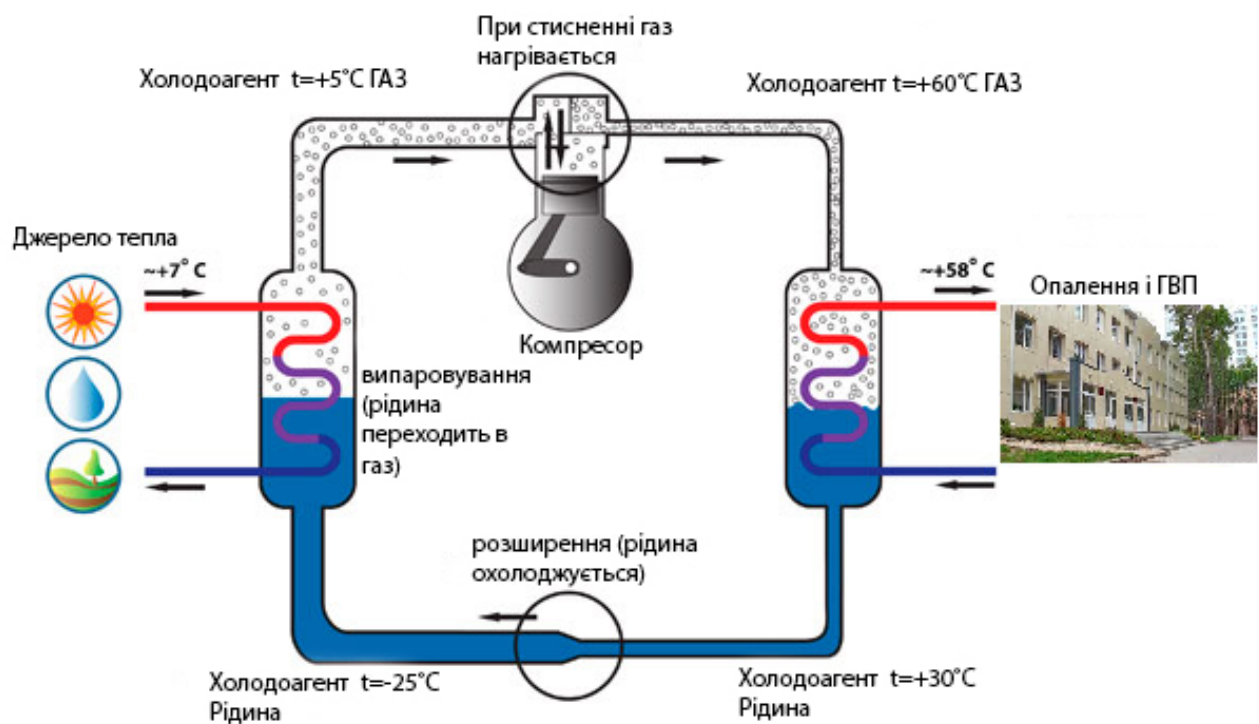


Рисунок 1.1 – Принципова схема компресійного теплового насоса

За вибором джерел тепла низького рівня теплові насоси поділяються на:

- геотермальні (грунт-вода),
- водяні (вода-вода);
- повітряні (повітря-вода);
- теплові насоси, що використовують вторинну теплову енергію.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Геотермальні теплові насоси. Ґрунт, мабуть, є найбільш універсальним джерелом дифузного тепла. Він акумулює сонячну енергію і нагрівається ядром землі цілий рік. При цьому він завжди «під ногами», розсіюючи тепло незалежно від погоди. Необхідна енергія збирається захованим теплообмінником (рисунок 1.2) і накопичується в носії, потім направляється у випарник теплового насоса і повертається для отримання нової частини тепла. В якості цього енергоносія використовується екологічно чиста рідина, яка не замерзає (також відома як «розсіл» або антифриз). Ця рідина може складатися з тридцяти відсотків етиленгліколю або пропіленгліколю у воді [2].

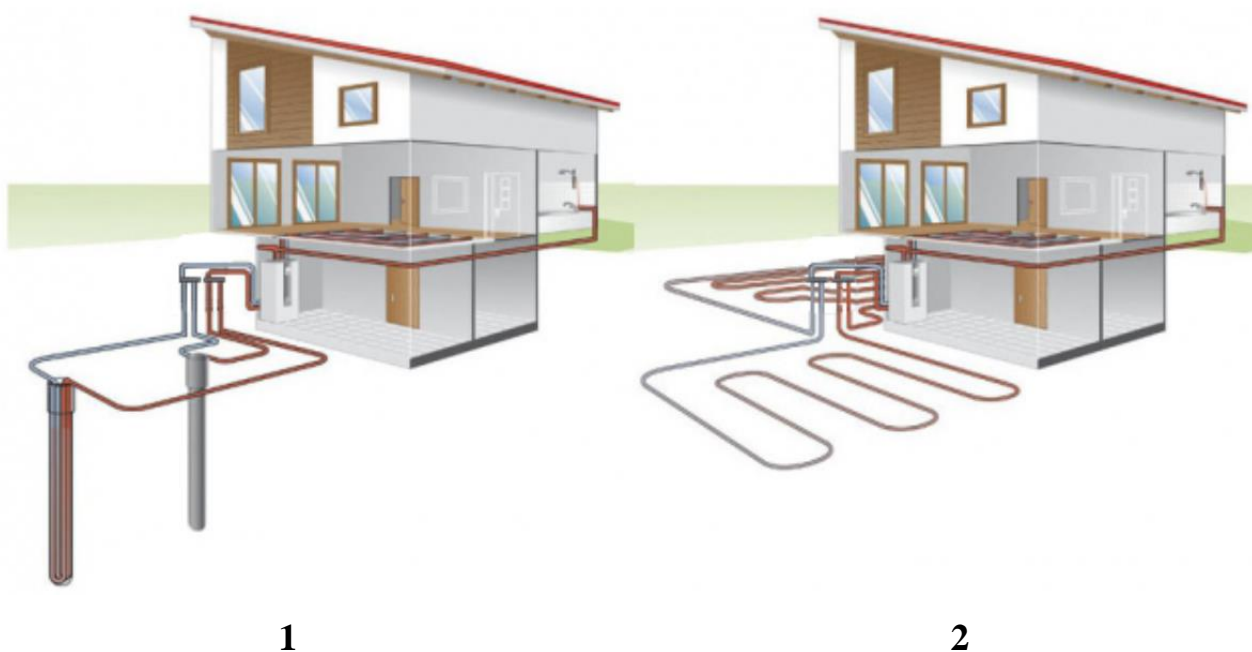


Рисунок 1.2 – Приклад застосування геотермального теплового насосу (ґрунт-вода): 1 – з ґрунтовим колектором; 2 - з ґрунтовим зондом

Широкої популярності здобули системи, що базуються на використанні «розсолу». У них використовуються два види теплообмінників: ґрунтовий колектор і ґрунтовий зонд. Обидва виконуються із поліетиленових труб діаметром 25, 32 або 40 мм.

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата		
Інв.№подл.		

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510195

- геотермальні теплові насоси не потребують постійного обслуговування і являються цілком автономними системами;
- відсутність впливів на навколишнє середовище.

Водяні теплові насоси працюють за наступним принципом: акумулюють тепло водойми чи ґрунтових вод, у яких температура завжди вище 0 °С (рисунок 1.3). Дана система є хорошим вибором, якщо є неглибокі при поверхневі шари води або великі незамерзаючі водойми, річки, океани. Насос перекачує воду зі свердловини до контуру системи теплового насосу, далі тепло розповсюджується по будівлі, після чого охолоджена вода повертається в інше свердловину [1-3].

Вода зі свердловини за допомогою насоса направляється в контур теплового насосу, її тепло передається в будинок, після чого охолоджуюча вода скидається через іншу свердловину. Інший варіант - відкачати воду з резервуара і повернути її в резервуар в іншому місці.



Рисунок 1.3 – Приклад застосування водяного теплового насосу (вода-вода)

Необхідний обсяг свердловин, які здатні забезпечити необхідну кількість тепла визначається за допомогою технологічних розрахунків.

До мінусів водяних теплових насосів можна віднести:

- споживання більшої кількості енергії у порівнянні з геотермальним;

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510195

- необхідність здійснення періодичного обслуговування та контролю обладнання;
- необхідність отримання дозволу на встановлення теплового насосу, оскільки згідно законодавства підземні води являються надрами.

До переваг теплових насосів можна віднести:

- значно менші витрати на придбання обладнання і устаткування у порівнянні з геотермальним насосом;
- відсутність потреби у встановленні додатково обладнання (котельні, димоходи, тощо);
- відсутність впливів на навколишнє середовище [2, 4].

Повітряні теплові насоси. Навколишнє повітря є невичерпним джерелом теплової енергії. Навіть при мінусовій температурі повітряні теплові насоси забирають тепло із зовнішнього повітря та примножують його в кілька разів, перш ніж передати його воді в системі опалення та гарячого водопостачання. Слід зазначити, що ефективність теплового насоса повітря-вода залежить від зовнішньої температури: чим нижча зовнішня температура, тим більше енергії витрачається на отримання необхідного тепла. Тому, встановлюючи цей тип теплового насоса, слід враховувати місцеві кліматичні умови, середньорічну температуру та кількість морозних днів на рік.

Встановлюючи повітряний тепловий насос, можна досягти максимальної економії електроенергії, коли система синхронізована з газовим опаленням, оскільки тоді котел працюватиме лише кілька днів на рік. Хоча також можна використовувати повітряний тепловий насос як основне джерело тепла, перейшовши на вбудований електричний обігрівач у холодні дні.

Слід зазначити, що до комплектації повітряного теплового насосу може входити як один так і декілька блоків, а саме: блок з вентилятором встановлюється зовні будинку, а безшумний всередині компактно розміщується на стіні або на підлозі (рисунок 1.4) .

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
					ТС 21510195					12
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						



Рисунок 1.4 – Приклад застосування повітряного теплового насоса (повітря-вода)

До мінусів повітряних теплових насосів можна віднести:

- залежність ефективності роботи від температури повітряна зовнішнього середовища;
- необхідність встановлення додаткового джерела опалення та гарячого водопостачання;

До переваг теплових насосів можна віднести:

- найнижча вартість обладнання та устаткування у порівнянні з іншими видами теплових насосів;
- можливість інтегрування в уже існуючі систему тепlopостачання будівлі;
- простота монтажу та подальшого обслуговування [4, 5].

Існує версія теплового насоса з вбудованим резервуаром гарячої води або з окремим бойлером або накопичувальним баком. Цей тепловий насос успішно використовується для підігріву води, басейнів і виробництва в побутових умовах. Їх можна встановлювати та використовувати з радіаторами, системою опалення підлоги для отримання необхідної потужності для опалення/охолодження.

Теплові насоси, що використовують вторинне тепло (наприклад, опалення, вентиляція, джерела відпрацьованого тепла, що потребують утилізації, тощо), рекомендовані для використання на промислових об'єктах. Одним з найбільш ефективних джерел цього типу є використання високотемпературного

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						13

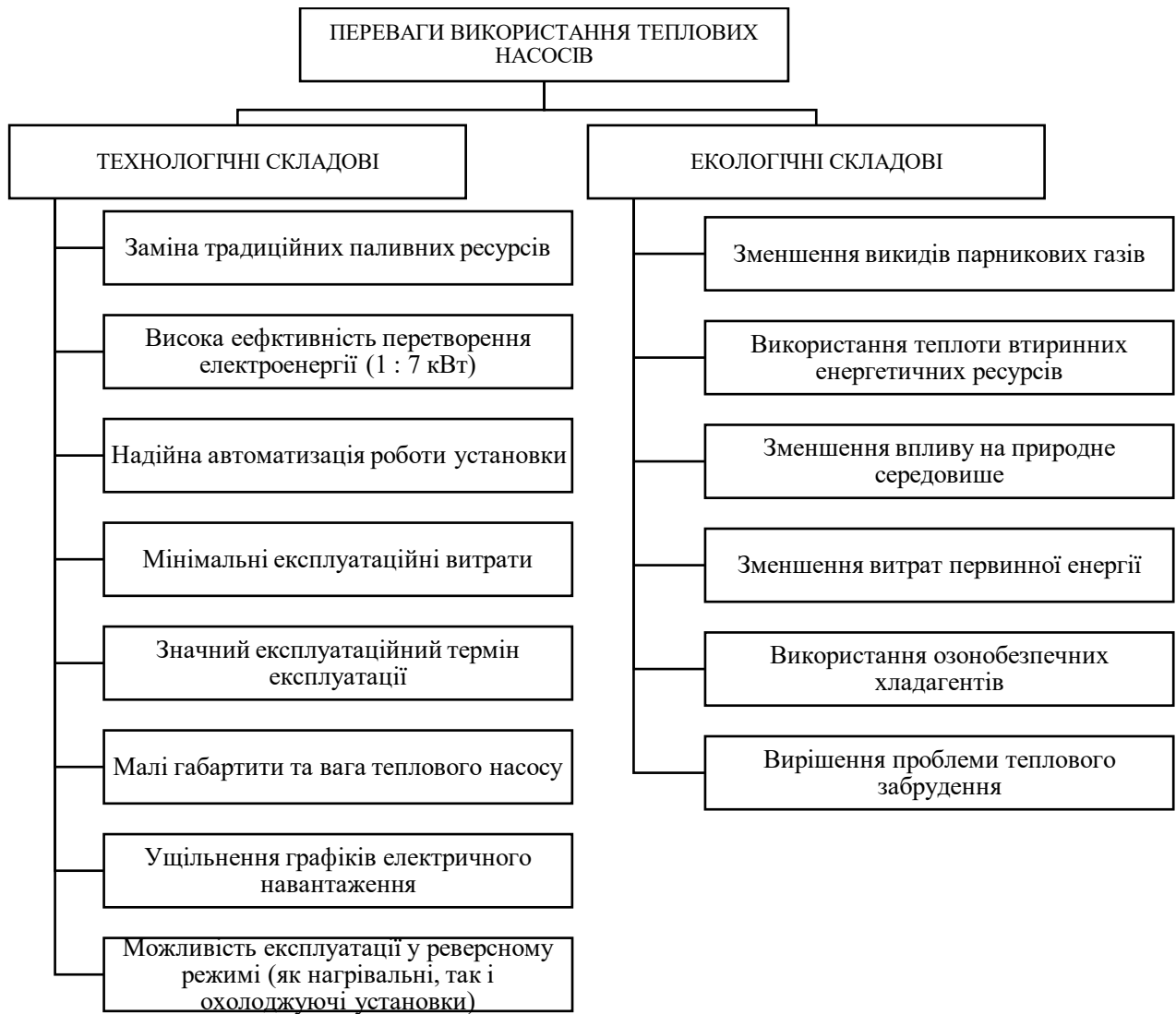


Рисунок 1.5 –Блок-схема переваг використання теплових насосів у технічному та екологічному аспекті

Теплові насоси установки мають багато переваг перед традиційними джерелами тепла. До них, крім перерахованих у попередньому розділі, відносяться:

- високоефективне перетворення електроенергії;
- безвідходна технологія перетворення тепла;
- надійна автоматизація установки;
- найнижчі експлуатаційні витрати,
- тривалий термін служби без капітального ремонту,
- невеликі розміри та вага.

Підп. і дата		Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подл.	Інв.№подл.	Інв.№подл.	Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Дата

ТС 21510195

Застосування теплових насосів сприяє зниженню викидів продуктів згоряння за рахунок зменшення споживання хімічної енергії, що міститься в первинному паливі.

Можливість викиду в атмосферу продуктів горіння істотно обмежена завдяки використанню новітньої конструкції герметичних компресорів, що забезпечує унеможливлення їх витоку, і використанню сучасних матеріалів.

Основними джерелами шуму у конструкції теплового насосу є компресор і вентилятори. Вказані недоліки, пов'язані з використанням теплових насосів, шляхи вирішення зазначених проблем та конкретні кроки щодо їх усунення наведені на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Проблеми використання теплових насосів та шляхи їх вирішення

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Вип.	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ТС 21510195

Арк
17

Проаналізувавши всі недоліки та переваги, можна сказати, що сучасні опалювальні рішення не становлять загрози для навколишнього середовища, навпаки, заміна ними традиційних джерел тепла сприяє позитивному впливу на навколишнє середовище [5, 11].

1.3 Світовий досвід застосування теплових насосів

Сьогодні енергозбереження в Україні та пошук ефективних альтернативних джерел тепла набули ще більшої актуальності. Одним із таких джерел є використання теплової енергії за допомогою теплових насосів. Опалення за допомогою теплових насосів поширене в усьому світі і є частиною всіх програм енергозбереження, які впроваджуються за кордоном.

У США близько 30% житлових будинків обладнані тепловими насосами, а в Японії річний випуск таких установок перевищує 500 одиниць. Проте, найбільшого застосування теплові насоси набули у Швеції, де загальна встановлена теплова потужність перевищила 1200 МВт. Так, лише за 3 роки у Швеції було введено 74 теплонасосні станції потужністю від 5 до 80 МВт. Найбільша теплонасосна станція потужністю 320 МВт працює в Стокгольмі. Станція розташована на шести пришвартованих до берега баржах і використовує морську воду з температурою +4 °С взимку, охолоджуючи її до +2 °С.

Позитивна тенденція запровадження теплових насосів у Швеції зумовлена трьома важливими факторами:

- уряд субсидує перехід від викопного палива до відновлювальних джерел енергії;
- попит на будівництво сучасних житлових будинків;
- необхідність підтвердження кваліфікації організацій, що займаються монтажними роботами теплових насосів.

Понад п'ять років тому теплові насоси мали обмежені перспективи у Фінляндії. Зараз цей ринок розширюється. Величезний попит на відновлювальні

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						18

джерела енергії, зростання вартості комунальних послуг, захист навколишнього середовища та наявність надійної технології виробництва теплових насосів – це основні фактори, що спонукають переходити на відновлювальні джерела енергії у питанні опалення приватних чи громадських будинків.

П'ять років тому лише 1% нових будинків опалювався тепловими насосами, а зараз більше 10% фінських будівельників встановили системи, які використовують дану технологію для забезпечення будинків дешевою, екологічно чистою енергією [8, 9].

В даний час на ринок почали надходити теплові насоси, що працюють на вентиляваному повітрі. У Фінляндії можливо забезпечити половину потреб у тепlopостачанні приватних будинків за рахунок загального азоту зовнішнього повітря. Крім того, у спекотні літні дні також можна забезпечити кондиціонування повітря, що є ще однією з функцій теплових насосів.

Зараз у Сполучених Штатах працюють мільйони теплових насосів, більше половини з яких використовуються в житловому та громадському секторах.

Економічна доцільність використання теплових насосів в Японії залежить від необхідності кондиціонування повітря влітку, автономності населення, заміни опалення на нафтопродукти або електричне опалення.

У Німеччині сотні тисяч теплових насосів працюють для систем водяного та повітряного опалення та кондиціонування повітря. Також з бюджету виділяються державні субсидії на кожен кіловат теплової потужності впроваджених теплових насосів.

У європейських країнах уряд заохочує використання теплових насосів, знижуючи податки на виробництво теплових насосів, тим самим знижуючи їх вартість, або субсидуючи їх придбання та встановлення. Тому в Данії пропонують десятивідсоткові кредити та довгострокові кредити на придбання та встановлення теплових насосів. У Франції знижуються податки на витрати, пов'язані із заміною котла на тепловий насос. У Німеччині існує 25% пільга на капіталовкладення або 10% знижка податку протягом 10 років для встановлення теплового насоса. В

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						19

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження є навчальний корпус «Н» Сумського державного університету, який розташований за адресою: місто Суми, вулиця Римського Корсакова, 2 (рисунк 2.1) [12].

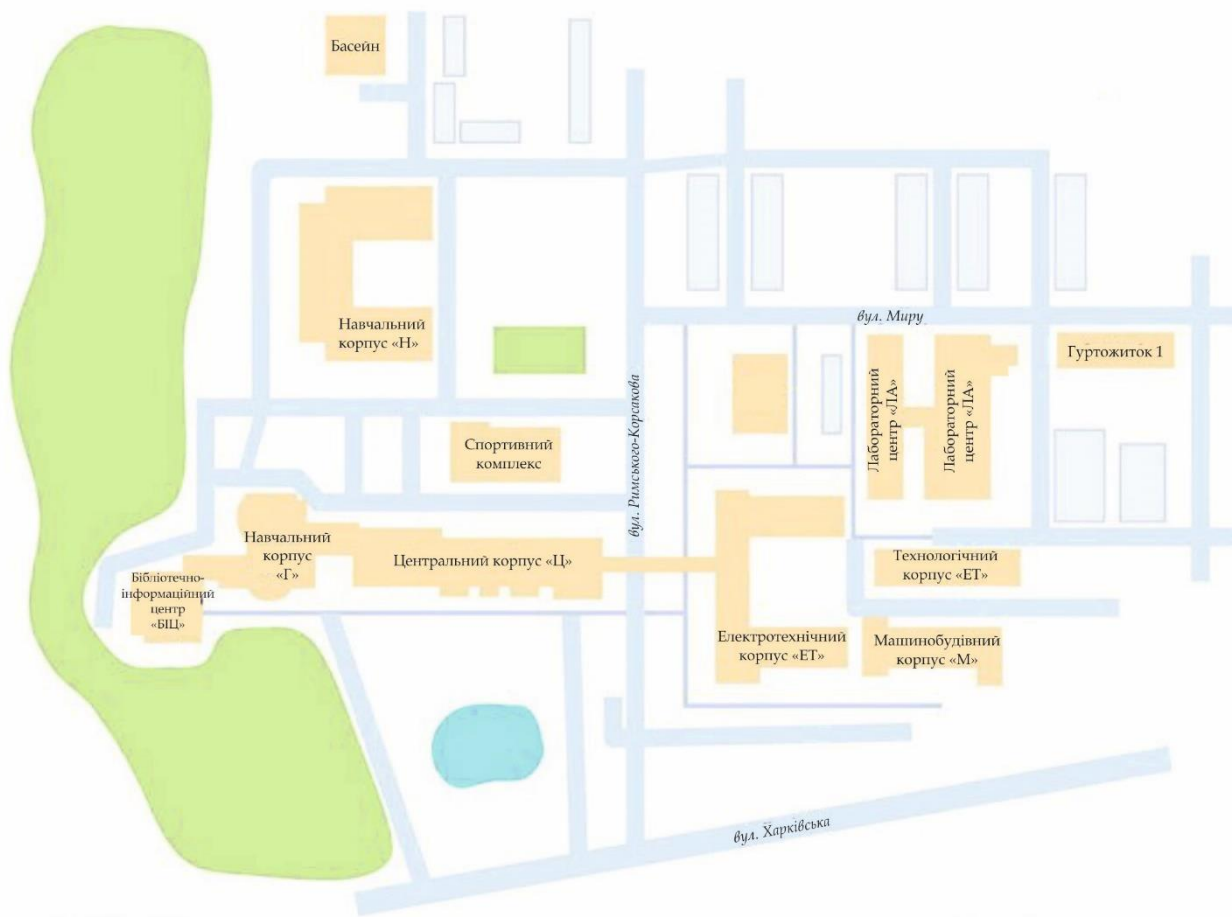


Рисунок 2.1 – Карта-схема розміщення будівель та навчальних корпусів на території Сумського державного університету

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата		
Інв.№подл.		

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510195

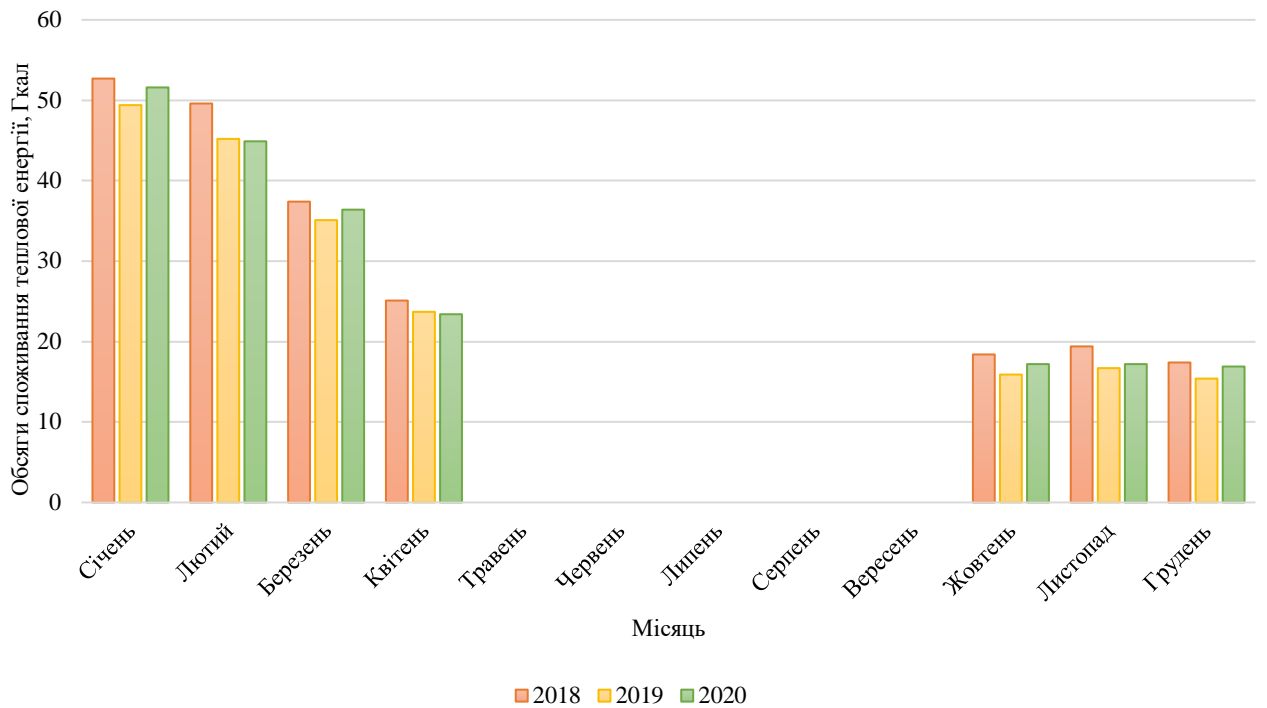


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання теплової енергії навчальним корпусом «Н» Сумського державного університету

Як видно з діаграми, споживання теплової енергії навчальним корпусом «Н» досягає максимальних значень у період з січня по березень, під час опалювального періоду. У решту місяців теплове навантаження будівлі знижується за рахунок зменшення теплопостачання, а в літній період відсутнє зовсім.

Отже, максимальне споживання теплової енергії навчальним корпусом «Н» припадає на зиму, оскільки це найхолодніший період року.

Основними недоліками традиційних джерел теплопостачання є значні фінансові затрати та низька енергетична ефективність. Для прикладу, основні витрати, серед енергоресурсів, під час утримання навчального корпусу «Н», припадають саме на забезпечення тепловою енергією (рисунок 2.3).

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

визначення особливостей існуючої системи тепlopостачання, її слабких та сильних сторін і тільки після цього відбувається підбір необхідного обладнання та устаткування.

Розрахунок тепловтрат полягає у визначенні площ у приміщенні, де відбуваються тепловтрати, та розрахунку інтенсивності цих втрат.

Розрахунок тепловтрат будівлю охоплює визначення всіх сумарних тепловтрат через закриту конструкцію (зовнішній захист) і всі опалювальні приміщення. Втратами тепла через внутрішній захист можна не враховувати за умови, що різниця температур у кімнатах, які вони користуються, не перевищує 3 °С.

Тепловтрати, через огорожувальні конструкції розраховують за формулою 2.1 [14]:

$$Q_{\text{отр}} = F \cdot (t_{\text{вн}} - t_3^{\text{в}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n / R \quad (2.1)$$

де F – розрахункова площа огорожувальної конструкції, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, °С;

$t_3^{\text{в}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

β – додаткові тепловтрати, в частках від основних втрат;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні захищення по відношенню до зовнішнього повітря;

R_0 – опір теплопередачі, що визначається за формулою 2.2:

$$R_0 = 1 / \alpha_{\text{в}} + \Sigma(\delta_i / \lambda_i) + 1 / \alpha_3 + R_{\text{п.п.}} \quad (2.2)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні захищення, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$;

δ_i і λ_i – товщина шару і розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару конструкції;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захищення, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

$R_{n,n}$ – термічний опір закритого повітряного прошарку (при наявності його в конструкції), $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$.

Для дверей та вікон опір тепловіддачі, у більшості випадків, приймають як довідкове значення і лише у окремих випадках розраховують.

Опір теплопередачі дверей і вікон зазвичай не розраховується і використовується в якості довідкових даних в залежності від використовуваної конструкції.

Визначення обсягу тепла, необхідно для нагрівання інфільтрованого повітря у приміщенні житлових та громадських будівель здійснюється за двома основними складовими: витрата тепла на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить в і-те приміщення за рахунок роботи природної витяжної вентиляції та споживання тепла для нагрівання зовнішнього повітря, яке проникає в те саме приміщення через захисні витоки, викликані тепловим тиском і вітром.

Розрахунок витрати тепла, що витрачається на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить в і-те приміщення здійснюється за формулою 2.3:

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \cdot L \cdot \rho_3 \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_3^B) \quad (2.3)$$

де L – витрата повітря, що надходить в приміщення, $m^3/\text{год}$ на $1 m^2$;

ρ_3 – густина зовнішнього повітря, kg/m^3 ;

c – питома теплоємність повітря, рівна $1 kJ$.

Густина повітря розраховується за формулою 2.4:

$$\rho_3 = \gamma / g \quad (2.4)$$

де t – поточна температура повітря, $^\circ C$;

g – стала, що дорівнює $9,8 m/s^2$.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

вище покрівлі; у будівлях, де горище присутнє Н вимірюють від рівня землі і до точки, що на 4-5 м вище горища;

h_i – відстань, м, від рівня землі до верху вікон або балконних дверей, для яких визначається витрата повітря;

$\gamma_z, \gamma_{вн}$ – питомі маси внутрішнього і зовнішнього повітря;

V – розрахункова швидкість вітру, м/с;

$c_{e,n}$ і $c_{e,p}$ – аеродинамічні коефіцієнти будівлі відповідно для навітряної та підвітряної поверхонь;

k_1 – коефіцієнт, що враховує облік зміни швидкісного напору вітру в залежності від висоти будівлі;

p_{int} – умовно-постійний тиск повітря, що виникає при роботі вентиляції зі штучним включенням, Па.

Коефіцієнт k_1 приймається при висоті захищення над поверхнею землі до 5,0 м рівним 0,5, при висоті до 10 м – 0,65, до 20 м – 0,85, більше 20 м – 1,1.

Загальні тепловтрати приміщення визначаються як сума трьох складових, а саме (формула 2.8)

$$Q_{розр} = \Sigma Q_{огр} + Q_{інф} - Q_{побут} \quad (2.8)$$

де $\Sigma Q_{огр}$ – сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції, визначається з формулою 2.1;

$Q_{інф}$ – витрата теплоти на підігрів інфільтрованого повітря, приймається максимальне значення за формулами 2.3 та 2.5;

$Q_{побут}$ – побутові тепловиділення в середині приміщення (наприклад, тепло згенероване побутовими приладами чи засобами освітлення, тощо). У випадку розрахунку житлових приміщень, приймається, що з 1 м² площі підлоги виділяється тепло у обсязі 21 Вт [14].

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк 29
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

За описаною вище методикою були проведені розрахунки тепловтрат приміщення навчального корпусу «Н» Сумського державного університету [13], результати розрахунків наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.2 – Основні тепловтрати корпусу «Н» Сумського державного університету

Показник	Значення
Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі, $Q_{огр}$:	156784 Вт
- тепловтрати через зовнішні стіни, $Q_{зс}$	77847, 3 Вт
- тепловтрати через стелю, $Q_{стеля}$	24966,8 Вт
- тепловтрати через вікна, $Q_{вікна}$	44178,8 Вт
- тепловтрати через двері, $Q_{двері}$	4970, 5 Вт
- тепловтрати через підлогу, $Q_{підлога}$	4821, 4 Вт
Додаткові тепловтрати через огорожувальні конструкції, $Q_{догр}$:	1556,9 Вт
- додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, $Q_{Дзс}$	10120,1 Вт
- додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, $Q_{Ддвері}$	14311,3 Вт
- додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті, $Q_{Дпідлога}$	241,1 Вт
- додаткові тепловтрати по висоті приміщення, $Q_{Жстеля}$	1556,9 Вт
Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, $Q_{інф}$:	33116,3 Вт
- додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, $Q_{інфв}$	29836,6 Вт
- додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, $Q_{інфд}$	3279,7 Вт
Побутові тепловиділення в середині приміщення, $Q_{побут}$	0 Вт

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	

ТС 21510195

Загальні тепловтрати приміщення, $Q_{розр}$

216129,1

Вт

На рисунку 2.4 основні тепловтрати об'єкту дослідження наведенні у вигляді діаграми.

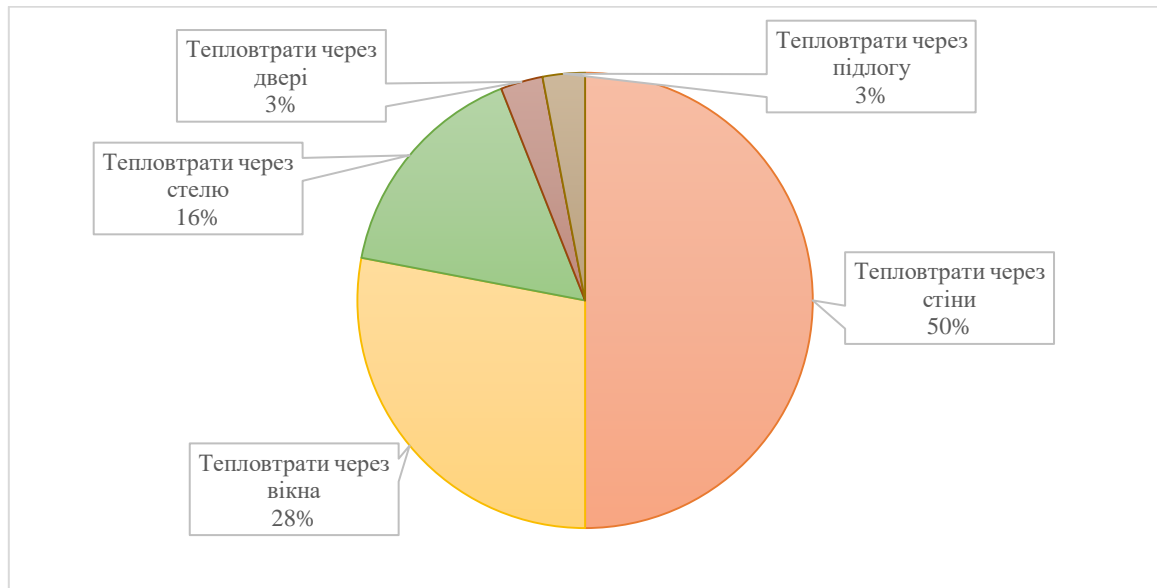


Рисунок 2.4 – Основні види тепловтрат в будівлі корпусу «Н» Сумського державного університету

Як видно з діаграми, основні втрати тепла відбуваються через стіни будівлі (50 % усіх втрат). Також, значні втрати теплової енергії відбуваються через вікна та стелю, найменше втрачання тепла сприяють підлога та двері. Виходячи з цього, можна запропонувати наступні шляхи підвищення енергоефективності навчального корпусу «Н» Сумського державного університету:

- утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій з метою збереження опору теплопередачі;
- модернізація існуючої системи тепlopостачання шляхом встановлення теплового насосу.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Застосування SWOT-аналізу дає можливість встановити взаємозв'язки між складовими матриці та знайти найбільш оптимальний напрямок розвитку процесу. Таким чином поєднання негативних і позитивних факторів, що впливають на внутрішню і зовнішню діяльність, допомагає правильно оцінити майбутні можливості процесу [15, 16].

З метою визначення найбільш ефективного і дієвого методу підвищення енергоефективності будівлі було проведено SWOT-аналіз технології теплового насоса та методу утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі.

У Додатку 1 наведено матрицю SWOT-аналізу технології застосування теплового насоса. Серед основних переваг даного методу було наведено:

- зменшення витрат на теплопостачання будівлі навчального корпусу "Н" Сумського державного університету;
- незалежність від цін на енергоресурси;
- автономність власної системи теплопостачання;
- простота в обслуговуванні і використанні;
- відсутність викидів в навколишнє середовище під час експлуатації теплового насоса;
- мінімальний вплив на навколишнє середовища під час експлуатації та обслуговування теплового насоса, що обмежується виключно утворенням відходів.

До недоліків застосування теплового насоса для підвищення енергоефективності будівлі відноситься:

- висока ціна на обладнання, як наслідок – тривалий термін окупності, що збільшується пропорційно до необхідної площі опалення;
- необхідність виділення земельної ділянки для розташування обладнання та устаткування теплового насоса;
- при встановленні теплового насоса, необхідно здійснювати бурові роботи, що в свою чергу здійснює вплив на ґрунтове середовище;
- залежність роботи теплового насоса від системи електропостачання;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

- низький рівень енергоефективності в порівнянні із впровадженням технологій відновлювальних джерел енергії;
- необхідність оновлення системи зовнішніх огорожувальних конструкцій, внаслідок зношеності та застарілості технологій через певний проміжок часу;
- необхідність впровадження додаткових заходів з енергоефективності.

До можливостей, що відкриються перед навчальним закладом при застосуванні методу утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі слід виділити наступне: сприяння розвитку ринку відновлювальних джерел енергії, залучення грантів та інвесторів та Популяризація огорожуючих конструкцій серед інших закладів освіти.

Серед загроз, з якими можна зіткнутися при застосуванні методу утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі є економічний (різке зростання цін та компоненти та устаткування обладнання та високі темпи зростання вартості послуг) та юридичний фактори (негативні зміни у законодавстві щодо використання відновлювальних джерел енергії та відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста).

За результатами аналізу, можна зробити висновок про більшу ефективність і доцільність застосування теплових насосів у процесі підвищення енергоефективності будівлі навчального корпусу «Н» Сумського державного університету.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						36

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

3.1 Моделювання системи опалювання

Основою створення будь-якої ефективно функціонуючої системи управління є відповідна математична модель керованого процесу. Процес опалення будівель – це складний динамічний процес розподілу тепломасообміну, який зумовлений невизначеністю великої кількості фізичних і конструктивних параметрів, а також зовнішніми збуреннями кліматичних і технічних факторів. Перераховані умови не дозволяють створити детальну розподілену математичну модель теплового процесу будівлі, придатну для аналізу та синтезу системи керування опаленням. У багатьох роботах у галузі математичного та комп'ютерного моделювання теплового стану будівель можна диференціювати як проблему, застосовуючи системний підхід і намагаючись врахувати якомога більше факторів впливу. Водночас використовувані на практиці квазістатичні математичні моделі теплових процесів не можуть адекватно прогнозувати температурний стан будівельних елементів за добових і сезонних коливань зовнішніх кліматичних умов і змін навколишнього середовища. Маса теплоносія, що виробляється системою центрального опалення.

Іншим варіантом простої математичної моделі, яка б відображала основну динаміку тепломасообміну в будівлі, є використання біполярного підходу.

Такий підхід дозволяє представити розподілені системи в найпростішому вигляді біполярних зв'язків динамічних і статичних елементів з централізованими параметрами. Отримана математична модель є системою постійних лінійних диференціальних рівнянь, що значно спрощує аналіз і подальший синтез алгоритму керування. У зв'язку з цим розглянемо ідеалізовану, спрощену теплову модель процесу опалення будівлі, структуру якої показано на рисунку 3.1 [17].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510195

Арк

37

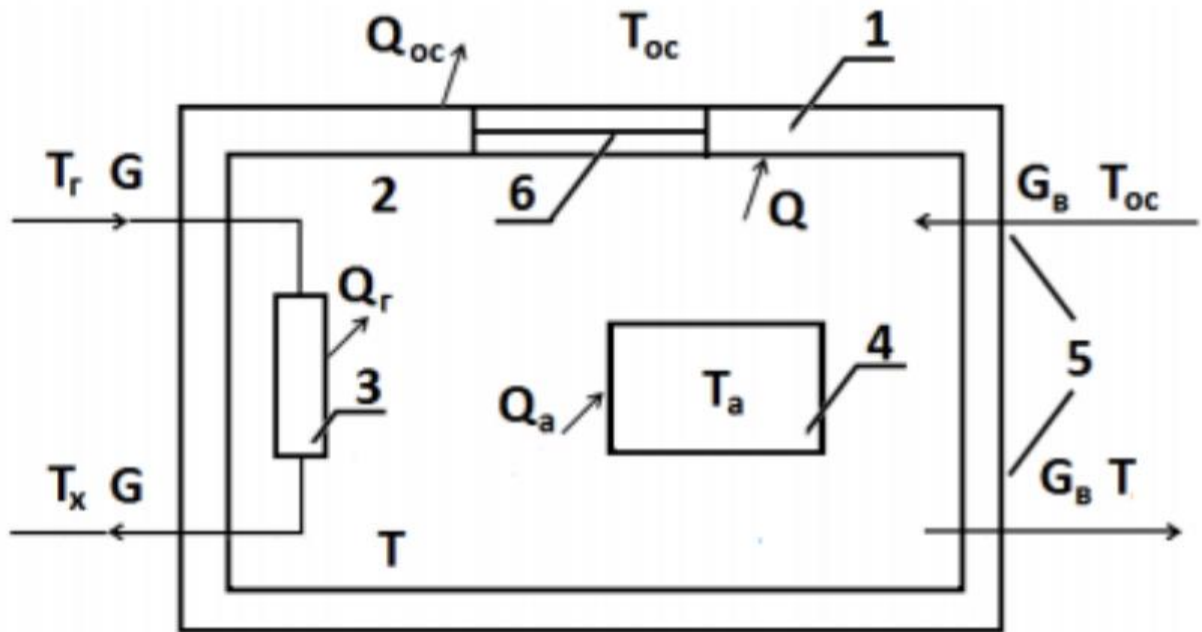


Рисунок 3.1 – Модель тепlopостачання будівлі, де: 1 – огорожувальні конструкції; 2 – внутрішнє повітря; 3 – опалювальний прилад; 4 – внутрішні акумулятори теплоти; 5 – вентиляційна система; 6 – віконний отвір, T_{oc} , T_r , T_x , T_a , T – середня температура огорожень, температури внутрішнього повітря, теплоносія на вході та на виході опалювального приладу, внутрішніх акумуляторів і навколишнього середовища; G , G_v – масові витрати теплоносія та повітря в системі вентиляції; Q_r , Q , Q_a , Q_{oc} – теплові потоки між елементами теплової моделі.

3.2 Розрахунок теплового насосу для системи тепlopостачання

Основною характеристикою теплового обладнання являється його теплопродуктивність, що розраховується за формулою 3.1 [18]:

$$Q_{тн} = (Q_{доб} \cdot (24 - t_{відкл} + 2))/24 \quad (3.1)$$

де $Q_{тн}$ – теплопродуктивність теплового насосу, кВт;

$Q_{доб}$ – показник добового споживання тепла, кВт;

$t_{відкл}$ – час коли електроенергія не подається, год.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

входом). Визначення об'єму розширювальної ємності здійснюється за формулою 3.6:

$$V_{рб} = (V_{сист} \cdot k \cdot \Delta T) / (1 - ((1 + P_{сист}) / (1 + P_{пред}))) \quad (3.6)$$

де $V_{сист}$ - об'єм теплоносія у системі, л;

k – коефіцієнт для врахування спроможності теплоносія до розширення, для води $k = 3,7 \cdot 10^{-4}$, для хладагента $k = 4,0-5,5 \cdot 10^{-4}$;

ΔT – різниця температур хладагента у системі;

$P_{сист}$ – робочий тиск в системі, значення $P_{сист}$ залежить від відстані між тепловим насосом та об'єктом теплопостачання;

$P_{пред}$ – аварійний тиск при якому спрацьовує запобіжний клапан системи.

Іноді для більш точного підтримання заданої температури в приміщенні в режимі охолодження, і з метою зменшення інерційності системи, у схемі може буди передбачений акумулюючий бак. Визначення об'єму акумулюючої ємності здійснюється за формулою 3.7:

$$V_{аб} = (8,65 \cdot Q_x - 0,21 \cdot V_{п} - 1,2 \cdot V_{сист}) / Z \quad (3.7)$$

де Q_x – продуктивність теплового насосу в режимі охолодження, кВт

$V_{п}$ – об'єм приміщення, що потребує охолодження, м³;

$V_{сист}$ – об'єм теплоносія у системі, л;

Z – кількість ступенів потужності теплового насоса, що перемикаються.

Якщо в результаті розрахунку $V_{аб} \leq 0$, то потреба у встановленні акумулюючої ємності відсутня [18].

Результати розрахунку теплового насосу наведену у таблиці 3.1.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						40

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку теплового насосу

Характеристика обладнання	Розрахунок	Результат
Теплопродуктивність теплового насосу	$Q_{\text{TH}} = (Q_{\text{доб}} \cdot (24 - t_{\text{відкл}} + 2))/24$	119735,1 Вт
Загальна довжина теплового колектору	$L = Q_o/q$	1818 м
Зальна площу що необхідна для влаштування колектору	$A = L \cdot d_a$	909 м ²
Об'єм розширювальної ємності	$V_{\text{рб}} = (V_{\text{сист}} \cdot k \cdot \Delta T) / (1 - ((1 + P_{\text{сист}})/(1 + P_{\text{пред}})))$	2,9 м ³

3.3 Підбір обладнання

Виходячи з наведених вище розрахунків, а саме значенням теплопродуктивності та потужності обладнання підбираємо зовнішній блок теплового насосу. Пропонується брати модель 1345 виробника NIBE (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд теплового насосу NIBE 1345

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						41

Тепловий насос NIBE 1345 – це двох ступінчатий геотермальний тепловий насос, що може використовуватися в системах теплопостачання як приватних так і громадських будівель. NIBE F1345 може бути адаптованим для як для використання з різними системами опалення, так і в автономному режиму. Як джерела тепла можуть використовуватися ґрунт, свердловина, водоймище, ґрунтові води (в останньому випадку потрібне встановлення проміжного теплообмінника).

Основні технічні характеристики теплового насосу наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики теплового насосу NIBE 1345

Модель	1345-24	1345-30	1345-40	1345-60
Робоча напруга	400 В	400 В	400 В	400 В
Споживана потужність ВО/W35	4,94 (2 · 2,47)	6,92 (2 · 3,46)	8,9 (2 · 4,45)	13,72 (2 · 6,86)
Теплова потужність ВО/W35	23,00 (2 · 11,5)	30,72 (2 · 15,4)	39,94 (2 · 20,0)	59,22 (2 · 29,6)
COP ВО/W35	4,65	4,44	4,49	4,32
COP ВО/W45	3,69	3,57	3,67	3,50
Теплова потужність, холодний клімат, °С	28	35	46	67
SCOP, холодний клімат 35°С	5	4,9	5,0	4,7

F1345 складається з двох модулів теплових насосів (компресорний модуль), циркуляційних насосів та системи керування з можливістю підключення додаткового джерела тепла. F1345 підключається до контурів розсолу та теплоносія.

У випарнику теплового насоса розсіл (суміш води з антифризом, гліколем або етанолом) віддає свою енергію холодоагенту, який перетворюється на пару і піддається стиску в компресорі. Холодоагент (температура якого підвищилася)

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						42

надходить у конденсатор, де віддає свою енергію в контур теплоносія і, при необхідності, стикованого водонагрівача. Якщо потрібно більше тепла/гарячої води, ніж може забезпечити компресор, є можливість підключення зовнішнього занурювального електронагрівача.

F1345 дуже ефективний завдяки наявності високопродуктивного компресора в контурах холодоагенту. Тут застосовуються енергозберігаючі циркуляційні насоси класу А (крім насосів для розсолу на 40 чи 60 кВт). Контури розсолу та теплоносія підключаються до задньої частини теплового насоса. Фільтр грубого очищення входить до комплекту постачання. Тепловий насос можна підключати до додаткових низькотемпературних систем розподілу тепла - напр., радіаторів, конвекторів або системи теплої підлоги. F1345 обладнаний керуючим комп'ютером для забезпечення оптимальної та надійної роботи. Великий дисплей з підсвічуванням відображає інформацію про стан, час роботи та всі температури теплового насоса, а також певну інформацію про будь-які теплові насоси, використовуючи значки та текст. F1345 побудований на міцній рамі з міцними панелями та ефективною звукоізоляцією для максимально можливого комфорту. Всі панелі легко знімаються, що полегшує доступ при технічному обслуговуванні [19].

3.4 Розрахунок економічного ефекту встановлення теплового насосу

Вартість теплового насосу (В) розраховується за формулою 38:

$$B = K + C \quad (3.8)$$

де К – капітальні витрати, тобто чиста вартість обладнання, К = 407 480 грн;
С – монтажні витрати, в тому числі й витрати на оплату праці. Мінімальна заробітна плата станом на 01.12.2022 року для одного працівника становить 6 500

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						43

грн. Оскільки, монтажні роботи триватимуть 1 день і вимагатимуть залучення трьох працівників $C = 6500/30 \cdot 3 = 650$ грн.

$$B = 407\,480 + 650 = 408\,130 \text{ грн}$$

Протягом року споживання теплової енергії будівлею навчального корпусу «Н» Сумського державного університету становить 201,4 кВт, що в грошовому еквіваленті дорівнює 243 955,8 грн. Виходячи з цього, термін окупності впровадження теплового насосу розраховується як відношення вартості самого обладнання до економічного ефекту:

$$T = 408\,130 / 243\,955,8 = 1,67 \text{ років}$$

Захід вважається економічно-ефективний, за умови, якщо термін окупності не перевищує 8 років. Отже, можна зробити висновок про економічну ефективність впровадження пропонованих заходів [13, 20].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк
									44
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195				

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при використанні опалювальних систем з тепловими насосами

Усі небезпечні та шкідливі фактори за характером дії поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

При використанні опалювальних систем з тепловими насосами серед небезпечних та шкідливих фізичних факторів присутні:

- підвищена температура обладнання та устаткування, що може призвести до опіків різного ступеня тяжкості;
- підвищена або знижена температура, вологість, рухливість повітря в робочій зоні, що може призвести до поганого самопочуття працівників;
- шум, вібрація, підвищений рівень звуку та ультразвуку може призвести до погіршення самопочуття, а при тривалому впливі до розвитку хронічних захворювань та порушень в роботі нервової системи;
- підвищена напруженість електричного або магнітного поля може призвести до порушень в гомеостазі організму людини;
- недостатнє освітлення робочої зони може призвести як виробничого травматизму, так і до порушень в роботі зору;
- гострі краї обладнання, задирки, шорсткості поверхні можуть стати причиною фізичних пошкоджень та травм.

При використанні опалювальних систем з тепловими насосами серед небезпечних та шкідливих хімічних факторів слід виділити отруєння хладагентом, в якості якого може виступати суміш води з антифризом, гліколем або етанолом.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк 45
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

4.2 Розрахунок рівнів шуму у котельні при використанні теплового насосу та шляхи його зниження

До джерел шуму котельні, у складі якої функціонує тепловий насос слід віднести:

- насосне обладнання;
- компресор;
- котел.

У випадку одночасного функціонування декількох джерел шуму їх сумарне значення розраховується за формулою 4.1:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg \sum 10^{0.1L} \quad (4.1)$$

де L – рівень звукового тиску і-ого джерела шуму;

У таблиці 4.1 наведені орієнтовні рівні звукового тиску обладнання котельні, у складі якої функціонує тепловий насос.

Таблиця 4.1 – Рівні звукового тиску джерел шуму котельні, у складі якої функціонує тепловий насос

Джерело шуму	Рівень звуку, дБ
Насосне обладнання	72
Компресор	80
Котел	64

Отже, сумарне значення шуму від котельні, у складі якої функціонує тепловий насос становить:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg (10^{7.2} + 10^{8.0} + 10^{6.4}) = 80,73 \text{ дБ}$$

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Згідно ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму, максимально допустиме значення шуму у житловій забудові у світлу пору доби становить 65 дБ [23].

Отже, згідно результатів розрахунку, котельня, у складі якої функціонує тепловий насос буде здійснювати наднормативний вплив шуму, а отже необхідно розробити заходи по зниженню утворюваного шуму.

Найефективнішим засобом зниження шуму на шляху його поширення є шумові бар'єри (стіни, акустичні огороження навколо машин, екрани, акустичні кабінки та станції керування, тобто акустичні огороження навколо робочих місць).

Знизити рівень шуму можна за рахунок встановлення звукоізолюючих бар'єрів (рисунок 4.1):

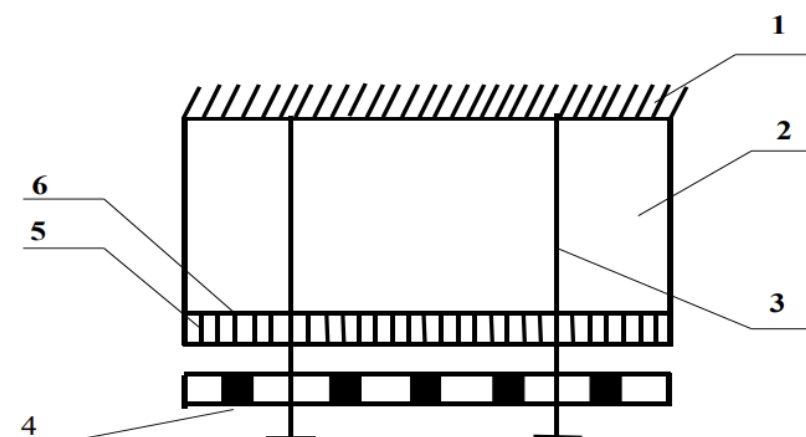


Рисунок 4.1 – Будова звукоізоляційного бар'єру: 1 – стіна або стеля; 2 – повітряний зазор; 3 – кріплення обшивки; 4 – перфороване покриття; 5 – звукоізоляційний матеріал; 6 – захисна плівка (оболонка)

Там, де потрібні менші рівні шумозаглушення, можна застосовувати звукопоглинання – укладання звукопоглинаючих матеріалів на всі (або частини) внутрішніх поверхонь приміщення або підвішування в приміщенні штучних (або об'ємних) звукопоглиначів. В якості звукопоглинального матеріалу

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

використовується пористий волокнистий мат або панель товщиною 50-100 мм, покрита захисним шаром.

Найпопулярнішими промисловими шумопоглинаючими матеріалами є силакпорові панелі та пінополіуретан ППУ-ЕТ. Використовуються в теплозвукоізоляційних матах торгових марок АТМ-10с, ТМ-10, АТМ-1, акустичному гіпсокартоні АНР і мінеральній акустичній плиті марки ПА. У порівнянні з іншими звукопоглинальними матеріалами, вони мають значення α від 0,23 до 0,71 . Щоб звукопоглинаючий матеріал був пило- і водонепроникним, поверх неперфорованого металу або металевого листа накривають захисну плівку. Крім того, перфорований металевий або неметалевий лист додає дизайну міцності та естетичної привабливості.

Запобігання поширенню наднормативного шуму ґрунтується на дистанціонуванні джерела шуму за допомогою малозумних процесів, таких як дистанційне керування та звукопоглинальні матеріали. Це також передбачає дотримання суворого режиму праці та відпочинку, використання засобів захисту та регулярний моніторинг шуму [23, 21].

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при використанні опалювальних систем з тепловими насосами

Усі надзвичайні ситуації можна розділити на три категорії: природні, соціальні та техногенні.

До природних надзвичайних ситуацій відносяться події, спричинені природними факторами: землетруси, повені, снігопади, тощо.

Соціальні надзвичайні ситуації спричинені діяльністю людини, до них відносять: військові дії, міжнародні конфлікти, революції, терористичний напад, тощо.

Техногенні надзвичайні ситуації пов'язані саме з матеріальною частиною життя людини, це перш за все – аварії на виробництвах.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510195

Арк
49

Усі надзвичайні ситуації техногенного характеру під час експлуатації опалювальних систем з тепловими насосами виникають у наслідок виходу з ладу окремих механізмів, агрегатів, машин, що може призвести до виникнення пожежі чи вибуху.

Для прикладу нижче наведено порядок дій при виникненні пожежі в опалювальній системі з тепловим насосом:

- повідомити про надзвичайну ситуацію пожежну частину;
- вжити заходів щодо евакуації людей, гасіння полум'я та захисту матеріальних цінностей;
- повідомити про надзвичайну ситуацію керівника установи;
- забезпечити безперешкодний проїзд рятувальників до місця події;
- за необхідності надати потерпілим першу медичну допомогу [21, 22].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
										50
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195					

ВИСНОВОК

Теплові насоси допомагають скоротити використання органічного палива шляхом заміни вторинної енергії первинною енергією, що є одним із перспективних напрямів розвитку сучасної енергетики.

Теплові насоси установки мають багато переваг перед традиційними джерелами тепла. До них, крім перерахованих у попередньому розділі, відносяться:

- високоефективне перетворення електроенергії;
- безвідходна технологія перетворення тепла;
- надійна автоматизація установки;
- найнижчі експлуатаційні витрати,
- тривалий термін служби без капітального ремонту,
- невеликі розміри та вага.

Основні екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових насосів, включають: парниковий ефект, руйнування озонового шару та шум.

Проаналізувавши всі недоліки та переваги, можна сказати, що сучасні опалювальні рішення не становлять загрози для навколишнього середовища, навпаки, заміна ними традиційних джерел тепла сприяє позитивному впливу на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження роботи був навчальний корпус «Н» Сумського державного університету, який розташований за адресою: місто Суми, вулиця Римського Корсакова, 2. Корпус «Н» представляє собою трьохповерхову будівлю основною метою якого є забезпечення проведення навчального процесу.

Теплова енергія, необхідна для опалення навчального корпусу, забезпечується системою центрального опалення. Договір на тепlopостачання укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго». У якості теплоносія використовується вода. Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510195

Арк

51

Основні втрати тепла будівлі корпусу «Н» відбуваються через стіни будівлі (50 % усіх втрат). Також, значні втрати теплової енергії відбуваються через вікна та стелю, найменше втрачання тепла сприяють підлога та двері. Виходячи з цього, були запроновані наступні шляхи підвищення енергоефективності навчального корпусу:

- утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій з метою збереження опору теплопередачі;
- модернізація існуючої системи тепlopостачання шляхом встановлення теплового насосу.

Був проведений SWOT-аналіз з метою визначення найбільш ефективного і дієвого методу підвищення енергоефективності будівлі за результатами якого було визначено більшу ефективність і доцільність застосування теплових насосів у процесі підвищення енергоефективності будівлі навчального корпусу «Н» Сумського державного університету.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк
						52

ПЕРЕЛІК ДЖРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник "НДІпроектреконструкція", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006
2. Конструктивна схема роботи теплового насоса. [Посилання: <http://www.ecosvit.net/ua/teplovij-nasos-vidi-tazastosuvannya>]
3. Самолюк Н.М., Бондарець Д.В. Дослідження ефективності впровадження енергозберігаючих заходів у житлових будинках / Вісник НУВГП, серія «Економічні науки», Випуск 1(77). – Рівне, 2017
4. Про тепловий насос, їх типи (види). [Посилання: <https://dimplex.org.ua/ua/blog/typy-teplovuyh-nasosov-kakie-oni-byvayut>]
5. Теплові насоси (геотермальні системи) принцип роботи [Посилання: <http://www.ecosvit.net/ua/teplovij-nasos-vidi-ta-zastosuvannya>]
6. Використання низькотемпературних джерел енергії та їх перетворювачів / Шубенко В.О, Кухарець С.М. [Посилання: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/3962/1/PerspAIEn_2014_240-261.pdf]
7. Теплові насоси для опалення та гарячого водопостачання / Босий М. В., Кузик О. В. [Посилання: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/217/5889/12305-1?inline=1>]
8. Світовий досвід, переваги та недоліки застосування теплових насосів у теплоенергетиці України / М. С. Мальований, д р. техн. наук, проф.; О. Ю. Берлінг, асп. [Посилання: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1247/1245>]
9. Аналіз комбінованих теплонасосних систем опалення та вентиляції з використанням низькотемпературних джерел енергії / Ословський С. О.,

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195	Арк 53
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

20. Основні економічні теорії : навчальний посібник./ Дзюбик С., Ривак О. - Київ : Знання, 2014.

21. Охорона праці в галузі під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О. / Крюковська О.А., Левчук К.О. - Навч. посібник. – 2011. – 230 с.. [Посилання: http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/10/2-10-mz_p2.pdf]

22. Порядок дій у разі пожежі. Спаська громада. Офіційний інтернет-портал. [Посилання: <https://spaska.gromada.org.ua/news/1581411018/>]

23. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510195					Арк
										55

ДОДАТКИ

Додаток 1

SWOT-аналіз застосування теплового насосу для з метою підвищення енергоефективності та енергонезалежності навчального корпусу «Н» Сумського державного університету

Сильні сторони:

1. Зменшення витрат на теплопостачання будівлі навчального корпусу "Н"
2. Незалежність від цін на енергоресурси
3. Автономність власної системи теплопостачання
4. Простота в обслуговуванні і використанні
5. Відсутність викидів в навколишнє середовище під час експлуатації теплового насосу
6. Мінімальний вплив на навколишнє середовища під час експлуатації та обслуговування теплового насосу, що обмежується виключно утворенням відходів

Слабкі сторони:

1. Висока ціна на обладнання, як наслідок – тривалий термін окупності, що збільшується пропорційно до необхідної площі опалення
2. Необхідність виділення земельної ділянки для розташування обладнання та устаткування теплового насосу
3. При встановленні теплового насосу, необхідно здійснювати бурові роботи, що в свою чергу здійснює вплив на ґрунтове середовище
4. Залежність роботи теплового насосу від системи електропостачання
5. Створення шумового забруднення внаслідок роботи компресору теплового насосу

Можливості:

1. Популяризація технологій ВДЕ серед інших закладів освіти
2. Сприяння розвитку ринку ВДЕ в Україні, за рахунок їх впровадження у закладах освіти
3. залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету
4. Позиціонування СумДУ, як університету дружелюбного до навколишнього середовища
5. Розробка власних ВДЕ технологій, що відповідатимуть внутрішнім потребам

Загрози:

1. Виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації теплового насосу, внаслідок несправності обладнання
2. Різке зростання цін на компоненти на устаткування теплового насосу
3. Негативні зміни у законодавстві щодо використання альтернативних джерел енергії
4. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста
5. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція

Рисунок 1– Матриця SWOT-аналізу теплового насосу

Продовження додатку 1

Сильні сторони:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення	Слабкі сторони:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення
1. Зменшення витрат на тепlopостачання будівлі навчального корпусу "Н"	4	3	0,8	2,8	1. Висока ціна на обладнання, як наслідок – тривалий термін окупності, що збільшується пропорційно до необхідної площі опалення	4	3	0,6	2,1
2. Незалежність від цін на енергоресурси	3	3	1	3	2. Необхідність виділення земельної ділянки для розташування обладнання та устаткування теплового насосу	3	2	0,6	1,5
3. Автономність власної системи тепlopостачання	3	4	0,8	2,8	3. При встановленні теплового насосу, необхідно здійснювати бурові роботи, що в свою чергу здійснює вплив на ґрунтове середовище	4	3	0,6	2,1
4. Простота в обслуговуванні і використанні	4	4	0,6	2,4	4. Залежність роботи теплового насосу від системи електропостачання	3	4	0,8	2,8
5. Відсутність викидів в навколишнє середовище під час експлуатації теплового насосу	5	3	0,8	3,2	5. Створення шумового забруднення внаслідок роботи компресору теплового насосу	5	3	0,8	3,2
6. Мінімальний вплив на навколишнє середовища під час експлуатації та обслуговування теплового насосу, що обмежується виключно утворенням відходів	5	3	1	4					
Σ	-	-	-	18,2	Σ	-	-	-	11,7
Можливості:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення	Загрози	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення
1. Популяризація технологій ВДЕ серед інших закладів освіти	3	3	0,8	2,4	1. Виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації теплового насосу, внаслідок несправності обладнання	5	3	0,8	3,2
2. Сприяння розвитку ринку ВДЕ в Україні, за рахунок їх впровадження у закладах освіти	4	3	0,8	2,8	2. Різне зростання цін на компоненти на устаткування теплового насосу	3	5	0,6	2,4
3. Залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету	4	4	0,6	2,4	3. Негативні зміни у законодавстві щодо використання альтернативних джерел енергії	3	3	0,3	0,9
4. Позиціонування СумДУ, як університету дружелюбного до навколишнього середовища	4	3	0,6	2,1	4. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста	3	4	0,3	1,05
5. Розробка власних ВДЕ технологій, що відповідатимуть внутрішнім потребам	5	4	1	4,5	5. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція	4	3	0,8	2,8
Σ	-	-	-	14,2	Σ	-	-	-	10,35

Рисунок 2– Кількісна матриця SWOT-аналізу теплового насосу

Продовження додатку 1

	<u>Можливості:</u>	<u>Загрози:</u>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Популяризація технологій ВДЕ серед інших закладів освіти 2. Сприяння розвитку ринку ВДЕ в Україні, за рахунок їх впровадження у закладах освіти 3. Залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету 4. Позиціонування СумДУ, як університету дружельного до навколишнього середовища 5. Розробка власних ВДЕ технологій, що відповідатимуть внутрішнім потребам 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації теплового насосу, внаслідок несправності обладнання 2. Різке зростання цін на компоненти на устаткування теплового насосу 3. Негативні зміни у законодавстві щодо використання альтернативних джерел енергії 4. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста 5. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція
<u>Сильні сторони:</u>	<u>Поле С1М</u>	<u>Поле С1З</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення витрат на теплопостачання будівлі навчального корпусу "Н" 2. Незалежність від цін на енергоресурси 3. Автономність власної системи теплопостачання 4. Простота в обслуговуванні і використанні 5. Відсутність викидів в навколишнє середовище під час експлуатації теплового насосу 6. Мінімальний вплив на навколишнє середовища під час експлуатації та обслуговування теплового насосу, що обмежується виключно утворенням відходів 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Збільшення частки ВДЕ у ресурсозабезпеченості Сумського державного університету 2. Участь у міжнародних форумах/виставках з метою обміну досвідом впровадження ВДЕ у закладах освіти 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення робочої групи з питань енергозабезпечення та впровадження технологій ВДЕ в університеті 2. Дослідження та впровадження новітніх технологій та розробок у галузі ВДЕ
<u>Слабкі сторони:</u>	<u>Поле СлМ</u>	<u>Поле СлЗ</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Висока ціна на обладнання, як наслідок – тривалий термін окупності, що збільшується пропорційно до необхідної площі опалення 2. Необхідність виділення земельної ділянки для розташування обладнання та устаткування теплового насосу 3. При встановленні теплового насосу, необхідно здійснювати бурові роботи, що в свою чергу здійснює вплив на ґрунтове середовище 4. Залежність роботи теплового насосу від системи електропостачання 5. Створення шумового забруднення внаслідок роботи компресору теплового насосу 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Підготовка власних спеціалістів, що займаються розробкою, впровадженням та обслуговуванням технологій ВДЕ 3. Участь у грантових програмах, щодо впровадження новітніх розробок у галузі енергоефективності 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення нових шляхів енергомодернізації університету з метою раціонального використання природних ресурсів 2. Розробка щорічних аналітичних звітів, щодо ефективності впровадження технологій ВДЕ в університеті

Рисунок 3– Розширена матриця SWOT-аналізу теплового насосу

Додаток 2

SWOT-аналіз застосування утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі для з метою підвищення енергоефективності та енергонезалежності навчального корпусу «Н» Сумського державного університету

Сильні сторони:

1. Зменшення витрат на теплопостачання будівлі навчального корпусу "Н"
2. Зменшення залежності від цін на енергоресурси
3. Відсутність затрат при експлуатації і обслуговуванню
4. Відсутність викидів в навколишнє середовище
5. Мінімальний вплив на навколишнє середовища, що обмежується виключно утворенням відходів

Слабкі сторони:

1. Значні затрати на придбанням необхідних матеріалів та обладнання
2. Збереження залежності від централізованої системи теплопостачання
3. Низький рівень енергоефективності в порівнянні із впровадженням технологій ВДЕ
4. Необхідність оновлення системи зовнішніх огорожувальних конструкцій, внаслідок зношеності та застарілості технологій через певний проміжок часу
5. Необхідність впровадження додаткових заходів з енергоефективності

Можливості:

1. Популяризація огорожуючих конструкцій серед інших закладів освіти
2. Підтримка українського розвитку ринку огорожуючих конструкцій ринку, за рахунок їх впровадження у закладах освіти
3. Залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету

Загрози:

1. Різне зростання цін на зовнішні огорожуючі конструкції
2. Негативні зміни у законодавстві щодо використання енергозберігаючих технологій
3. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста
4. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція

Рисунок 1– Матриця SWOT-аналізу застосування утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі

Продовження додатку 2

Сильні сторони:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення	Слабкі сторони:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення
1. Зменшення витрат на теплопостачання будівлі навчального корпусу "Н"	4	3	0,8	2,8	1. Значні затрати на придбання необхідних матеріалів та обладнання	4	3	0,6	2,1
2. Зменшення залежності від цін на енергоресурси	3	3	1	3	2. Збереження залежності від централізованої системи теплопостачання	3	4	0,6	2,1
3. Відсутність затрат при експлуатації і обслуговуванні	3	4	0,8	2,8	3. Низький рівень енергоефективності в порівнянні із впровадженням технологій ВДЕ	4	4	0,8	3,2
4. Відсутність викидів в навколишнє середовище	4	4	0,6	2,4	4. Необхідність оновлення системи зовнішніх огорожувальних конструкцій, внаслідок зношеності та застарілості технологій через певний проміжок часу	3	4	0,8	2,8
5. Мінімальний вплив на навколишнє середовища, що обмежується виключно утворенням відходів	5	3	0,8	3,2	5. Необхідність впровадження додаткових заходів з енергоефективності	3	4	1	3,5
Σ	-	-	-	14,2	Σ	-	-	-	13,7
Можливості:	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення	Загрози	Бал	Ранг	Коефіцієнт	Середнє значення
1. Популяризація огорожувальних конструкцій серед інших закладів освіти	3	4	0,6	3,2	1. Різке зростання цін на зовнішні огорожувальні конструкції	3	4	0,6	3,2
2. Підтримка українського розвитку ринку огорожувальних конструкцій ринку, за рахунок їх впровадження у закладах освіти	4	3	0,6	2,4	2. Негативні зміни у законодавстві щодо використання енергозберігаючих технологій	3	5	0,6	2,4
3. Залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету	4	4	0,8	0,9	3. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста	3	3	0,3	0,9
					4. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція	3	4	0,3	1,05
Σ	-	-	-	6,5	Σ	-	-	-	7,55

Рисунок 2– Кількісна матриця SWOT-аналізу застосування утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

Продовження додатку 2

	<p><u>Можливості:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Популяризація огорожуваних конструкцій серед інших закладів освіти 2. Підтримка українського розвитку ринку огорожуваних конструкцій ринку, за рахунок їх впровадження у закладах освіти 3. Залучення грантів/інвесторів для підтримки та розвитку системи енергонезалежності університету 	<p><u>Загрози:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Різне зростання цін на зовнішні огорожувачі конструкцій 2. Негативні зміни у законодавстві щодо використання енергозберігаючих технологій 3. Відсутність єдиної регуляторної політики в сфері енергоефективності з боку держави та міста 4. Високі темпи зростання вартості послуг, низькі темпи зростання заробітної платні та можлива інфляція
<p><u>Сильні сторони:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення витрат на тепlopостачання будівлі навчального корпусу "Н" 2. Зменшення залежності від цін на енергоресурси 3. Відсутність затрат при експлуатації і обслуговуванні 4. Відсутність викидів в навколишнє середовище <p>Мінімальний вплив на навколишнє середовище, що обмежується виключно утворенням відходів</p>	<p><u>Поле СіМ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення тепловтрат будівлями Сумського державного університету, а отже і більш раціональне використання природних ресурсів 2. Участь у міжнародних форумах/виставках з метою обміну досвідом запровадження ресурсозберігаючих заходів у закладах освіти 	<p><u>Поле СіЗ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Створення робочої групи з питань впровадження ресурсозберігаючих заходів на території Сумського державного університету 2. Дослідження та впровадження новітніх розробок у сфері ресурсозбереження
<p><u>Слабкі сторони:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Значні затрати на придбання необхідних матеріалів та обладнання 2. Збереження залежності від централізованої системи тепlopостачання 3. Низький рівень енергоефективності в порівнянні із впровадженням технологій ВДЕ 4. Необхідність оновлення системи зовнішніх огорожуваних конструкцій, внаслідок зношеності та застарілості технологій через певний проміжок часу 5. Необхідність впровадження додаткових заходів з енергоефективності 	<p><u>Поле СлМ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Підготовка власних спеціалістів, що займаються розробкою ресурсозберігаючих заходів 2. Участь у грантових програмах, щодо впровадження новітніх розробок у галузі ресурсозберігаючих 	<p><u>Поле СлЗ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення нових шляхів енергомодернізації університету з метою раціонального використання природних ресурсів 2. Розробка щорічних аналітичних звітів, щодо ефективності впровадження ресурсозберігаючих заходів в університеті

Рисунок 3– Розширена матриця SWOT-аналізу застосування утеплення зовнішніх огорожуваних конструкцій будівлі