

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Борисов Сергій Сергійович

ТЕМА: «ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ БУДІВЛІ ВИРОБНИЧОГО
ПІДПРИЄМСТВА»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи: _____
(підпис)
Сапожніков С.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)
К.Т.Н ДОЦЕНТ

(наукове звання та наукова ступінь)

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____
Борисов Сергій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності будівлі виробничого підприємства»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 15.12.2020 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

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

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Визначення вихідних даних, та їх характеристика (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними).

Розділ 2 – Результати розрахунку задач за визначеною методикою (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз)

Висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.В.		

6 Дата видачі завдання 09.11.2020 р

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 25.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 06.12.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.20	
8	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2019	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

V – об'єм, м³;

T – температура, °С;

L – довжина, м.

H – висота, м;

Індекси та скорочення

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси.

ПДВ – податок на додану вартість.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 53 сторінки, 11 рисунків, 7 таблиць, 19 літературних джерел.

Мета роботи: розробка альтернативних джерел енергії для покращення енергозабезпечення виробничої будівлі ТОВ «Сумська насосна техніка» та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації систем енергопостачання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання адміністративної будівлі ТОВ «Сумська насосна техніка», аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

Об'єкт дослідження: виробнича будівля та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, ВІТРОВА ЕНЕРГІЯ, БІОПАЛИВО; ПРИЛАД ОБЛІКУ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ВІТРОВА УСТАНОВКА.

Тема роботи – **«Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності будівлі виробничого підприємства».**

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Тепловий насос	11
1.2 Сонячна теплова енергетика	14
1.3 Фотоенергетика	14
1.4 Біоенергетика	15
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ БУДІВЛІ	17
2.1 Характеристика об'єкта енергетичного обстеження	17
2.2 Опис дійсного стану будівлі	18
2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта	19
2.3.1 Система опалення	19
2.3.2 Система електропостачання	20
2.3.3 Система водопостачання та водовідведення	20
2.3.4 Система вентиляції	21
2.4 Система обліку енергоресурсів	21
2.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	23
2.6 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води	23
2.6.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії	23
2.6.2 Аналіз обсягів споживання холодної води	25
2.7 Розрахунок теплової потужності будівлі	26
2.8 Запровадження альтернативних джерел енергії на об'єкті енергетичного обстеження	37
2.8.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення	37
2.8.2 Встановлення вітрової установки для виробництва електричної	

енергії.....	40
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі.....	44
3.2 Права та обов'язки обслуговуючого персоналу.....	45
3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом.....	47
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

ВСТУП

До найактуальніших проблем сучасного суспільства належить організація раціонального енергоспоживання з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище, обачливим використанням енергетичних ресурсів за розумного та достатнього задоволення технологічних і побутових потреб громадян у всіх випадках і формах енергії.

Основними джерелами енергії у світі є органічні види палива, запаси яких обмежені і, за оцінками багатьох фахівців, можуть бути витрачені при сучасних інтенсивних видах видобутку за кілька десятків років. Боротьба за енергію, за її джерела, за відкриття нових способів її перетворення і використання йде безперервно й дедалі наростаючими темпами.

Ще наприкінці минулого століття витрати на тонну умовного палива, отриману за рахунок енергозбереження, були в декілька разів менші за витрати на її видобуток чи закупівлю. В останні роки у зв'язку зі значним зростанням цін на енергоресурси зазначена тенденція явно посилилась.

Питання енергоефективності з часом набуває все більшої актуальності в Україні, оскільки розглядається як один із основних елементів загальної енергетичної політики держави. Безсистемна і надто повільна структурна перебудова економіки України, висока внаслідок технологічної відсталості енергоємність основних видів продукції, великі обсяги імпорту енергоносіїв, критична зношеність основних фондів на електричних станціях є головними чинниками непомірно високого рівня витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю ВВП і ВНП, що веде країну до економічної кризи, руйнації продуктивних сил та соціального збурення в суспільстві [1].

Україна є енергодефіцитною країною, яка свої потреби в первинних енергоресурсах задовольняє за рахунок їх власного виробництва лише на 45%. В її паливно-енергетичному балансі домінує природний газ, його частка становить 41%, що значно перевищує відповідні показники таких країн, як США та Велика Британія. Україна займає одне з перших місць у світі за обсягами імпорту

природного газу (понад 10 млрд. куб. м.). Все це разом взяте створює загрозу енергетичній і національній безпеці України.

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності і реалізації потенціалу енергозбереження в Україні полягають в структурно-технологічній перебудові економії країни та створенні адміністративних, нормативно-правових, економічних механізмів, які б сприяли підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки України в цілому, її окремих галузей, підприємств та технологічних процесів передбачає виведення з експлуатації морально застарілого і фізично зношеного обладнання, припинення випуску неефективної (з точки зору використання енергії) продукції, впровадження новітніх конкурентоспроможних технологій, обладнання та побутових приладів [2].

Тому в найближчій перспективі енергозбереження стане основним рушійним фактором модернізації основних фондів в промисловості, комунальному господарстві та енергетиці України. При цьому докорінно зміниться спрямованість енергозбереження. Якщо раніше перевага надавалася мало затратним і швидкоокупним заходам (впровадження лічильників енергоресурсів, економічних систем освітлення і т.п.), то в майбутньому їх повинні замінити заходи інноваційного енергозбереження з високою капіталоємністю і значними строками окупності. Характерним прикладом такої моделі енергозбереження є термомодернізація існуючих будинків і споруд.

Актуальність теми

В сьогоднішніх складних економічних труднощах Україна потребує ще більшої енергетичної незалежності шляхом скорочення енергоспоживання за допомогою впровадження заходів з енергоефективності будівлі, оскільки саме в ній відбуваються найбільші втрати теплової енергії. Перед впровадженням таких заходів необхідно провести енергоаудит об'єкту, основна ціль якого полягає у визначенні ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на опалення будинку під час його експлуатації.

Метою і задачею дослідження є аналіз сучасних методик дослідження та врахування впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення . Досягнення цієї мети передбачає розв'язок таких завдань:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації системи опалення будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній мною будівлі а також у системах енергоспоживання.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На тлі постійно зростаючих цін на енергоносії, альтернативні джерела енергії для приватного будинку можуть скоротити витрати до мінімуму. Крім того, підключення до централізованих джерел енергії, наприклад, до газопроводів, вимагає додаткових значних капіталовкладень, які в кілька разів перевищують вартість самого обладнання. Та й не завжди є можливість підключитися до таких джерел, наприклад, коли мова йде про заміські будинки. Ще один фактор – зношеність централізованих мереж, тому збої в постачанні енергоресурсів і поломки – далеко не рідкість. Тому альтернативні джерела енергії для приватного будинку – це ще і варіант забезпечити стабільність енергозабезпечення та власну енергетичну незалежність [3].

Кожного дня стає усе більше причин, через які традиційні методи опалення житлового приміщення перестають влаштовувати споживачів, тому користувачі все частіше звертають увагу на альтернативне опалення. Причому носять вони сьогодні не тільки локальний, але й макроекономічний характер.

Традиційно людина опалювала своє житло спалюючи дрова або вугілля. Згодом до цих видів природного палива додався газ. Однак опалювати приміщення таким способом з кожним роком стає все дорожче. Природні ресурси не нескінченні. Тим більше, що вугілля, газ і нафта є невідновлюваними джерелами енергії, і запаси їх на планеті не нескінченні. Дрова, як похідна від лісових масивів, теж не вихід не тільки через вкрай повільне відновлення вирубаних лісів, але й через забруднення атмосфери продуктами згоряння. Розуміючи ситуацію, газотранспортні корпорації не упускають можливість підняти ціну на газ. Ціна на вугілля теж не відстає. Тому альтернативне опалення стає дедалі популярнішим [4].

Ще одним фактором, що впливає також на рівень комфорту, є колосальна інертність централізованого опалення, неможливість гнучко реагувати на зміну температури повітря за вікнами, колосальні втрати тепла при транспортуванні від виробника до споживача. Ці й інші причини змушують домовласників шукати альтернативні джерела опалення, і все частіше розглядати відновлювані джерела енергії. А попит, як відомо, народжує пропозицію [4].

1.1 Тепловий насос

Для опалення та кондиціювання в якості джерела холоду і тепла можна використовувати енергію землі, води і повітря. Зробити це допоможе пристрій, який називається тепловим насосом (рис.1.1).

Принцип дії, який образно можна назвати «холодильник навпаки», був винайдений ще 150 років тому (рис.1.1) [5].

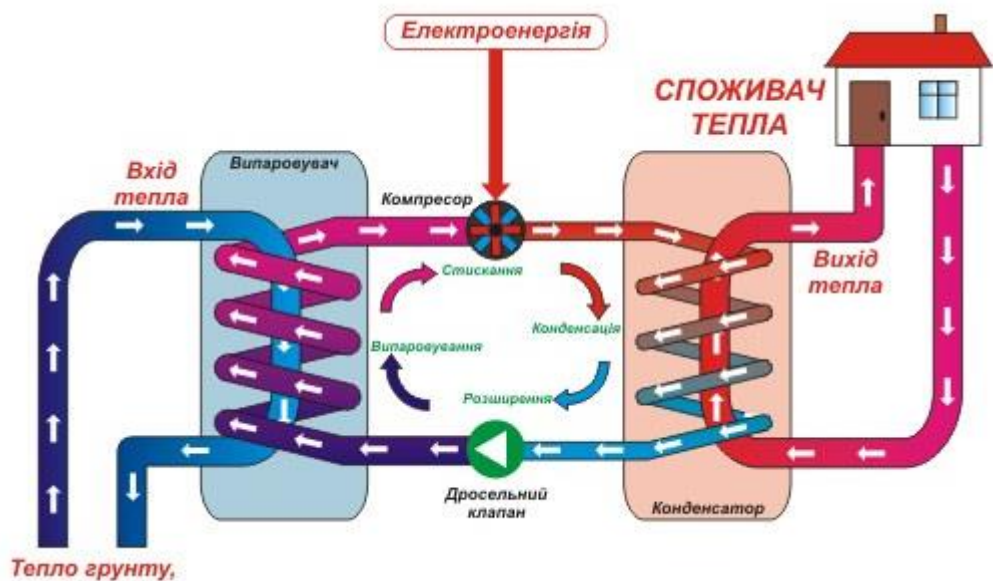


Рисунок 1.1 – Принцип дії теплового насоса [6]

Тільки лише в нашому столітті, коли вартість енергоносіїв зросла, а кількість природних ресурсів стала, очевидно, обмеженою, тепловий насос став оптимальним рішенням. Тепловим насосом називається агрегат, який перетворює низькопотенційне тепло в високотемпературне, яке необхідно для опалення. У наших широтах найбільш поширені теплові насоси, що використовують енергію землі.

Обумовлено це кліматичними умовами і ефективністю роботи теплонасосних установок. Ефективність, звичайно ж, залежить від системи опалення будівлі, якості утеплення, герметичності віконних отворів і т. п. Найбільш оптимально, застосовувати низькотемпературних системи опалення, такі як «тепла підлога», теплі стіни, фанкойли, радіатори розраховані на низькі температури.

Звичайно, тепловим насосам потрібна електроенергія, але на 1 кВт споживаної електроенергії Ви отримуєте від 3 до 5 кВт енергії у вигляді тепла [5]. У теплий період, тепловий насос, може охолоджувати приміщення.

Теплові насоси бувають різних типів. Наприклад, теплонасоси «грунт - вода» використовують тепло землі і передають його, для обігріву будинку, в систему опалення [5].

Грунт акумулює сонячну енергію і нагрівається від земного ядра. На глибині нижче 10м його температура постійна круглий рік [5]. Тепло збирається спеціальної незамерзаючої рідиною, яка називається також «розсіл». Циркулюючи по зовнішньому теплообмінному контуру, «розсіл» збирає тепло з ґрунту і віддає його фреону, циркулюючому по внутрішньому контуру теплового насосу.

Фреон протікає через випарник, там він кипить і випаровується. Пара надходить у газову порожнину компресора, там він стискається (при цьому температура пари зростає), після чого поступає в конденсатор, де відбувається охолодження і передача тепла воді системи опалення. Рідкий фреон стікає в конденсатор, звідки, через дросель, знову потрапляє у випарник.

Теплові насоси, які використовують тепло ґрунту, часто називаю «розсіл - вода». У теплових насосах цього типу зовнішній контур буває двох видів: ґрунтовий зонд і горизонтальний контур. Вони виконуються, в основному, з поліетиленових чи інших труб з пластику, з діаметром 25-40 мм [5]. Чим більше діаметр труби, тим ефективніше відбирається тепло, при цьому збільшується і вартість зовнішнього контуру теплового насоса [5].

Горизонтальний колектор збирає тепло, накопичене у верхніх шарах ґрунту від сонячного випромінювання, і являє собою розрахункову кількість контурів з поліетиленових труб, укладених на глибині нижче рівня промерзання [5].

Для оптимальної роботи ґрунтового колектора, в залежності від складу ґрунту, його теплопровідності і геометрії ділянки, вибирається відповідна схема прокладки труб - зигзаг, спіралі різних форм, петля (рис 2.1). Хороший теплообмін мають ґрунти з високою вологістю, на піщаних сухих ділянках гірше. В середньому, для будинку площею 200 - 250 м.кв необхідно закопати близько 500 - 650 м труби [5]. Для цього необхідний вільний ділянку з площею близько 350-450

м², приблизно в 1,75 - 2 рази більше опалювальної площі будівлі [5]. Необхідність у великому просторі, незайнятому будовами, Головний недолік горизонтального колектора - необхідність в великій ділянці, незайнятій капітальними будівлями.

Основна перевага – порівняльна простота монтажу і роботи з облаштування коштують трохи дешевше, ніж вартість буріння свердловин, для ґрунтових зондів.



Рисунок 1.2 – Приклад прокладання труб [5]

Тепловий насос має багато переваг. Система гарантовано довговічна [5], сам тепловий насос працює як мінімум 20-25 років (на компресори виробники заявляють експлуатацію не менше 25-ти років), після цього компресор може бути замінений і теплонасосна установка буде продовжувати працювати [5]. Крім того, встановлення теплових насосів абсолютно безпечно - відсутня паливо, вогонь та небезпечні гази. І, звичайно ж, екологічна чистота такої системи. Застосування теплових насосів скорочує потребу в електроенергії [5].

При виборі теплового насосу не варто проектувати потужність обладнання на повне покриття потреби в теплі: кількість морозних днів за сезон зазвичай близько двох-трьох тижнів, рекомендується вибирати тепловий насос з потужністю 60-80% від пікової потужності. Для покриття пікових навантажень можна передбачити резервний котел або використовувати вбудовані ТЕНи [5].

Початкові капіталовкладення в систему опалення (охолодження) на базі теплового насоса досить немаленькі. Але, якщо розглянути ситуацію в розрізі

гарантованого зростання цін на енергоносії, то за рахунок мінімальних експлуатаційних витрат, така система окупить себе в нормальні терміни. Також допоможе економити багатотарифний електролічильник в парі з теплоаккумулятором (буферна ємність) - накопичене тепло за нижчими тарифами в нічний час [5].

1.2 Сонячна теплова енергетика

В наших кліматичних умовах сонячну енергію можна використовувати для створення цілорічних систем тепlopостачання. Такі технічні рішення реалізовані в багатьох країнах, розташованих значно північніше України. Використовуючи сонячні колектори з розрахунку 3,9 м² на людину та за річного виробництва 400 кВт*год з 1 м² сонячного колектора [7], потенціал використання енергії сонця становитиме майже 75 ТВт*год/рік [7]. Прогноз темпів впровадження сонячних колекторів до 2030 року прийнято за даними з прискоренням в період 2030-2050-их. Можна очікувати, що в 2050-му сонячні колектори будуть виробляти 23 ТВт*год/рік теплової енергії, що становитиме лише 30% від технічно доступного потенціалу [7].

1.3 Фотоенергетика

В Україні технічний потенціал сонячного випромінювання, придатний для виробництва електроенергії, оцінюється в 16 ТВт·год/рік [7], що становить близько 3,3 м² фотоелектричних батарей на одного мешканця з виробництвом 100 кВт·год/м²/рік [7]. Навіть якщо житлові будинки оснащені сучасними енергоощадними побутовими приладами, такий обсяг енергії може забезпечити життєво важливі побутові потреби. Прогнозується, що в 2030 році виробництво електроенергії сонячними фотоелектричними установками становитиме 2ТВт·год/рік, а в 2050-му досягне 9 ТВт·год/рік [7].

1.4 Біоенергетика

Біоенергетика – галузь енергетики, заснована на використанні біопалива, яке виробляється з біомаси [8].

Біомаса – біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів [8].

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпортованих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні досі істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 1,78%. Щорічно в Україні для виробництва енергії використовується близько 2 млн. т.у.п./рік біомаси різних видів. На деревину припадає найвищий відсоток використання економічно доцільного потенціалу – 80%, тоді як для інших видів біомаси (за винятком лушпиння соняшника) цей показник на порядок нижче. Найменш активно (на рівні 1%) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур та ріпаку [8].

В Україні щорічно збирається понад 50 млн. т зернових культур [8]. У значних обсягах солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн. т, а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд. м. куб. природного газу [8].

Для визначення виходу соломи і рослинних залишків використовують коефіцієнт відходів - відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна. За різними оцінками, на кожен тону зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи або рослинних залишків. 50-60% соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику

залишаються на полях після збирання врожаю [8]. Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети і використовується для опалення. На 14 підприємствах олійної промисловості спалюється понад 500 тис. т лушпиння соняшнику і 120 тис. т його гранулюється [8].

Лісистість території України становить близько 16% її загальної площі. Щорічно заготовлюється 16-17 млн.м ділової деревини; відходи переробки деревини складають до 10 млн. м. куб. На даний час близько 70% відходів деревини у вигляді тирси, трісок, пелет і брикетів використовується як біопаливо [8].

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ БУДІВЛІ

2.1 Характеристика об'єкта енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є виробнича будівля підприємства ТОВ «Сумська насосна техніка» (рис.2.1).

Адреса будівлі: м Суми, вул. Машинобудівник,1.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд виробничої будівлі

ТОВ «Сумська насосна техніка» є розробником і виробником цілої гамми насосних агрегатів, які застосовуються у гірничій, металургійній та інших сферах легкої та важкої промисловості.

Будинок складається із однієї будівлі. Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює ТОВ «Сумська насосна техніка». Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний-схід.

Технічні характеристики будинку згідно наданої інформації:

- призначення будівлі виробнича будівля;
- рік побудови 2005 р.;

- кількість поверхів 1 поверх;
- площа забудови 1140 м²;
- опалювальна площа 1000 м²;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 3840 м³;
- опалювальний об'єм 3790 м³

Склад людей: в будівлі знаходиться 10 працівників підприємства

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-нд.

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17⁰⁰

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

На території підприємства цілодобово чергує охоронець.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення.

Водопостачання та водовідведення підприємства здійснюється централізовано.

Забезпечення будинку гарячою водою не здійснюється.

2.2 Опис дійсного стану будівлі

Технічний стан будівельних конструкцій будівлі наведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічний стан будівельних конструкцій виробничої будівлі

№ п/п	Найменування частин будинку	Коротка технічна характеристика	Товщина, мм	Загальний стан та зауваження
1	Фундамент	Збірні залізобетонні та бетонні блоки	200	Відповідає вимогам проектної документації. Тріщин виявлено не було

Продовження табл. 2.1

2	Зовнішня частина стін	Глиняна цегла	550	Цементний розчин вимився під дією зовнішніх погодних умов
3	Внутрішня частина стін	Цегляна кладка, оштукатурена	300	Відповідає вимогам проектної документації.
4	Перекриття	Збірні залізобетонні плити розмірами 1,5×10м, піщано-цементна	220	Відповідає вимогам проектної документації.
5	Покриття	Шиферне перекриття з захисним шаром керамзиту	50	Відповідає вимогам проектної документації
6	Перегородки	Цегляні, оштукатурені, побілені	150	Відповідає вимогам проектної документації.
7	Підлога	Цемент, лінолеум, залізобетон	232	Відповідає вимогам проектної документації
8	Вікна	Металопластикові	70	Відповідає вимогам проектної документації
9	Двері	Дерев'яні	90	Відповідає вимогам проектної документації

2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

2.3.1 Система опалення

Система опалення виробничої будівлі – автономна. Дане приміщення обігривається за допомогою твердопаливного котла типу ЕК3G (рис 2.2). Даний котел встановлений в окремому приміщенні, яке знаходиться в підвалі. Паливом для котла слугують дерев'яні брикети. В якості теплоносія використовується підготовлена вода. В будівлі встановлені чугунні радіатори, по 8 секцій кожний. Рух теплоносія по

трубам та опалювальним приладам відбувається завдяки використанню циркуляційного насосу.



Рисунок 2.2 – Твердопаливний котел типу EK3G [9]

2.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є АТ «Сумиобленерго» на підставі Договору №8741/47 про постачання електричної енергії від 22.05.2019 р.

Подача електроенергії відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться за територією будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 380 кВ.

До основних споживачів електроенергії можна віднести систему освітлення, станки, електродвигуни, прилади опалення (обігрівачі), зварювальні пристрої.

2.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання та водовідведення виробничої будівлі здійснюється централізовано комунальним підприємством КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору №852/7. Вода до будинку подається по металевій трубі $\varnothing 100$ мм. Тиск води на вході в будинок $P \approx 0,4 \text{ МПа}$.

Водовідведення відбувається по металевій трубі $\varnothing 80$ мм до каналізаційної мережі.

Циркуляція води відбувається від тиску в мережах. Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

2.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у будівлі.

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Видалення вентиляованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях.

Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

2.4 Система обліку енергоносіїв

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 2.3), термін повірки - 22 серпня 2019 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.



Рисунок 2.3 – Лічильник електричної енергії [10]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [10]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжпівірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником типу NOVATOR (рис.2.4).



Рисунок 2.4 – Лічильник обліку холодної води [11]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики лічильника [11]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1 МПа
Максимальна витрата	3 м ³ /год

Продовження таблиці 2.3

Номінальна витрата	1,5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,03 м ³ /год
Міжпіврічний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний/вертикальний

Термін повірки – 24 липня 2019 року.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

2.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 29.05.2020р. тарифи на енергоносії та воду становлять:

дерев'яні брикети – 4100грн/т;

електрична енергія: 2,72 грн/ кВт·год;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

2.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

2.6.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії по місяцям за 2017, 2018 і 2019 роки наведені в таблиці 2.4 та на рисунку 2.5.

Таблиця 2.4 – Споживання електроенергії за 2017 – 2019 роки. , кВт·год /міс

Місяць	Рік		
	2017	2018	2019
	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Січень	5970	5490	5214
Лютий	10020	8126	7987
Березень	6930	8430	8124
Квітень	7110	5490	5258
Травень	3100	3373	3547
Червень	3070	3425	3254
Липень	3010	3270	2998
Серпень	3450	2681	2589
Вересень	2896	2590	2581
Жовтень	2105	4080	4005
Листопад	3662	4770	4812
Грудень	7394	7080	7154
Всього	57111	60841	57523

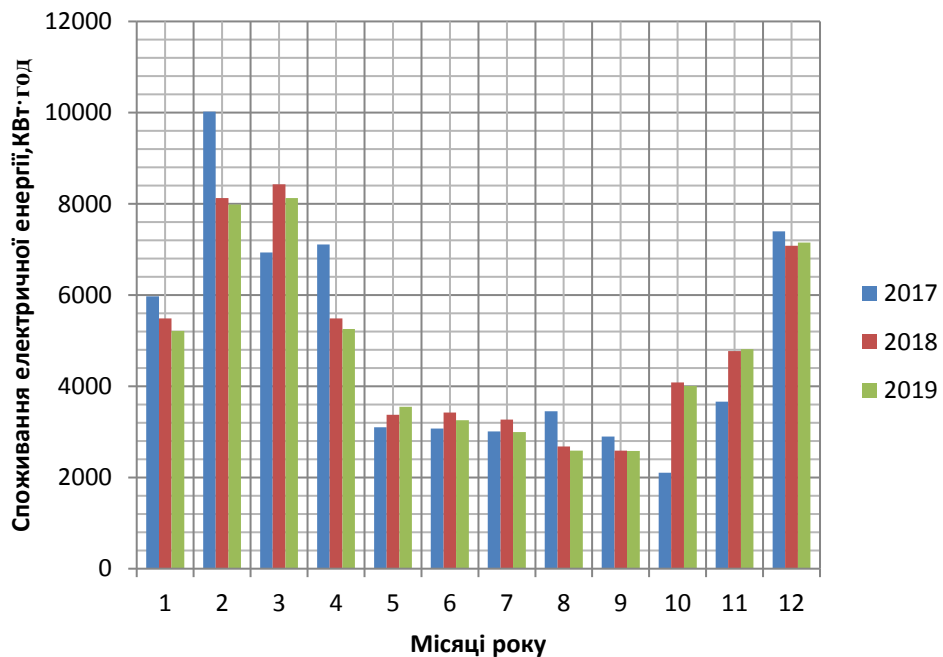


Рисунок 2.5 – Споживання електричної енергії в 2017 – 2019 рр.

Згідно графіка ми бачимо, що споживання електроенергії за роками майже не змінюється, оскільки основне енергоспоживаюче обладнання працює в більш-менш сталому режимі, що проілюстровано на графіку.

В літні місяці рівень споживання електричної енергії зменшується. Це можна пояснити тим, що в теплу пору року збільшується світловий день, а, отже, зменшується рівень споживання електроенергії на освітлення приміщень.

2.6.2 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання холодної води по місяцям за 2017, 2018 і 2019 роки наведені в таблиці 2.5 та на рисунку 2.6.

Таблиця 2.5 – Обсяги споживання холодної води за 2017-2019 роки, м³

Місяць	2017 рік	2018 рік	2019 рік
	м ³	м ³	м ³
Січень	24	24	23
Лютий	22	24	22
Березень	23	23	21
Квітень	22	22	22
Травень	21	25	24
Червень	22	25	23
Липень	24	23	25
Серпень	23	25	26
Вересень	28	28	27
Жовтень	27	28	27
Листопад	32	27	24
Грудень	31	30	30
Всього	299	304	294

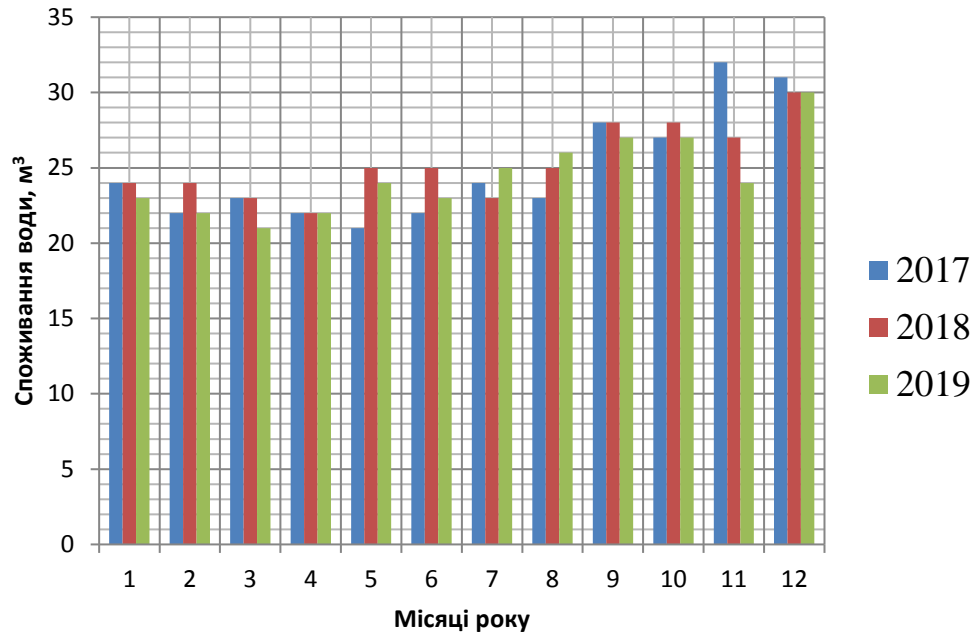


Рисунок 2.6 – Графік споживання води за 2017-2019 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з тим, що у літній період значна кількість працівників йде у відпустку.

З початком настання осені рівень споживання води збільшується.

В зимові місяці рівень споживання найбільший. Це пов'язано з тим, що в даний момент підприємство працює в дві зміни.

2.7 Розрахунок теплової потужності будівлі

Розрахунок термічного опору огороджувючих конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувючих конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K / W$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на $3^{\circ}C$ та більше, обов'язкове виконання умови [12]:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min} \quad (2.1)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції чи непрозорій частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції чи непрозорій частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно з табл. 7 [12] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища і теплової інерції огорожувальних конструкцій D , що розраховується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_i, \quad (2.2)$$

де R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.3)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, що приймають згідно з табл. 8, [5];

s_i – коефіцієнт теплосвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що приймають згідно з табл. 8, [5];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорій огорожуючої конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.4)$$

де α_6, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), які приймаються згідно з табл. 9, [12];
 λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з табл. 8, Вт/(м·К), [12];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.3), м²·К/Вт;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по табл. 7, [12].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{nz} , (м²·°С)/Вт визначається за формулами:

$$\text{I зона - } R_{nz}^I = R_0^I + \sum R_n ;$$

$$\text{II зона - } R_{nz}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n ;$$

$$\text{III зона - } R_{nz}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (2.5)$$

$$\text{IV зона - } R_{nz}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n ;$$

де: $R_0^I, R_0^{II}, R_0^{III}, R_0^{IV}$ - значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, (м²·°С)/Вт, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$ - сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, (м²·°С)/Вт.

Величина $\sum R_n$ розраховується по рівнянню:

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.6)$$

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го прошарку, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Розрахунок тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_{\text{д}} + \Sigma Q_{\text{інф}}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де ΣQ_0 – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{\text{д}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{\text{інф}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги):

$$Q_0 = \frac{F_{\text{озп}}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де $F_{\text{озп}}$ – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, м^2 ;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків R_{qmin}), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ /Вт;

t_6, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C ;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, (Таблиця 12) [5].

У відповідності з (2.8), основні тепловтрати крізь підлоги $Q_{ндл}$ розраховуються як:

$$Q_{ндл} = \left(\frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_в - t_{zp}), \text{ Вт} \quad (2.9)$$

де $R_{n2}^I, R_{n2}^{II}, R_{n2}^{III}, R_{n2}^{IV}$ - термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, м^2 ;

$t_в, t_{zp}$ - відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту $t_{zp}=+4^\circ\text{C}$);

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

де $\Sigma Q_{ст}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{з.д}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\Sigma Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожуючі конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$Q_{op}^{\partial} = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

де Q_{cm} – тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу:

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати $\beta_{op}=0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

де $Q_{з.д}$ - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), Вт;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, що має значення:

- для одинарних дверей (воріт) для виробничих будинків $\beta_{откр}=3$;

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$Q_{пдл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{пдл}, \text{ Вт} \quad (2.13)$$

де $Q_{пдл}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги

$$\sum Q_{ndl}^{\partial} = \sum_i^n Q_{i.ndl}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.14)$$

де $Q_{i.ndl}^{\partial}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги по кожному приміщенню, Вт;

n – кількість приміщень де є неутеплені підлоги, для яких розраховано значення $Q_{i.ndl}^{\partial}$.

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення розраховуються для тих приміщень у яких висота стелі перевищує 4 м. Для сходових клітин цей вид тепловтрат не враховується.

$$Q_e^{\partial} = 0,02 \cdot Q_{cm}, \text{ Вт} \quad (2.15)$$

де Q_{cm} – втрати теплоти через стіни, Вт.

Тоді сумарні тепловтрати по висоті приміщень

$$\sum Q_e^{\partial} = \sum_i^n Q_{i.e}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

де $Q_{i.e}^{\partial}$ – втрати теплоти по висоті, по кожному приміщенню, Вт;

n – кількість приміщень, для яких розраховано значення $Q_{i.e}^{\partial}$.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{op}^{\partial} + \sum Q_{z.d}^{\partial} + \sum Q_{ndl}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

де $\sum Q_{op}^{\partial}$ – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_{z.d}^{\partial}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт;

$\Sigma Q_{\text{подл}}^{\text{д}}$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{С}$;

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{С}$;

$G_{\text{н.вкн}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, (Таблиця 13);

$F_{\text{вкн}}$ – площа віконного прорізу, м^2 .

$n_{\text{в}}$ – кількість однотипових вікон.

Сумарні тепловтрати через нещільності світлових прорізів

$$\Sigma Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = \Sigma_i^n Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

де $Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}$ – втрати теплоти на інфільтрацію, обчислені по кожному світловому прорізу в приміщенні, Вт;

n – кількість світлових прорізів, для яких розраховано значення $Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{з.д}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \text{ Вт} \quad (2.20)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{С}$;

t_6, t_3 - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{з.д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, кг/год

$$G_{з.д} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.21)$$

де $b_{н.д}$ – ширина встановленої дверної нещільності (приймається 0,005 м);

$L_{н.д}$ – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м;

$v_{ср.н.д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається 0,5 м/с);

m_n – маса 1 м³ повітря, рівна 1,3 кг.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = \sum Q_{вкн}^{инф} + \sum Q_{з.д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат $\sum Q_{втр}$ по формулі (3.7)

Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт (Таблиця 14);

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.24)$$

де $N_{ел}$ – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

k_{II} – коефіцієнт завантаження ($k_{II}=0,9$);

η – ККД електроустаткування (приймається 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ($k_T=0,9$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію ($k_c=0,15$).

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (2.25)$$

де $N_{л}$ – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення – $k_{осв}=0,95$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення (за умовою завдання до курсової роботи);

$n_{л}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад} + Q_{м}, \text{ Вт} \quad (2.26)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (2.27)$$

де $\Sigma Q_{втр}$ - сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

ΣQ_{mi} - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Вихідні дані та результати розрахунку наведені в таблицях 2.6,2.7,2,8.

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [13].

Excel - це широко поширена комп'ютерна програма. Потрібна вона для проведення розрахунків, аналізу даних, прогнозування, складання графіків погашення, таблиць і діаграм, обчислення простих і складних функцій. Є складовою пакету Microsoft Office. Потрібна вона, в першу чергу, бухгалтерам, аналітикам і економістам і усім, хто робить розрахунки. Є великою таблицею, в яку можна вносити дані, тобто друкувати слова і цифри. Також, використовуючи функції цієї програми, можна робити з цифрами різні маніпуляції: складати, віднімати, множити, ділити, здійснювати консолідацію даних, автоматизувати звіти, робити складні масиви даних які автоматично оновлюватимуться при грамотному складанні [13].

Таблиця 2.6 – Значення вихідних даних

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$
1	Зовнішні стіни	Глиняна цегла на цементно-піщаному розчині	0,55	0,7
		Штукатурка	0,02	0,7
2	Стеля	Залізобетон	0,2	1,92
		Цементно-піщаний розчин	0,1	0,7
		Керамзит	0,15	0,12
3	Підлога	Цементно-піщаний розчин	0,03	0,7
		Залізобетонна плита	0,2	1,92
		Лінолеум	0,002	0,38

Таблиця 2.7 - Значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q\ min}$, м ² ·К/Вт	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$, м ² ·К/Вт
Зовнішня стіна	3,3	0,98
Стеля:	4,95	2
Вікна	0,75	0,52
Двері	0,65	0,29
Підлога	3,75	0,4

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі			
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{втр}$, Вт	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{тн}$, Вт	Величина теплової потужності ΔQ , Вт
Виробнича будівля	99532,8	45111	54421,8

2.8 Запровадження альтернативних джерел енергії на об'єкті енергетичного обстеження

2.8.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення

Тепловий насос, що забезпечує необхідну роботу систему тепlopостачання, повинен мати достатній робочий діапазон та потужність для випадків, коли система споживає як мінімум теплової енергії, так і її максимум.

Розрахунок проводимо за методикою [14].

Опалювальна площа будинку: $F_h = 1000 \text{ м}^2$.

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб оплення, з урахуванням годин його роботи:

$$P_{mn} = \frac{54421,8 \cdot 24}{(20 + 2)} = 59369,2 \text{ Вт.}$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{59369,2 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 1,45 \text{ м}^3 = 1450 \text{ л}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса
Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса
знайдемо за формулою:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{ТН}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.1)$$

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса.

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів).

φ - коефіцієнт перетворення ТН [14].

$$L_c = \frac{59369,2}{50} \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 950 \text{ м}$$

Кількість зондів вибрано $n=20$. Отже довжина одного зонду $L=48$ м.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE (рис.2.1) [15] .



Рисунок 2.1 – Тепловий насос NIBE

NIBE 1345-60 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [15].

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 15604$ євро [15] (Станом на 03.11.2020 року 1 євро= 33,38 грн.) Тоді $K = 15604 \cdot 33,38 = 520861,5$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 10 % від його вартості:

$$K = 520861,5 \cdot 1,1 = 572947,7 \text{ грн.}$$

Даний проект спрямований на повну відмову у використанні твердопаливного котла на опалення будівлі.

За 2019 рік було спожито близько 40 тонн брикетів. В грошовому еквіваленті це складає:

$$\Delta E = 40 \cdot 4100 = 164000 \text{ грн}$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{572947,7}{164000} = 3,5 \text{ років.}$$

2.8.2 Встановлення вітрової установки для виробництва електричної енергії

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання.

Розрахунок проводимо за методикою [16].

Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії необхідно 168,2 кВт·год електричної енергії на добу (згідно даних таблиці 2.4)

Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20%.

$$P^{заг} = 168,2 \cdot 1,2 = 201,84 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Для цих цілей чудово підійшов би генератор EuroWind 20, але він розрахований на вищі середні швидкості вітру, як і інші потужні генератори (EuroWind 15, 20, 30, 50). Тому ми віддамо перевагу двом генераторам EuroWind 10 (рис 2.3), які працюватимуть в одній системі, замість одного генератора EuroWind 20. Тим паче, що вільне місце для установки вітрогенератора в даному випадку не критично - є вільна площа навколо будівлі.

Технічні характеристики даного типу вітрогенератора [16]:

Потужність: 10 кВт

Номінальна напруга: 220В (вбудований випрямляч)

Маса генератора: 3465 кг

Кількість лопатей: 3 шт.

Стартова швидкість: 2 м/с

Номінальна швидкість: 12м/с.



Рисунок 2.3 – Вітрогенератор EuroWind 10

Виконаємо підбір акумулятора.

У цьому комплексі практично відсутні великі перерви у використанні електроенергії, а постійні вітри підтримують рівномірний рівень заряду акумуляторів.

В цьому випадку потрібні акумулятори, які будуть своєрідним "буфером" між генератором і інвертором. Їх головне завдання полягатиме в стабілізації і випрямленні напруги, а не накопиченні електроенергії [16].

Генератор EuroWind 10 має напругу 240 Вольт, тому йому потрібно 20 акумуляторів з напругою 12 Вольт ($12\text{В} \cdot 20 = 240\text{В}$) [16]. Одна акумуляторна батарея 12В 150Ач здатна зберегти до 1,8 кВт електроенергії. Двадцять таких батарей можуть зберегти до 36 кВт ($1800\text{Вт} \cdot 20 = 36000\text{Вт}$). Запасу електроенергії в 36 кВт повинно вистачити майже на 5 годин безперервної роботи при середньому навантаженні при повній відсутності вітру. Для цього нам підійдуть 20 акумуляторних батарей 12В з місткістю 150Ач [16].

Для резервного забезпечення теплового насоса можна встановити трифазну бензинову або дизельну електростанцію потужністю 4 кВт, оскільки громадська електромережа не зможе забезпечити трифазний струм для резервного живлення теплонасоса [16].

Вартість двох вітрових установок, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 16000$ євро [16] (Станом на 03.11.2020 року 1 євро = 33,38 грн.) Тоді $K = 27000 \cdot 33,38 = 901260$ грн.

Монтаж установки складає 10 % від її вартості:

$$K = 901260 \cdot 1,1 = 991386 \text{грн.}$$

Даний проект спрямований на повну відмову у використанні електричної енергії.

За 2019 рік було спожито близько 57523 КВт/год електричної енергії. В грошовому еквіваленті це складає:

$$\Delta E = 57523 \cdot 2,72 = 156462,6 \text{ грн}$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{991386}{154462,6} = 6,4 \text{ років.}$$

В результаті розрахунків ми підібрали тепловий насос, який забезпечує теплом та гарячою водою всю будівлю в повному обсязі, а також встановлення вітрової установки для забезпечення електричною енергією.

Саме дані відновлювані джерела енергії роблять будівлю енергонезалежним та комфортним для умов праці.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі

При обслуговуванні систем енергопостачання будівлі на персонал можуть впливати ряд небезпечних і шкідливих факторів:

1. фізичні (параметри мікроклімату, недостатнє освітлення, рівень шуму, вібрація, випромінювання, ураження електричним струмом, пожежна небезпека, небезпека вибуху);
2. психофізіологічні (нервово-психічні перевантаження).

Виходячи з цього, слід надати велику увагу забезпеченню безпеки роботи устаткування, електробезпеки, нормативних метеорологічних умов на робочих місцях та забезпеченню необхідного рівня освітленості.

Термічна небезпека

Термічні чинники, які характеризуються тепловою енергією і аномальною температурою є температура нагрітих і охолоджених предметів і поверхонь, температура відкритого вогню й пожежі. При обстеженні виявилось, що термічну небезпеку несуть опалювальні прилади та трубопроводи, а також твердопаливний котел. Це може призвести до опіків, так як температура деяких нагрітих поверхонь може сягати 100°C. Для захисту від термічного ураження потрібно дотримуватися правил з техніки безпеки.

Електрична небезпека

При експлуатації і ремонті електричного обладнання і мереж людина може опинитись в зоні дії електричного поля в безпосередньому дотику з провідниками електричного току, що знаходяться під напругою [17]. В результаті проходження струму через людину може статися порушення його життєвих функцій [17].

Електричний струм, проходячи через тіло людини, може спричинити біологічний, тепловий, хімічний та механічний вплив [17].

Біологічний вплив полягає в здатності електричного струму дратувати і порушувати тканини організму, тепловий - викликати опіки тіла, хімічний - викликати електроліз крові, а механічний - спричиняти розрив тканин [17].

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від ряду факторів: значень сили струму, напруги дотику, електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму, індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища [17].

Вплив шкідливих речовин на організм людини

При експлуатації обладнання і в ряді технологічних процесів відбуваються виділення різних шкідливих речовин. Шкідливими є речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення від стану здоров'я, які виявляються сучасними методами як у процесі роботи, так і в окремі періоди життя теперішнього і наступних поколінь.

Всі шкідливі речовини поділяють на хімічні речовини і виробничий пил.

За способом утворення розрізняють аерозолі конденсації (випаровування і подальша конденсація нагрівання металів при зварюванні) і дезінтеграція, по проходженню аерозолі можуть бути органічного, неорганічного і змішаного походження. За дисперсності аерозолі діляться на видимі (розмір часток більше 10 мікрон), мікроскопічні (розмір часток 10 -0,25 мкм, ультрамікроскопічні (розмір частинок менше 0,25 мкм) [17].

Виробничий пил зустрічається найрізноманітніших видів: мінеральний, наждачний, вугільний тощо [17].

3.2 Права та обов'язки обслуговуючого персоналу

Основні права обслуговуючого персоналу [18]:

– розірвання трудового договору за власним бажанням, якщо адміністрація підприємства не виконує законодавства про охорону праці, умови колективного договору з цих питань і на вихідну допомогу, в цьому випадку, в розмірі, трьохмісячного заробітку;

– внесення пропозицій до Угоди про охорону праці між адміністрацією й комітетом профспілки про поліпшення умов праці, виробничої санітарії, техніки безпеки на робочому місці;

– відшкодування підприємством заподіяної шкоди: каліцтва або іншого ушкодження здоров'я, пов'язаного з виконанням трудових обов'язків;

– відшкодування моральної шкоди, якщо небезпечні або шкідливі умови праці призвели до моральної втрати потерпілого, порушення його нормальних життєвих зв'язків, вимагають від нього додаткових зусиль для організації свого життя;

– заохочення за успіхи в праці;

– профвідпустку, тривалість якої визначається з розрахунку 2 календарних дні за 1 відпрацьований місяць, а у випадку невідкладної необхідності – на відпустку без збереження зарплати або на відпустку в рахунок тарифної;

– звернення з приводу трудових спорів з адміністрацією до комісії з трудових спорів, а також до районного суду;

– інформацію про умови праці, наявність на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

– відмову від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для життя або здоров'я працівника чи інших людей або навколишньому середовищу (якщо факт такої ситуації підтверджується спеціалістом з охорони праці школи з участю представника профспілки й уповноваженого трудового колективу, а в разі виникнення конфлікту – відповідним органом державного нагляду за охороною праці з участю представника профспілки;

– обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань.

Основні обов'язки обслуговуючого персоналу [18]:

– обслуговувати твердопаливний котел який працює на твердому паливі (розпалювання, пуск і зупинка) котла, живлення їх водою, регулювання горіння палива, спостереження за контрольно-вимірювальними

– вести облік основних показників поточної експлуатації і при прийнятті та здачі зміни робити відповідні записи у спеціальному журналі;

– щорічно проходити перепідготовку (навчання й перевірку знань) з отриманням висновку комісії, що приймає екзамени;

– чітко виконувати вимоги Правил техніки безпеки в котельні, Правил виробничої санітарії, режиму праці й відпочинку;

– співпрацювати з адміністрацією в справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильні заходи щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю або оточуючих його людей та навколишньому природному середовищу, повідомляти про небезпеку завідуючого господарством або директора.

– проходити в установленому порядку попередні та періодичні медичні огляди і мати особову медичну книжку;

– нести матеріальну відповідальність у встановленому законом порядку за шкоду, заподіяну внаслідок порушення покладених на нього трудових обов'язків.

У випадку виникнення пожежі зобов'язаний:

– негайно повідомити про пожежу в пожежну частину (тел. 101);

– одночасно негайно приступити до гасіння пожежі своїми силами й засобами пожежегасіння.

– здавати роботу зміннику, який хворий або знаходиться у нетверезому стані.

3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом

Насамперед необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму. При цьому бажано вимкнути електроенергію у приміщенні. Якщо з якоїсь причини це зробити неможливо, спробуйте звільнити потерпілого від дії

електричного струму, використовуючи сухий одяг чи мотузки, шкіряні або гумові рукавички тощо.

Необхідно негайно викликати швидку медичну допомогу [19].

Після того, як дію електричного струму припинено, потерпілого необхідно покласти у горизонтальне положення. У разі загальних проявів ураження потерпілого необхідно заспокоїти, дати болезаспокійливі ліки (0,25 г амідопіріну, 0,25 г анальгіну), заспокійливі (настоянка валеріани, мікстура Бехтерева). На опікову рану накласти пов'язку, змочену розчином фурациліну (1:1000) [19].

Необхідно пам'ятати, що загальний стан потерпілого може різко погіршитися у найближчі години після травми: виникають порушення кровопостачання серцевого м'яза (стенокардія, інфаркт міокарду), з'являються ознаки повторного шоку тощо. Подібні явища іноді спостерігають у потерпілого з найлегшими загальними проявами (головний біль, загальна слабкість) [19].

При тяжких загальних проявах ураження електричним струмом, що супроводжуються розладами чи зупинкою дихання, розвитком летаргії, слід почати негайно робити штучне дихання і зовнішній (непрямий) масаж серця, доки потерпілий не опритомніє.

Якщо серце працює, штучне дихання швидко поліпшить стан потерпілого, шкірні покриви набудуть природного забарвлення, з'явиться пульс, артеріальний тиск. Найефективніше штучне дихання рот у рот (16-20 видихів на хвилину). Найзручніше його проводити за допомогою трубки чи повітропроводу [24].

У разі зупинки серця необхідно негайно провести штучне дихання і зовнішній масаж серця з частотою 50-70 натиснень на грудну клітину за хвилину. Про ефективність масажу свідчить поява пульсу у сонних артеріях. При поєднанні штучного дихання і масажу після кожного вдихання повітря у легені необхідно робити 5 або 6 натиснень на ділянку серця під час видиху. Масаж серця і штучне дихання рекомендовано продовжувати до повного відновлення функцій організму чи появи виражених ознак смерті.

При опіку I ступеня потерпілого необхідно заспокоїти, дати йому випити теплого чаю, настоянки валеріани й анальгін, на опікову рану накласти пов'язку, змочену розчином фурациліну (1:1000).

При опіку II ступеня вибір заходів першої долікарської допомоги залежить від стану гемодинаміки (сукупності процесів руху крові у серцево-судинній системі). Якщо у потерпілого немає артеріальної гіпотензії й аритмії, проводять такі самі заходи, як і при опіках I ступеня, однак усі лікарські засоби вводять внутрішньо м'язово.

При опіках III і IV ступенів проводять первинну реанімацію у стандартній послідовності: звільнення верхніх дихальних шляхів і підтримка їх вільної прохідності, штучна вентиляція легень, закритий масаж серця. У такому разі потерпілого обов'язково госпіталізують у хірургічне відділення лікарні.

ВИСНОВКИ

Об'єктом енергетичного обстеження при виконанні магістерської роботи була виробнича будівля ТОВ «Сумська насосна техніка» за адресою вул.Машинобудівників,1.

Енергетичне обстеження проводилось у два етапи. На першому було проведено обстеження дійсного стану конструктивних елементів будівлі, а також ознайомлення з роботою основних енергетичних систем та приладами обліку енергоресурсів.

На другому етапі було зібрано необхідні дані про обсяги споживання енергоресурсів та були розраховані всі види тепловтрат та теплонадходжень по будівлі.

Теплова потужність будівлі згідно розрахунків склала $\Delta Q = 54421,8$ Вт.

З метою відмови від використання твердопаливного котла запропоновано встановлення теплового насоса для потреб опалення:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 572947,7$ грн;
- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 164000$ грн;
- термін окупності $T_{ок} = 3,5$ роки.

Запропоновано встановлення автономного джерела виробництва електричної енергії у вигляді вітрової установки.

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 991386$ грн;
- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 156462,6$ грн;
- термін окупності $T_{ок} = 6,4$ роки.

В розділі ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ розглянуті питання:

- 1) Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі.
- 2) Права та обов'язки обслуговуючого персоналу.
- 3) Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комплексна програма наукових досліджень НАН України «Науково технічні основи вирішення проблем енергозбереження» [електронний ресурс] Режим посилання: www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas
2. Сутність та особливості державного управління в сфері енергоефективності [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1889>
3. Альтернативні джерела енергії для приватного будинку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eenergy.com.ua/technology/alternatyvni-dzherela-energiyi-dlya-budynku/>
4. Альтернативне опалення [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://opalennia.com/alternativne-opalennya-ibud-ua/>
5. Тепловий насос [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tteh.com.ua/pub.php?id=15&lang=ukr>
6. Теплові насоси. Критерії вибору [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vsviti.com.ua/prnews/tecq/80763>
7. Енергозабезпечення України: погляд у 2050 рік [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uahe.net.ua/articles-ua/333-energozabezpechennya-ukrajini-poglyad-u-2050-rik.html>
8. Біоенергетика [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.knuba.edu.ua/ukr/wp-content/uploads/2016/10>
9. Твердопаливні котли [електронний ресурс] Режим посилання: <https://energyservice.com.ua/ua/produktsiya/tverdoplivnyye-kotly/unit-ek3g-prom-ua>
9. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
10. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>

11. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.

12. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

13. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://innovation-center.com.ua/uk/novyny/88-dlya-chogo-potriben-excel>

14. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: konomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/teplovi-nasosy-nibe/gruntovi-teplovi-nasosy-pompy-nibe/nibe-f1345-gruntovyj-teplovij-nasos/nibe-f1345-60-kvt/

15. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: https://aqua-rmnt.com/otoplenie/alt_otoplenie/teplovoj-nasos-voda-voda.html

16. Вітрогенератор [електронний ресурс] Режим посилання: http://ecost.lviv.ua/ua/osnov_parametr.html

17. Конспект лекцій з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів спеціальності 7.05050201 «Технологія машинобудування» заочної форми навчання / Укладач: Толлок А.О. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015р. - 65 с.

18. Посадові інструкції обслуговуючого персоналу – 2019.-5с.

19. Дії при ураженні людини електричним струмом [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.sop.com.ua/article/592-dopomoga-pri-urajenn-strumom>