

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: "Аналіз ефективності енергозабезпечення легкоатлетичного  
манежу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження"

Напрямок підготовки 144 "Теплоенергетика"  
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Рибалка Максим Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

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

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Сапожніков С. В.  
(прізвище і ініціали)

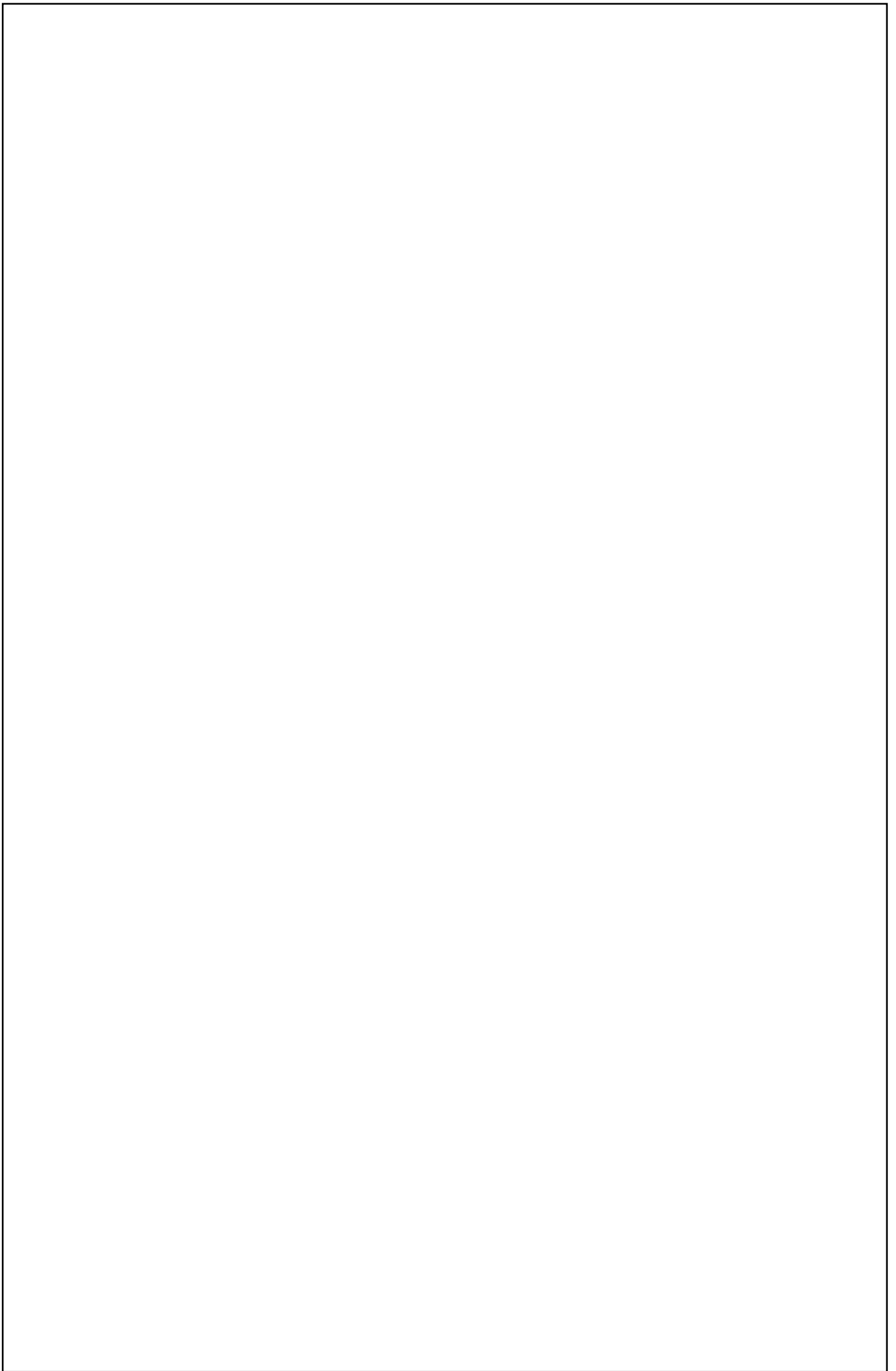
доцент каф. ПГМ  
(наукова ступінь, звання або посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Секретар комісії \_\_\_\_\_

(підпис)

Суми 2020



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 76 с., 16 рис., 13 табл., 25 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: систем тепло-, водо-, газо- та електропостачання, освітлення і вентиляції, каналізації у будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ, що знаходиться за адресою: 40000, Сумська область, м. Суми, вул. Прокоф'єва, 38/1.

Метою роботи є розробка організаційних та технічних заходів із енергозбереження та їх фінансова оцінка.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту (1 ф. А3), Легкоатлетичний манеж СумДУ. Адміністративна частина. Перший поверх (1 ф. А3), заходи з енергозбереження (1 ф. А3), зведені дані термічних опорів і тепловтрат досліджуваного об'єкту (1 ф. А3) – всього 4 аркуші формату А3.

Наведено опис систем теплопостачання, електропостачання, вентиляції, водопостачання та водовідведення, опис необхідного обладнання для проведення енергетичного обстеження, необхідні теплові розрахунки, фінансова оцінка та обґрунтування заходів із енергозбереження.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи "Аналіз ефективності енергозабезпечення легкоатлетичного манежу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження".

## ЗМІСТ

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

### РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про об’єкт енергетичного обстеження .....	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі .....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об’єкта..	15
1.3.1 Система опалення.....	15
1.3.2 Система електропостачання.....	19
1.3.3 Система водопостачання.....	21
1.3.4 Система каналізації.....	24
1.3.5 Система вентиляції.....	24
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	24
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	25
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	30
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	30
2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження.....	34
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	35
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	35
3.2 Тепловий розрахунок будівлі.....	44
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	53
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	53
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	53
4.2.1 Утеплення зовнішніх стін.....	53
4.2.2 Утеплення даху.....	58
4.2.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

					6.144.03 БР 00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз ефективності енергозабезпечення легкоатлетичного манежу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження. <small>ПОВІДОМЛЕННЯ ЗАПИСА</small>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Рибалка				4	76	
Перевір.		Сапожніков				СумДУ, ЕМ-61		
Н. контр.		Сапожніков						
Затв.								

## ВСТУП

Завдання підвищення ефективності використання енергії господарстві – це найактуальніша проблема енергетики України.

Теплозабезпечення в Україні являє собою господарство, яке характеризується досить великим ступенем зношеності фізично та морально застарілого існуючого обладнання. Крім втрат тепла, з витратою теплоносіїв щорічно втрачаються тисячі кубометрів гарячої води. Контроль технічного стану, режимів роботи теплозабезпечення знаходиться на недостатньому рівні, аналіз аварій та відмов не проводиться, витрати теплоносія на порядок перевищують нормативні показники.

Для Сумської області ця проблема стоїть надзвичайно гостро. Область забезпечена власними енергоресурсами лише на 20% і на 15% – власними електрогенеруючими потужностями електростанцій. Наростити видобуток власних енергоресурсів і виробництво електроенергії до потрібних об'ємів у недалекому майбутньому не видається можливим через обмеженість фінансових ресурсів.

У Сумській області налічується більше трьох тисяч об'єктів бюджетної сфери. Споживання енергії бюджетними установами і підприємствами складає близько 20 млн. у.о./рік. Таким чином, бюджетна сфера є вагомим споживачем енергоносіїв. Соціальна значущість бюджетної сфери та її недостатнє фінансування гостро ставить проблему раціонального споживання енергоресурсів, їх обліку та економії .

Першим етапом процесу економії енергії є проведення комплексного енергетичного обстеження об'єкта (енергоаудит) і розробка на його основі економічно доцільних заходів щодо економії енергії.

Відповідно до наказу Держкоменергозбереження від 15.09.99 № 78, енергетичні обстеження бюджетних установ та організацій проводяться з метою визначення ефективності використання енергоносіїв та встановлення

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

обґрунтованих обсягів їх споживання для визначення доцільності впровадження енергоощадних заходів при застосуванні механізмів скорочення енергоспоживання. [2]

Енергетичне обстеження проводиться у відповідності з Програмою підвищення енергоефективності використання енергії в бюджетній сфері та житлово-комунальному господарстві м. Суми.

Енергетичне обстеження є пошуком шляхів зменшення обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), визначення потенціалу енергозбереження в її структурних підрозділах та зменшення навантаження на міський бюджет.

Тому саме в сфері теплопостачання необхідно вести політику покращення та модернізації. Україна знаходиться в досить суворих кліматичних умовах, отже теплозабезпечення є важливою галуззю, якій на даний момент часу необхідна допомога та реформація через її запущеність.

Основними напрямками розвитку систем теплопостачання є: планування теплопостачання, розроблення та реалізація схем теплопостачання міст та інших населених пунктів України, строк дії яких має бути не менше 5-7 років на основі оптимального поєднання централізованих та децентралізованих систем теплопостачання; впровадження когенераційних установок, у тому числі на базі діючих опалювальних котелень; використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, у тому числі енергії сонця, вітру, біогазу, геотермальних вод, відходів виробництва; впровадження високоефективного теплоенергетичного обладнання і матеріалів у новостворюваних та діючих системах теплопостачання тощо. Всі ці напрямки розглядаються згідно з законом України про теплопостачання №28 ст.373 2005р. [3]

Значною проблемою є відсутність надійних даних зі споживання теплової енергії. Існуюча інформація ґрунтується переважно на нормативному споживанні або оціночних даних. Точне визначення потреб кінцевих користувачів та детальні моделі споживання спростять і

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

оптимізують процеси проектування, розробки та удосконалення систем теплопостачання, а також сприятимуть плануванню інвестицій.

Забезпечення контролю руху фізичних потоків та температури теплоносіїв дозволить оцінювати обсяги реальних послуг, їхню якість, а також реальні обсяги втрат у мережах постачання. У соціальному плані це створить аргументоване підґрунтя для одержання споживачами компенсацій за неповні й неякісні послуги енергопостачання. [4]

Метою роботи є аналіз використання теплової енергії, розроблення енергозберігаючих заходів з економії паливно-енергетичних ресурсів у легкоатлетичному манежі СумДУ, розташований за адресою: 40000, Сумська область, м. Суми, вул. Прокоф'єва, 38/1.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі: визначити тепловий баланс будівлі; виявити недоліки в роботі системи опалення; запропонувати перелік енергозберігаючих заходів для проекрованої системи; зробити економічне обґрунтування ефективності роботи системи.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження [5]

Об'єктом енергетичного обстеження є громадська спортивного та адміністративного призначення будівля не виробничого типу – оздоровчо-спортивний комплекс Легкоатлетичний манеж Сумського державного університету, що знаходиться за адресою: 40000, Сумська область, м. Суми, вул. Прокоф'єва, 38/1, конт. тел. (0542) 66-51-16, сайт: <https://sport.sumdu.edu.ua>.



Рисунок 1.1 – Фасад будівлі Легкоатлетичного манежу  
Сумського державного університету

Будівля Легкоатлетичного манежу Сумського державного університету (далі – манеж) побудована у 2002 році та з самого початку слугувала як споруда спортивного призначення. Оздоровчо-спортивний комплекс є одним

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



із найбільших в Україні, відповідає всім сучасним вимогам для проведення змагань найвищого рівня – від спортивно-видовищних і культурно-масових заходів до чемпіонатів України та Європи. Манеж надає реальну можливість провести спортивно-масові заходи, концертні та презентаційні програми, виставки та інші атракції у комплексі, оснащеному за останнім словом техніки.

Універсальний легкоатлетичний манеж єдиний на території СНД, побудований зал всіма світовими стандартами, згідно з вимог Міжнародної асоціації легкоатлетичних федерацій (IAAF) та інших федерацій.

Споруда є багатофункціональною:

- 6 бігових доріжок по колу довжиною - 200 м;
- 8 прямих бігових доріжок довжиною - 60 м;
- 3 бігові доріжки довжиною - 120 м;
- 2 сектори для стрибків у висоту, з жердиною, сектор для штовхання ядра.

Усе поле основної зали трансформується у дерев'яний або гумовий подіум на якому розміщується 4 тенісні корти, 4 волейбольні, 1 баскетбольний, 1 гандбольний, 1 футзальний майданчики, 1 ігрове поле для індорхокею.

Основна зала обладнана 2 табло. Рівень освітленості, кондиціонування відповідає всім стандартам санітарно-гігієнічних вимог. Глядацька зала розрахована на 1240 стаціонарних місць. За необхідності можуть додатково монтуватися трибуни до 3 тисяч місць.

Студенти відвідують заняття і спортивні секції з 14:00 до 19:00.

У комплексі манежу розміщений адміністративно-господарчий блок у підвальних приміщеннях знаходиться лижна кімната і інші допоміжні служби, на першому поверсі розміщені роздягальні і хол-кафе для глядачів, зала загальнофізичної підготовки, на другому поверсі знаходиться медичний

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

пункт, приміщення допінг-контролю з необхідним медичним обладнанням відповідно до вимог окремо для жінок і чоловік, 6 роздягалень з душовими і туалетами, камери схову. На третьому поверсі знаходяться адміністрація, спортивні служби, тренерська, кафедра фізичного виховання, прес-центр і універсальна зала з подвійним простором. На четвертому поверсі знаходяться наукова лабораторія обладнана сучасним обладнанням фірми "Techno Gum" і комплексами типу "PEV-9000", поруч знаходяться універсальні зали з комплексами допоміжних приміщень, роздягалень і ін. На п'ятому поверсі розміщена автономна котельня. На базі манежу проводяться Чемпіонати України, обласні, міські змагання, академіади тощо.

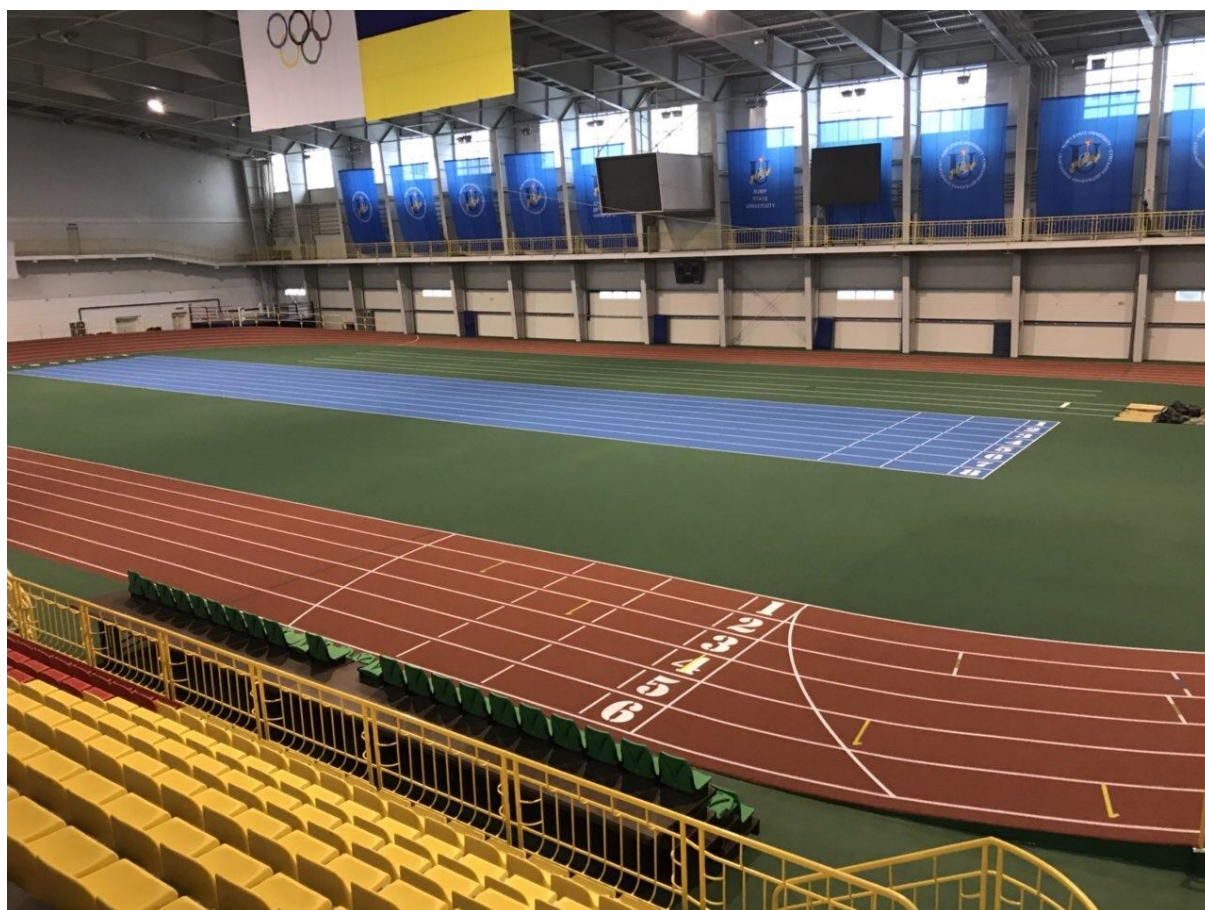


Рисунок 1.2 – Легкоатлетичний манеж СумДУ. Вид зсередини

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

У грудні 2018 року манеж отримав сертифікат IAAF, згідно з яким він відповідає технічним вимогам Міжнародної асоціації легкоатлетичних федерацій.

Кількість працівників об'єкту – 34 особи.

Директор Манежу – Бойко Олена В'ячеславівна.

Загальна кількість працівників підприємства – 34 чол.

Підприємство працює 6 днів на тиждень.

Вихідний день: неділя.

Режим роботи об'єкту – з 8.00 до 19.00 год.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Технічні характеристики будинку такі [6]:

- призначення будівлі – спортивно-культурні заходи;
- рік побудови – 2002 рік;
- кількість поверхів адміністративної частини будівлі – 5 та прибудова на 6-му поверсі;
- кількість поверхів спортивної частини будівлі (манеж) – 1;
- наявність цокольного поверху – так;
- загальна площа – 7062 м<sup>2</sup>;
- площа спортивної арени – 5862 м<sup>2</sup>;
- об'єм адміністративної частини будівлі – 23060 м<sup>3</sup>;
- об'єм опалюваного підвалу будівлі – 3830 м<sup>3</sup>;
- об'єм надбудови над адміністративною частиною будівлі – 294 м<sup>3</sup>;
- об'єм манежу – 92039 м<sup>3</sup>;
- загальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами – 137106 м<sup>3</sup>.

Об'єкт складається з декількох частин (адміністративна, манеж, надбудова, підвал), об'єднаних спільним каркасом. Зовнішні стіни виконані з червоної цегли на цементно-піщаному розчині 500 мм. Оштукатурені з

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

середини цементним розчином товщиною 10 мм. Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 0,81  $Вт/(м \cdot град)$  [7]. Зовнішні дефекти стіни не виявлено.

Будівля має металопластикові вікна з рамами, що мають подвійні склопакети. Зовнішні дефекти заповнення світлопрозорих отворів – відсутні.

Для розрахунків взято такі значення термічного опору конструкції вікон з металопластиковими вікнами, що мають подвійні склопакети типу 4К-10-4М<sub>1</sub>-10-4К – 0,73  $м^2 \cdot °C/Вт$  [7].

Фундамент будівлі виконаний із залізобетонних конструкцій та керамзитового гравію на цементно-піщаній стяжці.

Підлога будівлі виконана з бетонної плити товщиною 380 мм, покритою кахлем або лінолеумом.

Перекрыття будівлі виконане з монолітної залізобетонної плити 220 мм.

Зовнішні двері будівлі – металопластикові зі склопакетами, аналогічними до віконних. Нещільностей у дверних прорізах не виявлено. Двері мають механізм доведення. Розмір дверей 2х2,4 м, але постійно відчиняється лише одна половина.

При обстеженні було виявлено майже скрізь однакову температуру приміщень у межах вказаних вище частин будівлі, що в свою чергу добре впливає на самопочуття і працездатність людей.

Загальний стан огорожуючих конструкцій задовільний.

Будівля не має безпосереднього контакту із іншими будівлями.

Аварійний вхід до об'єкту майже весь час зачинений.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення з використанням двоконтурного газового турбулізованого котла із закритою камерою згоряння.

Як паливо використовує природний газ. Стан системи теплопостачання задовільний, а сама система є однотрубною. Теплоносій – вода. Матеріал

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

труб – пластик. Опалення здійснюється від газового одноконтурного котла Buderus Logano GE434, що має ККД 93 % [8]. Середня температура у подаючому трубопроводі 90 °С, у зворотному трубопроводі 70 °С. Опалювальні прилади не заглиблені у стіну. Система опалення має центральну систему автоматичного регулювання.

Досліджувана система опалення включає наступне устаткування:

- магістральні трубопроводи;
- опалювальні прилади .
- подавальні стояки;
- підводки;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотній трубопровід.

Опалювальний період триває 6 місяців (з 1 жовтня до 15 квітня). Тривалість періоду може змінюватися залежно від погодних умов (як правило він починається при зниженні середньодобової температури зовнішнього повітря нижче +8 °С і закінчується при підвищенні середньодобової температури повітря вище +8°С протягом 3-х діб). Перевагою даної системи опалення є якісне постачання теплової енергії без перегрівання або недогрівання приміщень, що досягається за рахунок гнучкої зміни температури теплоносія залежно від температури у приміщення, яка, у свою чергу, визначається температурою довкілля.

Гаряча вода для душових готується на об'єкті з використанням електробойлерів, які вмикаються під час проведення масових спортивних заходів.

Система холодного водопостачання централізована. Вода використовується для прибирання приміщень, виконання ремонтів, миття заготовок, деталей, їх охолодження під час виготовлення, на гігієнічні потреби працівників тощо.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Постачання холодної води здійснюється згідно Договору на водопостачання підприємства з ПАТ «Міськводоканал» КП (Комунальне підприємство) «Міськводоканал» СМР (Сумської міської ради). Субабонентів немає.

Каналізація – централізована. Господарчо-побутові стоки відводяться в існуючі зовнішні мережі побутової каналізації.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу Ø150 з подальшим відведенням стоків в вуличну каналізацію Ø500.

Живлення електричною енергією приміщення об'єкту здійснюється повітряними лініями 0,4 кВ від КТП 439, що знаходиться на балансі ПАТ «Сумиобленерго».

Електропостачання об'єктів споживача здійснюється на підставі договору про постачання електричної енергії, який укладено з ПАТ «Сумиобленерго».

Облік відпущеної електроенергії по обстежуваному об'єкту проводиться на підставі показників приладів.

Розрахунки за електроенергію здійснюються щомісячно на основі показів приладів обліку і розрахунків електропостачальної організації.

Система електропостачання будівлі розрахована на одночасне ввімкнення всіх електроспоживаючих приладів. Електропроводка будівлі відповідає вимогам експлуатації.

Електрична енергія використовується для освітлення приміщень, роботи електричних нагрівачів води, оргтехніки та комп'ютерів.

В об'єкті використовуються люмінесцентні лампи. Загальна кількість світильників – 248 шт. по 4 лампи у світильнику, потужність однієї лампи – 18 Вт.

Світильники знаходяться в задовільному стані. Стіни в приміщеннях пофарбовані в світлі кольори. Віконне скло регулярно протирається.

Будинок обладнано системою природної та примусової вентиляції. Природня вентиляція здійснюється за рахунок інфільтрації через нещільності

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

світлопрозорих конструкцій, а також дверних перерізів. Для її інтенсифікації можуть відчинятися двері, кватирки, стулки вікон. Як правило, природня вентиляція є головною на об'єкті. Примусову вентиляцію застосовують виключно у місцях, де наявні виділення значної кількості вологи або сторонніх запахів, а саме: у приміщенні спортивної частини манежу при проведенні тренувань і змагань, у санвузлах та душових кабінах. Примусова вентиляція є витяжною. Подача свіжого повітря реалізується за рахунок інфільтрації.

Постачальником природного газу є ПАТ «Сумигаз збут». Лічильник природного газу – METRIX G40 [9] з номінальною витратою  $40 \text{ м}^3/\text{год}$ . Основні споживачі природного газу – система опалення та гарячого водопостачання.

Зняття показів з приладів обліку ПЕР і води здійснюється відповідальною особою (завідуючим господарством) регулярно, помісячно, станом на останнє число місяця.

Під час енергоаудиту розглядалися такі шляхи економії енергоресурсів і води:

- скорочення споживання теплової енергії на потреби опалення;
- скорочення споживання електроенергії внутрішнього і зовнішнього освітлення.

Поліпшення екологічних характеристик досягалося за рахунок: непрямого екологічного ефекту, спричиненого зменшенням споживання первинних енергоносіїв (електричної енергії), а також пов'язаного з цим скороченням викидів забруднювальних речовин у довкілля.

### 1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

У результаті енергетичного обстеження було здійснено візуальний огляд систем електро-, тепло-, газо- та водопостачання, вентиляції і каналізації.

#### 1.3.1 Система опалення

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У будівлі Легкоатлетичного манежу СумДУ базовим джерелом тепла є водяне опалення з використанням автономного газової котельні. Температура теплоносія може змінюватися залежно від температури довкілля. Після підігрівання вода подається за допомогою циркуляційного насосу у систему опалення. Система опалення в приміщенні – однотрубна з верхнім розведенням магістралей. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади. Котел розміщений у окремому приміщенні надбудови на останньому поверсі будівлі досліджуваного об'єкту, що дозволяє реалізувати вказану вище схему подачі теплоносія.

Як опалювальні прилади використовуються сталеві опалювальні панелі типу Radik, що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової теплової потужності. Всі нагрівальні прилади обладнуються автоматичними терморегуляторами.

Нагрівальна панель радіатора виготовлена із двох сталевих штампованих листків, зварених по периметру роликівим швом, а у місцях з'єднання штампованих елементів – точковим зварюванням. Сталевий лист холоднокатаний з низьким вмістом вуглецю. Зовнішня поверхня приладу вкрита фосфатом заліза, потім катафорезним лаком та спеціальною порошковою фарбою. Таке покриття забезпечує надійний антикорозійний захист та механічну стійкість, гігієнічну безпечність.

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704 -91. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику.

Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik [10] подані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °C	+110



Тиск, <i>бар</i>	10
Критичний тиск, <i>бар</i>	13
Потужність секції, <i>Вт</i>	1210
Об'єм, <i>л</i>	6,6
Габаритні розміри, <i>мм</i>	
<i>висота секції</i>	600
<i>глибина секції</i>	54
<i>ширина секції</i>	1200
Маса секції, <i>кг</i>	31

Зображення сталеві опалювальної панелі типу Radik (Чехія) подана рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Сталева опалювальна панель типу Radik

Результатом обстеження вказаних приміщень є висновок, що експлуатація даної системи опалення задовільна.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд настінного газового двоконтурного котла Buderus Logano GE434

У котельні досліджуваного об'єкту встановлено одноконтурний чавунний газовий напольний котел марки Buderus Logano GE434 (рис. 1.4) [8].

Цей котел має високоефективну систему процесу горіння та утилізації тепла димових газів у регенеративному теплообміннику та не потребує обслуговуючого персоналу.

Серед технічних основних характеристик котла треба виділити

такі:

- паливо – природний газ;
- номінальний тиск палива 2000 Па
- номінальна витрата природного газу –  $35 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- максимальна температура гарячого теплоносія на виході з котла  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- номінальна теплопродуктивність  $375 \text{ кВт}$ ;
- температура димових газів  $103 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- приготування гарячої води – ні;
- ККД котла на номінальному режимі роботи 0,93;
- тип пальника – атмосферний з попереднім змішуванням без вентилятора;
- необхідна тяга –  $3 \text{ Па}$ ;
- діаметр димоходу  $400 \text{ мм}$ ;
- габаритні розміри  $1466 \times 1460 \times 2522 \text{ мм}$ ;
- маса котла без теплоносія  $1718 \text{ кг}$ .

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Облік теплової енергії здійснюється опосередковано шляхом реєстрації кількості спожитого природного газу, яка вимірюється за допомогою газового лічильника марки METRIX G40 (рис. 1.5) [9], який має такі основні характеристики:

- діаметр умовного проходу Ду 2'';
- циклічний об'єм 65 дм<sup>3</sup>;
- пусковий поріг – 32 дм<sup>3</sup>/год;
- діапазон об'ємних витрат газу  $Q_{\min}=0,4$  м<sup>3</sup>/год;  $Q_{\text{nom}}= 40,0$  м<sup>3</sup>/год;  $Q_{\text{max}}=65,0$  м<sup>3</sup> /год;
- межі допустимої відносної похибки не перевищують в діапазоні витрат  $Q_{\min}<Q<0,1Q_{\text{max}} \pm 3,0\%$  та при  $0,1Q_{\text{max}}<Q<Q_{\text{max}} \pm 2,0 \%$ ;
- втрата тиску при  $Q_{\text{max}}$ , не більше – 200 Па;
- діапазон робочих температур – мінус 25...+55 °С;
- габаритні розміри (довжина x ширина x висота) – 720 x 434 x 796 мм;
- маса 90 кг;
- інтервал між повірками – 10 років.



Рисунок 1.5 – Лічильник природного газу мембранного типу METRIX G40

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

Лічильники марки METRIX вирізняються високою точністю та стабільністю вимірювань, довговічністю, широким діапазоном робочих температур, високою стійкістю до несанкціонованих втручань, наявністю датчика низької частоти та гнізда для встановлення коректора об'єму газу за температурою. Тому такий тип лічильника знайшов широке застосування у промисловості.

### 1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між Легкоатлетичним манежем СумДУ та ПАТ «Сумиобленерго».

Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показів приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (основний розрахунковий період – місяць).

Живлення електричною енергією будівлі здійснюється кабельними лініями 0,4 кВ марки ВВГ.

Електрощитова з розподілом на 220/380 В, від якої живиться електроенергією силове обладнання та освітлювальна мережа об'єкта, знаходиться на першому поверсі будівлі.

Лічильник типу НК 2301 АП2В [11] (рис. 1.6) відповідає вимогам ГОСТ 30207 та ДСТУ ІЕС 61036, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 і ТУ У 33.2-33401202-004:2005 та має підвищений захист від впливу змінних та сталих магнітних полів. Технічні характеристики лічильника наведені і табл. 1.2.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Однофазний лічильник активної енергії типу НІК 2301 АП2В

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника НІК 2301 АП2В

Параметр	Значення
Клас точності	1,0
Номінальна сила струму	5,0 А
Максимальна сила струму	60 А
Номінальна напруга	220 В
Максимальна напруга	253 В

## Продовження таблиці 1.2

Параметр	Значення
Мінімальна напруга	143 В
Номінальна частота	50 Гц
Чутливість	12,5 мА
Тип індикатора	електромеханічний
Міжповірочний інтервал	16 років
Робочий діапазон температур	-40 °С – +50 °С

Лічильники реактивної потужності на об'єкті відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам. Також було встановлено, що у всіх приміщеннях та у коридорах штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/4x18 FORA [12] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього і зовнішнього освітлення 17856 Вт, з них на адміністративну частину будівлі приходиться 16992 Вт. Річна тривалість роботи систем зовнішнього освітлення – 2200 год.

З візуального огляду приміщень було встановлено, що стіни в усіх приміщеннях мають світлі відтінки кольорів. Майже всі освітлювальні прилади на момент обстеження знаходилися в робочому стані. Скло віконних заповнень більшості приміщень чисте. Всі світильники знаходилися у чистому стані.

### 1.3.3 Система водопостачання

Система холодного водопостачання централізована.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з таких елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані з пластикових труб  $D_y$  40, 25 мм та  $D_y$  15 мм;

- запірно-регулююча (засувки, вентилі) та запобіжна арматура (клапани).

Основні споживачі холодної води – співробітники університету, спортсмени та відвідувачі, які використовують воду у: змішувачах, змивних бачках, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душових, буфеті.

Постачання холодної води здійснюється згідно Договору на водопостачання підприємства з ПАТ «Міськводоканал». Субабонентів немає.

Облік споживання холодної води здійснюється за показниками лічильника холодної води лічильником крильчастим муфтовим GROSS MNK-UA DN 25 [13] (рис. 1.7), встановленого після системи водопідготовки.

призначені для вимірювання об'єму питної води відповідно до ГОСТ 2874, підвищеного метрологічного класу С. Матеріал корпусу - латунь.

Лічильники холодної води МТК-UA можуть використовуватися як при первинній установці, так і при заміні.

Переваги та відмінні властивості лічильників GROSS MNK-UA С:

- мокроходи – водолічильники з прямою передачею обертання крильчатки на рахунковий механізм;
- в конструкції відсутній магнітна муфта, що повністю виключає можливість зовнішнього впливу магнітним полем;
- лічильник здатний працювати умовах підвищеної вологості і в місцях, схильних до затоплення (наприклад, колодязях);
- багатоструменеві лічильник з крильчаткою і п'ятиразрядний рахунковим механізмом;
- наявність відкидний кришки, яка захищає рахунковий механізм від пошкоджень при установці і експлуатації приладів;

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- антикорозійне покриття металевих частин лічильників;
- сучасний привабливий дизайн, зручні компактні розміри, невелика вага лічильників;
- при виробництві лічильників використані тільки високоякісні матеріали, що забезпечує надійну і безперервну роботу приладів;
- встановлення лічильника проводиться на горизонтальних ділянках трубопроводу;
- метрологічні характеристики лічильників відповідають ДСТУ 3580, класу В (при установці на горизонтальних ділянках трубопроводу шкалою вгору);
- лічильник внесений до Державного реєстру України за № 2994-10;
- лічильник виготовляється в латунному (В) або чавунному (S) виконанні.

Основні характеристики лічильника:

- номінальний діаметр DN 25 мм;
- максимальна витрата 7 м<sup>3</sup>/год;
- мінімальна витрата 0,07 м<sup>3</sup>/год;
- різьбове з'єднання лічильника 1''.



Рисунок 1.7 – Лічильник холодної води GROSS MNK-UA DN 25

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Зняття показів лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць. Отримані дані використовують виключно для самоконтролю витрат енергоресурсів, а також з метою визначення кількості води, яка потрапляє у систему водовідведення. За цими показниками визначають необхідну оплату за послуги централізованої системи водовідведення.

#### 1.3.4 Система каналізації

Система каналізації централізована. Господарчо-побутові стоки відводяться у каналізаційні мережі міста. Вони не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх у каналізацію, попереднього очищення не виконують.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø150.

#### 1.3.5 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної та примусової вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через відкриті ділянки світлопрозорих конструкцій (якщо це необхідно) огорожень і зовнішні двері. Система штучного кондиціонування є працездатною та вмикається періодично у теплий (літній) та прохолодний (осінь та весна) періоди під час проходження масових спортивних заходів.

#### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду

Так як тарифи постійно змінюються, то наводимо щорічні їх значення (з ПДВ):

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2018 рік

Електрична енергія (з ПДВ): 2,15 грн/(кВт·год).

Холодна вода: 13,83 грн/м<sup>3</sup>, з них водовідведення 6,13 грн/м<sup>3</sup>.

Природний газ: 8,55 грн/м<sup>3</sup>.

2019 рік

Електрична енергія: 2,15 грн/(кВт·год).

Холодна вода: 13,83 грн/м<sup>3</sup>, з них водовідведення 6,13 грн/м<sup>3</sup>.

Природний газ: 8,34 грн/м<sup>3</sup>.

2020 рік

Електрична енергія: 2,15 грн/(кВт·год).

Холодна вода: 13,83 грн/м<sup>3</sup>, з них водовідведення 6,13 грн/м<sup>3</sup>.

Природний газ (з урахуванням вартості доставки): 8,34 грн/м<sup>3</sup>.

#### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Річні обсяги споживання енергоносіїв і води за 3 роки наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Обсяг, динаміка споживання ПЕР за 2017-2019 роки

Види ПЕР	Одиниця виміру	2017	2018	2019
Електроенергія	кВт·год	152535	170240	159571
Холодне водопостачання	м <sup>3</sup>	1421	1978	2141
Природний газ	тис. м <sup>3</sup>	–	119,972	131,6

З табл. 1.3 видно, що об'єкт споживає електричну енергію, природний газ і холодну воду (з каналізацією).

#### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу

У табл. 1.4 наведено кількість спожитого природного газу за місяцями 2017, 2018, 2019 р.р.

Таблиця 1.4 – Кількість спожитого природного газу за 2017 – 2019 р.р.

Місяць	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	–	30,759	23,652
Лютий	–	24,58	24,187
Березень	–	16,755	25,53
Квітень	–	2,612	4,465
Травень	–	0,664	2,281
Червень	–	0,885	2,241
Липень	–	0	1,903
Серпень	–	0	0
Вересень	–	0,306	0,467
Жовтень	–	8,414	3,627
Листопад	–	17,72	21,095
Грудень	–	17,277	22,152
Всього	–	119,972	131,6

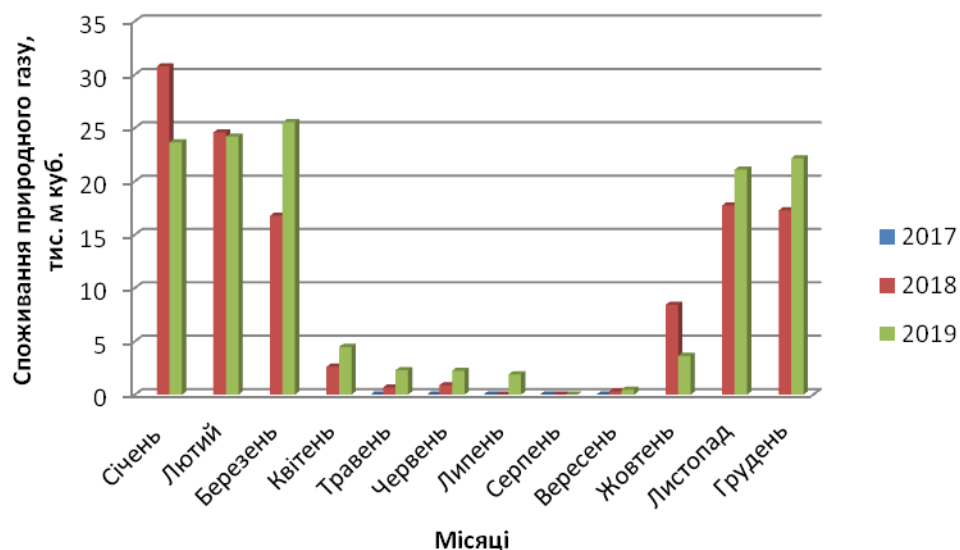


Рисунок 1.8 – Динаміка споживання природного газу за місяцями за 2017 – 2019 р.р.

З наведеної діаграми на рис. 1.8 видно, що у 2019 році кількість спожитого природного газу є нерівномірною протягом року, тому що його споживання приходить в основному на опалення приміщення та залежить від температурного режиму довкілля. У літні місяці також спостерігається незначне споживання природного газу на гаряче водопостачання, яке значно залежить від завантаженості маневру відвідувачами.

#### 1.4.2 Аналіз обсягів спожитої електричної енергії об'єктом

У табл. 1.5 наведена кількість спожитої електричної енергії за місяцями 2017, 2018, 2019 р.р.

Таблиця 1.5 – Кількість спожитої електричної енергії за 2017 – 2019 р.р.

Місяць	Електрична енергія, кВт·год		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	18770	40175	22630
Лютий	26410	30250	30340
Березень	22730	21270	24360
Квітень	10890	9860	13350
Травень	5110	6660	5480
Червень	4360	5700	4340
Липень	2820	3650	4310
Серпень	2190	2895	3090
Вересень	3010	3375	3341
Жовтень	7140	4820	6490
Листопад	24195	20765	17770
Грудень	24910	20820	24070
Всього	152535	170240	159571

З діаграми споживання наведеної на рис. 1.9 сезонне коливання споживання електричної енергії пов'язане із зменшенням витрати енергії на освітлення у літні місяці.

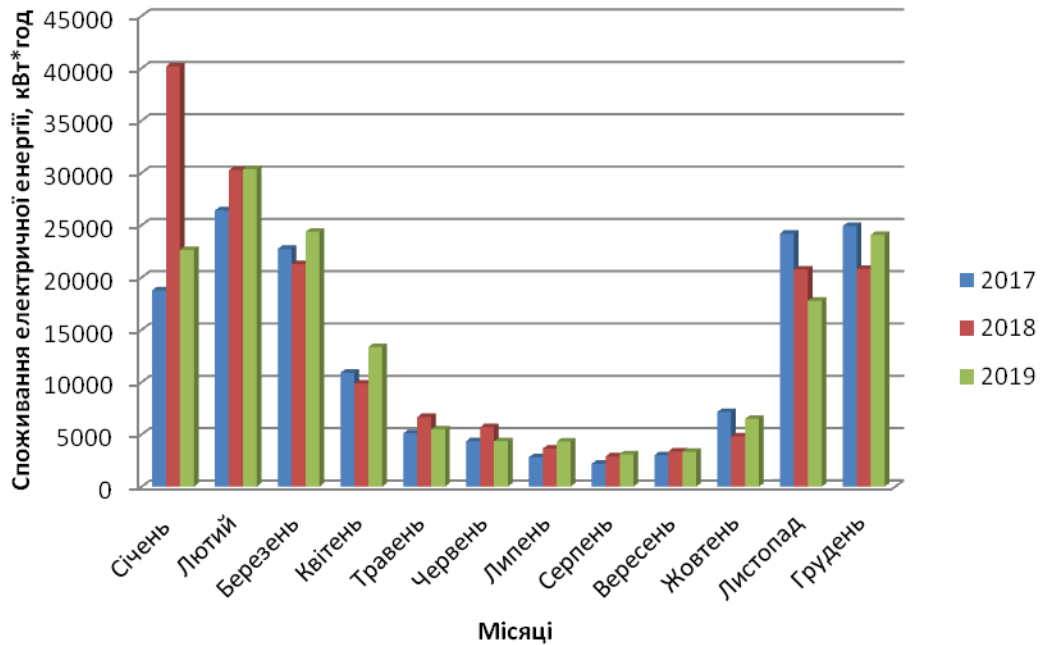


Рисунок 1.9 – Динаміка споживання електричної енергії по місяцям за 2017 – 2019 рр.

#### 1.4.3 Аналіз обсягів спожитої об'єктом холодної води

У табл. 1.6 наведена кількість спожитої води за місяцями 2017, 2018, 2019 рр.

Таблиця 1.6 – Кількість спожитої холодної води за 2017 – 2019 рр.

Місяць	Вода, м <sup>3</sup>		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	148	303	210
Лютий	20	237	313
Березень	374	349	216
Квітень	179	191	180
Травень	120	126	206

Продовження таблиці 1.6

Місяць	Вода, м <sup>3</sup>		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Червень	439	96	158
Липень	46	62	106
Серпень	30	52	52
Вересень	16	80	69
Жовтень	16	112	162
Листопад	33	174	255
Грудень	0	196	214
Всього	1421	1978	2141

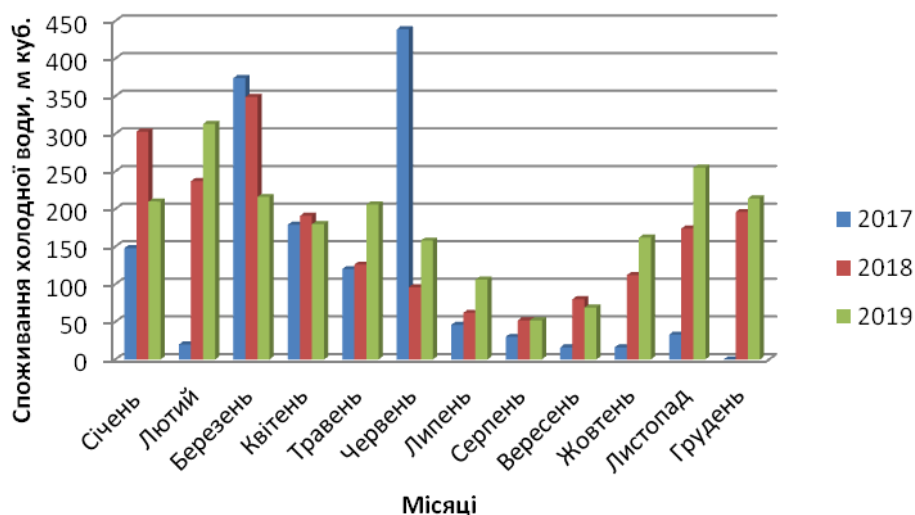


Рисунок 1.10 – Динаміка споживання холодної води по місяцям за 2017 – 2019 р.р.

З діаграми на рис. 1.10 видно, що кількість води спожитої за 2017 – 2019 р.р. є не рівномірним. Найменше споживання води приходить на літні місяці, особливо серпень. У червні 2017 року спостерігалось скачкоподібне зростання споживання води, що пов'язано із виконанням ремонтних робіт.

## 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

При проведенні енергетичного аудиту системи енергопостачання основними вимірюваними параметрами є температура, лінійні розміри будівлі та мереж. Найчастіше на практиці для вимірювання температури використовуються термометри та пірометри, а для вимірювання лінійних розмірів – рулетка та штангенциркуль.

### 2.1 Опис методів та приладів вимірювання

#### 2.1.1 Пірометри [14]

Пірометри застосовуються для вимірювання температури тіл у діапазоні від мінус 30 до плюс 6000°C. Дія цих приладів заснована на залежності теплового випромінювання нагрітих тілі від їх температури і фізико-хімічних властивостей. На відміну від термометрів первинний перетворювач пірометра не підпадає під вплив високої температури і не змінює температурне поле, тому що перебуває поза вимірювальним середовищем.

При аудиті системи опалення, зокрема вимірюванні температури теплоносія та робочих поверхонь приміщення, був використаний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek.

Технічні характеристики лазерного пірометра приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра MiniTemp

Параметр	Значення
1	2
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Точковий цілевказівник
Збереження інформації на дисплеї	7 с

Продовження табл. 2.1

Параметр	Значення
Підсвічування екрану	Автоматичне
Оптичне розрішення D:S	1:6
Допустима відстань	До 100 см
Діапазон вимірювань	Від -18 °C до +275 °C
Точність, %	±2
Час спрацювання, мсек	500
Робоча температура, °C	0...50
Живлення	9 В (батарея або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

Зображення лазерного пірометра MiniTemp подане на рис. 2.1



Рисунок 2.1 – Лазерний пірометр MiniTemp

Сфери застосування лазерного пірометра MiniTemp:

- обслуговування автомобілів: несправність мотора, діагностика системи охолодження;
- система опалювання, вентиляції і кондиціонування: температурний баланс приміщення, обстеження подаючих і поворотних реєстрів, робота систем опалювання, енергоаудит і ізоляція вікон;
- обслуговування електромереж і щитів: виявлення перегріву кабелів і з'єднань дротів;
- харчова промисловість: визначення температури зберігання, транспортування і продажу продуктів харчування, профілактика і діагностика холодильних камер, духових печей, кухонних плит і посудомийних машин.



Пірометр дуже простий в використанні завдяки лазерному прицілу та дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта.

### 2.1.2 Термоанімометр [15]

Термоанімометр – прилад для вимірювання температури та вологості повітря, температури точки роси.

Принцип дії універсального вимірювача засновано на залежності опору його термочутливого елемента від концентрації пари води у повітрі, а також на реєстрації температури, при якій повітря досягає стану насичення при постійному тиску. Основні характеристики вимірювача Testo 605-H1 наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Основні технічні характеристики вимірювача Testo 605-H1

Діапазон вимірювань	Від-20 до+70 °C
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °C
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)

Зображення термогігрометра Testo 605-H1 представлено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2– Термоанімометр Testo 605-Н1

### 2.1.3 Вимірювальна рулетка [16]

Вимірювальна рулетка служить для визначення геометричних розмірів приміщень. Являє собою металеву стрічку з поділками, яка намотана на катушку, що знаходиться в корпусі. Корпус має механізм для змотування. Границя виміру приладу складає 5 м, похибка  $\pm 1$  мм. Вимірювальна рулетка зображена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Вимірювальна рулетка

Рулетки зі зворотною пружиною зазвичай оснащені стопором, який запобігає самовільному змотуванню стрічки. На вільному кінці стрічки такі

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

рулетки містять міцно закріплений зачіп, який не дозволяє кінця стрічки безповоротно піти в середину корпусу і служить для точного суміщення початку стрічки і ребра обміряє предмета.

## 2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження

В результаті проведеного пірометричного обстеження було знайдено ряд проблемних місць у обстежуваній будівлі з найбільшими тепловими втратами. В першу чергу, це стосується зовнішніх стін, а також даху. Через зовнішні стіни і дах будівлі відбувається значна частина тепловтрат, виявлених на основі отриманих вимірювань. Вимірювання температури вікон та підвіконь показали їх не зовсім задовільний стан: значні втрати тепла по периметру вікон, у місцях їх монтажу у стіну. У декількох місцях було виявлено нещільності гумових ущільнювачів у вікнах. Це спричиняє інфільтрацію повітря.

Вимірювання температури стелі досліджуваного об'єкту показали, що через стики стіни та перекриття відбуваються тепловтрати, це зумовлено утворенням, так званого, «містка холоду».

Інструментальне обстеження приладів опалення показало, що опалювальні прилади працюють ефективно та не потребують очищення.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [7, 17-20]

##### 3.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувачих конструкцій

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

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруді внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на  $3 \text{ }^{\circ}C$  та більше, обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (3.1)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Wm$ ;

$R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Wm$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{qmin}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей громадських будинків встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 6 [7] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma np}$ ,  $m^2 \cdot K/Wm$ , непрозорої огорожуючої конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.2)$$

де  $\alpha_6$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ , які приймаються згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 9, [7];

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 8,  $Вт/(m \cdot K)$ , [7];

$n$  – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (3.3),  $m^2 \cdot K/Wm$ ;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 7, [7].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті  $R_{nz}$ ,  $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$  визначається за формулами:

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

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

$$\text{III зона - } R_{nz}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (3.3)$$

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

де  $R_0^I$ ,  $R_0^{II}$ ,  $R_0^{III}$ ,  $R_0^{IV}$  – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$ , відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\Sigma R_n$  – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .

Величина  $\Sigma R_n$  розраховується по рівнянню:

$$\Sigma R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість шарів підлоги на ґрунті;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го прошарку, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го прошарку,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .

### 3.1.2 Розрахунок основних тепловтрат

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень, Вт

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_d + \Sigma Q_{\text{інф}}, \quad (3.5)$$

де  $\Sigma Q_0$  – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

$\Sigma Q_d$  – 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), Вт:

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_0 = \frac{F_{ozp}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (3.6)$$

де  $F_{ozp}$  – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції,  $m^2$ ;

$R_0$  – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків  $R_{qmin}$ ),  $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$ ;

$t_6, t_3$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ; [7]

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», таблиця 12, [7].

Відповідно до (3.6), основні тепловтрати крізь підлоги  $Q_{ndл}$  розраховуються по формулі,  $Bm$

$$Q_{ndл} = \left( \frac{F_I}{R_{nz}^I} + \frac{F_{II}}{R_{nz}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{nz}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{nz}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{zp}), \quad (3.7)$$

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

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

$t_6, t_{zp}$  – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту  $t_{zp} = +6^\circ C$ ).

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою,  $Bm$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \quad (3.8)$$

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*.

### 3.1.3 Розрахунок додаткових тепловтрат

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, *Вт*

$$Q_{op}^0 = Q_{ст} \cdot \beta_{op}, \quad (3.9)$$

де  $Q_{ст}$  – тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщень, *Вт*;

$\beta_{op}$  – 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.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, *Вт*

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (3.10)$$

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

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

- для одинарних дверей для громадських будинків  $\beta_{откр}=3$ .

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

$$Q_{пдл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{пдл}, \quad (3.11)$$

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

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, *Вт*

$$\sum Q_{пдл}^{\partial} = \sum_i^n Q_{i.пдл}^{\partial}, \quad (3.12)$$

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, *Вт*

$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{op}^{\partial} + \sum Q_{з.д}^{\partial} + \sum Q_{пдл}^{\partial}, \quad (3.13)$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$\Sigma Q_{3,\delta}^{\circ}$  – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, *Вт*;

$\Sigma Q_{ndl}^{\circ}$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, *Вт*.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, *Вт*

$$Q_{3,\delta}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,\delta} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (3.14)$$

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

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

$G_{3,\delta}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, *кг/год*

$$G_{3,\delta} = b_{n,\delta} \cdot L_{n,\delta} \cdot v_{cp,n,\delta} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.15)$$

де  $b_{n,\delta}$  – ширина встановленої дверної нещільності (приймається  $0,005 \text{ м}$ );

$L_{n,\delta}$  – загальна довжина нещільності дверного прорізу, *м*;

$v_{cp,n,\delta}$  – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається  $0,5 \text{ м/с}$ );

$m_n$  – маса  $1 \text{ м}^3$  повітря, яка дорівнює  $1,3 \text{ кг}$ .

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, *Вт*

$$\Sigma Q_{inf} = \Sigma Q_{вкн}^{inf} + \Sigma Q_{3,\delta}^{inf}, \quad (3.16)$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат  $\Sigma Q_{emp}$  по формулі (3.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою, *Вт*

$$Q_g = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_z) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (3.17)$$

де  $c$ ,  $t_g$ ,  $t_z$  те саме, що у формулі (3.14);

$V_n$  – об'єм приміщення;

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho = 1,3 \text{ кг} / \text{м}^3$ ;

$n_k$  – кратність повітрообміну,  $\text{м}^3 / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$ ;

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання (приймається  $k_v = 0,85 - 1,0$ ).

#### 3.1.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей, *Вт*

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (3.18)$$

де  $q_l$  – явні теплонадходження від людей, *Вт*;

$n_l$  – кількість людей.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, *Вт*

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.19)$$

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

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

$\eta$  – ККД електроустаткування (приймаємо 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, *Вт*

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_з, \quad (3.20)$$

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

$k_{осв}$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (люмінісцентні лампи –  $k_{осв}=0,4$ );

$k_з$  – коефіцієнт завантаження освітлення;

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

Сумарні теплонадходження, *Вт*

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (3.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, *Вт*

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.22)$$

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

$\Sigma Q_{тн}$  – сумарні теплонадходження по всій будівлі, *Вт*

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_g^{cp} - t_{cp.on}}{t_g^{cp} - t_з} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.23)$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $t_e^{cp}$  – середня температура у опалювальному приміщенні;

$t_{cp.on}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період за даними гідрометцентру згідно [17];

$t_3$  – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно ДБН В.2.6-31:2006. «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [7, табл.10, додаток Б];

$n_{оп}$  – кількість днів опалювального періоду.

## 3.2 Тепловий розрахунок будівлі

### 3.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Зовнішні стіни:

Вологісний режим приміщення (за виміряною вологістю – 55 % > 50 %) – нормальний, умови експлуатації – Б.

1 шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний  $\rho = 1600 \frac{кг}{м^3}$ ):  $\delta_1 = 0,02 м$

$$\lambda_{1p} = 0,81 \frac{Вт}{м \cdot К};$$

2 шар (червона цегла на цементно-піщаному розчині):  $\delta_2 = 0,5 м$

$$\lambda_{2p} = 0,81 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

Загальний термічний опір зовнішньої стіни

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,78 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma np} = 0,78 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, теплозахисні властивості зовнішніх стін будівлі є незадовільними.

Розрахунок термічного опору даху

Дах:

$$1 \text{ шар (руберойд } \rho = 600 \frac{kg}{m^3}): \delta_1 = 0,003 m \quad \lambda_{1p} = 0,17 \frac{Bm}{m \cdot K};$$

$$2 \text{ шар (мінеральна вата } \rho = 600 \frac{kg}{m^3}): \delta_2 = 0,1 m \quad \lambda_{2p} = 0,044 \frac{Bm}{m \cdot K};$$

$$3 \text{ шар (залізобетонна плита } \rho = 2500 \frac{kg}{m^3}): \delta_3 = 0,22 m \quad \lambda_{3p} = 2,04 \frac{Bm}{m \cdot K};$$

$$4 \text{ шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний } \rho = 1600 \frac{kg}{m^3}): \delta_4 = 0,02 m$$

$$\lambda_{4p} = 0,81 \frac{Bm}{m \cdot K}.$$

Загальний термічний опір даху

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,1}{0,044} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 2,59 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 2,59 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, теплозахисні властивості даху будівлі є незадовільними.

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

металопластикова рама з подвійним склопакетом

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma np} = 0,73 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} > R_{q \min} = 0,65 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Отже, теплозахисні властивості дверей будівлі є задовільними.

Термічний опір вікон

металопластикова рама з подвійним склопакетом

$$R_{\Sigma np} = 0,73 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Отже, теплозахисні властивості вікон будівлі є майже задовільними.

Розрахунок термічного опору підлоги

Підлога:

$$1 \text{ шар (руберойд } \rho = 600 \frac{kg}{m^3} ): \delta_1 = 0,003 \text{ м } \lambda_{1p} = 0,17 \frac{Bm}{m \cdot K} ;$$

$$2 \text{ шар (залізобетонна плита } \rho = 2500 \frac{kg}{m^3} ): \delta_2 = 0,38 \text{ м } \lambda_{2p} = 2,04 \frac{Bm}{m \cdot K} ;$$

$$3 \text{ шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний } \rho = 1600 \frac{kg}{m^3} ): \delta_3 = 0,02 \text{ м}$$

$$\lambda_{3p} = 0,81 \frac{Bm}{m \cdot K} ;$$

$$4 \text{ шар (лінолеум ) : } \delta_4 = 0,006 \text{ м}$$

$$\lambda_{4p} = 0,33 \frac{Bm}{m \cdot K} ;$$

Загальний термічний опір неопалюваної підлоги

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum R_{n2} = \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,38}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,006}{0,33} = 0,25 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Термічний опір підлоги по зонам:

$$I \text{ зона} - R_{n2}^I = 2,2 + 0,25 = 2,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$II \text{ зона} - R_{n2}^{II} = 4,3 + 0,25 = 4,55 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$III \text{ зона} - R_{n2}^{III} = 8,6 + 0,25 = 8,85 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$IV \text{ зона} - R_{n2}^{IV} = 14,2 + 0,25 = 14,45 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, m$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Bm}{m \cdot K}$	$R_{\Sigma np}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$	$R_{q \min}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$
1	Зовнішні стіни	Червона цегла на цементно-піщаному розчині	0,5	0,81	0,78	3,3
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
2	Двері	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,65



Продовження табл. 3.1

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
3	Дах	З/бетонна плита	0,22	2,04	2,59	4,95
		Гідроізоляція	0,003	0,17		
		Мінеральна вата (скловолокно)	0,044	0,1		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
4	Вікна	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,75
5	Підлога	Гідроізоляція	0,003	0,17	0,25	2,45 4,55 8,85 14,45
		З/бетонна плита	0,38	2,04		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
		Лінолеум	0,006	0,33		

З табл. 3.1 можемо зробити висновок, що фактичний опір зовнішніх огорожуючих конструкцій та даху не є задовільним, тому що фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально допустиме значення згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [7] та [19].

Отже, рекомендується утеплити дах та зовнішні стіни з метою зменшення тепловтрат будівлі.

### 3.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Розрахуємо тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (зовнішні стіни, світлові прорізи, ворота, дах, неутеплені підлоги):

Тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{0_{з.с.}} = \frac{2231}{0,78} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 114410 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через дах

$$Q_{0_{дах}} = \frac{7062}{2,59} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 109066 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через вікна

$$Q_{0_{вкн}} = \frac{1110}{0,73} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 60822 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через двері

$$Q_{0_{дв}} = \frac{19}{0,73} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 1041 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через підлогу

$$Q_{0_{пл}} = \left( \frac{656}{2,45} + \frac{624}{4,55} + \frac{592}{8,85} + \frac{5184}{14,45} \right) \cdot (18 - 6) = 9967 \text{ Вт}.$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарні тепловтрати через огорожуючі конструкції:

$$\Sigma Q_0 = 114410 + 109066 + 60822 + 1041 + 9967 = 295306 \text{ Вт}.$$

Розрахуємо додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$Q_{op}^0 = 114410 \cdot 0,13 = 14873 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей (воріт)

$$Q_{3.0}^0 = 1041 \cdot 3 = 3123 \text{ Вт}.$$

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

$$Q_{ndl}^0 = 0,05 \cdot 9967 = 498 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення

$$Q_6^0 = 0,02 \cdot 114410 = 2288 \text{ Вт}.$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції

$$\Sigma Q_0 = 14873 + 3123 + 498 + 2288 = 20782 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,$$

тому що у будівлі встановлено металопластикові вікна.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через ворота виробничих будівель.

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через ворота:

$$G_{\text{вр}} = 19 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 4 \cdot 0,048 / 1,3) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 2] \cdot 1,3 = 1,78 \text{ кг / с},$$

$$\rho_c = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (18 - 22)} = 1,3 \text{ кг / м}^3.$$

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у ворота без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} = 1,78 \cdot 1005 \cdot (18 + 22) \cdot 0,16 = 11449 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати на інфільтрацію повітря

$$\sum Q_{\text{інф}} = 11449 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати:

$$\sum Q_{\text{емп}} = 295306 + 20782 + 11449 = 327537 \text{ Вт}.$$

Побудуємо гістограму (рис. 3.1) розподілу тепловтрат по об'єкту, що розглядається.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

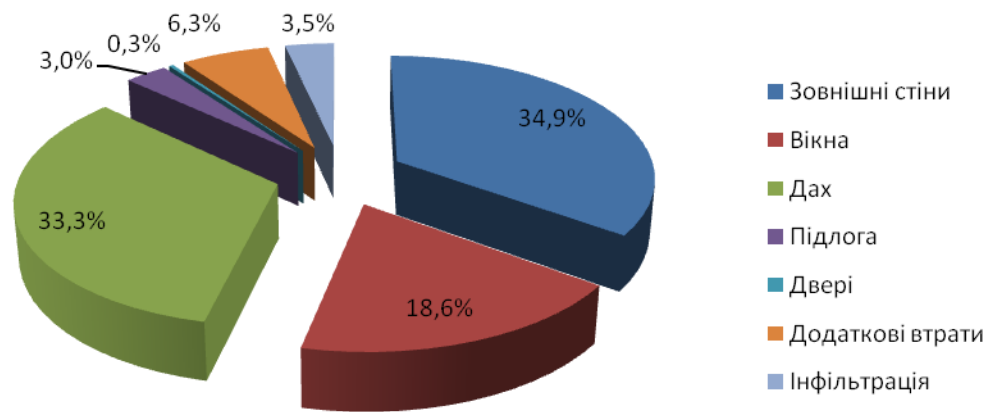


Рисунок 3.1– Кругова діаграма розподілу тепловтрат будівлі

З рис. 3.1 видно, що найбільш вагомими є тепловтрати через зовнішні стіни – 34,9 %, дах – 33,3 % та вікна – 18,6 %. Це дає змогу говорити про необхідність першочергового впровадження енергозберігаючих заходів саме в цих огорожувальних конструкціях.

### 3.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.19):

$$Q_l = 34 \cdot 104 = 3536 \text{ Вт},$$

де  $n=34$  чол – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.20)

$$Q_{el} = 52450 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,3 = 14460 \text{ Вт},$$

де  $N_{el} = 52,45 \text{ кВт} = 52450 \text{ Вт}$  – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.21)

$$Q_{осв} = 17856 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 2857 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 3536 + 14460 + 2857 = 20853 \text{ Вт.}$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.22)

$$\Delta Q = 327537 - 20853 = 306684 \text{ Вт.}$$

Розрахункове значення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період становить (3.23):

$$\Delta Q_{оп} = 306684 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 603 \text{ Гкал.}$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) утеплення зовнішніх стін;
- 2) утеплення даху;
- 3) заміна люмінісцентних ламп на світлодіодні.

### 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів [18]

#### 4.2.1 Утеплення зовнішніх стін

Утеплення зовнішніх стін пропонується виконувати плитами із мінеральної вати, марки М75, з подальшим оздобленням декоративним розчином по технології CEREZIT. Теплопровідність мінеральних плит –  $0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$  [21].

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару  $\delta_{ym}$  для утеплення огороджувальної конструкції, за формулою:

$$\delta_{ym} = \left[ R_{q \min} - R_{\sum np} \right] \cdot \lambda_{ym}, \quad (4.1)$$

або

$$\delta_{ym} = \left[ R_{q \min} - \left( \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_{ym}, \quad (4.2)$$

де  $R_{q \min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$R_{\Sigma_{np}}$  – розраховане значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

$\lambda_{ym}$  – коефіцієнт теплопровідності утеплювача;

$\alpha_6, \alpha_3$  – те саме, що в формулі (3.2);

$\delta_i, \lambda_{ip}$  – те саме, що в формулі (3.2).

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,78] \cdot 0,04 \approx 0,1 \text{ м.}$$

Приймаємо найближче більше стандартне значення товщини мінеральних плит, що є у продажу – 0,1 м.

Нове розрахункове значення опору теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції становитиме:

$$R_{розр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{23} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отримане значення задовольняє умові  $R_{\Sigma_{np}} \geq R_{q_{min}}$ .

Підрахуємо ефект від утеплення зовнішніх стін. Підставимо нове значення опору теплопередачі для зовнішніх стін у формули для розрахунків теплової потужності будівлі.

Капітальні затрати на теплоізоляцію, грн

$$K = (\text{Ц}_{\text{мат}} + \text{Ц}_{\text{роб}}) \cdot F_{\text{огор}} = 1,3 \cdot \text{Ц}_{\text{мат}} \cdot F_{\text{огор}}, \quad (4.3)$$

де  $F_{\text{огор}}$  – загальна площа огорожуючої конструкції, яку утеплюють,  $\text{м}^2$ ;

$\text{Ц}_{\text{мат}}$  – вартість 1  $\text{м}^2$  матеріалів для утеплення, *грн*;

$\text{Ц}_{\text{роб}}$  – вартість робіт з утеплення 1  $\text{м}^2$  поверхні конструкції, *грн*;

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



1,3 – коефіцієнт, що враховує вартість робіт відносно вартості матеріалів.

Втрати тепла після утеплення

$$Q_{ym} = \frac{F_{оп}}{R_{qmin}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (4.4)$$

де  $R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій [7].

Економія теплового навантаження

$$\Delta Q = Q_0 - Q_{ym}, \text{ Вт} \quad (4.5)$$

Необхідно накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня даху, попереджує передчасне руйнування даху. Що може бути викликане коливанням температур та атмосферними опадами.

Розрахункове зменшення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період за рахунок енергозберігаючого заходу розраховуємо за формулою (3.23).

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія для кожного значення теплового навантаження на рік розраховуємо за формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_H^p}, \quad (4.6)$$

де  $\eta_{ка}$  – ККД котельного агрегата;

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$Q_n^p$  – нижня теплота згоряння палива; для природного газу задаємося  $Q_n^p = 36000 \text{ кДж} / \text{м}^3$ .

Економічний ефект від запровадження енергозберігаючого заходу, виражений у грошовому еквіваленті, грн

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ}, \quad (4.7)$$

де  $C_{газ}$  – тариф на енергоносії з ПДВ та усіма додатковими видатками, наприклад, транспортуванням газу.

Простий термін окупності, років

$$T = \frac{K}{\Delta E}. \quad (4.8)$$

Виконуємо розрахунки відповідно до методики, наведеної вище.

Отже, капітальні затрати на теплоізоляцію відповідно до формули (4.3)

$$K = 1,3 \cdot C_{mat} \cdot F_{огор} = 1,3 \cdot 200 \cdot 2231 = 580060 \text{ грн}.$$

Втрати тепла після утеплення відповідно до формули (4.4)

$$Q_{ут} = \frac{F_{огр}}{R_{qmin}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n = \frac{2231}{3,3} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 27042 \text{ Вт}.$$

Економія теплового навантаження відповідно до формули (4.5)

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Delta Q = Q_0 - Q_{ym} = 114410 - 27042 = 87368 \text{ Вт.}$$

Розрахункове зменшення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період за рахунок енергозберігаючого заходу розраховуємо за формулою (3.23):

$$\Delta Q_{оп} = 87368 \cdot 187 \cdot \frac{18 - (-1,4)}{18 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 163,51 \text{ Гкал.}$$

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія на рік розраховуємо за формулою (4.6):

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_n^p} = \frac{163,51}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 36000} = 5680 \text{ м}^3.$$

Економічний ефект від запровадження енергозберігаючого заходу, виражений у грошовому еквіваленті відповідно до формули (4.7)

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ} = 5680 \cdot 8,34 = 47373 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності відповідно до формули (4.8)

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{580060}{47373} = 12,2 \text{ років.}$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

#### 4.2.2 Утеплення даху

Розрахунки простого терміну окупності при утепленні даху за своєю методикою співпадають з розрахунками при утепленні зовнішніх стін.

Отже, необхідну товщину теплоізоляції розраховуємо за формулою (4.1) або (4.2). Капітальні затрати на теплоізоляцію розраховуємо за формулою (4.3), втрати тепла після утеплення – за формулою (4.4), а економію теплового навантаження за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу – за формулою (4.5).

Розрахункове зменшення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період за рахунок енергозберігаючого заходу розраховуємо за формулою (3.23).

Обираємо матеріал для утеплення – мінеральної вата ISOVER.

Характеристики нових додаткових шарів для утеплення даху (шар гідроізоляції + шар з ізоверу):

$$\lambda_{ym} = 0,036 \frac{Вт}{м \cdot К} \text{ – теплопровідність плити з ізоверу [22];}$$

$$\lambda_{гидр} = 0,17 \frac{Вт}{м \cdot К} \text{ – теплопровідність шару гідроізоляції (руберойд) [7, 23];}$$

$$\delta_{гидр} = 0,0025 \text{ м – теплопровідність шару гідроізоляції.}$$

Товщина теплоізоляційного матеріалу та шарів гідроізоляції:

$$\delta_{ym} = [4,95 - 2,59] \cdot 0,036 = 0,085 \text{ м.}$$

Тут  $R_{q\min} = 4,95 \frac{м^2 К}{Вт}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі [7].

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо найближче значення товщини ізоверу, яке виготовляється промислово – 0,1 м.

Нове значення приведенного термічного опору даху після утеплення

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,0025}{0,17} + \frac{0,1}{0,044} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 5,38 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Отримане значення задовольняє умові  $R_{\Sigma пр} > R_{q \min}$ .

Вартість 10 м<sup>2</sup> рулон з ізоверу товщиною 10 см складає 320,2 грн/м<sup>2</sup> [22]. Вартість гідроізоляції (руберойд TECHNONICOL Полібуд ЕКО ЕПП 2,5) складає 324 грн за 9 м<sup>2</sup> [23].

Загальна вартість матеріалів складає

$$Ц_{\text{мат}} = Ц_{\text{гдр}} + Ц_{\text{мін.ват}} = 320,2 / 10 + 324 / 9 = 68 \text{ грн} / \text{м}^2. \quad (4.9)$$

Капітальні затрати на теплоізоляцію даху з урахуванням вартості робіт, що складає 30 % вартості матеріалів, розраховуємо за формулою (4.3):

$$K_{\text{дах}} = (Ц_{\text{мат}} + Ц_{\text{роб}}) \cdot F_{\text{дах}} = 1,3 \cdot Ц_{\text{мат}} \cdot F_{\text{дах}} = 1,3 \cdot 68 \cdot 7062 = 624281 \text{ грн}.$$

Втрати тепла після утеплення даху згідно формули (4.9)

$$Q_{\text{ут}} = \frac{7062}{5,38} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 52506 \text{ Вт}.$$

Економія згідно формули (4.5)

$$\Delta Q = 109066 - 52506 = 56560 \text{ Вт}.$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункове зменшення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період за рахунок енергозберігаючого заходу розраховуємо за формулою (3.23):

$$\Delta Q_{оп} = 56560 \cdot 187 \cdot \frac{18 - (-1,4)}{18 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 105,85 \text{ Гкал} .$$

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія на рік розраховуємо за формулою (4.6):

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_n^p} = \frac{105,85}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 36000} = 3677 \text{ м}^3 .$$

Економічний ефект від запровадження енергозберігаючого заходу, виражений у грошовому еквіваленті відповідно до формули (4.7)

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ} = 3677 \cdot 8,34 = 30668 \text{ грн} .$$

Простий термін окупності відповідно до формули (4.8)

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{624281}{30668} = 20,3 \text{ роки} .$$

#### 4.2.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Поточний стан

В об'єкті використовуються люмінесцентні лампи. Загальна кількість світильників – 248 шт. по 4 лампи у світильнику, потужність однієї лампи –

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

18 Вт. Отже, загальна кількість люмінісцентних ламп, встановлених у будівлі становить 992 шт.

Світлодіодні лампи є одними з найбільш економних, мають тривалий строк служби, є токсичними та потребують спеціальних засобів з утилізації.

#### Опис можливостей енергозбереження

Необхідно провести заміну люмінісцентних ламп потужністю 18 Вт на енергозберігаючі світлодіодні лампи T8 с цоколем G13, робочою напругою 220В, споживаною потужністю 9 Вт, яка складається з 87 світлодіодів SMD 3014 та має розсіяне світло [24].

Енергозберігаючі лампи мають ряд переваг: менше споживання потужності до 80% при тій же кількості світла; в 4 рази більший строк служби порівняно з люмінісцентними лампами (приблизно 10000 годин); низькі затрати на обслуговування; світло ідентичне світлу люмінісцентної лампи, компактний розмір та з багатьма формами; «тепле» світло; миттєве включення без мерехтіння; не сліплять очі.

#### Розрахунок економічного ефекту та простого терміну окупності E33

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими лампами та лампами розжарювання знаходимо за формулою:

$$W = n \cdot P \cdot t, \quad (4.10)$$

де  $n$  – кількість ламп, шт.;

$P$  – потужність однієї лампи, кВт;

$t$  – тривалість роботи лампи за рік ( $t = 2200 \text{ год}$ ), год.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Річне споживання електроенергії люмінісцентними лампами потужністю 18 Вт (4.10):

$$W_p = 992 \cdot 0,018 \cdot 2200 = 39283 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} .$$

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими LED лампами:

$$W_{л} = 992 \cdot 0,009 \cdot 2200 = 19642 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} .$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = (W_p - W_{л}) \cdot b , \quad (4.11)$$

де  $b$  – ціна за 1 кВт·год електроенергії, грн./кВт·год

$$\Delta E = (39283 - 19642) \cdot 2,15 = 42228 \text{ грн} / \text{рік} .$$

Витрати на впровадження заходу:

$$K_{л} = n \cdot C , \quad (4.12)$$

де  $C$  – вартість лампи

$$K_{л} = 992 \cdot 80 = 79360 \text{ грн} .$$

Розраховуємо простий термін окупності:

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$T = \frac{K_{Л}}{\Delta E}; \quad (4.13)$$

$$T = \frac{79360}{42228} = 1,9 \text{ року.}$$

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		65

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### Сутність захисного заземлення, норми допустимого опору, порядок розрахунку [25]

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом (водою) металевих не струмопровідних частин обладнання, які можуть опинитися під напругою.

Сфера застосування захисного заземлення – це трифазні трьохпровідні мережі з ізолюваною нейтраллю з напругою до 1000 В і трифазні мережі з будь-яким режимом нейтралі напругою вище 1000 В.

При цьому в приміщеннях з підвищеною електробезпекою і особливо небезпечних захисне заземлення (ЗЗ) обов'язкове при номінальній напрузі вище 36 В змінного і 110 В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки при напрузі 500 В і вище.

У вибухонебезпечних приміщеннях (ЗЗ) обов'язкове при будь-яких напругах. Виконує подвійну роль, додатково боротьба із статичною електрикою.

Принцип дії захисного заземлення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику і кроку, обумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок збільшення потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за величиною до потенціалу заземленого устаткування.

Принципова схема захисного заземлення має вигляд, зображений на рис. 5.1.

ПУЕ обмежує величини опору захисного заземлення. Для установок до 1000 В, якщо потужність джерел електричного струму  $P > 100$  кВт, тоді  $R_3 = 4$  Ом; при  $P < 100$  кВт –  $R_3 = 10$  Ом.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

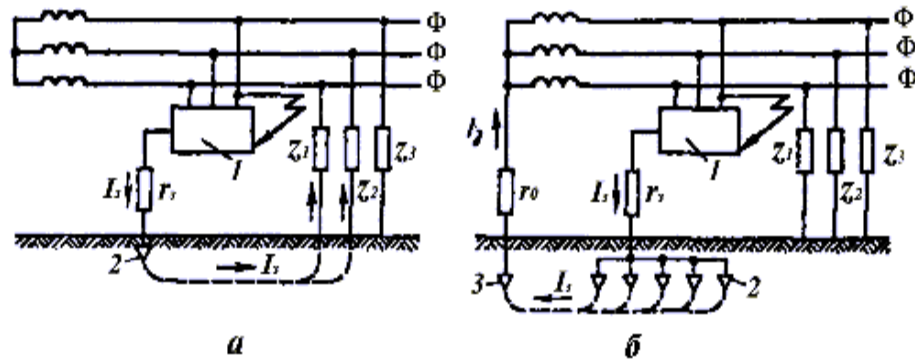


Рисунок 5.1 – Принципові схеми захисного заземлення:

*a* – в мережі з ізольованою нейтраллю до 1000 В і вище; *б* – в мережі із заземленою нейтраллю вище 1000 В; 1 – заземлене устаткування; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач робочого заземлення;  $r_s$ ,  $r_p$  – опори відповідно захисного і робочого заземлень;  $I_3$  – струм замикання на землю

#### Улаштування захисного заземлення

Конструктивно захисне заземлення є сукупністю заземлювачів, що знаходяться в ґрунті, і проводу, який з'єднує їх з устаткуванням, що заземлюється.

Самі заземлювачі можуть бути двох видів:

- а) штучні - виконані спеціально для цілей заземлення;
- б) природні - пристосовані для заземлення вже існуючі конструкції.

Природними заземлювачами можуть бути використані металеві трубопроводи, за винятком тих, що вміщують горючі гази і рідини, і трубопроводи, покриті ізоляцією від корозії. Використовуються обсадні труби колодязів, свердловин, арматура будівель із залізобетону, що має контакт із землею, свинцеві оболонки кабелів, прокладених в землі.

Використання природних заземлювачів дає певний економічний ефект, але вони мають також істотний недолік – вони доступні не електротехнічному персоналу і можуть бути пошкоджені як заземлювачі.

Якщо опір природних заземлювачів не задовольняє вимоги ПУЕ або їх взагалі немає, то додають або влаштовують штучні заземлювачі.

У траншею глибиною 0,8 м забивають труби завдовжки 3-4 м (або прутки). Верхні кінці, що виступають, з'єднують смугою зв'язку і два кінці якої заводять в приміщення, а траншею засипають. З'єднання труб зі смугою зв'язку дозволяється тільки зварюванням, а в приміщенні допускається болтове з'єднання.

Порядок розрахунку штучного заземлення такий:

1 У відповідності до вимог ПУЕ визначається допустимий опір проходженню струму в заземленні  $R_3$ . Для мереж з напругою до 1000 В можна взяти  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ .

2 Визначається питомий опір ґрунту, який рекомендовано для розрахунків,  $\rho_{\text{табл}}$ , Ом·см.

3 Визначаються підвищувальні коефіцієнти для вертикальних заземлювачів (труб або стрижнів)  $K_{\text{ПТ}}$  та для з'єднувальної смуги  $K_{\text{ПС}}$ , які враховують зміну опору ґрунту в різні пори року залежно від наявності опадів.

Таблиця 5.1 – Приблизні значення питомих опорів ґрунтів,  $\rho_{\text{табл}}$

Ґрунт	Значення, які рекомендуються для розрахунків, Ом·см
Пісок	70000
Супісок	30000
Суглинок	10000
Глина	4000
Чорнозем	2000
Торф	200

Таблиця 5.2 – Значення підвищувальних коефіцієнтів  $K_{П.Т}$ ,  $K_{П.С}$  за кліматичними зонами

Клі- матична зона	Тип заземлювачів	
	Горизонтально прокладені заземлювачі (смугові та ін.) при глибині від поверхні ґрунту $h_r=0,8$ м, $K_{П.С}$	Стрижневі вертикально встановлені заземлювачі при глибині від поверхні землі $h_b=0,5-0,8$ м, $K_{П.Т}$
I	4,5–7	1,8–2
II	3,5–4,5	1,6–1,8
III	2,5–4	1,4–1,6
IV	1,5–2	1,2–1,4

4 Визначається питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних електродів (труб або стрижнів)  $\rho_{розр.т}$ , Ом·см, з урахуванням несприятливих умов за допомогою підвищувального коефіцієнта:

$$\rho_{розр.т} = \rho_{табл} \cdot K_{П.Т} . \quad (5.1)$$

5 Визначається питомий розрахунковий опір, Ом·см, ґрунту для горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги):

$$\rho_{розрс} = \rho_{табл} \cdot K_{П.С} . \quad (5.2)$$

6 Визначається відстань  $t$  від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (див. рис. 5.2):

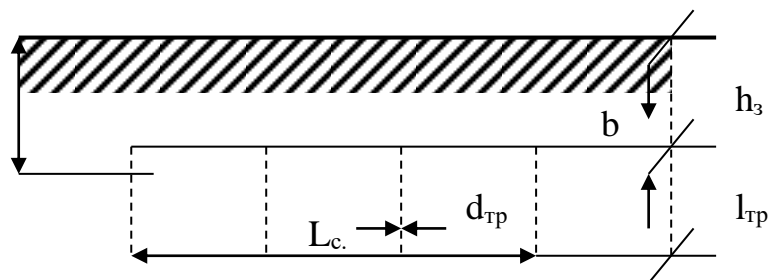


Рисунок 5.2 – Схема заземлення

$$t = h_3 + \frac{l_m}{2} \quad (5.3)$$

де  $h_3$  – глибина заглиблення труб, см, як правило  $h_3=80$ см;

$l_m$  – довжина вертикального заземлювача (труби або стрижня).

7 Визначається опір проходження струму для одиночного вертикального заземлювача, Ом, який розміщений нижче від поверхні землі:

$$R_m = 0,366 \frac{\rho_{розрм}}{l_m} \left( \lg \frac{2l_m}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l_m}{4t - l_m} \right). \quad (5.4)$$

8 Визначається орієнтовна необхідна кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування

$$n_m = \frac{R_m}{R_3}. \quad (5.5)$$

9 Визначається відстань між вертикальними заземлювачами  $L_m$ , см, із співвідношення  $c = \frac{L_m}{l_m}$ . Для стаціонарних заглиблених заземлювачів це співвідношення береться таким:  $C=1$ . Тоді

$$L_m = l_m \cdot c. \quad (5.6)$$

10 Визначаємо коефіцієнт екранування труб при орієнтовному числі труб  $n_m$ .

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3 – Коефіцієнт екранування вертикальних заземлювачів

Кількість вертикальних заземлювачів, $n_m$ , шт.	Коефіцієнт екранування вертикальних заземлювачів, $\eta_{e.m}$
2	0,85
3	0,78
5	0,7
10	0,59
15	0,55
20	0,49
40	0,41
60	0,39
100	0,36

11 Уточнюється необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_{m.e} = \frac{R_m}{R_z \cdot \eta_{e.m}} \quad (5.7)$$

12 Визначається розрахунковий опір проходження струму при уточненому числі вертикальних заземлювачів  $n_{m.e}$ :

$$R_{розр n_{m.e}} = \frac{R_m}{n_{m.e} \cdot \eta_{e.m}} \quad (5.8)$$

13 Визначається довжина з'єднувальної смуги, см:

$$L_{z.c} = 1,05 L_m (n_{m.e} - 1). \quad (5.9)$$

14 Визначається опір проходження струму, Ом, в з'єднувальній смузі:

$$R_{з.с} = 0,366 \frac{\rho_{розр.с}}{L_{з.с}} \lg \frac{2L_{з.с}^2}{h_3 \cdot b_c}, \quad (5.10)$$

де  $h_3$  – глибина заглиблення вертикальних заземлювачів, см;

$b_c$  – ширина з'єднувальної смуги, см.

15 Визначається коефіцієнт екранування  $\eta_{Е.З.С}$  для з'єднувальної смуги.

Коефіцієнт екранування з'єднувальних смуг  $\eta_{Е.З.С}$  при розміщенні заземлювачів в ряд (чисельник) чи за чотирикутним контуром (знаменник)

Таблиця 5.4 Коефіцієнт екранування з'єднувальних смуг

Кількість вертикальних заземлювачів	4	5	6	10	20	30	50	60	100
Коефіцієнт екранування з'єднувальних смуг, $\eta_{Е.З.С}$	<u>0,77</u> 0,45	<u>0,74</u> 0,4	<u>0,67</u> 0,36	<u>0,62</u> 0,34	<u>0,42</u> 0,27	<u>0,31</u> 0,24	<u>0,21</u> 0,21	<u>0,2</u> 0,2	<u>0,19</u> 0,19

16 Визначається розрахунковий опір для проходження електричного струму в з'єднувальній смузі з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$R_{розр.С} = \frac{R_{з.П}}{\eta_{Е.З.П}}. \quad (5.11)$$

17 Визначається загальний розрахунковий теоретичний опір проходження струму від вертикальних заземлювачів та з'єднувальної смуги:



$$R_{заг.розр} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розрт}} + \frac{1}{R_{розрс}}} . \quad (5.12)$$

Остаточний результат повинен бути близьким до значень  $R_3$ .

Контроль захисного заземлення згідно з ПУЕ контролюють опір щорічно (в період найсухішої або найхолоднішої погоди) з обов'язковим частковим розкриттям ґрунту і з оглядом окремих частин.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була будівля Легкоатлетичного манежу СумДУ, яка розташована за адресою: 40000 Сумська обл., м. Суми, вул. Прокоф'єва, 38/1.

Після ознайомлення з проектною документацією по заданому об'єкту, було проведене візуальне та інструментальне обстеження споруди, систем опалення, електро-, газо- та водопостачання, водовідведення та вентиляції.

Обстеження будівлі та результати вимірювань показали неефективність теплової ізоляції деяких огорожуючих конструкцій будівлі, а саме даху та зовнішніх стін, наявність низькоефективних і токсичних люмінесцентних ламп. Через значні тепловтрати через огорожуючі конструкції та за рахунок інфільтрації температура у приміщеннях є нерівномірною та може знижуватися нижче нормованих значень. Існуюча система освітлення у будівлі має низьку ефективність, тому що у будівлі застосовуються люмінесцентні лампи.

Тепловий баланс приміщень був розрахований при фактичному значенні опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- утеплення зовнішніх стін. Капітальні затрати на впровадження заходу – 580060 грн, економія – 47373 грн, простий термін окупності – 12,2 років;
- утеплення даху. Капітальні затрати на впровадження заходу – 624281 грн, економія – 30668 грн, простий термін окупності – 20,3 роки;
- заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Капітальні затрати на впровадження заходу – 79360 грн, економія – 42228 грн, простий термін окупності – 1,9 років.

Отже, серед запропонованих енергозберігаючих заходів після виконання розрахунків можна рекомендувати до впровадження заходи, що мають найкоротший термін окупності, а саме: утеплення зовнішніх стін, заміна

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дерев'яних вікон на вікна з ПВХ та заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» були розглянуті питання сутності захисного заземлення та нормування допустимого опору, порядок розрахунку заземлення.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		75

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 144 “Теплоенергетика” (освітня програма «Енергетичний менеджмент») усіх форм навчання / Укладачі: С. С. Антоненко, С. В. Сапожніков, М. І. Сотник, С. О. Хованський. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 43 с.
2. Закон України «Про енергозбереження» від 16.05.2007 із змінами, внесеними згідно із Законом № 1026-V (1026-16), ВВР, 2007. – № 34. Енергетичний менеджмент/ А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко й ін. – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.: іл.
3. Аналітична інформація щодо моніторингу виконання Комплексної державної програми енергозбереження, регіональних програм енергозбереження, та заходів з енергозбереження у регіонах України за підсумками 2009 року / Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.necin.gov.ua.nergomir.blogspot.com/2010/11/blog-post\\_25.html](http://www.necin.gov.ua.nergomir.blogspot.com/2010/11/blog-post_25.html).
4. Р. М. Тригуб Проблеми управління житлово-комунальним господарством міст / Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Випуск 42. 2016. – С. 226-230.
5. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://sport.sumdu.edu.ua/>
6. Технічний паспорт на нежитлове приміщення вул. Прокоф'єва, 38/1.
7. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. – Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
8. [Електронний інтернет-ресурс] : [https://www.buderus.ru/sistemy\\_otoplenija\\_doma/produkcija\\_postavki\\_kotorojj\\_p\\_rekrashheny/napolnye\\_kotly\\_buderus/logano\\_ge434.html](https://www.buderus.ru/sistemy_otoplenija_doma/produkcija_postavki_kotorojj_p_rekrashheny/napolnye_kotly_buderus/logano_ge434.html)

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://gazovik-gaz.ru/oborudovanie/ustrojstva-ucheta-rasxoda-gaza/byitovyie-i-kommunalno-byitovyie-schetchiki-gaza/schetchiki-gaza-promyishlennyye-metrix-g40-metrix-g65.html>. Metrix G40 Счетчик газа мембранный.
10. [Електронний інтернет-ресурс]: [https://www-ru.korado.com/produkty/radik.html](https://www.ru.korado.com/produkty/radik.html) Отопительные панели типа Radik.
11. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://elmisto.com.ua/p35237583-elektroschetchik-nik-2301.html> Лічильник активної енергії типу НІК.
12. [Електронний інтернет-ресурс] : [https://bt.rozetka.com.ua/brille\\_111204\\_1/p46141160/](https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/) Світильник BS-24/4x18 FORA.
13. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://schetchiki.com.ua/schetchiki-vody/schetchik-kholodnoj-vody-gross-mnk-ua-c-dn25-detail> Счетчик холодной воды GROSS MNK-UA DN 25.
14. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://zapadpribor.com/minitemp-mt2/> Лазерний пірометр MiniTemp.
15. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-605-h1/p/0560-6053> Термоанімометр Testo 605-H1.
16. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prom.ua/Ruletki>
17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
18. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.
19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

20. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.

21. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prostoremont.com.ua/ua/myneral-na-ya-y-bazal-tova-ya-vata> Мінеральна та базальтова вата - каталог.

22. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt40-100mm-details.html>

23. [Електронний інтернет-ресурс]: [https://trivita.ibud.ua/ru/company-prais/ruberoid-rkp-tu-15-m-trivita-7970409?utm\\_source=ibud.ua&utm\\_medium=price&place=1&priceID=7970409&catalogID=2668](https://trivita.ibud.ua/ru/company-prais/ruberoid-rkp-tu-15-m-trivita-7970409?utm_source=ibud.ua&utm_medium=price&place=1&priceID=7970409&catalogID=2668)

24. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://prom.ua/Svetodiodnye-lampy-t8-tsokol-g13-1.html> Світлодіодні лампи Т8 с цоколем G13.

25. Гандзюк М. П. Основи охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закладів / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. За ред. М. П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2004. – 408 с.

					6.144.03 БР 00 ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		