

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 адміністративної
будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД" та розроблення заходів з
енергозбереження"

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

Виконавець роботи Кобза Андрій 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)

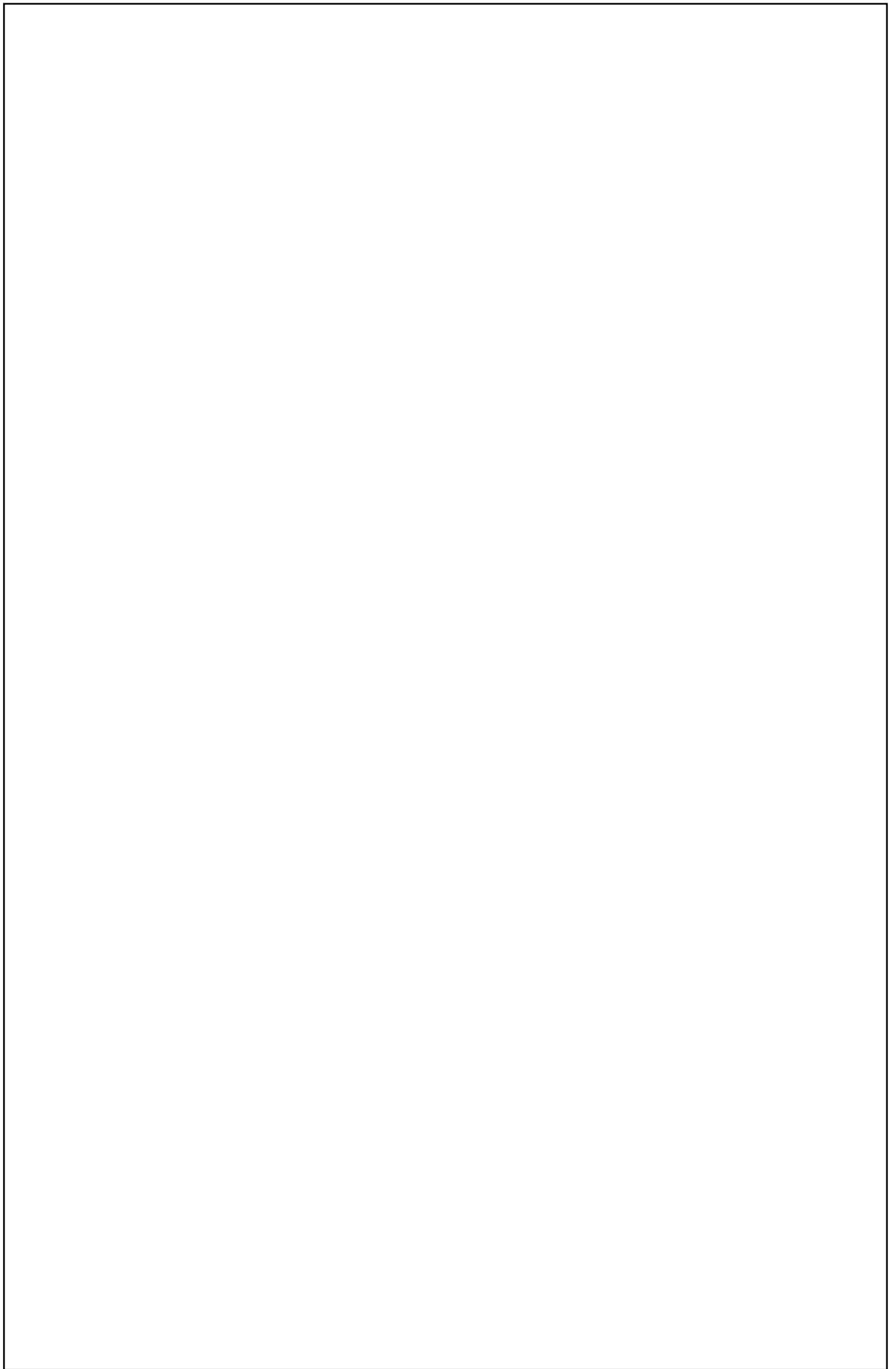
Сапожніков С. В.
(прізвище і ініціали)

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

_____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2020



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 77 с., 13 рис., 9 табл., 24 літературні джерела.

Об'єкт дослідження: систем тепло-, водо-, газо- та електропостачання, освітлення і вентиляції, каналізації будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД», розташована за адресою: Сумська обл., Роменський район, с. Біловоди, вул. Біловодська, 1.

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

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту (1 ф. А3), план адміністративної будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» (1 ф. А4х3), заходи з енергозбереження (1 ф. А3), зведені дані термічних опорів і тепловтрат досліджуваного об'єкту (1 ф. А3) – всього 4,5 аркушів 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 адміністративної будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД" та розроблення заходів з енергозбереження".

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	7
1.1 Загальні відомості про об’єкт енергетичного обстеження	7
1.2 Опис дійсного стану будівлі	8
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об’єкта..	12
1.3.1 Система опалення.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	17
1.3.3 Система водопостачання.....	19
1.3.4 Система каналізації.....	20
1.3.5 Система вентиляції.....	20
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	20
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	21
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	26
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	26
2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження.....	30
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	31
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	31
3.2 Тепловий розрахунок будівлі.....	40
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	49
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	49
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	49
4.2.1 Утеплення зовнішніх стін.....	49
4.2.2 Утеплення даху.....	54
4.2.3 Заміна дерев’яних вікон на вікна з ПВХ.....	56
4.2.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75

					6.144.01 БР 00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз ефективності енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» та розроблення заходів з енергозбереження. <small>ПОВІДОМЛЕННЯ ЗАПИСА</small>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Кобза				4	77	
Перевір.		Сапожніков				СумДУ, ЕМ-61		
Н. контр.		Сапожніков						
Затв.								

ВСТУП

Енергозбереження, впровадження нових технологій, що потребують менших затрат енергії, має бути основним напрямом подальшого розвитку народного господарства. За розрахунками вчених, зниження питомої енергомісткості національного доходу України вдвоє збереже споживання енергії в 2000 р. у порівнянні з сьогоdnішнім рівнем. І це завдання цілком реальне. Наприклад, у США завдяки великій увазі, як було приділено енергозбереженню після нафтової кризи 1973р споживання енергоресурсів за десять років після кризи зменшилося на кілька відсотків порівняно з рівнем 1973 р., валовий же суспільний продукт країни за цей період зріс на 25%. Проте до останнього часу заклики до дбайливого, господарського використання сировини, енергоресурсів, які періодично лунали в нас із шпальт преси, у виступах вчених тощо, не давали бажаних результатів при соціалістичному ладові, коли все було “наше” й нічого “мого”, коли виробник був відчужений від власності, і у нього не було жодних стимулів економити ресурси, матеріали, сировину. Доки земля та все, що є на ній, не матиме справжнього хазяїна, доти заклики до економії ресурсів залишається “голосом волаючого у пустелі”.

Україна дістала у спадщину від СРСР надзвичайно неефективну, енергоємну й матеріалоємну промисловість. Наприклад, для отримання 1т цементу ми витрачаємо 274 кг умовно палива, а японці – 142. Питомі затрати енергії у чорної металургії Японії на 20 –30% нижчі, ніж у нас, причому, як не парадоксально – головним чином за рахунок впровадження таких передових технологій, як безперервна розливка сталі, сухе гасіння коксу, утилізація тепла газів доменних печей. Ці технології були розроблені у нас, японці придбали ліцензії на їх застосування і мають із цього неабияку вигоду, а у вітчизняній металургії вони майже не впроваджені. Саме тому

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

енергозбереження є актуальною та дуже важливою першочерговою задачею.
[2, 3]

Метою роботи є аналіз використання первинних енергоресурсів і води, розроблення енергозберігаючих заходів з їх економії у адміністративній будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД», що розташована за адресою: Сумська обл., Роменський район, с. Біловоди, вул. Біловодська, 1.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі: визначити тепловий баланс будівлі; виявити недоліки в роботі систем опалення, освітлення, вентиляції та водопостачання; запропонувати перелік енергозберігаючих заходів для проєктованих систем; зробити економічне обґрунтування ефективності роботи систем.

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження [4]

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративно-технічна будівля ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» – сучасний сільськогосподарський виробник, соціально-відповідальний партнер та надійний постачальник, що володіє активами в Сумській області.

Компанія здійснює діяльність на території Лебединського, Білопільського, Недригайлівського, Роменського та Сумського районів. Не дивлячись на свій молодий вік, ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» має значний досвід в сільгоспвиробництві, який наші співробітники вміло поєднують із застосуванням передових технологій, інноваційного обладнання та сучасної сільськогосподарської техніки.

За час свого існування компанія створила понад 1000 робочих місць. Наші працівники щодня старанно та сумлінно виконують свою роботу, тим самим забезпечують стабільну діяльність компанії.

Пріоритетними напрямками діяльності ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» є:

- рослинництво (вирощування кукурудзи та сої);
- молочне тваринництво;
- надання повного комплексу послуг для зернових та технічних культур.

Виробництво підприємства націлене на задоволення життєвонеобхідних потреб суспільства в якісній сільськогосподарській сировині та продукції.

У адміністративно-технічній будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» розміщуються адміністрація підприємства, допоміжні відділи, кімнати відпочинку працівників, санвузли, кімнати для переговорів, комори для зберігання запасних частин та інвентарю.

Початок будівництва об'єкту – 2000 рік, введений в експлуатацію 2001 року.

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

Кількість працівників об'єкту – 40 осіб.

Підприємство працює 5 днів на тиждень.

Вихідні дні: субота та неділя.

Директором підприємства є досвідчений, розважливий і цілеспрямований керівник Лаврик Руслан Володимирович.



Рисунок 1.1 – Адміністративно-технічна будівля ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД»

На території підприємства наявні тротуари та автомобільна стоянка для машин. Усі інженерні мережі будівлі підключені до існуючих мереж підприємства та міських інженерних мереж згідно креслень і технічних умов.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Технічні характеристики будинку такі:

- призначення будівлі – адміністративно-технічна будівля;
- рік побудови – 2000 рік;
- кількість поверхів адміністративної частини будівлі – 1;
- наявність цокольного поверху – ні;
- загальна площа – 445 м²;
- опалювальна площа складає 445 м².

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

- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 1112,5 м³.
- площа скління – 85,6 м².
- загальна кількість вікон – 28 шт.
- висота приміщень – 2,5 м.

Об'єкт енергообстеження являє собою одноповерхову будівлю.

Дах: двоскатний, шиферний по дерев'яним стропилам.

Перекриття: залізобетонна плита товщиною 220 мм, штукатурка на цементно-піщаній основі товщиною 20 мм.

Фундамент – бетонний.

Підлога – залізобетонні плити, товщиною 220 мм, дощата по лагам товщиною 40 мм.

Стіни – силікатна цегла, товщиною 380 мм, штукатурка на цементно-піщаній основі 20 мм.

Вікна – дерев'яні, однокамерні в роздільних сплетіннях.

Перегородки – цегляні у половину цеглину, товщиною 120 мм.

Перекриття – залізобетонні плити, товщиною 220 мм, утепленні шаром керамзиту, товщиною 100 мм.

Загальний стан огороджуючих конструкцій задовільний.

Будівля не має безпосереднього контакту із іншими будівлями.

Аварійний вхід до об'єкту майже весь час зачинений.

Система опалення об'єкту автономна, однотрубна з верхнім розведенням магістралей. Нагрівання теплоносія забезпечується двома газовими водогрійними котлами «Богдан-35», потужністю 35 кВт кожний. Прилади опалення – чавунні секційні радіатори в кількості 31 шт. Вони розташовані під вікнами в кожному приміщенні з різною кількістю секцій, залежно від розрахункової (за проектом) теплової потужності. У системі працює циркуляційний насос, який забезпечує необхідний проток теплоносія

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

через котел та максимальний ККД котлоагрегату. Матеріал труб в системі опалення – сталь, труби проходять всередині будівлі в основному відкрито.

Досліджувана система опалення включає таке 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.

Постачання холодної води відбувається з власної водонапірної башти, яка, у свою чергу, наповнюється від власної артезіанської свердловини, що розташована в 25 метрах від будівлі та 70 метрах від об'єкту. Плата за спожиту воду, розраховується на основі показань лічильника електроенергії, що встановлений на насосній станції біля свердловини.

В об'єкті налічується 9 водопровідних кранів та 9 умивальників. В окремому приміщенні влаштовано санвузол. В приміщенні будівлі налічується 2 водопровідних крана та 2 умивальника. Вся запірна арматура в гарному стані, витоків води не виявлено.

Система каналізації об'єкту є автономною. Усі стоки води від санвузлів, умивальників та дощовідвідних каналів зливаються по

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

пластиковому каналізаційному трубопроводу діаметром 150 мм до центрального колектора, виконаного із залізобетонних кілець діаметром 2 м. Очистка колектора спеціалізованим автотранспортом здійснюється періодично по мірі його заповнення.

Живлення електричною енергією приміщення об'єкту здійснюється повітряними лініями 0,4 кВ від КТП 659, що знаходиться на балансі Роменської філії ПАТ «Сумиобленерго».

Електропостачання об'єктів споживача здійснюється на підставі договору про постачання електричної енергії, який укладено з Роменською філією 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.

Споживачами електричної енергії об'єкту є: комп'ютерна техніка, електричний водонагрівач, система освітлення, телевізор, портативний відеопрогравач, холодильник, пральна машина та інша дрібна офісна техніка.

В об'єкті використовуються люмінесцентні лампи . Загальна кількість світильників – 58 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 світлопрозорих конструкцій, а також дверних проємів. Для її інтенсифікації можуть відчинятися двері, кватирки, стулки вікон. Як правило, природня

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

вентиляція є головною на об'єкті. Примусову вентиляцію застосовують виключно у місцях, де наявні виділення значної кількості вологи або сторонніх запахів, а саме: санвузли та душові кабінки. Примусова вентиляція є витяжною. Подача свіжого повітря реалізується за рахунок інфільтрації.

Постачальником природного газу є Роменська філія ПАТ «Сумигаз збут». Лічильник природного газу – METRIX G6 [5] з номінальною витратою $6 \text{ м}^3/\text{год}$. Основні споживачі природного газу – система опалення, гаряче водопостачання, приготування страв.

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

У ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» базовим джерелом тепла є водяне опалення з використанням автономного газової котельні. Температура теплоносія може змінюватися залежно від температури довкілля. Після пвдгрівання вода подається за допомогою циркуляційного насосу у систему

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

опалення. Система опалення в приміщенні – однотрубна з нижнім розведенням магістралей. Рух гарячого теплоносія відбувається знизу вгору через труби і опалювальні прилади.

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

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704 -91.

Характеристики чавунного секційного радіатора МС-140 подані у табл. 1.1 [6].

Таблиця 1.1 – Характеристики чавунного секційного радіатора МС-140

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °C	+110
Тиск, бар	9
Критичний тиск, бар	12
Потужність секції, Вт	120 – 160
Об'єм, л	1,11 – 1,45
Габаритні розміри , мм	
<i>висота секції</i>	588
<i>глибина секції</i>	93
<i>ширина секції</i>	140
Маса секції, кг	5,7 – 7,1

Зображення чавунного секційного радіатора подане рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Чавунний секційний радіатор МС-140

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

У котельні досліджуваного об'єкту встановлено таке обладнання: два газові водогрійні котли «Богдан-35», потужністю 35 кВт кожний. Один котел працює постійно, а інший знаходиться в холодному резерві і вмикається лише в часи пікових навантажень. Котли виготовлено у листопаді 2005 року. Фірма виробник «Укрінтерм». [7] (рис. 1.3), запірна арматура по воді – засувки діаметром 100 мм, фільтр тонкого очищення, гідровирівнювач, розширювальний мембранний бак, рециркуляційна насосна система. Наявність власного джерела тепла дозволяє досить гнучко регулювати температуру у приміщеннях підприємства залежно від температури зовнішнього повітря, що не спричиняє надлишкової подачі теплоти на потреби і перевикористання природного газу.

Технічні характеристики котла:

- номінальна теплова потужність – 35 кВт;
- номінальна теплопродуктивність – 30,8 кВт;
- номінальний тиск газу – 1,96 кПа;
- коефіцієнт корисної дії, не менше – 92 %;
- максимальна температура теплоносія – 95 °С;

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

- діапазон регулювання температури теплоносія на виході з котла, не менше – 50...90 °С;
- температура продуктів згоряння на виході з котла, не менше – 110 °С;
- споживання електричної енергії, не більше – 110 Вт;
- характеристика електроживлення (напруга/частота) – 220 В/50 Гц;
- маса апарату – 140 кг.



Рисунок 1.3 – Котел газовий водогрійний «Богдан-35»

Основною проблемою при експлуатації даного типу опалювальних приладів є необхідність підтримки значення рН (кислотність теплоносія) у вельми вузькому діапазоні. Іншою проблемою є газоутворення в приладах, яке може приводити до постійного скупчення повітря в системах опалення, якщо вона не спроектована з урахуванням цього чинника.

Підчас обстеження були виявлені деякі порушення, а саме: у деяких приміщеннях опалювальні прилади були загороджені, що негативно впливає на процес повітрообміну; вікна у деяких приміщеннях мають не якісні відкоси, що спричиняє надмірні втрати тепла, що на період опалювального сезону не доцільно з точки зору енергозбереження.

Облік теплової енергії здійснюється опосередковано шляхом реєстрації кількості спожитого природного газу, яка вимірюється за допомогою газового

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

лічильника марки «Самгаз» G6 [5] (рис. 1.4), який має такі основні характеристики:

- діаметр умовного проходу Ду 32 мм;
- циклічний об'єм 2,4 дм³;
- діапазон об'ємних витрат газу $Q_{\min}=0,025 \text{ м}^3 / \text{год}$; $Q_{\text{ном}}= 6,0 \text{ м}^3 / \text{год}$; $Q_{\max}=10,0 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- межі допустимої відносної похибки не перевищують в діапазоні витрат $Q_{\min}<Q<0,1Q_{\max} \pm 3,0\%$ та при $0,1Q_{\max}<Q<Q_{\max} \pm 1,5\%$;
- втрата тиску при Q_{\max} , не більше – 200 Па;
- діапазон робочих температур – мінус 30...+55 °С;
- габаритні розміри (довжина x ширина x висота) – 342 x 169 x 247 мм.



Рисунок 1.4 – Лічильник природного газу мембранного типу «Самгаз» G6

Лічильники марки «Самгаз» 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 як у промисловості, так і у побуті.

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД» та Роменською філією 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 в будівлі. Вона є спільною для всього об'єкту.

Комерційний облік спожитої у об'єкті активної електричної енергії здійснюється за допомогою трьохфазного одностарифного лічильника активної енергії типу НІК 2102-02.М2В [8] (рис. 1.6, табл. 1.2), який входить до складу автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Вона являє собою сукупність об'єднаних в єдину систему локального устаткування збору і обробки даних (ЛУЗОД) засобів обліку, каналів передачі інформації та пристроїв приймання, обробки, відображення та реєстрації інформації. Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ поданий на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ [9]

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

Лічильник типу НІК 2102-02.М2В 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.



Рисунок 1.6 – Трьохфазний одностарифний лічильник активної енергії типу НІК 2102-02.М2В

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника НІК 2102-02.М2В

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
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 [10] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього і зовнішнього освітлення 3744 Вт. Річна тривалість роботи систем зовнішнього освітлення – 1600 год.

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

1.3.3 Система водопостачання

Об'єкт має автономну систему холодного водопостачання.

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 підприємства, а саме: змішувачі, крани, змивні бачки, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душовій.

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

Визначення споживання холодної води виконується з використанням лічильника з метою внутрішнього контролю.

1.3.4 Система каналізації

Система каналізації автономна. Господарчо-побутові стоки відводяться у власні каналізаційні мережі підприємства. Вони не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх у каналізацію, попереднього очищення не виконують. Вигрібна каналізаційна яма розміщена на периферії об'єкту та періодично очищається по мірі заповнення. вивезення каналізаційних стоків здійснює спеціалізований автотранспорт Роменського відділення ПАТ «Міськводоканал», з яким у підприємства існує договір.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø100.

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 опалювального періоду система штучного кондиціонування не використовується.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду

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

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

2018 рік

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

Природний газ: 8,55 грн/м³.

2019 рік

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

Природний газ: 8,34 грн/м³.

2020 рік

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

Природний газ (з урахуванням вартості доставки): 8,34 грн/м³.

1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Підприємство працює у будівлі протягом року, тому дані споживання відомі лише за час роботи. Дані споживання ПЕР та води попереднім власником будівлі не відомі.

1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу

Кількість спожитого природного газу об'єктом за місяцями за 2019 і 2020 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку, наведено в табл. 1.3.

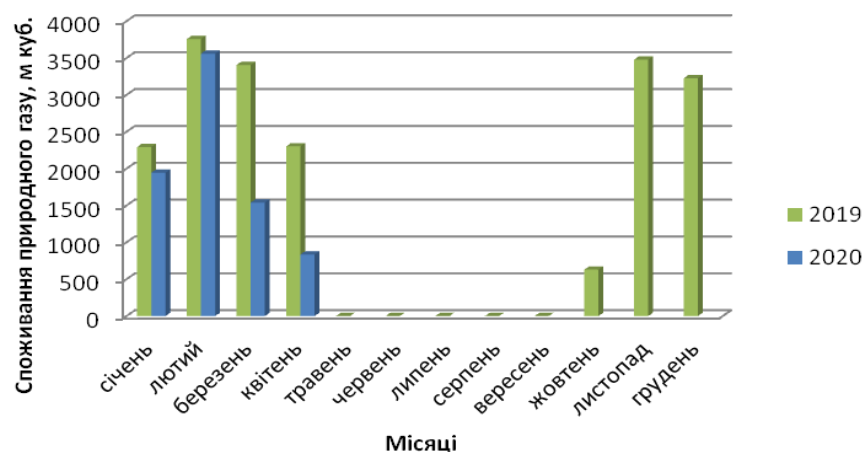


Рисунок 1.7 – Динаміка споживання природного газу об'єктом у 2019 і 2020 роках

Таблиця 1.3 – Споживання природного газу

Місяці	Споживання природного газу, м ³		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	–	2293	1945
Лютий	–	3758	3560
Березень	–	3406	1540
Квітень	–	2302	835
Жовтень	–	630	–
Листопад	–	3477	–
Грудень	–	3225	–
Всього	–	19091	7880

Максимуми споживання природного газу припадають на зимові місяці, натомість влітку споживання газу у будівлі відсутнє, що видно з рис. 1.7. Причиною цього є використання природного газу на опалення. Загалом, споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку опалювального періоду, і починає плавно спадати в кінці зимових місяців. У січні, у зв'язку зі святами, споживання природного газу дещо знижується.

Суттєве зменшення споживання природного газу у 2020 році пояснюється суттєво теплішою зимою, що потребувало менше витрат газу на опалення, а також запровадженням загальнодержавного карантину, пов'язаного із всесвітньою епідемією вірусу COVID-19, що призвело до зупинки промислових підприємств. Незначне споживання природного газу у цей час пояснюється її використанням для роботи чергового обладнання і підтримання системи опалення у режимі не заморожування. У зв'язку з цим

фактором для оцінювання реального використання природного газу будемо використовувати виключно дані за 2019 рік.

1.4.2 Аналіз обсягів спожитої електричної енергії об'єктом

Кількість спожитої електричної енергії об'єктом по місяцям за 2019 і 2020 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті, наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Споживання електроенергії об'єктом

Місяці	Споживання електроенергії, кВт·год		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	–	230	190
Лютий	–	241	205
Березень	–	54	25
Квітень	–	66	15
Травень	–	60	–
Червень	–	36	–
Липень	–	120	–
Серпень	–	156	–
Вересень	–	168	–
Жовтень	–	180	–
Листопад	–	198	–
Грудень	–	228	–
Всього	–	1737	435

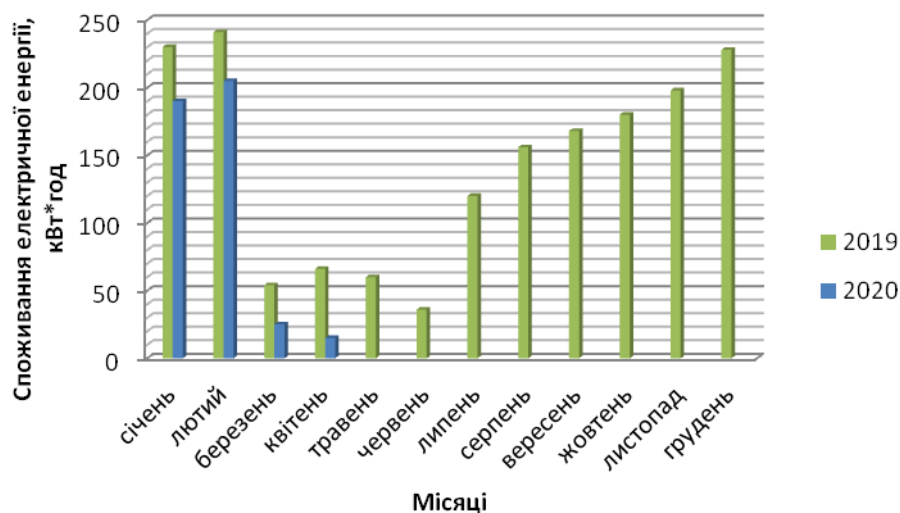


Рисунок 1.8 – Динаміка споживання електроенергії об’єктом у 2019-2020 році

Максимуми споживання енергії припадають на період з жовтня по квітень, що видно з рис. 1.8, причиною чого є зменшення світлового дня. Загалом, споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку осені, і починає плавно спадати в кінці весняних місяців.

У липні, серпні, вересні споживання електроенергії найменше, що зумовлено сприятливими умовами для природного освітлення приміщень будівлі.

У різні роки в одні й ті ж місяці спостерігається невелика різниця споживання електричної енергії. Це пов’язано з нерівномірністю завантаження приміщень. З березня по червень 2019 року спостерігається спад у використанні електроенергії, це зумовлено ремонтом електричного водонагрівача.

Суттєве зменшення споживання електричної енергії у 2020 році у березні та квітні пояснюється запровадженням вседержавного карантину, пов’язаного із всесвітньою епідемією вірусу COVID-19, що призвело до зупинки промислових підприємств. Незначне споживання електричної енергії у цей час пояснюється її використанням для роботи чергового обладнання. У зв’язку з цим фактором для оцінювання реального

використання енергоносіїв будемо використовувати виключно дані за 2019 рік.

У 2019 році в об'єкті за даними журналу обліку було спожито:

- природного газу – 19091м³ (132873,36 грн.);
- електричної енергії в об'єкті – 1737 кВт·год (3508,74 грн.).



Рисунок 1.9 – Кругова діаграма обсягів споживання енергоресурсів об'єктом за 2019 рік

З кругової діаграми (рис. 1.9) видно, що більшу частину енергоспоживання складає природний газ (97 %). Частково це пов'язано із використанням природного газу для промислових потреб.

Отже, для економії енергоресурсів доцільно впроваджувати заходи з економії у першу чергу природного газу.

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

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 [11]

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 [12]

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-N1

2.1.3 Вимірювальна рулетка [13]

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 ± 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

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		29

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, які утворені фасадним склінням, 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, а також через саме скління. З урахуванням нещодавньої модернізації будівлі, можна сказати, що її якість була невисокою.

Результати вимірювань показали, що в місці стику зовнішніх і внутрішніх стін та перекриття відбуваються значні тепловтрати.

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

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [14-18]

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.2.6-31:2016, табл. 6 [14] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $m^2 \cdot K / Bm$, непрозорої огорожувальної 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 α_6, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Bt / (m^2 \cdot K)$, які приймаються згідно з ДБН В.2.6-31:2016, табл. 9, [14];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31:2016, табл. 8, $Bt / (m \cdot K)$, [14];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

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

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по ДБН В.2.6-31:2016, табл. 7, [14].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{nz} , $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$ 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, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$ – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$.

Величина $\sum R_n$ розраховується по рівнянню:

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го шару, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, (м²·°С)/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

$$\sum Q_{emp} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{inf}, \quad (3.5)$$

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

$\sum Q_d$ – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

$\sum Q_{inf}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

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

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

де F_{ozp} – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, м²;

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

t_6, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ C$; [19]

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», таблиця 12, [14].

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

$$Q_{ndл} = \left(\frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{zp}), \quad (3.7)$$

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

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – 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, Wm

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

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

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

$\Sigma Q_{вкн}$ – 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 не утеплені 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*

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

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

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

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

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, *Вт*

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

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

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 не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами, $Вт$

$$Q_{ндл}^{\circ} = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (3.11)$$

де $Q_{ндл}$ – втрати теплоти через не утеплені підлоги, $Вт$.

Сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, $Вт$

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

де $Q_{i.ндл}^{\circ}$ – втрати теплоти через не утеплені підлоги по кожному приміщенню, $Вт$;

n – кількість приміщень де є не утеплені підлоги, для яких розраховано значення $Q_{i.ндл}^{\circ}$.

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

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

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

$\sum Q_{з.д}^{\circ}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, $Вт$;

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

$\Sigma Q_{ндл}^0$ – сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, *Вт*.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

$$Q_{з.д}^{inf} = 0,28 \cdot G_{з.д} \cdot c \cdot (t_в - t_з), \quad (3.14)$$

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

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

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

$$G_{з.д} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.15)$$

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

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

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

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

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

$$\Sigma Q_{inf} = \Sigma Q_{вкн}^{inf} + \Sigma Q_{з.д}^{inf}, \quad (3.16)$$

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

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

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*

$$Q_g = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (3.17)$$

де c, t_g, t_3 те саме, що у формулі (3.14);

V_n – об'єм приміщення;

ρ – 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.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, *Вт*

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

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

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

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

η – 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, $Вт$

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_3, \quad (3.20)$$

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

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

k_3 – 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, $Вт$

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_г^{cp} - t_{cp.он}}{t_г^{cp} - t_3} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.23)$$

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

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

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період за даними гідрометцентру згідно [15];

t_3 – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно ДБН В.2.6-31:2016 [14, 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

Будівля має не прозору конструкцію, що складається з шару силікатної цегли товщиною 150 мм та шару штукатурки на цементно-піщаній основі товщиною 20 мм.

Термічний опір зовнішньої стіни складає

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,9} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,61 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,61 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{qmin} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Як видно з результатів розрахунку, зовнішні стіни потребують утеплення.

Розрахунок термічного опору даху

Дах будівлі має в основі залізобетонну плиту товщиною 220 мм та утеплення з керамзитового гравію товщиною 100 мм.

Термічний опір даху розраховуємо за формулою (3.2):

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

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} = 1,04 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$R_{\Sigma np} = 1,04 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} < R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Як видно з результатів розрахунку, дах потребує утеплення.

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

Двері виконані з дерева (сосна) товщиною 40 мм.

Термічний опір дверей розраховуємо формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{0,35} + \frac{1}{23} = 0,27 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Отже, можемо записати

$$R_{\Sigma np} = 0,27 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} < R_{q \min} = 0,65 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Термічний опір дверей не задовольняє нормативу. Їх також рекомендується утеплити або замінити.

Термічний опір вікон

Термічний опір віконних прорізів для нашого випадку

$R_{\Sigma np} = 0,18 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$, що відповідає однокамерним двостулковим вікнам у

дерев'яному сплетінні.

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

Відповідно до таблиць ДБН В.2.6-31:2016 [14] $R_{q\min} = 0,75 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}$ тоді

$$R_{\Sigma np} = 0,18 \frac{M^2 \cdot K}{Вт} < R_{q\min} = 0,75 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Отже, термічний опір вікон не відповідає нормованому значенню термічного опору для даного виду огорожувальної конструкції. Значить, вікна також рекомендується замінити на енергоощадні металопластикові.

Розрахунок термічного опору підлоги

Підлога будівлі виконана з залізобетонних плит товщиною 220 мм та вкрита шаром дерев'яної підлоги з сосни товщиною 40 мм.

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (3.4):

$$\sum R_{n2} = \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,04}{0,35} = 0,22 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Підлога розміщена на ґрунті. Тому тепловтрати будуть залежати від зони розміщення. Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$\text{I зона - } R_{n2}^I = 2,2 + 0,22 = 2,42 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{II зона - } R_{n2}^{II} = 4,3 + 0,22 = 4,52 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{III зона - } R_{n2}^{III} = 8,6 + 0,22 = 8,82 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{IV зона - } R_{n2}^{IV} = 14,2 + 0,22 = 14,42 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

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

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

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Зовнішні стіни	Силікатна цегла	0,38	0,9	0,61	3,3
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
2	Двері	Сосна уздовж волокон	0,04	0,35	0,27	0,65
3	Дах	З/бетонна плита	0,22	1,96	1,04	4,95
		Гравій керамзитовий	0,1	0,13		
4	Вікна	Дерев'яні (однокамерні, двостулкові)			0,18	0,75
5	Підлога	Сосна уздовж волокон	0,040	0,35	0,22	–
		З/бетонна плита	0,22	1,96		

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.2.6-31:2016 [14].

Отже, рекомендується утеплити дах, зовнішні стіни і замінити дерев'яні вікна на металопластикові склопакети з метою зменшення тепловтрат будівлі.

3.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Тепловтрати через зовнішні стіни

Тепловтрати через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.6):

– тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{ст} = \frac{149}{0,61} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 10259 \text{ Вт};$$

– тепловтрати через дах

$$Q_{дах} = \frac{445}{1,04} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 17971 \text{ Вт}.$$

– тепловтрати через підлогу

Визначимо площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони:

$$F_I = 173,6 \text{ м}^2, F_{II} = 141,6 \text{ м}^2, F_{III} = 129,8 \text{ м}^2, F_{IV} = 0.$$

Тепловтрати через підлогу знаходимо за формулою (3.7):

$$Q_{подл} = \left(\frac{173,6}{2,42} + \frac{141,6}{4,52} + \frac{129,8}{8,82} \right) \cdot (20 - 6) = 1649 \text{ Вт}.$$

– тепловтрати через вхідні двері

$$Q_{дв} = \frac{2,4}{0,27} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 373 \text{ Вт};$$

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

Тепловтрати через вікна

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{85,6}{0,18} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 19973 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.8):

$$\sum Q_0 = 10259 + 17971 + 1649 + 373 + 19973 = 50225 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни зумовлені орієнтацією будівель розраховуємо по формулі (3.9):

$$Q_{\text{оп}}^{\text{д}} = 50225 \cdot 0,13 = 6529 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{\text{пол}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 1649 = 82 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на відкривання дверей

$$Q_{\text{з.д}}^{\text{д}} = 3 \cdot 373 = 1119 \text{ Вт.}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_{\text{д}} = 6529 + 82 + 1119 = 7730 \text{ Вт.}$$

Втрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи відсутні тому що усі вікна у об'єкті є металопластиковими.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 37,4 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) = 442 \text{ Вт.}$$

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

Тут $G_{з.д} = 0,005 \cdot 2 \cdot (2 + 1,2) \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 37,4 \text{ кг} / \text{год}$ – витрата інфільтрації через двері.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи

$$Q_{з.д}^{инф} = 0,28 \cdot 138,4 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) = 1636 \text{ Вт.}$$

Тут $G_{з.д} = 0,0005 \cdot 28 \cdot 2 \cdot (1,52 + 2) \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 138,4 \text{ кг} / \text{год}$ – витрата інфільтрації через вікна.

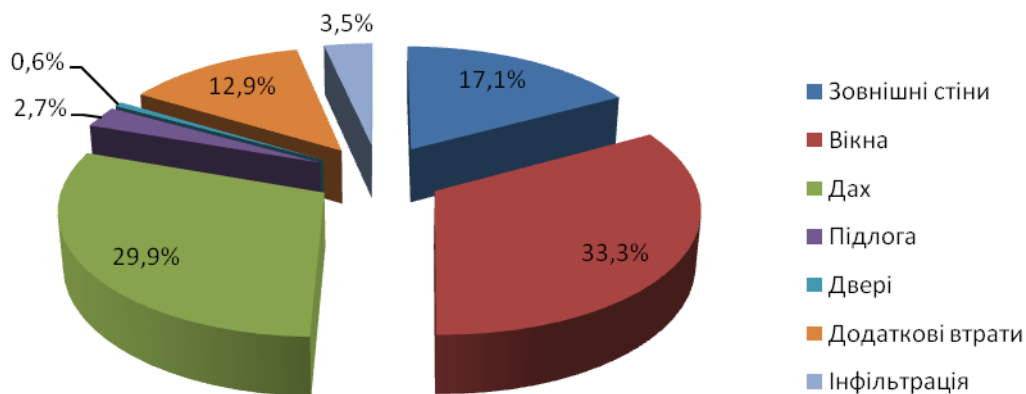
Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря через огорожуючі конструкції будівлі

$$\sum Q_{инф} = \sum Q_{вкн}^{инф} + \sum Q_{з.д}^{инф} = 1636 + 442 = 2078 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{втр} = 50225 + 7730 + 2078 = 60033 \text{ Вт.}$$

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



Рисунку 3.1 – Діаграма втрат теплоти у об'єкті

З діаграми (рис. 3.1) видно, що основні втрати тепла приходяться на зовнішні стіни, дах та вікна. Тому основні енергозберігаючі заходи будемо реалізовувати з метою зменшення саме цих втрат.

3.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.19):

$$Q_l = 40 \cdot 104 = 4160 \text{ Вт},$$

де $n = 40$ чол – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.20)

$$Q_{ел} = 22500 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 3102 \text{ Вт},$$

де $N_{el} = 22,5 \text{ кВт} = 22500 \text{ Вт}$ – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.21)

$$Q_{осв} = 3744 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 599 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{ти} = 4160 + 3102 + 599 = 7861 \text{ Вт.}$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.22)

$$\Delta Q = 60033 - 7861 = 52172 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{оп} = 52172 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 102,6 \text{ Гкал.}$$

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						48
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 дерев'яних вікон на вікна з ПВХ;
- 4) заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.

4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів [20]

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 – $0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ [19].

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару δ_{ym} для утеплення огорожувальної конструкції, за формулою:

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

або

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

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

λ_{ym} – коефіцієнт теплопровідності утеплювача;

α_6, α_3 – те саме, що в формулі (3.2);

δ_i, λ_{ip} – те саме, що в формулі (3.2).

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,61] \cdot 0,04 \approx 0,1 \text{ м.}$$

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

Нове розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції становитиме:

$$R_{розр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,9} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{23} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отримане значення задовольняє умові $R_{\sum np} \geq R_{q\min}$.

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, м^2 ;

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

C_{mat} – вартість 1 м² матеріалів для утеплення, грн;

$C_{роб}$ – вартість робіт з утеплення 1 м² поверхні конструкції, грн;

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

Втрати тепла після утеплення

$$Q_{ym} = \frac{F_{огр}}{R_{qmin}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (4.4)$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій [18].

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, м³

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

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

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

Q_n^p – нижня теплота згоряння палива; для природного газу задаємося
 $Q_n^p = 35914 \text{ кДж} / \text{м}^3$

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

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

де $Ц_{газ}$ – 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)

$$K = 1,3 \cdot Ц_{мат} \cdot F_{огор} = 1,3 \cdot 200 \cdot 149 = 38740 \text{ грн}.$$

Втрати тепла після утеплення відповідно до формули (4.4)

$$Q_{ут} = \frac{F_{огор}}{R_{q\min}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n = \frac{149}{3,3} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 1896 \text{ Вт}.$$

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

Економія теплового навантаження відповідно до формули (4.5)

$$\Delta Q = Q_0 - Q_{ym} = 10259 - 1896 = 8363 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{оп} = 8363 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 16,443 \text{ Гкал.}$$

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

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_n^p} = \frac{16,443}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot 0,92 \cdot 35914} = 578,8 \text{ м}^3.$$

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

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ} = 578,8 \cdot 8,34 = 4827 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності відповідно до формули (4.8)

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{38740}{4827} = 8 \text{ років.}$$

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						53
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 – плити з мінеральної вати.

Характеристики нових додаткових шарів для утеплення даху (шар гідроізоляції з ПВХ + шар плити з мінеральної вати):

$$\lambda_{ym} = 0,037 \frac{Вт}{м \cdot К} \text{ – теплопровідність плити з мінеральної вати [19];}$$

$$\lambda_{гидр} = 0,19 \frac{Вт}{м \cdot К} \text{ – теплопровідність шару гідроізоляції з ПВХ [20];}$$

$$\delta_{гидр} = 0,0015 \text{ м – теплопровідність шару гідроізоляції з ПВХ.}$$

Товщина теплоізоляційного матеріалу та шарів гідроізоляції і руберойду:

$$\delta_{ym} = (4,95 - 1,04) \cdot 0,037 = 0,145 \text{ м.}$$

Тут $R_{q\min} = 4,95 \frac{м^2 К}{Вт}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі [14].

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

Приймаємо найближче значення товщини полістиролу, яке виготовляється промислово – 0,15 м.

Нове значення приведенного термічного опору даху після утеплення

$$R_{\Sigma np} = 1,04 + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,15}{0,037} = 5,13 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

Вартість 1 м² плити з мінеральної вати товщиною 15 см складає 295,2 грн/м² [21]. Вартість гідроізоляції з ПВХ складає 31,9 грн/м² [22].

Загальна вартість матеріалів складає

$$C_{mat} = C_{гидр} + C_{мін.ват} = 295,2 + 31,9 = 327,1 \text{ грн} / \text{м}^2. \quad (4.9)$$

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

$$K_{дах} = (C_{mat} + C_{роб}) \cdot F_{дах} = 1,3 \cdot C_{mat} \cdot F_{дах} = 1,3 \cdot 327,1 \cdot 445 = 189227 \text{ грн}.$$

Втрати тепла після утеплення даху згідно формули (4.9)

$$Q_{ут} = \frac{445}{5,13} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 3643 \text{ Вт}.$$

Економія згідно формули (4.5)

$$\Delta Q = 17971 - 3643 = 14328 \text{ Вт}.$$

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

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

$$\Delta Q_{оп} = 14328 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 28,17 \text{ Гкал.}$$

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

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_n^p} = \frac{28,17}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot 0,92 \cdot 35914} = 991,6 \text{ м}^3.$$

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

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ} = 991,6 \cdot 8,34 = 8270 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності відповідно до формули (4.8)

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{189227}{8270} = 23 \text{ роки.}$$

4.2.3 Заміна дерев'яних вікон на вікна з ПВХ

Пропонується встановити вікна ПВХ з двокамерним склопакетом зі звичайного скла (зі склом 6 мм). Опір теплопередачі нових вікон:

$$R_{\Sigma np} = 0,81 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

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

Підрахуємо ефект від заміни вікон. Підставимо нове значення опору теплопередачі для вікон ПВХ у формули для розрахунків теплової потужності будівлі.

Отже, капітальні затрати на заміну вікон розраховуємо за формулою

$$K = 1,3 \cdot C_{\text{вкн}} \cdot n_{\text{вкн}} = 1,3 \cdot 2000 \cdot 28 = 72800 \text{ грн},$$

де $C_{\text{вкн}}$ – вартість одного вікна;

$n_{\text{вкн}}$ – кількість вікон у об'єкті;

1,3 – коефіцієнт, що враховує вартість монтажу.

Втрати тепла після заміни вікон відповідно до формули (4.4)

$$Q_{\text{ум}} = \frac{F_{\text{вкн}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n = \frac{85,6}{0,81} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 4439 \text{ Вт}.$$

Після встановлення вікон з ПВХ зникнуть додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи, які згідно розрахунків у розділі 3 роботи склали $Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = 1636 \text{ Вт}$. Їх також можна віднести до економії.

Економію теплового навантаження при заміні вікон розраховуємо за формулою:

$$\Delta Q = (Q_0 - Q_{\text{ум}}) + Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = (19973 - 4439) + 1636 = 17170 \text{ Вт}. \quad (4.9)$$

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

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

$$\Delta Q_{оп} = 17170 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 33,76 \text{ Гкал}.$$

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

$$V_{газ} = \frac{\Delta Q_{оп}}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{ка} \cdot Q_n^p} = \frac{33,76}{0,8598 \cdot 10^{-6} \cdot 0,92 \cdot 35914} = 1188 \text{ м}^3.$$

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

$$\Delta E = V_{газ} \cdot C_{газ} = 1188 \cdot 8,34 = 9911 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності відповідно до формули (4.8)

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{72800}{9911} = 7,3 \text{ роки}.$$

4.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Поточний стан

У будівлі встановлено 52 світильники по 4 люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт у кожному. Отже, загальна кількість люмінесцентних ламп, встановлених у будівлі становить 208 шт.

Люмінесцентні лампи є одними з низькоекономних, мають обмежений термін служби, є токсичними та потребують спеціальних засобів з утилізації.

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

Опис можливостей енергозбереження

Необхідно провести заміну люмінесцентних 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 [23].

Енергозберігаючі лампи мають ряд переваг: менше споживання потужності до 80% при тій же кількості світла; в 4 рази більший строк служби порівняно з люмінесцентними лампами (приблизно 10000 годин); низькі затрати на обслуговування; світло ідентичне світлу люмінесцентної 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 ($t = 1600 \text{ год}$), год.

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

$$W_p = 208 \cdot 0,018 \cdot 1600 = 5990 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими LED лампами:

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

$$W_{\text{л}} = 208 \cdot 0,009 \cdot 1600 = 2995 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

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

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

$$\Delta E = (5990 - 2995) \cdot 2,15 = 6439 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Витрати на впровадження заходу полягають у закупівлі ламп. Лампи можуть бути встановлені у такі самі світильники. Заміна ламп власними силами. Отже,

$$K_{\text{л}} = n \cdot C, \quad (4.12)$$

де C – вартість лампи

$$K_{\text{л}} = 208 \cdot 80 = 16640 \text{ грн}.$$

Розраховуємо простий термін окупності:

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

$$T = \frac{16640}{6439} = 2,6 \text{ року}.$$

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Характеристика, дія на організм людини,
нормування та захист від електромагнітних полів [24]

Джерела електромагнітних полів радіочастот, класифікація електромагнітних
випромінювань за частотним спектром

Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає. Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін. По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм. Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основними параметрами електромагнітних хвиль є: довжина хвилі λ , м; частота коливання f , Гц; швидкість поширення радіохвиль c , яка практично дорівнює швидкості світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Ці параметри пов'язані між собою наступною залежністю:

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

$$\lambda = c / f .$$

Залежно від частоти коливань (довжини хвилі) радіочастотні електромагнітні випромінювання поділяються на низку діапазонів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Спектр діапазонів електромагнітних випромінювань радіочастот

№ з/п	Назва діапазону частот	Діапазон частот, Гц	Діапазони довжин хвиль, м	Назва діапазону довжин хвиль
1	Низькі частоти (НЧ)	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$	$10^4 - 10^3$	Довгі (кілометрові)
2	Середі частоти (СЧ)	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	$10^3 - 10^2$	Середні (гектаметрові)
3	Високі частоти (ВЧ)	$3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$10^2 - 10$	Короткі (декаметрові)
4	Дуже високі частоти (ДВЧ)	$3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^8$	$10 - 1$	Ультракороткі (метрові)
5	Ультрависокі частоти (УВЧ)	$3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^9$	$1 - 10^{-1}$	Дециметрові
6	Надвисокі частоти (НВЧ)	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10}$	$10^{-1} - 10^{-2}$	Сантиметрові
7	Надзвичайно високі частоти (НЗВЧ)	$3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	$10^{-2} - 10^{-3}$	Міліметрові

Примітка: діапазони частот та довжин хвиль включають верхнє значення параметра і виключають нижнє.

Дія електромагнітних полів радіочастот на організм людини,
рівні допустимого опромінення

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервне чи модульоване), режиму опромінення, розміру опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

ЕМП можуть викликати біологічні та функціональні несприятливі ефекти в організмі людини. Функціональні ефекти виявляються у

передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушеннях центральної нервової (ЦНС) та серцево-судинної систем. При систематичному опроміненні ЕМП спостерігаються зміни кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання, деякі трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів та ін.). Сучасні дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є вагомим стрес-чинником.

Біологічні несприятливі ефекти впливу ЕМП виявляються у тепловій та нетепловій дії. Нині достатньо вивченою можна вважати лише теплову дію ЕМП, яка призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів та тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову. Таке нагрівання особливо небезпечне для органів зі слабкою терморегуляцією (головний мозок, око, нирки, шлунок, кишківник, сім'яники). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводять до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору.

Поряд із радіохвильовою хворобою (як специфічним результатом дії ЕМП) зростає ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо. Це відбувається також і за дуже малої інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи. Ймовірно, що причиною тут є порушення нервово-психічної діяльності як головної у керуванні всіма функціями організму.

У результаті дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц - 300 МГц спостерігається: загальна слабкість, підвищена втома, сонливість, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухові реакції. Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів - шлунку, печінки, підшлункової залози. Погіршуються харчові та статеві рефлексі, діяльність серцево-судинної системи,

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

фіксуються зміни показників білкового та вуглеводневого обміну, змінюється склад крові, зафіксовані зміни на рівні клітин.

При систематичній дії ЕМП високої та надвисокої частоти на організм людини спостерігається підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може нанести шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини. Професійні захворювання виникають у працівників при тривалому та інтенсивному опроміненні.

Вплив випромінювань надвисокої частоти (НВЧ) на організм людини привертає увагу великої кількості дослідників і відображається у численних наукових доповідях і публікаціях. В одній із них наведені відомості про клінічні прояви дії НВЧ залежно від інтенсивності опромінення. При інтенсивності близько 20 мкВт/см^2 спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску, тобто явна реакція на опромінення. Вона сильніша й може навіть виражатися у підвищенні температури шкіри в осіб, які раніше потрапляли під дію опромінення.

Із ростом інтенсивності відбуваються електрокардіографічні зміни, при хронічному впливі – тенденція до гіпотонії, до змін у нервовій системі. Потім спостерігається прискорення пульсу, коливання об'єму крові.

При інтенсивності 6 мВт/см^2 помічені зміни у статевих залозах, у складі крові, помутніння кришталика. Далі – зміни у здатності крові зсідатися, умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім – підвищення кров'яного тиску, розрив капілярів і крововиливи у легені та печінку.

Випромінювання інтенсивністю до 100 мВт/см^2 викликають стійку гіпотонію, стійкі зміни серцево-судинної системи, двосторонню катаракту. Подальше опромінення помітно впливає на тканини, викликає больові почуття. Якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см^2 , це спричинює дуже

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

швидку втрату зору, що є одним із серйозних ефектів дії НВЧ на організм людини. На більш низьких частотах такі ефекти не відбуваються, і тому їх треба вважати специфічними для НВЧ діапазону. Ступінь пошкодження залежить, в основному, від інтенсивності та тривалості опромінення.

Інтенсивне НВЧ опромінення відразу викликає сльозотечу, подразнення, звуження зіниці ока. Після короткого (1-2 доби) прихованого періоду спостерігається погіршення зору, що посилюється під час повторного опромінення і свідчить про кумулятивний характер пошкоджень. Спостереження за людьми доводять існування механізму відбудови пошкоджених клітин, який вимагає тривалого часу (10-20 діб). Зі зростанням часу та інтенсивності впливу пошкодження набувають незворотного характеру.

У разі прямого впливу на око випромінювання відбувається пошкодження рогівки. Але серед усіх тканин ока найбільшу чутливість в діапазоні 1...10 ГГц має кришталік. Сильні пошкодження кришталіка зумовлені тепловим впливом НВЧ (при щільності потоку енергії понад 100 мВт/см²). За малої інтенсивності помутніння спостерігаються тільки у задній ділянці, за великої – по всьому об'єму кришталіка.

Катарактоутворення пояснюється не тільки тепловою дією, воно залежить також від ряду інших не повністю встановлених чинників. Значну роль можуть відігравати концентрація поля у середовищах з окремими діелектричними властивостями та об'ємні резонансні ефекти. Для попередження професійних захворювань, які виникають у результаті тривалої дії електромагнітних випромінювань, встановлені гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань. Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитное поле радиочастот».

Рівні ЕМП необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція старих об'єктів,

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

то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію.

Механізм та особливості нетеплової дії ЕМП радіочастотного діапазону ще до кінця не з'ясовані. Частково таку дію пояснюють специфічним впливом радіочастотного випромінювання на деякі біофізичні явища: біоелектричну активність, що може призвести до порушення усталеного перебігу хімічних та ферментативних реакцій; вібрацію субмікроскопічних структур; енергетичне збудження (часто резонансне) на молекулярному рівні, особливо на конкретних частотах у так званих вікнах прозорості.

Змінне ЕМП являє собою сукупність магнітного та електричного полів і поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основним параметром, що характеризує магнітне та електричне поля є напруженість: H – напруженість магнітного поля, А/м; E – напруженість електричного поля, В/м.

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. Ближня зона охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює $1/6$ довжини хвилі. У цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля (несприятлива дія ЕМП у цій зоні переважно обумовлена електричною складовою). У ближній зоні зазвичай знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ, СЧ, ВЧ, ДВЧ. Робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою, ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ), знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужності), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної характеристики цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії, що вимірюється в $Вт/м^2$.

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

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону відповідно до ДСН 239-96 "Державні санітарні норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань" і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 "Державні санітарні норми та правила під час роботи з джерелами електромагнітних полів" наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Допустимі рівні напруженості електромагнітного поля радіочастотного діапазону

Діапазони частот, Гц	Допустимі рівні напруженості ЕМП		Допустима поверхнева густина потоку енергії, Вт/м ²
	за електричною складовою (Е), В/м	за магнітною складовою (Н), А/м	
60 кГц до 3 МГц	50	5,0	–
3 МГц до 30 МГц	20	–	–
30 МГц до 50 МГц	10	0,3	–
50 МГц до 300 МГц	5	–	–
300 МГц до 300 ГГц	–	–	10

Дотримання допустимих значень ЕМП контролюють шляхом вимірювання напруженостей Е та Н на робочих місцях і в місцях можливого перебування персоналу, в яких є джерела ЕМП. Контроль необхідно проводити періодично, однак не менше, ніж один раз на рік, а також при введенні в експлуатацію нових чи модернізованих установок з джерелами ЕМП, після їх ремонту, переналагодження, а також при організації нових робочих місць.

Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До заходів щодо зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Інженерно-технічні заходи передбачають таке розташування джерел ЕМП, яке б зводило до мінімуму їх вплив на працюючих, використання в умовах виробництва дистанційного керування апаратурою, що є джерелом випромінювання, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту.

Засоби та заходи захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону поділяються на індивідуальні та колективні. Останні можна поділити на організаційні, технічні та лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду. Вони проводять санітарний нагляд за об'єктами, в яких використовуються джерела електромагнітних випромінювань.

До організаційних заходів колективного захисту належать:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- "захист часом" – перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;
- "захист відстанню" – віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМП;
- "захист кількістю" – потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками безпеки;
- проведення дозиметричного контролю. Технічні засоби колективного захисту передбачають:
 - екранування джерел випромінювання ЕМП;
 - екранування робочих місць;
 - дистанційне керування установками, до складу яких входять джерела ЕМП;

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– застосування попереджувальної сигналізації.

До лікувально-профілактичних заходів колективного захисту належать:

– попередній та періодичні медогляди;

– надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості робочої зміни;

– допуск до роботи з джерелами ЕМП осіб, вік яких становить не менше 18 років, а також таких, що не мають протипоказань за станом здоров'я.

Одним із найбільш ефективних технічних засобів захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону, що знаходить широке застосування у промисловості екранування. Для екранів використовуються, головним чином, матеріали з великою електричною провідністю (мідь, латунь, алюміній та його сплави, сталь). Екрани виготовляються із металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф чи кожухів, що під'єднуються до системи заземлення. Принцип дії захисних екранів базується на поглинанні енергії випромінювання матеріалом з наступним відведенням в землю, а також на відбиванні її від екрана.

Основною характеристикою екрана є його ефективність екранування, тобто ступінь послаблення ЕМП. Товщину екрана b із суцільного листового матеріалу, що забезпечує необхідне послаблення інтенсивності ЕМП, можна визначити за формулою:

$$b = \frac{E_n}{15,4\sqrt{f\mu\rho}},$$

де E_n – задане значення послаблення інтенсивності ЕМП, яке визначається шляхом ділення дійсної інтенсивності поля на гранично допустиму; f – частота ЕМП, Гц; μ – магнітна проникність матеріалу екрана, Г/м; ρ – питома провідність матеріалу екрана, Ом/м.

Захист приміщення від впливу зовнішніх ЕМП можна забезпечити шляхом оклеювання стін металізованими шпалерами та облаштування на вікнах металевих сіток.

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		69

Як засоби індивідуального захисту від ЕМ випромінювань застосовуються халати, комбінезони, захисні окуляри та ін. Матеріалом для халатів та комбінезонів слугує спеціальна радіотехнічна тканина, в структурі якої тонкі металеві нитки утворюють сітку. Для захисту очей використовують спеціальні радіозахисні окуляри ОРЗ-5 (ЗП5-90), на скло яких нанесено тонку прозору плівку напівпровідникового олова.

Електромагнітні випромінювання комп'ютера

Дослідження вчених за останні 20 років показали, що електромагнітні поля, створені технічними системами, навіть у сотні разів слабші природного поля Землі, можуть бути небезпечними для здоров'я людини. Якщо не змінити принципи побудови електронних та радіотехнічних систем, то тенденція їх розвитку і негативний вплив на біологічні системи на рівні дії полів можуть призвести до катастрофічного за своїми наслідками впливу на біосферу та людину.

Плоди науково-технічного прогресу, які повинні служити на благо людства, стають агресивними по відношенню навіть до своїх творців. Стрімко зростає енергонасиченість побуту людей. Електроніка підступає все ближче до людини. Комп'ютер, телевізор, відео-системи, мікрохвильові печі, радіотелефони - ось далеко не повний перелік технічних засобів, з якими людина постійно взаємодіє. Павутиння проводів електропостачання в будинках та в службових приміщеннях оточують людину. Людина знаходиться тривалий час під дією штучних полів, створених електронними системами та системами електропостачання.

Особливо стрімко в наше життя входять комп'ютери і телевізійні системи. Сьогодні у всьому світі комп'ютери займають важливе місце у роботі, житті та відпочинку людей. Без них вже неможливо уявити сучасний світ. Одним із шкідливих апаратних забезпечень ЕОМ для людського

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

організму є дисплеї. Дисплеї, сконструйовані на основі електронно-променевої трубки, є джерелами електростатичного поля, м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного, видимого, низькочастотного, наднизькочастотного та високочастотного електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Вплив комплексу ЕМВ чи окремих його видів на виникнення різних захворювань почали вивчати з моменту їх використання. В кінці 50-х років у СРСР були введені перші нормативи, що обмежують радіочастотний вплив. Наприкінці 60-х років радянські вчені встановили вплив електромагнітних полів, навіть дуже слабких, на нервову систему людини. У 70-ті роки ця проблема стала предметом широких дискусій і досліджень.

Джерелами електромагнітних випромінювань є мережі живлення (частота 50 Гц), система рядкового розгорнення (2-400 кГц), блок модуляції променя (5-10 МГц).

Було встановлено, що випромінювання низької частоти, в першу чергу, негативно впливають на центральну нервову систему, викликаючи головні болі, запаморочення, нудоту, депресію, безсоння, відсутність апетиту, виникнення синдрому стресу, причому нервова система реагує навіть на короткі за тривалістю впливу щодо слабких полів частоти: змінюється гормональний стан організму, порушуються біоструми мозку. Все це відображається на процесах навчання і запам'ятовування.

Низькочастотне електромагнітне поле може стати причиною шкірних захворювань (вугреве висипання, себорейна екзема, рожевий лишай тощо), хвороб серцево-судинної системи та кишково-шлункового тракту, воно впливає на білі кров'яні тільца, що призводить до виникнення пухлин, у тому числі й злоякісних.

Особливу увагу медики приділяють дослідженням впливу електромагнітних випромінювань на жінок в період вагітності. Статистичні дані свідчать про те, що робота за комп'ютером порушує нормальний хід

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вагітності, часто є причиною появи на світ дітей із вродженими вадами, з яких найпоширенішими є дефекти розвитку головного мозку. Тому необхідно, щоб керівництво своєчасно переводило вагітних жінок на роботу, не пов'язану з використанням моніторів.

Існують переконливі докази несприятливого комплексного впливу моніторів ПК на організм працюючих. За результатами медико-біологічних досліджень впливу ПК на рентгенівське випромінювання дійсно відсутні в рідкокристалічних екранах, та щодо змінних електромагнітних полів, то твердження про безпеку портативних комп'ютерів за цими параметрами явно передчасне.

Часто можна почути думку, що портативні комп'ютери типу Notebook безпечні для користувачів і не мають потреби в таких додаткових заходах захисту, як приєднанні фільтри: їх можна вважати пристроями, що зберігають здоров'я людей і споживають значно менше енергії, ніж їхні електронно-променевої попередники. В основі подібних міркувань лежить той факт, що в портативних комп'ютерах використовуються екрани на основі рідких кристалів, що не генерують шкідливих випромінювань, властивих звичайним моніторам з електронно-променевою трубкою. Однак результати досліджень, проведених у науково-дослідних центрах, показали, що електромагнітне випромінювання портативних комп'ютерів типу Notebook значно перевищує екологічні нормативи. Беручи до уваги результати досліджень щодо величини електромагнітного випромінювання Notebook, можна прийти до висновку, що інформаційна торсійна компонента за рівнем негативного впливу на користувача нічим не відрізняється від моніторів на основі електронно-променевої трубки (ЕПТ). Необхідно зазначити, що рівні електромагнітних випромінювань портативних комп'ютерів перевищують нормативні параметри для багатьох комп'ютерів з моніторами на основі ЕПТ.

					6.144.01 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		72

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була адміністративна будівля, що належить ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД», яка розташована за адресою: Сумська обл., Роменський район, с. Біловоди, вул. Біловодська, 1.

Після ознайомлення з проектною документацією по заданому об'єкту, було проведене візуальне та інструментальне обстеження споруди, систем опалення, електро-, газо- та водопостачання, каналізації 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, а також застарілих дерев'яних вікон. Через значні тепловтрати через огорожуючі конструкції та за рахунок інфільтрації температура у приміщеннях інколи 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 – 38740 грн, економія – 4827 грн, простий термін окупності – 8 років;
- утеплення даху. Капітальні затрати на впровадження заходу – 189227 грн, економія – 8270 грн, простий термін окупності – 23 роки;
- заміна дерев'яних вікон на вікна з ПВХ. Капітальні затрати на впровадження заходу – 72800 грн, економія – 9911 грн, простий термін окупності – 7,3 роки;

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

• заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні.
Капітальні затрати на впровадження заходу – 16640 грн, економія – 6439 грн, простий термін окупності – 2,6 роки.

Отже, серед запропонованих енергозберігаючих заходів після виконання розрахунків можна рекомендувати до впровадження заходи, що мають найкоротший термін окупності, а саме: утеплення зовнішніх стін, заміна дерев'яних вікон на вікна з ПВХ та заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні.

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

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. Енергозбереження та енергетичний менеджмент у пристроях тягового електропостачання [Текст] : навчальний посібник / С. П. Денисюк, В. Г. Кузнецов, В. Г. Сиченко, О. М. Крупинський; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – 264 с.
3. Шевцов А. І. Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні [Текст] : Аналітична доповідь / А. І. Шевцов, В. О. Бараннік, М. Г. Земляний та ін. – Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень у м. Дніпропетровську. – Дніпропетровськ, 2010. – 66 с.
4. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://avisukragro.com/>
5. G6, G10, G16, G25, G40 Счетчики газа мембранные. Паспорт : V1.0-2010.11. – Itron, 2010. – 11 с.
6. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://srbu.ru/otoplenie/1657-kharakteristiki-chugunnogo-radiatora-ms-140.html> Свойства и характеристики чугунного радиатора МС 140.
7. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://ukrinterm.com.ua/images/docs/kat2009.pdf> Каталог продукции «Укринтерм».
8. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://elmisto.com.ua/p35237583-elektroschetchik-nik-2102.html> Лічильник активної енергії типу НІК
9. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://energooblik.com.ua/services/rozrobka-ta-vprovadzhennya-askoe> Система АСКОЕ

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

10. [Електронний інтернет-ресурс] : https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/ Світильник BS-24/4x18 FORA.
11. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://zapadpribor.com/minitemp-mt2/> Лазерний пірометр MiniTemp.
12. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-605-h1/p/0560-6053> Термоанімометр Testo 605-H1.
13. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prom.ua/Ruletki>
14. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Введ. 08.07.2016 р. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 30 с.+
15. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
16. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозбережних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.
17. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с
18. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.
19. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prostoremont.com.ua/ua/myneralna-ya-bazal-tovaya-vata> Мінеральна та базальтова вата - каталог.
20. [Електронний інтернет-ресурс] : <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>
21. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://xn--e1aebmcsce2a6c6fc.com.ua/product/frontrock-35/>
22. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://protan.in.ua/p722110490-pvh-membrana-protan.html>

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

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

24. 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.

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