

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Розробка енергетичного сертифікату будівлі корпусу «Т» Сумського державного університету»

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

Виконавець роботи

Гасай А.М.

(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

Керівник роботи

(підпис)

Хованський С.О.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

“ ____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки

_____ Ковальов І.О.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Гасай Антон Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Розробка енергетичного сертифікату будівлі корпусу «Г» Сумського державного університету»

затверджена наказом по університету № _____ від “ ___ ” _____ 20__ р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 5 червня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи: будівельна та проектна документація об'єкту енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження, мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1. **Енергетична сертифікація будівлі** (Загальні відомості; Особливості проведення енергетичної сертифікації; висновки).

2. **Характеристика об'єкту** (Основні данні будівлі; опис поточної ситуації; система опалення; система освітлення; система вентиляції).

3. **Розрахунок теплотехнічних та енергетичних параметрів будівлі** (розрахункові параметри; геометричні параметри; теплотехнічні параметри; енергетичні показники; визначення класу енергетичної ефективності).

4. **Розробка можливих енергозберігаючих заходів** (перелік можливих енергозберігаючих заходів; розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів).

5. **Індивідуальне завдання**

6. **Охорона праці** (фактори, які впливають на наслідок ураження електричним струмом)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково-пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	до 12.04.20	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	до 19.04.20	
3	Інструментальне обстеження	до 26.04.20	
4	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	до 06.05.20	
5	Розробка можливих енергозберігаючих заходів	до 20.05.20	
6	Індивідуальне завдання	до 25.05.20	
7	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	до 25.05.20	
8	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	до 04.06.20	
9	Здача роботи на перевірку	до 05.06.20	
10	Доопрацювання зауважень	до 12.06.20	
11	Захист роботи	з 15.06 до 20.06.20	

Дата видачі завдання “27” січня 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63с., 9 таблиць, 14рисунків, 3 додатки, 24 літературних джерел.

Мета роботи: проведення енергетичної сертифікації будівлі, і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Т-корпусу СумДУ.

Об'єктом є використання енергоносіїв в Т - корпусі.

Методи дослідження: інструментальне вимірювання освітленості та температури по приміщенням, економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

Тема роботи – «Розробка енергетичного сертифікату будівлі корпусу «Т» Сумського державного університету»

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЛІ.....	8
1.1 Загальні відомості	8
1.2 Особливості проведення енергетичної сертифікації.....	9
1.3 Висновки	14
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ	15
2.1 Основні данні будівлі	15
2.2 Опис поточної ситуації.....	17
2.2 Система опалення	18
2.3 Система освітлення.....	19
2.4 Система вентиляції	19
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЛІ	21
3.1 Розрахункові параметри.....	21
3.2 Геометричні показники	21
3.3 Теплотехнічні показники	22
3.4 Енергетичні показники.....	27
3.5 Визначення класу енергетичної ефективності будинку	31
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	32
4.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів.....	32

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Гасай				Літ.		Аркуш	Аркушів
Перевір.	Хованський				4	63		
Н. контр.					СумДУ, EM-61			
Затв.								
Розробка енергетичного сертифікату будівлі корпусу «Т» Сумського державного університету								

4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	32
4.2.1 Захід №1. Комплекс робіт з теплоізоляції зовнішніх стін та цоколю	32
4.2.2 Захід №2 Заміна існуючих вікон та дверей на нові	34
4.2.3 Захід №3 Модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням	37
4.2.4 Захід №4 Теплова ізоляція горища мінеральною ватою	39
4.2.5 Захід №5 Модернізація системи освітлення.....	41
4.2.6 Резюме запропонованого пакету енергоефективних заходів	43
5 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....	44
6 ОХОРОНА ПРАЦІ: ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА НАСЛІДОК УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ	45
ВИСНОВОК.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТОК А	55
ДОДАТОК Б	56

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Питання ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) останнім часом стає дедалі актуальнішим задля забезпечення енергетичної незалежності України. За даними [1], щороку наша держава імпортує близько 50 % ПЕР від загального обсягу їх споживання, що в свою чергу зумовлює вагомому залежність від країн-експортерів. При цьому, прогнозовані значення потенціалу енергозбереження для України сягають 42-48 % від сумарного обсягу споживаних ПЕР.

Близько 85% житлового фонду України було побудовано до 1990 року. Враховуючи значний вік цих будівель, високий рівень фізичного зносу конструкцій, інженерних систем та низький рівень енергоефективності, такі будинки споживають на 40-70% більше енергії у порівнянні з новобудовами [2]. Досягти підвищення ефективності використання енергії в будівлях можливо за рахунок впровадження енергоефективних заходів або комплексних проєктів термомодернізації, реалізація яких, потребує залучення коштів. Окрім підвищення ефективності використання енергії, впровадження енергоефективних заходів дозволяє покращити умови всередині будівлі, підвищити рівень комфорту, збільшити строк експлуатації конструкцій будівлі, покращити зовнішній вигляд будівлі тощо.

Визначення необхідного переліку енергоефективних заходів для конкретного будинку потребує виявлення особливостей такої будівлі, стану її зовнішньої оболонки, інженерних систем та визначення показників споживання енергії. Правильно розроблений та спланований перелік заходів дозволить в майбутньому досягти найвищих показників економії енергії та ефективності використання коштів залучених на їх реалізацію.

З метою встановлення єдиного підходу до оцінки стану будівлі, її інженерних систем, визначення показників споживання енергії та оптимального переліку заходів, що мають бути впроваджені в будівлі для приведення її до рівня

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

мінімальних вимог з енергоефективності на законодавчому рівні було запроваджено сертифікацію енергетичної ефективності будівель. Окрім того, така сертифікація забезпечує інформування мешканців/відвідувачів/працівників про енергетичні показники будівлі, та сприяє формуванню відповідального ставлення до збереження енергоресурсів.

22 червня 2017 року ВРУ прийняла закон «Про енергетичну ефективність будівель» [3]. Відповідно до його положень встановлюється цілий перелік будівель об'єктів будівництва та будівель для яких запроваджує обов'язкову сертифікацію з 01 липня 2019 року.

					6.144 02 EM61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

1 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЛІ

1.1 Загальні відомості

Сертифікація енергетичної ефективності [3] – вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими. Результатом проведення таких робіт має бути видача енергетичного сертифікату будівлі.

Згідно до положень [3], енергетичним сертифікатом називають електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано.

Наявність сертифікату енергетичної ефективності обов'язкова для ряду об'єктів:

- об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми та значними наслідками, що визначаються відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності»;
- будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;
- будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		8

– будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Енергетичний сертифікат виготовляється атестованим фахівцем з сертифікації енергетичної ефективності будівлі та видається терміном на 10 років. Форма енергетичного сертифіката, порядок збору інформації та методика розрахунку класу та показників енергоефективності будівлі визначені у [4] та [5] і наведені у Додатку А.

1.2 Особливості проведення енергетичної сертифікації

Сертифікація енергетичної ефективності починається з обстеження будівлі, перевірки стану огорожувальних конструкцій, інженерних систем та включає в себе, зокрема:

- перевірку стану покриттів та перекриттів (дахи та підлоги) будинку (фізичні та геометричні параметри конструкцій та їх складових елементів, визначення опорів теплопередачі, виявлення дефектів та пошкоджень оболонки та теплової ізоляції);

- перевірку стану світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікна) та зовнішніх дверей будинку (визначення конструкції таких елементів, їх типів, розмірів тощо);

- перевірку системи опалення будинку (визначення режимів роботи, порушень циркуляції, наявності приладів для регулювання тощо);

- перевірку санітарних норм в приміщеннях будівлі (визначення температури повітря, рівня вологості в будинку тощо);

- по будову розрахункової моделі будівлі в яку вносяться всі визначені фактично вихідні дані;

- обробку отриманих результатів та їх оформлення відповідно до форми енергетичного сертифіката.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

Методика розрахунку показників енергетичної ефективності будівлі є досить розгалуженою та заснована на поєднанні декількох нормативно-правових та нормативно-технічних документах, що дозволяє врахувати якнайбільшу кількість відомих розрахункових параметрів та чинників, що призводять до перевитрати енергоресурсу. Окрім цього, існує ряд рекомендацій щодо збору, обробки та аналізу вихідних даних.

Так, згідно до положень цього закону, дані щодо площі зовнішніх огорожувальних конструкцій необхідно визначати за внутрішніми розмірами відповідно до наявної проектної документації. А загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дерев'яних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей. Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

Дані щодо опалюваної площі слід визначати відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалювана площа визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. Та не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

його частини, не зайнятої під мансарду. При визначенні площі мансардного приміщення житлового будинку враховують площу цього приміщення з висотою похилої стелі не менше 1,5 м при нахилі 30 град. до горизонту; 1,1 м при 45 град.; 0,5 м при 60 град. і більше. Площу приміщення з меншою висотою враховують у загальній площі з коефіцієнтом 0,7. А дані щодо опалюваного об'єму визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалюваний об'єм визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

При визначенні параметрів складових елементів огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі для термічно однорідних огорожувальних конструкцій і термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій визначають кількість шарів матеріалу, у тому числі його тип, модифікацію, густину та вологість.

Згідно до положень ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» [3] методика обчислення основних розрахункових параметрів чітко регламентована та сформована на основі наступних документів:

1) вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях визначаються відповідно до додатка В ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» [6];

2) показники приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій визначаються відповідно до розділу 5 ДСТУ Б В.2.6-189:2013

«Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків» [7] – для непрозорих огорожувальних конструкцій та відповідно до вимог розділів 5, 6, додатків А, В, С, D, E, F, G ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

1. Загальні умови» [8] – для світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

3) для віконних конструкцій будівель, які мають коефіцієнт скління фасаду не більше 0,2 і при цьому відносна кількість змінених у процесі експлуатації будівлі віконних конструкцій не перевищує 50 %, приведений опір теплопередачі може прийматися однаковим для всіх віконних конструкцій;

4) при визначенні розрахункового значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон за відсутності проектних даних у необхідному обсязі значення усередненої за часом витрати повітря встановлюються за нормативними вимогами до кратності повітрообміну, що діяли на час їх проектування, або розраховуються згідно з пунктами 5.6 та 5.7 розділу 5 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції» [9];

5) внутрішні теплонадходження будівлі визначаються згідно з розділом 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, освітленні та гарячому водопостачанні» [10];

6) сонячні теплонадходження будівлі визначаються згідно з розділом 11 [10];

7) місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6 та 9 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [11], додатком А ДСТУ Б А.2.2-12 [10];

8) нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі визначаються відповідно до вимог нормативних актів залежно від функціонального призначення будівлі. Допускається визначати розрахункові показники мікроклімату та критерії локального теплового комфорту згідно з розділами 5-7 та додатками А, В, F, G ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» [12], розділами 5-8 та додатком А ДСТУ Б EN ISO 13790:2011

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		12

«Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження» [13], розділом 13 ДСТУ Б А.2.2-12 [10];

9) нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та елементів встановлюється відповідно до вимог підрозділу 4.19 розділу 4 ДБН В.2.6-31 [6], підрозділу 6.10 розділу 6 ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації» [14] та пункту 4.6 розділу 4 [7]. Нормативний строк експлуатації інженерних систем встановлюється відповідно до технічної документації залежно від їх виду та типу;

10) енергетичний баланс будівлі складається відповідно до підрозділу

11) функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацією чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається відповідно до вимог [15].

Також цей нормативний документ [15] враховує наступні параметри: при складанні енергетичного балансу будівлі використовуються геометричні, теплотехнічні дані огорожувальних конструкцій та їх елементів з урахуванням розташування та орієнтації огорожувальних конструкцій, енергетичні характеристики інженерних систем, що визначені відповідно до проектною документації чи паспорта об'єкта або при з'ясуванні фактичного стану будівлі; використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації, їх вплив на показники енергоефективності будівель враховуються згідно з розділами 14-15 [10], розділами 11-14 та додатком Е [13], додатком G ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» [16].

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		13

1.3 Висновки

Питання проведення сертифікації енергетичної ефективності будівель останнім часом стає все більш актуальним. Держава зацікавлена у розробленні таких документів, тому ґрунтовно займається питанням формування нормативної бази для проведення необхідних заходів. Але не зважаючи на це, існує ряд питань, які досліджені недостатньо та потребують подальшого доопрацювання.

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

2.1 Основні данні будівлі

Об'єкт - будівля Т-корпусу Сумського державного університету, яка розташована по вул. Римського-Корсакова, 2.

Навчальний корпус Т не є історичною будівлею, тому обмежень для ремонтних робіт немає. Будівля була споруджена у 1960 і з огляду на те, що стандарти енергоефективності на той час були досить низькими, або не існували взагалі, не дивно, що будівля споживає велику кількість енергії. Будівля характеризується масивною конструкцією і займає 2 поверхи. Площа забудови складає 1.164 м², та враховуючи загальну кількість поверхів дає загальну площу 2.249 м².

Будівля має централізовану систему тепlopостачання, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система комбінована зі штучною циркуляцією теплоносія.

Теплова енергія, що споживається в Сумському державному університеті вимірюється 1 лічильником. В більшості випадків, будівлі в Сумському державному університеті - облаштовані тепловими лічильниками. Електроенергію постачає Сумиобленерго і вимірюється вона в 1 окремій точці. В більшості випадків, будівлі в Сумському державному університеті - облаштовані лічильниками електроенергії. Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 510 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином 12 мм. З точки зору теплових властивостей стін, в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, встановленими українськими нормами. На зовнішніх стінах не виявлені ушкодження на конструкційному матеріалі та штукатурці. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (проведення теплоізоляції) на зовнішніх стінах не проводилися раніше. На рисунку 1 зображено зовнішню оболонку будівлі.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		15



Рисунок 1 – Зовнішні стіни

Наявні вікна і двері мають дерев'яну раму з подвійним засткленням, ПВХ раму з подвійним засткленням. З точки зору теплових властивостей вікон і дверей в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (заміна вікон та / або дверей) проводилися раніше в 2009-2012. На рисунку 2 зображено вікна та двері корпусу Т.



Рисунок 2 – Вікна та двері корпусу Т

Покрівля над приміщеннями плоска, не експлуатована. Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм. Дах досліджуваного будинку - представлений холодним горищем зі стропильною системою, перекриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, утепленої шаром керамзиту 150 мм. Будівля облаштована технічним поверхом. Горище не обігрівається, тому воно є частиною неопалювальної площі будівлі. З точки зору теплових

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

властивостей даху на даний момент, він не відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Конструкція даху не облаштована видимі пошкодження. Горище зображене на рисунку 3.



Рисунок 3 – Дах та горище корпусу Т

Фундамент виконано з монолітної залізобетонної плити завтовшки 220 мм, цоколь облицьований плиткою, завтовшки 5 мм, на бетонній стяжці товщиною 20 мм. Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані та має прийнятні теплові властивості. З точки зору теплових властивостей підлоги, на даний момент вона відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українським законодавством. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлоги не проводилися раніше.

2.2 Опис поточної ситуації

Інформація щодо споживання енергетичних ресурсів була отримана від керівництва університету та надана за (2017-2019) роки. Отриманий набір даних містив інформацію про фактичне споживання енергії, а також про тарифи та фактичні витрати. Дані для всього університету були проаналізовані та підсумовані для кожного з джерел енергії.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		17

Таблиця 1 – Річне споживання теплової енергії

Рік	Опалення приміщення (кВт·год)	Приготування гарячої води (кВт·год)	Електроенергія (кВт·год)	Загальне енергоспоживання (кВт·год)
2017	151 692	0	23 777	175 569
2018	172 999		26 323	199 322
2019	187 095		23 829	210 924
Нормалізоване (середнє)	170 595	0	24643	195 272

2.2 Система опалення

Як вже було згадано раніше, будівля отримує тепло з системи централізованого тепlopостачання. Загальне тепловантаження будівлі складає 360 кВт. Встановлена система опалення в будівлі - двотрубна. Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені переважно з сталі. Труби в неопалювальних приміщеннях і тепловому пункті частково ізолювані власними силами. Встановлені в будівлі радіатори переважно сталеві панельні. Усі вони без встановлених термостатичних регуляторів. Протікання в радіаторах під час проведення дослідження - виявлено. Наявні радіатори мають пошкодження. Опалювальна техніка в тепловому пункті стара та зношена. Клапани в теплопункті в задовільному стані. Водопідготовка не встановлена в теплопункті. Розширювальний резервуар не використовується. Регулювання температури теплоносія не здійснюється в автоматичному режимі. Ознайомитись з компонентами опалювальної системи можна за рисунком 4.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18



Рисунок 4 - Компоненти опалювальної системи

2.3 Система освітлення

Система освітлення в будівлі включає 3 типи освітлення - Лампи розжарювання, Флуоресцентні лампи Т8 і LED освітлення. Флуоресцентні лампи Т8 мають найбільшу встановлену електричну потужність, що загалом складає 18,3 кВт (84,60%), а слідом за нею LED освітлення із сумарною потужністю 2,3 кВт (10,41%) і Лампи розжарювання із сумарною потужністю 1,1 кВт (5,00%). Деякі типи показані на рисунку 5.



Рисунок 5 - Компоненти системи освітлення

2.4 Система вентиляції

У будівлі встановлена механічна система вентиляції в 2010-2012. Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

втягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю. Встановлена механічна система вентиляції перебувала в експлуатації до 2017. Матеріал наявних повітропроводів - бетонного. Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційна установка в задовільному стані. В санітарних приміщеннях (туалетах) - встановлена витяжна система вентиляції. Ознайомитися з деякими компонентами системи освітлення можна за рисунком 6.



Рисунок 6 - Компоненти системи вентиляції

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЛІ

3.1 Розрахункові параметри

Згідно з ДБН В.2.6-31 для адміністративних будинків розрахункова температура внутрішнього повітря $t_b = + 20$ С, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Суми - $t_3 = - 22$ °С.

Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони - $D_d = 4002$ градусо-днів.

Згідно з ДСТУ–Н Б В.1.1-27 тривалість опалювального періоду для м. Суми складає $z_{оп} = 187$ днів, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп з} = - 1,4$ °С.

3.2 Геометричні показники

Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювання, розрахункова та корисна площі, опалюваний об'єм, а також форма, тип та орієнтація будівлі, необхідні для розрахунку енергетичного паспорту, визначались на основі проектних даних та фактичних вимірів.

Будинок має прямокутну форму в плані, розмірами в осях 17,93м x 69,85 м. Головним фасадом орієнтована на північ. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 6,9 м. У будинку передбачено дві сходові клітки.

Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, площа опалювання, опалюваний об'єм, а також форма, тип та орієнтація будівлі, необхідні для розрахунку енергетичного паспорту, визначались на основі проектних даних та фактичних вимірів.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		21

Основні об'ємно-планувальні показники:

- Опалювальна площа будівлі – $F_h = 1842\text{м}^2$, визначається як площа поверхів, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни. В опалювальну площу будинку не включаються площа теплого горища, неопалювального технічного поверху, підвалу, сходових кліток та ліфтових шахт.

- Розрахункова площа будівлі $F_{ip} = 1842\text{м}^2$, визначається як сума площ усіх розташованих на ній приміщень, за винятком коридорів, переходів, сходових кліток, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних мереж.

- Опалювальний об'єм будівлі – $V_h = 5526,252\text{ м}^3$, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій.

- Загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій $F_{нп} = 948\text{м}^2$.

- Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{спв} = 608,4\text{м}^2$.

- Загальна площа входних дверей складає $F_d = 11,74\text{ м}^2$, із них площа пластикових дверей складає $4,32\text{ м}^2$, дерев'яних – $7,42\text{ м}^2$.

- Загальна площа перекриття даху – $F_{пк} = 888,97\text{ м}^2$.

- Загальна площа підлоги на ґрунті – $F_{ц2} = 888,97\text{ м}^2$.

3.3 Теплотехнічні показники

3.3.1 Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Приведений термічний опір зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,83 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		22

Приведений термічний опір стелі :

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} = 0,38 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}.$$

Приведений термічний опір підлоги :

$$\sum R_{n2} = \frac{0,025}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} = 0,14 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}.$$

Термічний опір кожної зони:

I зона - $R_{n2}^I = 2,2 + 0,14 = 2,34 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$; II зона - $R_{n2}^{II} = 4,3 + 0,14 = 4,44 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$; III зона - $R_{n2}^{III} = 8,6 + 0,14 = 8,74 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$; IV зона - $R_{n2}^{IV} = 14,2 + 0,14 = 14,34 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$.

Для дверей з ПВХ значення $R_{\Sigma np}$ приймаємо $R_{\Sigma np} = 0,41 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$.

Розрахункове значення приведенного опору теплопередачі дерев'яних дверей

$$R_{d.d.} = 0,23 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}.$$

Значення термічного опору вікон приймаємо з таблиць:

Для вікон ПВХ $R_{\Sigma np} = 0,40 \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$.

3.3.2 Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\Sigma пр}$, Вт/(м²·К), визначається за формулою:

$$k_{\Sigma пр} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{ст}}{R_{ст}} + \frac{F_{в,д}}{R_{в,д}} + \frac{F_{в,пл}}{R_{в,пл}} + \frac{F_{дв,д}}{R_{дв,д}} + \frac{F_{п}}{R_{п}} + \frac{F_{цI}}{R_{цI}} + \frac{F_{цII}}{R_{цII}} + \frac{F_{цIII}}{R_{цIII}} + \frac{F_{цIV}}{R_{цIV}} \right)}{F_{\Sigma}}$$

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, що пов’язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$;

$F_{ст}, F_{в.д}, F_{в.пл}, F_{дв.д}, F_{п}, F_{цI}, F_{цII}, F_{цIII}, F_{цIV}$ - площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (ПВХ), зовнішніх вхідних дверей, покриттів(даху та 4-х зон підлоги), м;

$R_{ст}, R_{в.д}, R_{в.пл}, R_{дв.д}, R_{п}, R_{цI}, R_{цII}, R_{цIII}, R_{цIV}$ -приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), (ПВХ), зовнішніх вхідних дверей, покриттів(даху та 4-х зон підлоги),(м · К)/Вт.

F_{Σ} – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій, м², $F_{\Sigma} = 949$ м².

$$k_{\Sigma пр} = 1,1 \cdot \frac{\left(\frac{340,6}{0,83} + \frac{608,4}{0,40} + \frac{4,32}{0,41} + \frac{7,42}{0,23} + \frac{888,97}{0,38} + \frac{888,97}{0,6}\right)}{949} = 6,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

3.3.3 Умовний коефіцієнт теплопередачі будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції $k_{інф}$, Вт/(м²·К), визначається за формулою

$$k_{інф} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}},$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c - питома теплоємність повітря, приймається рівною 1 кДж/(кг·К);

$n_{об}$ - середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год⁻¹, що визначається експериментально або приймається за нормами проектування будинків.

Середня кратність повітрообміну громадського будинку за опалювальний період $n_{об}$, год⁻¹, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		24

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0,5(t_B + t_{опз})]} = \frac{353}{[273 + 0,5(21 - 1,4)]} = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{4 \cdot 949 \cdot 168}{168} \right) + \left(\frac{0,85 \cdot 5526,25 \cdot 0,7 \cdot 168}{168 \cdot 1,25} \right) \right]}{0,85 \cdot 8771} = 1,36.$$

Кратність повітрообміну становить $n_{об} = 1,36 \text{ год}^{-1}$;

$$k_{інф} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 0,85 \cdot 5526,25 \cdot 1,25 \cdot 0,7}{949} = 1,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

3.3.4 Загальний коефіцієнт теплопередачі будинку, $K_{буд}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначається за формулою

$$K_{буд} = k_{\Sigma пр} + k_{інф} = 6,72 + 1,63 = 8,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

3.3.5 Об'ємно-планувальні характеристики.

Коефіцієнт скління фасадів будинку визначається за формулою

$$m_{ск} = \frac{F_{спв}}{(F_{нп} + F_{спв})} = \frac{608,4}{949} = 0,64.$$

Показник компактності будинку $\Lambda_{к. буд}$, м^{-1} , визначається за формулою

$$\Lambda_{к. буд} = \frac{F_{\Sigma}}{V_h} = \frac{949}{5526,252} = 0,108 \text{ м}^{-1}.$$

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

3.4 Енергетичні показники

3.4.1 Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку під час опалювального періоду $Q_{\text{рік}}$, кВт·год, визначається за формулою

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h,$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, кВт·год;

$Q_{\text{вн п}}$ - побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год;

ν - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло під час періодичного теплового режиму; для будинку, що розглядається, $\nu = 0,8$;

ζ - коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; в будинку використовується однотрубна система опалення з термостатами та з

центральним авторегулюванням на ІТП - $\zeta = 0,9$;

β_h - коефіцієнт, що враховує додаткове тепло споживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через зарядіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювальні приміщення; для будинку баштового типу $\beta_h = 1,11$.

3.4.2 Загальні тепловитрати будинку через огорожувальну оболонку за опалювальний період визначається за формулою

$$Q_k = \chi_l \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 8,35 \cdot 4002 \cdot 949 = 761,098 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		27

3.4.3 Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду визначається за формулою:

$$Q_{ВНП} = \chi_1 \cdot q_{ВНП} \cdot Z_{оп} \cdot F_{ip},$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$q_{ВНП}$ – величина побутових тепло надходжень на 1 м² розрахункової площі громадського будинку, Вт/м²; враховується за розрахунковою кількістю людей 90 Вт/чол, що знаходяться в будинку, освітленням (за встановленою потужністю) та офісної техніки з урахуванням кількості робочих годин на тиждень – 56 год. Загальна кількість годин на тиждень – 168;

$Z_{оп}$ – тривалість, діб, опалювального періоду, що визначається згідно зі ДСТУ –Н Б В.1.1-27 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж 10 °С - у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж 8 °С - в інших випадках; для Сум менше 10 град – 204 доби, менше 8 – 187 діб

F_{ip} – розрахункова площа будівлі 1842 м².

Тепловиділення протягом тижня:

- від людей, що знаходяться в будівлі

$$Q_1 = \frac{90 \cdot 350 \cdot 56}{168} = 10,5 \text{ кВт};$$

- від штучного освітлення (із коефіцієнтом використання 0,5)

$$Q_2 = 18 \cdot 0,4 \cdot 68 \cdot \frac{56}{168} \cdot 0,5 = 0,082 \text{ кВт};$$

- від офісної техніки (комп'ютерів), приймається з розрахунку 300 Вт від одного комп'ютера, розрахункова кількість комп'ютерів 11, коефіцієнт використання часу протягом тижня 0,5, тоді

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		28

$$Q_3 = \frac{300 \cdot 11 \cdot 56 \cdot 0,50}{168} = 0,55 \text{ кВт};$$

$$q_{\text{ВНП}} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{F_{\text{ір}}}$$

$$q_{\text{ВНП}} = \frac{(10,5 + 0,082 + 0,55) \cdot 10^3}{1842} = 6,04 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже

$$Q_{\text{ВНП}} = 0,024 \cdot 6,04 \cdot 187 \cdot 1842 = 25,131 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

3.4.4 Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу, визначаються за формулою

$$Q_S = \zeta_{\text{в}} \varepsilon_{\text{в}} (F_{\text{Пн}} I_{\text{Пн}} + F_C I_C + F_{\text{Пд}} I_{\text{Пд}} + F_3 I_3) + \zeta_{\text{зл}} \varepsilon_{\text{зл}} F_{\text{спл}} I_{\text{з}},$$

де $\zeta_{\text{в}}$, $\zeta_{\text{зл}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймаються згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

$\varepsilon_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{зл}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

$F_{\text{Пн}}$, F_C , $F_{\text{Пд}}$, F_3 - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, за проектом.

$$F_{\text{Пн}} = 304,2 \text{ м}^2; F_{\text{Пд}} = 304,2 \text{ м}^2.$$

$F_{\text{спл}}$ – площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку, м^2 ;

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_3$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, кВт·год/м², приймаємо згідно з

таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; для умов міста Суми:

$$I_{Пн} = 156 \text{ кВт·год/м}^2; I_{Пд} = 341 \text{ кВт·год/м}^2.$$

$I_ε$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, кВт·год/м², приймається згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007.

Враховуючи, що на горищі відсутні світлові прорізи, то $F_{cn.l} = 0 \text{ м}^2$. Формула в даному випадку може бути перетворена:

$$Q_S = \zeta_\epsilon \epsilon_\epsilon (F_{Пн} I_{Пн} + F_{Пд} I_{Пд}).$$

Для двокамерних склопакетів з 4М₁ скла в одинарних плетіннях $\zeta_\epsilon = 0,8$, $\epsilon_\epsilon = 0,74$. Отже

$$Q_S = 0,8 \cdot 0,74 \cdot (304,2 \cdot 156 + 304,2 \cdot 341) = 89,50 \cdot 10^3 \text{ кВт·год}.$$

Враховуючи значення складових тепловтрат і теплонадходжень у будинок, визначається $Q_{рік}$:

$$Q_{рік} = [761,098 - (25,131 \cdot 10^3 + 89,5 \cdot 10^3) \cdot 0,8 \cdot 0,9] \cdot 1,11 = 753,213 \cdot 10^3 \text{ кВт·год}.$$

3.4.5 Розраховуємо значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{б\ddot{y}д}$, кВт·год/м³, визначається за формулою:

$$q_{б\ddot{y}д} = \frac{Q_{рік}}{V_h} = \frac{753,696 \cdot 10^3}{5526,252} = 136,38 \text{ кВт·год/м}^3.$$

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		30

3.5 Визначення класу енергетичної ефективності будинку

Клас енергетичної ефективності будинку визначається згідно з додатком В ДБН В.2.6-31 на підставі аналізу виразу:

$$\left[\frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \cdot 100\% ,$$

де E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт · год/м³, що встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31 залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку; для даного будинку $E_{\text{max}} = 31$ кВт · год/м³.

Тоді

$$\left[\frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \cdot 100\% = \left[\frac{(136,38 - 28)}{28} \right] \cdot 100\% = 387\%$$

Згідно з ДБН В.2.6-31 таблиця Ф.4 даний будинок відноситься до класу енергетичної ефективності «F».

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		31

4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів

Таблиця 2 – Можливі енергозберігаючі енергозаходи

Захід	Загальна сума інвестицій, грн
Комплекс робіт з теплоізоляції зовнішніх стін	1 089 720
Заміна існуючих вікон та дверей на нові	1 702 410
Модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням	1 673 460
Теплова ізоляція горища мінеральною ватою товщиною 20 см	1 049 760
Модернізація системи освітлення	133 200
Загальна сума інвестиційних витрат на енергоефективність	5 646 450

4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

4.2.1 Захід №1. Комплекс робіт з теплоізоляції зовнішніх стін та цоколю

Будівля збудована в 1960 коли раціональне використання енергоресурсів не було на порядку денному, теплозахисні властивості стін на даний момент дуже низькі: в середньому, коефіцієнт теплопередачі 1,18 Вт/м²К. Сучасні українські норми вимагають $U_{\text{макс.}} = 0,30$ Вт/м²К для будівництва нових будівель або U

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		32

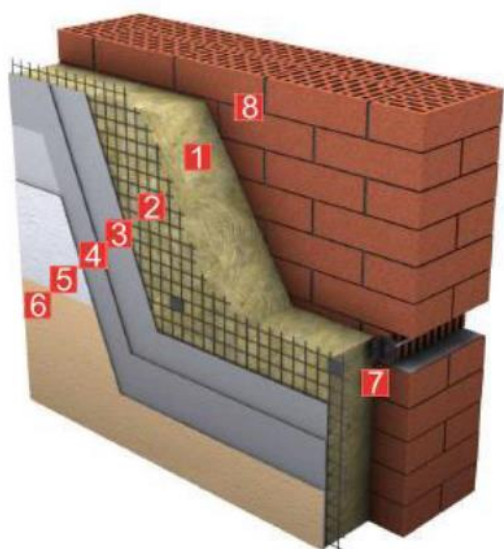
макс. = 0,38 Вт/м²К для реконструкції існуючих. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою. Запропонована товщина ізоляції - 10 см, що в знизить коефіцієнт теплопровідності зовнішніх стін до 0,30 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів. Пошаровий вид за рисунком 7.

Прогнозовані технічні характеристики теплоізоляції на зовнішніх стінах:

- Теплоізоляційний матеріал: Мінеральна вата
- Теплопровідність матеріалу (максимум): 0,045 Вт/мК
- Монтаж: після очищення та підготовки поверхонь; відповідно до вимог виробника

Додаткова інформація:

- Закріплення теплоізоляції повинно бути виконане відповідно до вимог виробника (надається виробником)
- Необхідно використовувати відповідні матеріали (штукатурка, сітка тощо) у відповідності до специфікації виробника
- Оздоблення: відповідно до вимог місцевої влади (якщо є) або відповідно до вимог інвестора



1. Мінеральна вата
2. Скляна сітка
3. Грунтовий шар
4. Вирівнюючий шар
5. Декоративний шар
6. Шар фарби
7. Сталевий анкерний фіксатор
8. Зовнішня стіна

Рисунок 7 - Теплоізоляція зовнішніх стін

						6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			33

У наведеній нижче таблиці представлені характеристики зовнішніх стін в існуючій ситуації і після встановлення теплоізоляції.

Таблиця 3 - Захід з підвищення енергетичної ефективності зовнішніх стін

Теплова ізоляція стін мінеральною ватою товщиною 10 см		
Теплопровідність до	Вт/м ² к	1,18
Теплопровідність після	Вт/м ² к	0,3
Енергоспоживання до	кВт·год/рік	753 670
Енергозбереження	кВт·год/рік	78 607
Енергозбереження	%	10,43
Інвестиційні параметри		
Кількість	м ²	807
Інвестиції	грн	1 089 720

4.2.2 Захід №2 Заміна існуючих вікон та дверей на нові

Метою цього енергоефективного заходу є заміна існуючих старих вікон на нові - із значно кращими тепловластивостями. Поточне усереднене значення коефіцієнту теплопровідності всіх установлених в будинку вікон складає 2,22 Вт/м²К. Коефіцієнт теплопровідності вікон, які пропонується замінити, дорівнює 2,00 Вт/м²К. Ці вікна займають площу в 423,4м². Сучасні українські норми вимагають U макс. = 1,33 Вт/м²К для будівництва нових будівель або U макс. = 1,66 Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Запропонований захід зменшить коефіцієнт теплопровідності вікон до 1,10 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів. У таблиці нижче представлені характеристики вікон в існуючій ситуації та після заміни.

Прогнозовані технічні характеристики нових вікон 4i-14Ar-4-14Ar-4i включають:

- Матеріал віконної рами: металопластик

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		34

- Склопакет: потрійний енергозберігаючий склопакет
- Товщина скла: 4 мм
- Наповнення склопакету: аргон
- Відстань між скляними шибками: у середньому 14 мм
- Коефіцієнт теплопередачі вікна: макс. 1,1 Вт/м²К (має бути наданий нещодавно отриманий сертифікат випробувань для цього типу вікна, який повинен відповідати встановленим вимогам)
- Монтаж: виробник повинен надати чіткі інструкції з монтажу



Рисунок 8 - Енергозберігаючі вікна з потрійним заскленням

Поточний усереднений коефіцієнт теплопровідності усіх зовнішніх дверей, встановлених у будівлі, становить 2,50 Вт/м²К. Коефіцієнт тепловтрат дверей, які пропонується замінити, дорівнює 2,50 Вт/м²К. Ці двері мають площу 15,5 м². Сучасні українські норми вимагають U макс. = 1,66 Вт/м²К для будівництва нових будівель або U макс. = 2,08 Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Запропонований захід зменшить коефіцієнт теплопровідності дверей до 1,60

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		35

Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів. У таблиці нижче представлені характеристики дверей в існуючій ситуації та після заміни.

Прогнозовані технічні характеристики нових дверей:

- Матеріал рами дверей: дерево/металопластик ;
- Склопакет: потрійний енергозберігаючий склопакет;
- Наповнення склопакету: аргон ;
- Відстань між скляними панелями: у середньому 16 мм;
- Коефіцієнт теплопередачі дверей: макс. 1,6 Вт/м²К (має бути наданий

нещодавно отриманий сертифікат випробувань для цього типу дверей, який повинен відповідати встановленим вимогам) ;

- Монтаж: виробник повинен надати чіткі інструкції з монтажу.

Таблиця 4 - Захід з підвищення енергоефективності вікон та дверей

Заміна вікон на нові з потрійний заскленням		
Теплопередача до	Вт/м ² К	2,22
Теплопередача після	Вт/м ² К	1,1
Заміна дверей на нові		
Теплопередача до	Вт/м ² К	2,24
Теплопередача після	Вт/м ² К	1,6
Збереження		
Енергоспоживання до	кВт·год/рік	753 670
Енергоспоживання після	кВт·год/рік	77 703
Енергозбереження	%	10,31
Інвестиційні параметри		
Кількість	м ²	439
Інвестиції	грн	1 702 410

4.2.3 Захід №3 Модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням

Ще однією проблемою, пов'язаною з теплопостачанням, є стан труб та радіаторів системи опалення, які частково зношені, піддані корозії, а також мають значно звужений поперечний переріз через наявність накипу, що призводить до зменшення теплотворності радіаторів і в той же час до збільшеного гідравлічного опору у трубах системи опалення. Всі ці проблеми призводять до витoku води, і, як наслідок, - падіння тиску у теплових мережах під час експлуатації. Тому цей захід не обов'язково є чистим заходом з підвищення енергоефективності. Він складається з комплексу заходів, таких як:

- ізоляція теплових розподільних труб,
- гідравлічне балансування (встановлення балансувальних клапанів),
- заміна радіаторів,
- встановлення термостатичних регуляторів
- заміна більшої частини теплових розподільних труб.

У деяких приміщеннях будівель радіатори часто встановлені не в тому місці, що у свою чергу запобігає правильній конвекції повітря. Циркуляцію повітря можна легко вдосконалити, що значно покращить ефективність випромінювання тепла радіаторами.



Рисунок 9 - Автоматичний балансувальний клапан

					6.144 02 EM61 8 BP.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		37

На рисунку 9 зображено автоматичний балансувальний клапан - це простий, надійний і економічно ефективний спосіб створення гідравлічного балансування у двотрубних системах опалення або охолодження [23]. Їх використання вирішує технічну проблему, пов'язану з коливаннями тиску: основну причину дисбалансу системи і пов'язаних із цим проблем, таких як нерівномірне розподілення тепла, шум та надмірне споживання енергії.



Рисунок 10 - Терморегулятор

На рисунку 10 зображено терморегулятор - це пристрій, регулює температуру теплоносія в заданих межах або в залежності від виміряних зовнішніх параметрів [24]. Він присутній у всіх системах опалення, в якості автономного приладу або вбудованого в теплові прилади модуля. Цей пристрій може дублюватися на декількох рівнях, якщо система має особливо важливе значення, застосовується на вибухонебезпечних і пожежонебезпечних об'єктах.

Таблиця 5 - Заміна системи опалення на гідравлічне балансування

Заміна існуючої системи опалення на нову з подальшим її гідравлічним балансуванням			
Енергоспоживання до	кВт·год/рік		753 670
Енергозбереження	кВт·год/рік		54 264
Енергозбереження	%		7,2%
Інвестиційні параметри			
Тип обладнання	Ціна за од., грн	Кількість, шт	Загалом, грн
Радіатори, термостатичні клапани (крани та приєднання)	3000	193 шт.	579 000
Демонтаж старої системи опалення (роботи)	150 480	1	150 480
Встановлення нової системи опалення (роботи)	243 120	1	243 120
Трубопровідна арматура та труби	450	716 м.	322 260
Балансування системи	300 000	1	300 000
Утеплення трубопроводів в неопалювальних приміщеннях	450	175 м.	78 750
Залагом			1 673 610

4.2.4 Захід №4 Теплова ізоляція горища мінеральною ватою

Перекриття горища не теплоізолюване. Теплозахисні властивості горища на даний момент не відповідають установленим нормативним документам: в середньому коефіцієнт теплопередачі становить 1,91 Вт/м²К. Сучасні українські норми вимагають $U_{\text{макс.}} = 0,17$ Вт/м²К для будівництва нових будівель або $U_{\text{макс.}}$

= 0,21 Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Пропонується утеплення горищного перекриття - мінеральною ватою.

Запропонована товщина ізоляції становить 20 см, що знизить коефіцієнт теплопровідності перекриття горища до 0,20 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів. В таблиці нижче наведені характеристики горища в існуючій ситуації та після застосування теплоізоляції. З прикладом ізоляції можна ознайомитися за рисунком 11.

Прогнозовані технічні характеристики теплоізоляції горища:

- Теплоізоляційний матеріал: Мінеральна вата ;
- Теплопровідність матеріалу (максимум): 0,045 Вт/мК ;
- Монтаж: після очищення та підготовки поверхонь; відповідно до вимог виробника.



Рисунок 11 - Теплоізоляція горища: 1) Парозахисної шар; 2) Супердифузійна мембрана ; 3) Мінеральна вата; 4)Парозахисна плівка;

Таблиця 6 - Заходи з підвищення енергетичної ефективності горища

Теплова ізоляція горища мінеральною ватою товщиною 20см		
Теплопровідність до	Вт/м ² к	1,91
Теплопровідність після	Вт/м ² к	0,2
Енергоспоживання до	кВт·год/рік	753 670
Енергозбереження	кВт·год/рік	220 071
Енергозбереження	%	29,2%
Інвестиційні параметри		
Кількість	м ²	1 164
Інвестиції	грн	1 047 660

4.2.5 Захід №5 Модернізація системи освітлення

У більшості досліджених приміщень будівлі нормативні показники не можуть бути виконані. Насамперед це стосується коридорів, де не вистачає природного освітлення, а штучне освітлення повністю вимкнено. Найпоширеніші види ламп включають люмінесцентне освітлення та лампи розжарювання.

Зайве говорити, що з точки зору комфорту та здоров'я користувачів будівлі нові сучасні системи освітлення є дуже важливими і абсолютно необхідними. Нещодавні дослідження показали, що успіх у навчанні та мотивація до навчання безпосередньо залежать від якості освітлення. Тому головна мета - реконструкція та вдосконалення систем освітлення та доведення їх до рекомендованого рівня, зазначеного в існуючих нормативних документах України.

Нижче наведено рисунок 12 – запропоноване світлодіодне освітлення та технічні вимоги щодо реабілітації та вдосконалення системи освітлення всієї будівлі:

- Існуючі неефективні лампи розжарювання слід замінити світлодіодними лампами;

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		41

- Джерела світла повинні мати світлопродуктивність не нижче 70 лм/Вт та споживати не більше 20 Вт/м² електроенергії з урахуванням споживання енергії перемикачами та допоміжними системами керування освітленням.

- Додаткове освітлення білої дошки повинно бути зроблено лампами з асиметричним розсіюванням світла, щоб забезпечити необхідний рівень освітлення в центрі білої дошки;

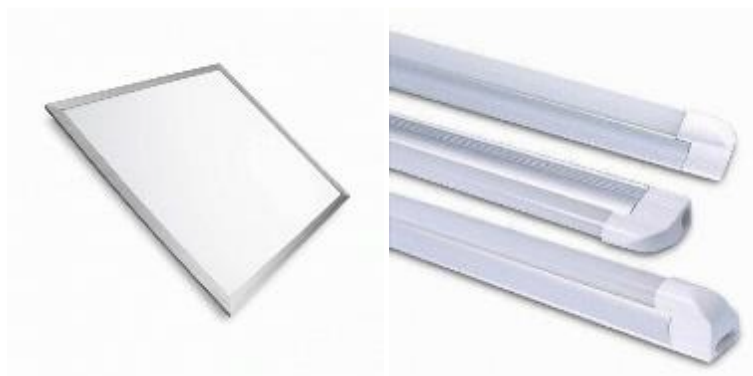


Рисунок 12 - Запропоноване світлодіодне освітлення

Таблиця 7 - Інвестиційні параметри системи освітлення

Інвестиційні параметри	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Інвестиції, грн
Компактні LED світильники (для заміни існуючих ламп розжарювання та люмінесцентних)	18	240	4320
LED світильники панельного типу(або лише світлодіодні лампи типу T8 або T5), а також компактні світлодіодні світильники	537	240	128 880
Загалом	555	-	133 200

4.2.6 Резюме запропонованого пакету енергоефективних заходів

Таблиця 8 - Резюме запропонованого пакету енергоефективних заходів

Запропонований захід з енергозбереження	Загальні інвестиції	Збереження енергії		Збереження коштів	Термін окупності
		Теплової	Електричної		
	грн	кВт·год/рік	кВт·год/рік	грн/рік	років
Теплоізоляція зовнішніх стін (10 см)	1 089 720	78 607	-	132 060	8,3
Теплоізоляція горища (20 см)	1 047 660	220 071	-	369 719	2,8
Заміна вікон	1 651 260	77 703	-	130 541	12,6
Заміна дверей	51 150	2 727	-	3 330	15,4
Заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням	133 200	-	7 190	12 079	11
Модернізація/замін а системи опалення з гідравлічним балансуванням	1 673 460	54 264	-	91 163	18
Загалом	5 646 450	433 372	7 190	738 892	7,6

5 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Індивідуальним завданням було змоделювати вузол кутового сполучення зовнішніх стін [20].

З ДСТУ було взято вузол з даними товщинами та матеріалами як показано на рисунку 13:

ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Продовження таблиці Г.1

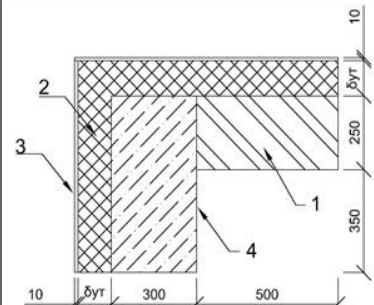
1	2	3	4	5	6
8	Вузол кутового сполучення зовнішніх стін з залізобетону та цегли з опорядженням штукатуркою		120 мм	150 мм	180 мм
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,040	0,159	0,136	0,121
		0,045	0,173	0,150	0,133
		0,050	0,187	0,162	0,145

Рисунок 13 – Вузол кутового сполучення зовнішніх стін

Його було накреслено та з модельовано 3D в програмі Solidworks [21], після цього була створена сітка, та введено характеристики матеріалів в програмному забезпеченні ANSYS [22]. За допомогою розрахунку та моделювання потоку вдалося здобути графічні данні температури та підібрати тепловий потік (12 Вт) для комфортної температури в середині приміщення при температурі зовнішньої сторони стінки (-24°C), результат на рисунку 14.

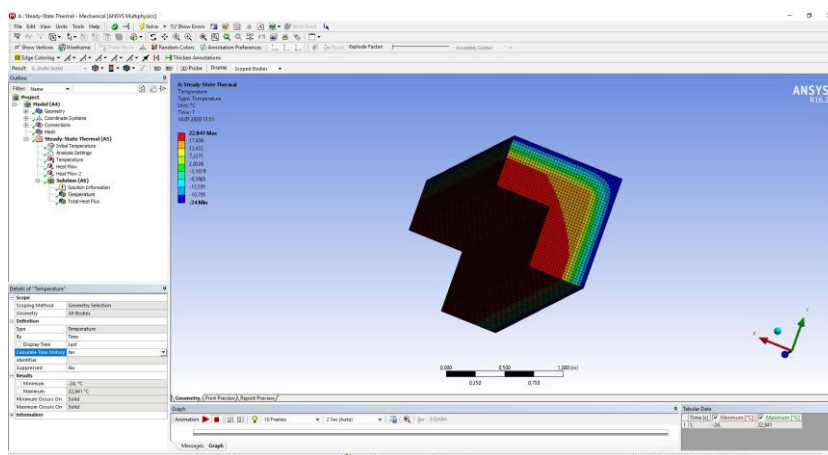


Рисунок 14 - Модель вузла лінійного теплопровідного включення

6 ОХОРОНА ПРАЦІ: ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА НАСЛІДОК УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

Тяжкість електротравми визначається впливом факторів:

— електричного характеру — величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;

— неелектричного характеру — тривалість дії електроструму;

— навколишнього середовища — температура, тиск, вологість повітря;

— шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є сила струму, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму. За характером дії струм оцінюють так, як наведено в таблиці 9.

Таблиця 9 - Характер впливу електричного струму на організм людини

Струм, мА	Характер дії	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6—1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
2—3	Сильне тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
5—7	Судороги в руках.	Свербіння. Відчуття нагріву.

Продовження таблиці 9 - Характер впливу електричного струму на організм людини

8—10	Руки з зусиллям, але ще можна відірвати від електродів, сильний біль у пальцях і кистях рук.	Підсилений нагрів.
20—25	Параліч рук, відірвати їх від електрода неможливо. Дуже сильний біль. Дихання затруднене.	Надто сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук.
50—80	Зупинка дихання. Початок фібриляції.	Скорочення м'язів. Судороги, затруднене дихання.

На основі даних наведених в цій таблиці можна виокремити декілька характерних видів струму.

Відчутний струм — малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербіжем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі — відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин. Найменше значення відчутного струму називається пороговим відчутним струмом.

Невідпускаючий струм — струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20—25 А, При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає, оскільки при певних значеннях струму людина може самостійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини.

Однак в момент відриву виникають болісні скорочення м'язів, аналогічні за характером і больовим відчуттям тим, які спостерігаються при змінному струмі. Сила струму становить приблизно 50—80 мА.

Цей струм і прийнято умовно за поріг невідпускаючих струмів при постійній напрузі.

Фібриляційний струм.

Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху "рука — рука" або "рука — ноги", діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1—3 с з моменту замикання кола

через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення — пороговим фібриляційним струмом.

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму — близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім 5 А.

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самостійно не відновлюється.

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50—75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100—125 мкА — при постійному струмі.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		47

Із порівняння значень порогових струмів, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що постійний струм менш небезпечний (в 4—5 разів), ніж змінний. Але все це справедливо лише для відносно невисоких напруг — до 250—300 В. За більш високих напруг небезпека ураження постійним струмом зростає. Вважається, що за напруги 500 В їх дія вирівнюється, а в разі більш високих напруг постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний частотою 50 Гц.

Дія на людину змінного струму залежить від його частоти.

Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450—500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину.

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300—500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50—200 В.

Аналіз нещасних випадків внаслідок дії електричного струму на людей показує, що тривалість проходження струму через організм істотно впливає на наслідок ураження: чим триваліша дія струму, тим більша вірогідність важкого або смертельного наслідку.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		48

Така залежність пояснюється тим, що із збільшенням часу дії електричного струму опір тіла зменшується, а сила струму істотно збільшується. Крім того, з часом виснажуються сили організму, що протистоять дії на нього електрики.

Наслідки дії струму на організм проявляються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміною складу крові, місцевим руйнуванням тканин організму під впливом теплоти, яка виділяється, порушенням роботи серця, легень тощо.

Суттєвим для наслідків ураження є шлях проходження струму. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи.

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — "рука — рука", "права рука — ноги", "ліва рука — ноги". Найбільш небезпечними є петлі "голова — руки" та "голова — ноги", коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях — "права рука — ноги", який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях — "нога — нога", який виникає під час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50—80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок — падіння людини на землю. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі людини

утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від рук до ніг. Оскільки в такому положенні людина доторкається одночасно точок землі, віддалених одна від одної на відстань, що перевищує довжину кроку, напруга, що діє на неї, як правило, більша за напругу кроку. Як результат, створюється загроза смертельного ураження.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		49

Тяжкість електротравми залежить також від температури, вологості і тиску повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

Не менше значення має фізичний стан людини. Для практичних розрахунків з електробезпеки береться опір тіла людини 1000 Ом. Але ця величина не постійна для кожної людини і залежить від її психофізичного стану. Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		50

ВИСНОВОК

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра була проведена енергетична сертифікація будівлі Т-корпусу Сумського державного університету, яка розташована по вул. Римського-Корсакова, 2.

Було проведено обстеження дійсного стану конструктивних елементів будівлі, а також системи тепло-, електро- та водопостачання. Також було зібрано необхідні дані. Проаналізувавши отримані дані, було виявлено невідповідність багатьом параметрам з нормативної документації. Були розраховані всі основні види тепловтрат. Розрахунки показали, що дуже велика частка теплової енергії, яка б повинна була йти на опалення приміщень і підтримку в них нормативної для учбових закладів температури, проходить у вигляді втрат через огорожуючі конструкції, а найбільша частка через систему вентиляції. Це стає приводом до застосування відповідних енергозберігаючих заходів. Були запропоновані наступні заходи:

- утеплення зовнішніх стін будівлі (Інвестиції, грн – 1 089 720; Економія, грн – 132 060; Окупність, роки – 8,3);

- утеплення даху будівлі (Інвестиції, грн – 1 047 660; Економія, грн – 369 719; Окупність, роки – 2,8);

- заміна вікон (Інвестиції, грн – 1 702 410; Економія, грн – 133 871; Окупність, роки – 12,71);

- модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням (Інвестиції, грн – 1 673 460; Економія, грн – 91 163; Окупність, роки – 18);

Втілення в життя кожного з цих заходів дозволить значно скоротити втрати теплової енергії і, як наслідок, зменшити споживання теплової енергії.

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		51

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з курсу “Енергозбереження будівель” для студентів спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент» денної форми навчання/ Укладачі С.С.Антоненко, А.А.Руденко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 55 с.

2. Норми та вказівки по нормуванню витрат витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарськопобутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. Затверджені Держжитлокомунгоспом України 14 грудня 1993. К.: ЗАТ"ВПОЛ", 2001. 376 с.

3. Закон України від 22.06.2017р. № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19/ed20201201>.

4. Наказ від 11.07.2018 р. №172 «Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0825-18>.

5. Наказ від 11.07.2018 р. №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>.

6. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП П_3_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.

7. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків»

8 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови»

9. ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. [Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01.]. К.: Мінрегіонбуд

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		52

України, 2008. 44 с.

10. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.

11. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К., 2011. 127 с.

12. ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)».

13. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT). [На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013]. К. : НДІБК, 2011. 229 с.

14. ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації»

15. Постанова КМУ від 12 квітня 2017 р. № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF#n8>.

16. ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки».

17. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – К.: Дерспоживстандарт України, 2008. – 38 с.

18. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення: ДСТУ ISO 10211-2:2005. – К.: Дерспоживстандарт України, 2008. – 12

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		53

с.

19. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства — № 6/3(26), 2015, с. 45-4

20. Лінійні теплові включення [Текст] / А. М. Гасай, С. О. Хованський // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 21-24 квітня 2020 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, І.В. Павленко. — Суми : СумДУ, 2020. — Ч.2. — С. 324.

21. [Електронний інтернет - ресурс], режим доступу: <https://www.solidworks.com/ru>

22. [Електронний інтернет - ресурс], режим доступу: <https://www.ansys.com/>

23. Автоматичні балансувальні клапани, [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/products/valves/dhs/hydraulic-balancing-and-control/automatic-balancing-valves/>

24. Опалення та вентиляція будівлі, [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://otivent.com/kak-vybrat-i-ustanovit-termoregulyatory-na-batarei>

					6.144 02 ЕМ61 8 ВР.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		54

ДОДАТОК А

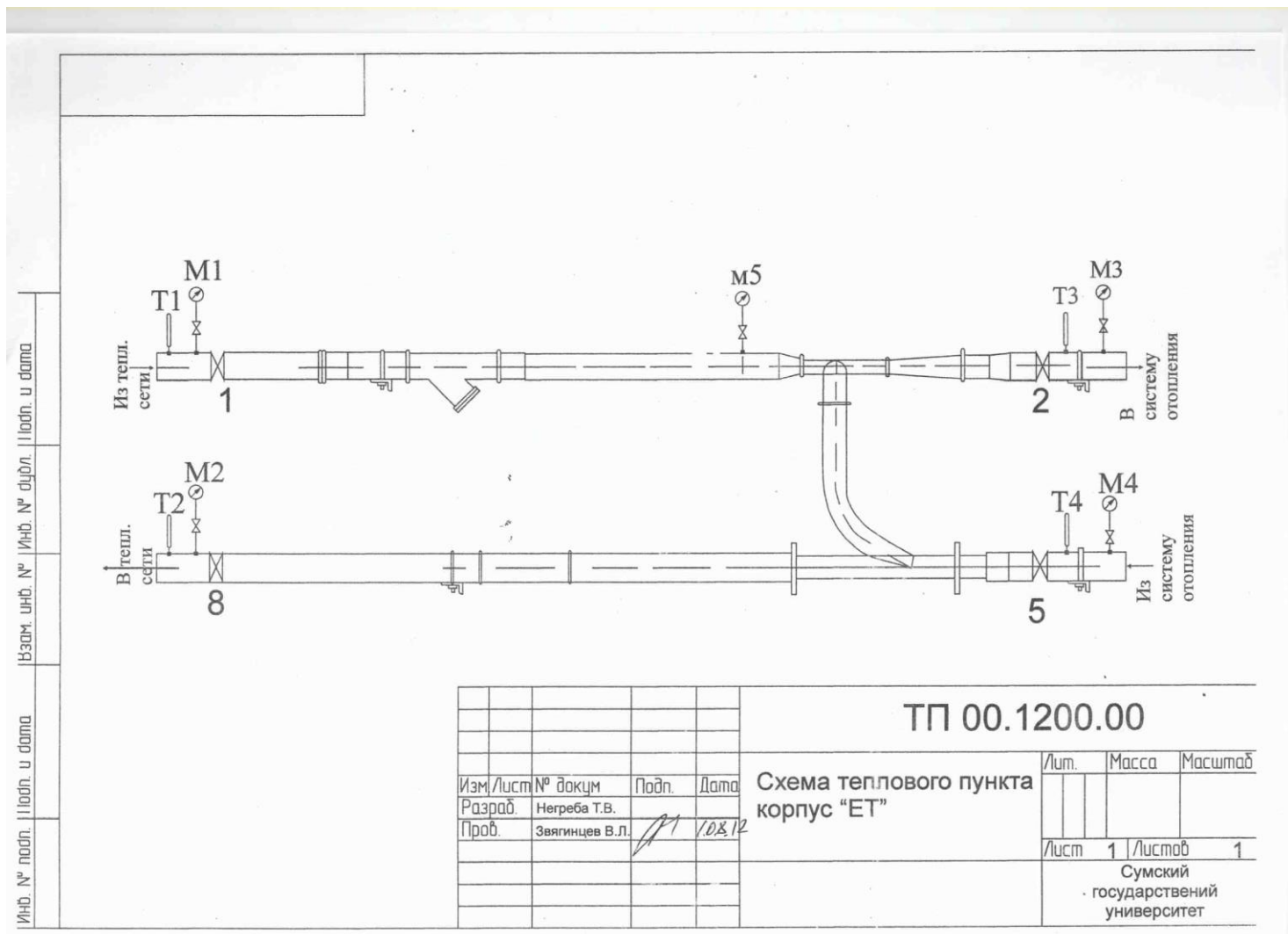


Рисунок А.1 Принципова схема теплового пункту корпусу «Т»

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: м. Суми, вул. Римського – Корсакова, 2.

Функціональне призначення та назва: Навчальний корпус Т СумДУ

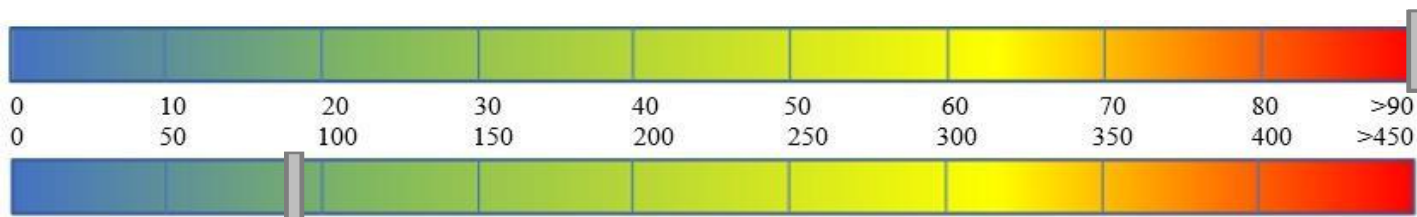
Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, м²: 2249
 Загальний об'єм, м³: 6747
 Опалювальна площа, м²: 1842
 Опалювальний об'єм, м³: 5526
 Кількість поверхів: 2
 Рік введення в експлуатацію: 1960
 Кількість під'їздів або входів: 2



Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> <p>A <44 кВт·год/ м³</p> <p>B <79 кВт·год/ м³</p> <p>C <87 кВт·год/ м³</p> <p>D <109 кВт·год/ м³</p> <p>E <131 кВт·год/ м³</p> <p>F ≤153 кВт·год/ м³</p> <p>G >153 кВт·год/ м³</p> <p>Низький рівень енергоефективності</p>	<p>< F </p>
<p>Питоме споживання на опалення, гаряче водопостачання, охолодження, (кВт·год)/м³</p>	<p>136,38</p>

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² за рік: 462.8



Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік: 0,1

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора _____

I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальних конструкцій	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (м ² ·К)/Вт		Площа А, м ²
	існуюче	приведене	
Зовнішні стіни	0,83	3,3	807
Суміщені перекриття		5,35	
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу		4,50	
Горищні перекриття неопалювальних горищ	0,8	4,95	1164
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	0,6	3,75	1164
Світлопрозорі огорожувальні конструкції		0,75	444
Зовнішні двері	0,41	0,50	11,74

Опис технічного стану огорожувальних конструкцій:

Зовнішня оболонка: Основним конструктивним елементом зовнішніх стін є силікатна цегла що поштукатурена зсередини і ззовні. З точки зору теплових властивостей стін, в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, встановленими українськими нормами. На зовнішніх стінах не виявлені ушкодження на конструкційному матеріалі та штукатурці. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (проведення теплоізоляції) на зовнішніх стінах не проводилися раніше.

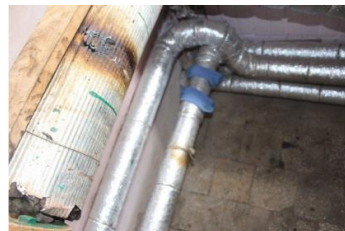


Вікна та двері: Наявні вікна і двері мають дерев'яну раму з подвійним заскленням, ПВХ раму з подвійним заскленням. З точки зору теплових властивостей вікон і дверей в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (заміна вікон та / або дверей) проводилися раніше в 2009-2012.



Дах: Дах досліджуваного будинку - представлений холодним горищем. Будівля облаштована технічним поверхом. Горище не обігривається, тому воно є частиною неопалювальної площі будівлі. З точки зору теплових властивостей даху на даний момент, він не відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Конструкція даху не облаштована видимі пошкодження. Енергоефективні заходи із додатковою теплоізоляцією на поверхні даху / горища не проводилися раніше.

Підлога та підвал: Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані та має прийнятні теплові властивості. З точки зору теплових властивостей підлоги, на даний момент вона відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українським законодавством. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлоги не проводилися раніше.



II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питому енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показу	Існуюче значення (кВт·год)/м ² за рік	Мінімальні вимоги (кВт·год)/м ² за рік
Питома енергопотреба на опалення , охолодження , гаряче водопостачання	86,82	-
Питоме енергоспоживання при опаленні	86,82	-
Питоме енергоспоживання при охолодженні	н/д	-
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	н/д	-
Питоме енергоспоживання систем вентиляції	42,4	-
Питоме енергоспоживання при освітленні	4,6	-
Питоме споживання первинної енергії, (кВт·год)/м ² за рік		-
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² за рік	0,10	-

Енергоспоживання будівлі

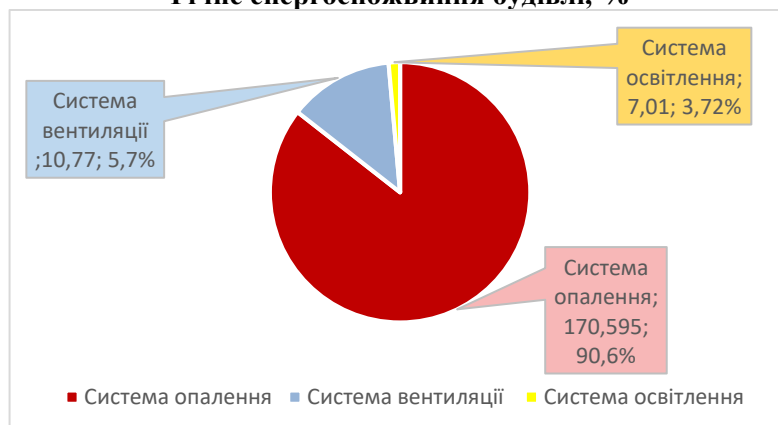
Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	Тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]	Тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]
Енергоспоживання систем опалення	170,595	92,61 [30,86]	753,670	409,15 [136,38]
Енергоспоживання систем вентиляції	10,77	7,42	95,37	48,374
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	н/д	-	н/д	-
Енергоспоживання систем охолодження	н/д	-	н/д	-
Енергоспоживання систем освітлення	7,01	2,86	11,9	5,29
УСЬОГО:	188,375	102,89	860,94	462,814

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Відхилення рівня енергоспоживання на опалення від базового рівня становить 73% Основні фактори, що впливають на відхилення:

- Значно нижча внутрішня температура в приміщеннях, аніж цього вимагають нормативні документи, що призводить до зниження теплової енергії на опалення. За умови підвищення температури у приміщеннях до нормативного значення, базове споживання теплової енергії збільшиться в порівнянні з фактичним значенням.
- Ручне керування системою опалення.
- Повна герметизація вікон для запобігання проникненню холодного повітря та появи протягів, що призводить до зниження споживання теплової енергії на компенсацію тепловтрат через вентиляцію. За умови підвищення рівня повітрообміну до нормативного значення, базове споживання теплової енергії збільшиться в порівнянні з фактичним значенням.
- Обмеження коштів на опалення та електричну енергію.

Річне енергоспоживання будівлі, %



III. Фактичні проектні характеристики інженерних систем будівлі

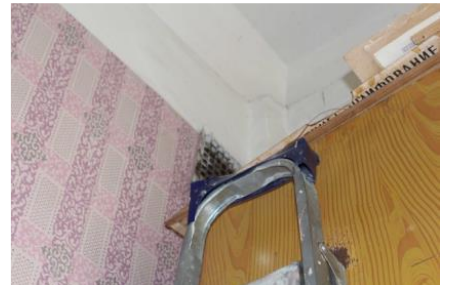
Системи опалення

Сумський державний університет забезпечується тепловою енергією через систему централізованого тепlopостачання. Університет використовує теплоенергію, яка надається з системи тільки для опалення. Теплова енергія постачається до будівлі по залежній схемі, тобто без використання теплообмінного пристрою. Загальна приєднана теплова потужність будівель університету – 7.602 кВт. Теплова енергія, що споживається в Сумському державному університеті вимірюється 1 лічильником. В більшості випадків, будівлі в Сумському державному університеті - облаштовані тепловими лічильниками. Загальне теплонавантаження будівлі складає 360 кВт. Встановлена система опалення в будівлі - двотрубна. Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені переважно з сталі. Труби в неопалювальних приміщеннях і теплому пункті частково ізольовані власними силами. Встановлені в будівлі радіатори переважно сталеві панельні. Усі вони без встановлених термостатичних регуляторів. Протікання в радіаторах під час проведення дослідження - виявлено. Наявні радіатори мають пошкодження. Опалювальна техніка в теплому пункті стара та зношена. Клапани в тепловому пункті в задовільному стані. Водопідготовка не встановлена в тепловому пункті. Розширювальний резервуар не використовується. Регулювання температури теплоносія не здійснюється в автоматичному режимі.



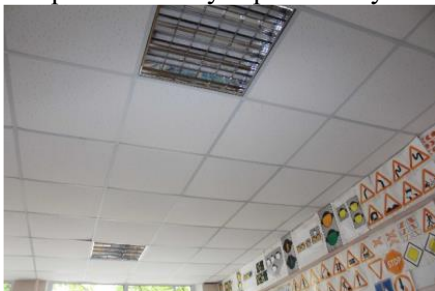
Системи, вентиляції

У будівлі встановлена механічна система вентиляції в 2010-2012. Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та витягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю. Матеріал наявних повітропроводів - бетонного. Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційна установка в задовільному стані. В санітарних приміщеннях (туалетах) - встановлена витяжна система вентиляції.



Системи освітлення

Система освітлення в будівлі включає 3 типи освітлення - Лампи розжарювання, Флуоресцентні лампи Т8 і LED освітлення. Флуоресцентні лампи Т8 мають найбільшу встановлену електричну потужність, що загалом складає 18,3 кВт (84,60%), а слідом за нею LED освітлення із сумарною потужністю 2,3 кВт (10,41%) і Лампи розжарювання із сумарною потужністю 1,1 кВт (5,00%).



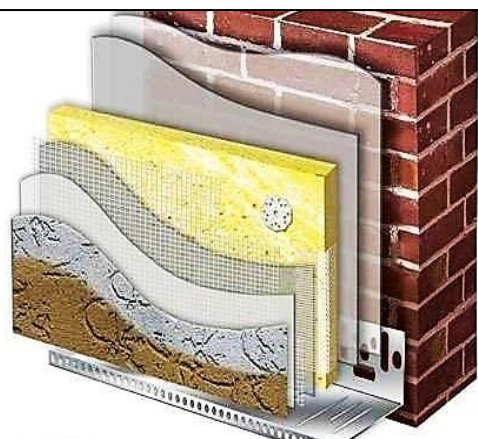
IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

Захід №1. Комплекс робіт з теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін

Стіни будівлі в задовільному стані. Проте, так як будівля збудована в 1960 коли раціональне використання енергоресурсів не було на порядку денному, теплозахисні властивості стін на даний момент дуже низькі: в середньому, коефіцієнт теплопередачі 1,18 Вт/м²К. Сучасні українські норми вимагають U макс. = 0,30 Вт/м²К для будівництва нових будівель або U макс. = 0,38 Вт/м²К для реконструкції існуючих. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою. Запропонована товщина ізоляції - 10 см, що в знизить коефіцієнт теплопровідності зовнішніх стін до 0,30 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів.

Прогнозовані технічні характеристики теплоізоляції на зовнішніх стінах:

- Теплоізоляційний матеріал: Мінеральна вата
- Теплопровідність матеріалу (максимум): 0,045 Вт/мК
- Монтаж: після очищення та підготовки поверхонь; відповідно до вимог виробника



Інвестиції		Економія		Окупність
EUR	грн	кВт·г/рік	грн/рік	роки
36 324	1 089 720	78 607	132 060	8,3

Захід №2. Заміна існуючих вікон та дверей на нові

Метою цього енергоефективного заходу є заміна існуючих старих вікон на нові - із значно кращими тепловластивостями. Поточне усереднене значення коефіцієнту теплопровідності всіх установлених в будинку вікон складає 2,22 Вт/м²К. Коефіцієнт теплопровідності вікон, які пропонується замінити, дорівнює 2,00 Вт/м²К. Ці вікна займають площу в 423,4м². Сучасні українські норми вимагають U макс. = 1,33 Вт/м²К для будівництва нових будівель або U макс. = 1,66 Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Запропонований захід зменшить коефіцієнт теплопровідності вікон до 1,10 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів.

Також метою цього енергоефективного заходу є заміна існуючих старих зовнішніх дверей новими, що мають значно кращі теплові властивості. Поточний усереднений коефіцієнт теплопровідності усіх зовнішніх дверей, встановлених у будівлі, становить 2,50 Вт/м²К. Коефіцієнт тепловтрат дверей, які пропонується замінити, дорівнює 2,50 Вт/м²К. Ці двері мають площу 15,5 м². Сучасні українські норми вимагають U макс. = 1,66 Вт/м²К для будівництва нових будівель або U макс. = 2,08 Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Запропонований захід зменшить коефіцієнт теплопровідності дверей до 1,60 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів.



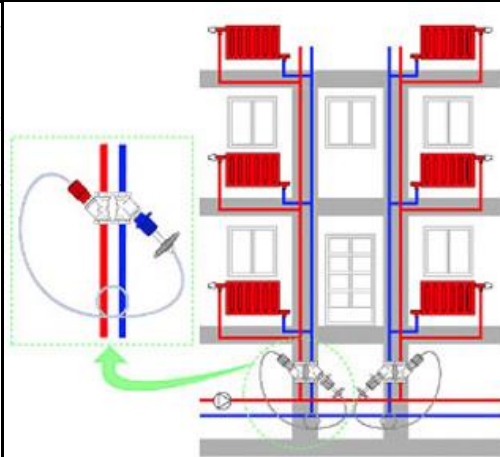
Інвестиції		Економія		Окупність
EUR	грн	кВт·г/рік	грн/рік	роки
56 747	1 702 410	80 430	133 871	12,71

Захід №3 Модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням

Ще однією проблемою, пов'язаною з теплопостачанням, є стан труб та радіаторів системи опалення, які частково зношені, піддані корозії, а також мають значно звужений поперечний переріз через наявність накипу, що призводить до зменшення теплотворності радіаторів і в той же час до збільшеного гідравлічного опору у трубах системи опалення. Всі ці проблеми призводять до витoku води, і, як наслідок, - падіння тиску у теплових мережах під час експлуатації. Тому цей захід не обов'язково є чистим заходом з підвищення енергоефективності. Він складається з комплексу заходів, таких як:

- ізоляція теплових розподільних труб,
- гідравлічне балансування (встановлення балансувальних клапанів),
- заміна радіаторів,
- встановлення термостатичних регуляторів
- заміна більшої частини теплових розподільних труб.

У деяких приміщеннях будівель радіатори часто встановлені не в тому місці, що у свою чергу запобігає правильній конвекції повітря. Циркуляцію повітря можна легко вдосконалити, що значно покращить ефективність випромінювання тепла радіаторами.



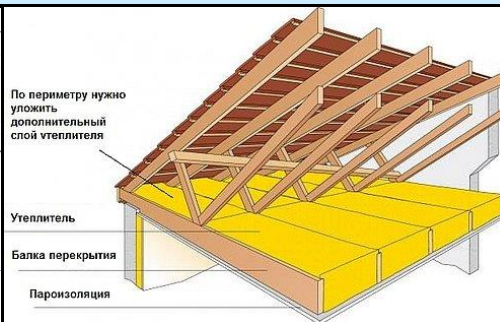
Економія		Економія		Окупність
EUR	грн	кВт·г/рік	грн/рік	роки
55 782	1 673 460	54 264	91 163	18

Захід №4 Теплова ізоляція горища мінеральною ватою товщиною 20 см

Перекрытие горища не теплоізолюване. Теплозахисні властивості горища на даний момент не відповідають установленим нормативним документам: в середньому коефіцієнт теплопередачі становить 1,91 Вт/м²К. Сучасні українські норми вимагають $U_{\text{макс.}} = 0,17$ Вт/м²К для будівництва нових будівель або $U_{\text{макс.}} = 0,21$ Вт/м²К для реконструкції існуючих будівель. Пропонується утеплення горищного покриття - мінеральною ватою. Запропонована товщина ізоляції становить 20 см, що знизить коефіцієнт теплопровідності покриття горища до 0,20 Вт/м²К щоб відповідати вимогам нормативних документів.

Прогнозовані технічні характеристики теплоізоляції горища:

- Теплоізоляційний матеріал: Мінеральна вата
- Теплопровідність матеріалу (максимум): 0,045 Вт/мК
- Монтаж: після очищення та підготовки поверхонь; відповідно до вимог виробника



Інвестиції		Економія		Окупність
EUR	грн	кВт·г/рік	грн/рік	роки
34 922	1 047 660	220 071	369 719	2,8

Захід №5 Модернізація системи освітлення

У більшості досліджених приміщень будівлі нормативні показники не можуть бути виконані. Насамперед це стосується коридорів, де не вистачає природного освітлення, а штучне освітлення повністю вимкнено. Найпоширеніші види ламп включають люмінесцентне освітлення та лампи розжарювання.

Фактичну якість освітлення у класах можна вважати недостатньою. Інтенсивність світла надто низька через низьку якість проектування та ламп, що використовуються.

Зайве говорити, що з точки зору комфорту та здоров'я користувачів будівлі нові сучасні системи освітлення є дуже важливими і абсолютно необхідними. Нещодавні дослідження показали, що успіх у навчанні та мотивація до навчання безпосередньо залежать від якості освітлення. Тому головна мета - реконструкція та вдосконалення систем освітлення та доведення їх до рекомендованого рівня, зазначеного в існуючих нормативних документах України.

Нижче наведено технічні вимоги щодо реабілітації та вдосконалення системи освітлення всієї будівлі:

- Існуючі неефективні лампи розжарювання слід замінити світлодіодними лампами;



- Джерела світла повинні мати світлопродуктивність не нижче 70 лм/Вт та споживати не більше 20 Вт/м² електроенергії з урахуванням споживання енергії перемикачами та допоміжними системами керування освітленням.
- Додаткове освітлення білої дошки повинно бути зроблено лампами з асиметричним розсіюванням світла, щоб забезпечити необхідний рівень освітлення в центрі білої дошки;



ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

ТИП ЛАМП	ДО		ПІСЛЯ	
	Кількість, шт	Потужність (кВт)	Кількість, шт	Потужність (кВт)
Лампи розжарювання	18	1,1	-	-
Флуоресцентні лампи T8	1 016	18,3	-	-
LED освітлення	225	2,3	555	6,7
ЗАГАЛЬНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ОСВІТЛЕННЯ	1 259	21,6	555	6,7
СИСТЕМНІ ПОКАЗНИКИ ТА ПАРАМЕТРИ				
Конкретне навантаження від освітлення (Вт/м ²)	9,61		2,96	
Конкретне споживання електроенергії (кВт/м ² а)	4,61		1,41	
Загальне споживання електроенергії (кВт/а)	10 370,00		3 180,00	
Загальні витрати на освітлення (€/а)	813,01		249,31	

ІНВЕСТИЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ	КІЛЬКІСТЬ	ЦІНА ЗА ОДИНИЦЮ ,грн	ІНВЕСТИЦІЇ, грн
Компактні LED світильники (для заміни існуючих ламп розжарювання та люмінесцентних ламп)	18	240	4320
LED світильники панельного типу (або лише світлодіодні лампами типу T8 або T5), а також компактні світлодіодні світильники	537	240	128 880
ЗАГАЛОМ	555	-	133 200

