

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Підвищення енергоефективності експлуатації будівлі спортивного
комплексу СумДУ»

спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Панаріна М.В.

(прізвище і ініціали)

(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)

Антоненко С.С.

(прізвище і ініціали)

доц. каф. ПГМ

(наукова ступінь або звання)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2022

ВСТУП

До найбільш актуальних та кричущих проблем у сучасному суспільстві відноситься організація та впровадження раціонального режиму енергоспоживання із забезпеченням мінімального рівня негативного впливу на оточуюче середовище, обачливим та дбайливим використанням наявних енергетичних ресурсів за умови дотримання розумного та достатнього рівня задоволення технологічних та побутових потреб громадян сучасного суспільства у всіх видах, типах та формах споживаної ними енергії.

Проблема занадто високого рівня енергоспоживання суспільством і наявна необхідність у підвищенні рівня енергоефективності у муніципальній сфері наразі є досить актуальною як для усього світу, так і для України. Питання щодо підвищення рівня енергоефективності із часом, цілком зрозуміло, набуває все більшої значущості та актуальності, оскільки його завжди розглядають як один із базових елементів загальної енергетичної політики держави [1].

У сучасній Україні нагальним питанням щодо дотримання необхідного рівня енергоефективності надають досить важливе значення, що очевидно та цілком зрозуміло знаходить своє відображення й у чинному законодавстві держави. Енергоефективність на сьогоднішній день є актуальною, як ніколи не була раніше. Це саме той багатофункціональний інструмент, який одночасно може сприяти досягненню добре відомих трьох основних цілей енергетичної політики, а саме:

- підвищенню рівня енергетичної безпеки держави;
- зниженню шкідливої екологічної дії від застосування наявних матеріалів та технологій;
- підвищенню конкурентоспроможності підприємств у будь-якій сучасній галузі.

Досягти необхідного результату із ефективного енерговикористання у сучасній Україні можливо лише за дотриманням умови, що у державі обов'язково буде створена відповідна ефективно діюча сучасна система енергетичного

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менеджменту на абсолютно усіх щаблях управління та гарантовано буде забезпечено умови щодо її обов'язкового сприйняття до виконання населенням України. Саме така система має стати в Україні тим ключовим інструментом у забезпеченні формування сучасної енергоефективної та відповідно екологічно безпечної дієвої моделі територіальної громади, зменшення від шкідливого впливу викидів парникових газів, покращення рівня життя громадян та стану навколишнього довкілля завдяки позитивному ефекту від підвищення рівня енергоефективності будь-яких об'єктів муніципальної сфери держави. Україна на теперішній час має достатньо таки високу енергоємність свого ВВП, або, інакше кажучи, сучасна економіка нашої країни нажаль є надзвичайно енергозатратною. Цей важливий для розуміння ефективності дії економіки показник зазвичай розраховують як частку вартості енергоресурсів у загальному ВВП країни. І хоча за усі останні десять років в нашій державі спостерігають достатньо таки позитивну динаміку щодо зниження рівня ЕВВП, вона нажаль усе ще продовжує залишатися достатньо високою та у 2,1–3,7 рази перевищує енергоємність сучасних найбільш економічно розвинутих держав, що однозначно примушує усіх виробників продукції забезпечувати конкурентоспроможність своїх товарів за рахунок застосування, наприклад, продажу вітчизняних товарів за демпінговими (заниженими) цінами або за рахунок зниження витрат на оплату праці працівникам (робітникам, персоналу тощо).

Серйозною та нагальною проблемою є також нерозуміння громадянами України необхідності скорочення промислового та побутового споживання енергії: енергозбереження для сучасного пересічного громадянина нашої держави щось дуже далеке та занадто дороге. Ця прикра ситуація породжена відсутністю належного розгляду цих важливих для усієї громадськості питань у вітчизняних школах та ЗВО, байдужим споживацьким підходом до нашого довкілля та майже повною відсутністю цілеспрямованої відповідальної державної політики щодо вироблення у сучасних громадян нашої країни енергоощадності [1].

Метою даної роботи є аналіз підвищення енергоефективності експлуатації будівлі спортивного комплексу СумДУ, за рахунок розроблення та обґрунтування енергозберігаючих заходів системи теплопостачання. Отже, для досягнення

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поставленої мети були сформульовані наступні задачі: визначити тепловий баланс будівлі; виявити дефекти в роботі системи опалення; запропонувати перелік енергозберігаючих заходів для проектованої системи; виконати економічне обґрунтування ефективності роботи системи.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження даної випускної роботи бакалавра є спортивний комплекс Сумського державного університету (рис. 1.1), який знаходиться за адресою вул. Римського Корсакова, 2.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд спортивного комплексу СумДУ

Мета даного дослідження полягає у енергетичному обстеженні спортивного комплексу СумДУ, а саме, системи теплопостачання будівлі, визначення обсягів споживання теплової енергії та її розрахунок на основі даних тарифів на теплову енергію. Визначення технічного стану будівлі та причин теплових втрат.

Спортивний комплекс СумДУ – це двоповерхова будівля, що призначена для проведення занять із фізичного виховання студентів та проведення у ній спортивних змагань. Він працює зазвичай 7 днів на тиждень. Заняття у спортивному комплексі розпочинаються о 8³⁰ ранку та закінчуються о 20⁴⁵ (залежно

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від закінчення спортивних змагань СумДУ у спортивній залі). У спортивному корпусі знаходяться наступні важливі для його функціонування приміщення: спортивна зала, роздягальні (№ 1-8), фітнес зала, тенісна зала, 3 сходові клітини, кабінети викладачів, кімната для зберігання спортивного інвентарю та інші допоміжні приміщення.

Технічні характеристики обстежуваної будівлі:

- опалювальна площа: 1961,8 м²;
- опалювальний об'єм будівлі: 10492 м³.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Фундамент спортивного комплексу – це залізобетонна плита й керамзитовий гравій на цементно-піщаній стяжці. Стіни будівлі – цегляні, облицьовані плиткою, західний фасад покритий додатковим прошарком теплоізоляції із пінополістирольних плит, матеріал внутрішнього покриття стін – штукатурка. Внутрішні стіни оштукатурені цементним розчином. Плити перекриття поверхів – залізобетонні. Стеля будівлі – залізобетонна, перекрита руберойдом.

На першому поверсі будівлі (фойє, фітнес центр та роздягальня №4) розміщені підвісні стелі (металевий профіль із гіпсовою плиткою). Вікна спортивного комплексу мають пластиковий профіль. Головні входні двері будівлі вироблені із пластикового профілю зі склінням, а запасні двері будівлі – металеві.

Під час обстеження спортивного комплексу СумДУ було виявлено, що запасні дерев'яні двері будівлі потребують встановлення додаткової термоізоляції.

1.3 Загальна характеристика енергетичних систем

Основними системами, які забезпечують ефективну та безперебійну роботу спортивного комплексу СумДУ є системи теплопостачання, електропостачання, холодного водопостачання, система каналізації та вентиляції.

1.3.1 Система опалення

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обстежуваний спортивний комплекс СумДУ має у своєму складі централізовану систему тепlopостачання, у якій теплоносієм є гаряча вода. Система двотрубна із нижньою та із верхньою розводкою (комбінована) зі штучною циркуляцією теплоносія. Приєднання опалювальних приладів у системі до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Це найбільш ефективна схема, оскільки відомо, що щільність теплового потоку опалювальних приладів завжди є вищою за рахунок найбільш рівномірної та високої температури поверхні приладу. За такою схемою приєднання площа поверхні опалювального приладу буде найменшою порівняно зі схемами «знизу вниз» та «знизу вгору».

Постачальником теплової енергії для будівлі спортивного комплексу є ТОВ «Сумитеплоенерго». Тепло надходить по трубопроводу з Ц-корпусу СумДУ до теплопункту спортивного комплексу. Опалювальний період становить 6 місяців (із 15 жовтня до 15 квітня). Тривалість опалювального періоду може змінюватися залежно від фактичних погодних умов (зазвичай він починається у разі зниження середньодобової температури зовнішнього повітря нижче ніж +8 °С і закінчується у разі підвищення середньодобової температури повітря вище ніж +8°С упродовж 3-х діб).

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ВАТ «Сумиобленерго». Живлення спортивного комплексу здійснюється від ТП (трансформаторної підстанції) із загальною довжиною мереж 90 м.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання спорткомплексу здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал».

Основними споживачами холодної води є: змішувачі, крани, змивні бачки та душові. Сантехніка спортивного комплексу уся нова та перебуває у задовільному стані.

1.3.4 Система вентиляції

Будівлю спортивного комплексу обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить до будівлі через нещільності конструкцій зовнішніх огорожень і зовнішні двері. Також у будівлі

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявні кондиціонери – 4 шт. (потужність кожного з них $P=2,5$ кВт). У будівлі також наявна штучна витяжка у фітнес залі, яку зазвичай вмикають лише тоді, коли там проходять спортивні заняття.

1.3.5 Система обліку ресурсів

Облік теплової енергії здійснюється за допомогою тепловодолічильника фірми «СЕМПАЛ» типу СВТУ-10М №6579.

Облік споживання електричної енергії здійснюється за допомогою лічильника активної енергії типу СА4У-И 672 М-380В.

Облік споживання води здійснюється за допомогою лічильника «Sensus» типу MNqN6XW EBH, DN2 №24154657. Показання споживання води корпусом знімають та передають надавачу послуг 15 числа кожного місяця.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Тарифи на теплову енергію (2022 р.) – 2192,14 грн/Гкал.

Тарифи на електричну енергію:

2022: 5,35 грн/кВтгод.

Тарифи на водопостачання:

2022: 15,98 грн/ м³.

1.4 Аналіз обсягів споживання тепла

Показання усіх приладів обліку енергоспоживання фіксуються у бланках звітів обліку електричної та теплової енергії і води. Обсяги споживання теплової енергії в Гкал за 2020-2022 роки наведені у таблиці 1.1 та на рисунку 1.2.

Таблиця 1.1 – Величина споживання теплової енергії за 2020-2022 роки

Місяць	Кількість теплової енергії, спожитої на опалення, Гкал		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	19	37	49
Лютий	57	58	39
Березень	41	19	33
Квітень	39	18	0
Травень	-	-	-

									Арк. 12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	2	7	-
Листопад	40	35	-
Грудень	33	39	-
Всього	231	213	121

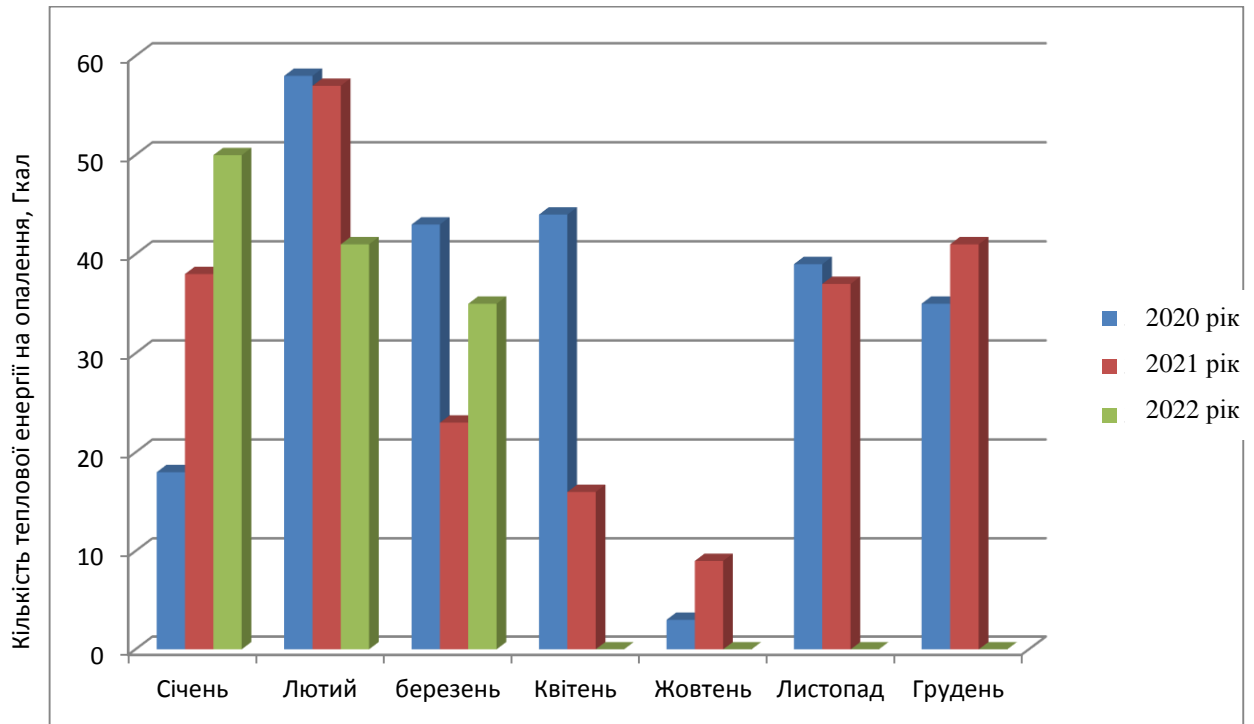


Рисунок 1.2 – Діаграма споживання тепла в Гкал за 2020-2022 роки

Споживання теплової енергії будівлею спортивного корпусу відбувається лише у холодний період року і воно значно залежить від температури зовнішнього повітря, тому отримані діаграми мають досить нерівномірний характер.

Питома тепла витрата енергії на опалення будівлі спортивного комплексу за опалювальний період $q_{\text{буд}}$ – це кількість теплової енергії за опалювальний період, необхідної для компенсації теплових втрат будівлі із урахуванням повітрообміну та теплонадходжень за нормованих параметрів теплового та повітряного режимів приміщень у ньому, віднесеної до одиниці корисної площі приміщень будинку [7].

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{он}}}{F_{\text{буд}}^{\text{он}}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

де $Q_{\text{он}}$ - величина споживаної теплової потужності будівлі за увесь опалювальний період, кВт·год;

$F_{\text{буд}}^{\text{он}}$ - загальна площа усіх опалювальних приміщень будівлі, м².

Величина споживаної теплової потужності будівлі за 2020-2022 опалювальний період:

$$Q_{\text{он}} = 15,132 + 10,658 + 41,108 + 38,937 + 49,334 + 39,994 + 37,114 = \\ = 232,277 \text{ Гкал} = 270344,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Питома тепла витрата спортивного комплексу за опалювальний рік 2020-2022 становить:

$$q_{\text{буд}} = \frac{270344,6}{1961,8} = 138 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Питома тепла витрата будівлі не відповідає умові $q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}$, оскільки $E_{\text{max}} = 40$ [2].

Оскільки $q_{\text{буд}} > E_{\text{max}}$, то, отже, такий наявний стан усіх технологічних та конструктивних елементів будівлі спортивного комплексу можна вважати незадовільними. Тому необхідно провести енергозбережні заходи щодо забезпечення зменшення споживання у будівлі теплової енергії.

1.5 Опис методів та приладів вимірювання

Під час проведення енергоаудиту будівлі спортивного комплексу було використано наступні вимірювальні прилади: пірометр, термоанемометр та цифровий лазерний вимірювач довжини.

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення температури повітря та вологості у приміщеннях спортивного комплексу використовували термоанемометр Testo 604-H1 (рис. 1.3). Його технічні характеристики наведені у таблиці 1.2.



Рисунок 1.3 – Термоанемометр Testo 604-H1

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики термоанемометра Testo 604-H1

Діпазон вимірювань	Від -20 до +70 °С
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16мм
- біля чутливого елемента	12мм

Цей прилад має точність та стабільність свідчень завдяки застосуванню унікального датчика вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою та відкривається лише під час проведення безпосереднього процесу вимірювання. Дисплей приладу розміщений на поворотній голівці та завжди добре помітний. У приладі також передбачена функція автоматичного відключення через 1 хвилину його роботи.

Для вимірювання температури у приміщенні спортивного комплексу під час проведення дослідження використовували пірометр (рис. 1.4). Його технічні

характеристики наведені у таблиці 1.3. Температура поверхонь стін та ділянок трубопроводу на входу до конвектору та на виході з нього вимірювали під час проведення досліджень за допомогою лазерного пірометра MiniTemp MT2 фірми Raytek із максимальною похибкою $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Діапазон вимірювання від -30 до $+260^{\circ}\text{C}$ [3]



Рисунок 1.4 – Пірометра MiniTemp MT2

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики лазерного пірометра MiniTemp

Параметр	Значення
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Точковий цілевказівник
Збереження інформації на дисплеї	7 сек
Підсвічування екрану	Автоматичне
Оптичне розрішення D:S	1:6
Допустима відстань	До 100 см
Діапазон вимірювань	Від -18°C до $+275^{\circ}\text{C}$
Точність, %	± 2
Час спрацювання, мсек	500
Робоча температура, $^{\circ}\text{C}$	0...50
Живлення	9В (батарея або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

1.6 Аналіз результатів вимірювання

Результати вимірювання цифровим лазерним вимірювачем довжини наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Геометричні розміри корпусу

Назва об'єкта	Кількість штук/тип	Параметри		
		Висота, м	Ширина, м	Товщина, м
Головні двері	2/П	1,85	1,15	0,003
Запасні двері (ліва сторона спорткомплексу)	1/М	2,1	1,2	0,03
Запасні двері (ззаду приміщення)	2/М	2,25	1,75	0,003
Вікна з пластикового профілю (головні)	14/П	2,15	5,35	0,004
Вікна наддверні	2/П	2,05	1,25	0,004

Примітка: М – вікна(двері) з металевого профілю; П – пластикові вікна (двері).

Геометричні розміри приміщень спортивного комплексу СумДУ наведені у додатку А.

Результати вимірювань темоанемометром наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Вимірювання температури та вологості в приміщеннях

Назва приміщення	Температура усереднені приміщення, °С	Нормативне значення температури, °С		Вологість, %	Нормативне значення відносної вологості, %	
		Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима
Атлетичний зал	20	17-19	15-21	36,2	45-30	60
Фітнес зал	20	17-19	15-21	39,5	45-30	60
Тенісний зал	19,5	17-19	15-21	48	45-30	60
Хол	18	16-18	14-20	45,6	45-30	60
Роздягальня №3	21	19-21	18-22	33,2	45-30	60
Роздягальня №5	21	19-21	18-22	37,2	45-30	60
Викладацька	20	19-21	18-22	39,5	45-30	60
Душова кімната	20	20-23	18-26	49,2	60-30	65
Сходова клітка між	19,5	16-18	14-20	34,2	45-30	60

Результати вимірювань температури та відносної вологості у приміщеннях спортивного комплексу СумДУ свідчать, що температура приміщень знаходиться у допустимих межах оптимальної температури для відповідних категорій приміщень згідно [4].

									Арк. 18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖИВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

2.1.1 Вивчення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будівель та споруд та внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, є обов'язковим виконання наступної умови [7]:

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

де $R_{\Sigma \text{пр}}$ - приведений опір теплопередачі непрозорої або світлопрозорої огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q \text{ min}}$ - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, м²·К/Вт. Встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку.

Розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції визначають за формулою [7]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} , \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} , \quad (2.2)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції Вт/(м²·К);

						Арк. 19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

λ_{ip} - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К);

δ_i - товщина i -го шару огорожувальної конструкції, м;

n - кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i - термічний опір i -го шару конструкції, м²·К/Вт.

Розрахункові умови експлуатації під час розрахунків опору теплопередачі огорожувальних конструкцій приймають залежно від розрахункового вологісного режиму експлуатації приміщення та конструктивного рішення огороження будівлі.

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{n2} , (м²·°С)/Вт визначають за формулами [7]:

$$\text{I зона - } R_{n2}^I = R_0^I + \sum R_n ;$$

$$\text{II зона - } R_{n2}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n ;$$

$$\text{III зона - } R_{n2}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (2.3)$$

$$\text{IV зона - } R_{n2}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n ;$$

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

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

Величину $\sum R_n$ розраховують за рівнянням [7]:

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.4)$$

де: n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го прошарку, м;

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

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок опору теплопередачі неутеплених огорожувальних конструкцій проводимо на прикладі зовнішніх стін, значення опору теплопередачі інших конструктивних елементів будівлі наведені в таблиці 3.1. Стіни будівлі зроблені із повнотілої цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині, ззовні та із середині вкриті шаром штукатурки (цементно-піщаний розчин).

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,012}{0,81} + \frac{0,36}{0,81} + \frac{0,005}{0,81} \right) + \frac{1}{23} = 0,624 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

де $a_8 = 8,7$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни, Вт/(м²·К) [2];

$a_3 = 23$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої стіни, Вт/(м²·К) [2];

$\lambda_{ц.п.р.} = 0,81$ - теплопровідність цементно-піщаного розчину для нормального вологісного режиму приміщень, Вт/(м·К) [2];

$\delta_{ц.п.р.} = 0,012$ - товщина плитки, м;

$\lambda_{цегли} = 0,81$ - теплопровідність цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині для нормального вологісного режиму приміщень, Вт/(м·К) [2];

$\delta_{цегли} = 0,36$ - товщина шару цегли, м.

$\delta_{ц.п.р.} = 0,005$ - товщина шару штукатурки (цементно-піщаного розчину), м.

Приведений опір теплопередачі значно менший за мінімально-допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін для I температурної зони, що становить $R_{q min} = 3.3 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ [2].

Отже, $R_{\Sigma пр} = 0,624 m^2 \cdot K/Вт < R_{q min} = 3.3 m^2 \cdot K/Вт$ – це свідчить про те, що неутеплені стіни будівлі необхідно утеплювати.

Термічний опір підлоги будівлі розраховуємо формулою (2.2):

$$\sum R_{n2} = \frac{0,21}{1,91} + \frac{0,12}{0,18} + \frac{0,05}{0,65} = 0,78 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$\text{I зона - } R_{nz}^I = 2,1 + 0,81 = 2,91 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\text{II зона - } R_{nz}^{II} = 4,25 + 0,81 = 5,06 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\text{III зона - } R_{nz}^{III} = 8,45 + 0,81 = 9,26 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\text{IV зона - } R_{nz}^{IV} = 14,35 + 0,81 = 15,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктив-ного елементу	Матеріал шару	Товщи-на шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma np}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \min}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Зовнішні стіни	Розчин цементно-піщаний	0,012	0,81	0,624	3,3
		Цегла глиняна повнотіла	0,36	0,81		
		Розчин цементно-піщаний	0,005	0,81		
2	Вікна	Пластикові з двокамерним склопакетом	-	-	0,51	0,75
3	Двері	Металеві	0,003	58	0,16	0,5
		Пластикові з двокамерним склопакетом	-	-	0,6	0,5
4	Стеля	Руберойд	0,004	0,17	0,42	5,35
		Залізобетонна плита	0,23	2,04		
		Керамзит	0,015	0,12		
5	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	I=2,91 II=5,06 III=9,26 IV=15,16	3,5
		Керамзитовий гравій	0,1	0,17		
		Цементно-піщана стяжка	0,06	0,7		

2.1.2 Визначення видів тепловтрат будівлі

Даний розрахунок необхідний для визначення обсягів втрат теплової енергії, щоб встановити потенціал економії витрат на споживання енергоносіїв у будівлі спортивного комплексу після впровадження рекомендованих енергозберігаючих заходів.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, підлогу, горище, вхідні двері) розраховуємо за формулою [7]:

$$Q_0 = \frac{F_{np}}{R_0} \cdot (t_b - t_3) \cdot n, \quad (2.5)$$

де F_{np} - розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції (за результатами проведених вимірювань), м;

R_0 - розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

t_b, t_3 - відповідно температури всередині приміщень та зовнішнього повітря, $^{\circ}C$;

n - коефіцієнт, що приймається залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

Основні тепловтрати крізь підлоги Q_{ndl} розраховуються як [7]:

$$Q_{ndl} = \left(\frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_b - t_{zp}), \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель зумовлені наявністю неврахованих факторів, що збільшують величини основних тепловтрат на деяку частку від їх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, визначені орієнтацією будівлі, розраховують за формулою [7]:

$$Q_{op}^d = Q_{стiни} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де $Q_{стiни}$ - тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщення, Вт;

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

β_{op} - коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни відносно сторін горизонту.

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення розраховують для тих приміщень у яких висота стелі перевищує 4 м.

$$Q_B^{\partial} = 0,02 \cdot (Q_{ст} \cdot 0,5) \quad (2.8)$$

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

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами [7]

$$Q_{ндл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (2.9)$$

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через вікна для кожного приміщення розраховують за формулою [7]:

$$Q_{інф}^{вікон} = 0,28 \cdot F_{\sum вікон} \cdot G_H \cdot c \cdot (t_в - t_з), \quad (2.10)$$

де: c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;

$t_в$ $t_з$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення та зовнішнього повітря, ° С;

G_H - нормативна повітропроникність кг/(м²·год);

$F_{\sum вікон}$ - площа вікон для даного приміщення, м.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей [7]:

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (2.11)$$

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $Q_{з,д}$ - втрати теплоти через зовнішні двері, Вт;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи [7]:

$$Q_{з,д}^{инф} = 0,28 \cdot G_{з,д} \cdot c \cdot (t_в - t_з), \quad (2.12)$$

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

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

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

Тепловтрати через зовнішні стіни розраховуємо для кожного поверху будівлі окремо. Нижче наведено розрахунок тепловтрат через зовнішні стіни будівлі на прикладі 1-го поверху. Результати розрахунків за іншими поверхами наведені у таблиці 3.2.

Середню температуру всередині приміщень визначаємо за даними проведеного раніше інструментального обстеження: $t_{в,сеп.} = 20^\circ\text{C}$.

За температуру зовнішнього повітря приймаємо мінімальну розрахункову температуру для I температурної зони: $t_з = -22^\circ\text{C}$. [2].

Визначаємо площу зовнішніх стін:

$$F_{стін} = 2 \cdot 50,35 \cdot 7,1 + 2 \cdot 24,45 \cdot 7,1 - 2 \cdot 1,75 \cdot 1,2 - 2,25 \cdot 1,25 - 2 \cdot 2,15 \cdot 1,7 - 14 \cdot 2,15 \cdot 5,4 - 2 \cdot 2,15 \cdot 5,4 - 7 \cdot 4,35 \cdot 3,25 - 19 \cdot 1,45 \cdot 1,5 = 725,64 \text{ м}^2.$$

За формулою (2.5) визначаємо тепловтрати через неутеплені стіни:

$$Q_{стіни} = \frac{725,64}{0,624} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 48841,2 \text{ Вт}.$$

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловтрати через підлогу розраховуємо за формулою (2.6):

$$Q_{\text{ndl}} = \left(\frac{295,1}{2,99} + \frac{249,8}{5,09} + \frac{220,4}{9,39} + \frac{478,7}{14,99} \right) \cdot (20 - 6) = 2834,2 \text{ Вт}$$

$$\text{де } F_1 = 50,35 \cdot 24,45 - 46,45 \cdot 20,15 = 295,1 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 46,45 \cdot 20,45 - 42,45 \cdot 16,45 = 249,8 \text{ м}^2$$

$$F_3 = 42,45 \cdot 16,45 - 38,45 \cdot 12,45 = 220,4 \text{ м}^2$$

$$F_4 = 38,45 \cdot 12,45 = 478,7 \text{ м}^2$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, визначені орієнтацією будівлі, розраховуються за формулою (2.7):

$$Q_{\text{оп}}^{\text{д}} = 48841,2 \cdot 0,13 = 6349,4 \text{ Вт},$$

де $\beta_{\text{оп}} = 0,13$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни відносно сторін світу (при двох та більше зовнішніх стін у приміщенні).

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення розраховують за формулою (2.8):

$$Q_{\text{в}}^{\text{д}} = 0,02 \cdot (48841,2 \cdot 0,5) = 488,4 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами розраховують за формулою (2.9):

$$Q_{\text{ndl}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 2834,2 = 141,7 \text{ Вт}$$

Визначаємо сумарні тепловтрати через зовнішні стіни:

$$\sum Q_{\text{стін}} = 48841,2 + 6349,4 + 488,4 = 55679 \text{ Вт}.$$

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни, підлогу та стелю.

Назва	$F, м^2$	$Q_0, Вт$	$Q_{op}, Вт$	$Q_B^0, Вт$	$\sum Q, Вт$
Зовнішні стіни	732,81	49323,8	6412,1	493,2	55679
Підлога	1234,8	2795,7	139,8	-	2834,2
Стеля	1234,8	108780	-	-	112315
Всього	3202,41	160899,5	6551,9	493,2	170828,2

Тепловтрати через вікна

Тепловтрати через вікна розраховуємо для кожного поверху окремо. Нижче приведено розрахунок тепловтрат через вікна будівлі на прикладі 1-го поверху. Результати розрахунків за іншими поверхами наведені у таблиці 2.3.

Визначаємо площу пластикових вікон:

$$F_{\text{вікон}} = 14 \cdot 2,15 \cdot 5,45 + 2 \cdot 2,15 \cdot 1,25 = 169,4 м^2.$$

За формулою (2.5) визначаємо тепловтрати через пластикові вікна:

$$Q_{\text{вікон}} = \frac{169,4}{0,51} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 14614,9 Вт.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через вікна розраховуються за формулою (3.9):

$$Q_{\text{інф}}^{\text{вікон}} = 0,28 \cdot 42,65 \cdot 6 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) = 3028,2 Вт,$$

де $G_{\text{н.вкн.}} = 6$ - нормативна повітропроникність через вікна кг/(м²·год) [5].

Визначаємо сумарні тепловтрати через вікна:

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum Q_{\text{вікон}} = 14614,9 + 3028,2 = 17643,1 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через вхідні двері

В спортивному комплексі є 1 вхідні двері і запасні двері. Приклад розрахунку тепловтрат проводимо на запасних дверях. Результати всіх розрахунків наведені в таблиці 2.3.

Визначаємо площу дверей:

$$F_{\text{дверей}} = 2,05 \cdot 1,25 = 2,55 \text{ м}^2.$$

Тепловтрати через запасні двері визначаємо за формулою (2.5):

$$Q_{\text{одверей}} = \frac{2,55}{0,44} \cdot (20,0 - (-22)) \cdot 1 = 242,6 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи:

$$Q_{\text{з.д.}}^{\text{інф}} = 0,275 \cdot 6 \cdot 1,005 \cdot (20,0 - (-22)) = 69,4 \text{ Вт.}$$

Визначаємо сумарні тепловтрати через запасні двері:

$$\sum Q_{\text{дверей}} = 242,6 + 69,4 = 312 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку тепловтрат через вхідні двері.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва приміщення	$t_e,$ $^{\circ}C$	$F_{дверей},$ $м^2$	$Q_{одверей},$ $Вт.$	$Q_{дверей}^{\circ},$ $Вт$	$Q_{дверей}^{інф},$ $Вт$	$\sum Q_{дверей},$ $Вт$
Головні двері	19,5	4,31	351,6	1395,4	70,9	1786,2
Запасний вихід	21,5	2,73	239,8	-	70,9	312

2.1.3 Визначення видів теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей [7]:

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (2.13)$$

де: q_l – явні теплонадходження від людей, Вт [6];

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від джерел освітлення [7]:

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_z, \quad (2.14)$$

де: N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

k_z – коефіцієнт завантаження освітлення (за умовою завдання);

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації [7]:

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{оп}, \quad (2.15)$$

де: q_c, q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_{O.II}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу (за умовами завдання $k_{O.II}=0,6$).

Сумарні теплонадходження [7]:

$$\sum Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \quad (2.16)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі [7]:

$$\Delta Q = \sum Q_{втр} - \sum Q_{тн}, \quad (2.17)$$

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

$\sum Q_{тн}$ - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Розрахунок теплонадходжень

Результати всіх теплонадходжень наведені в табл. 3.5.

Теплонадходження від людей визначаємо за формулою (3.12):

$$Q_{л} = 250 \cdot 70 = 17500 \text{Вт}.$$

Теплонадходження від джерел освітлення визначаємо за формулою (3.13):

$$Q_{осв} = (115 \cdot 20 + 50 \cdot 35) \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 648 \text{Вт},$$

– лампи розжарювання:

$$Q_{осв} = 60 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 0,4 = 274 \text{Вт}.$$

Теплонадходження від сонячної радіації визначаємо за формулою (3.14):

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{рад} = (250 \cdot 128,7 + 100 \cdot 180,3) \cdot 0,5 = 25102,5 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку теплонадходжень

Теплонадходження	$Q_{л}, \text{Вт}$	$Q_{осв}, \text{Вт}$	$Q_{рад}, \text{Вт}$	$\sum Q_{тн}, \text{Вт}$
Результати	17500	922	25102,5	43524,5

Сумарні теплонадходження визначаємо за формулою (3.15):

$$\sum Q_{тн} = 17500 + 648 + 274 + 25102,5 = 43524,5 \text{ Вт.}$$

Визначаємо сумарні втрати по всій будівлі:

$$\sum Q_{втр} = 171286,3 + 55937,2 + 4214,8 = 231438 \text{ Вт.}$$

Визначаємо теплову потужність всієї будівлі за формулою (3.16):

$$\Delta Q = 231438 - 43524,5 = 187913,5 \text{ Вт.}$$

3.2 Аналіз теплового балансу будівлі

Аналіз теплового балансу спортивного комплексу показаний на рисунку 3.1.

Аналіз теплового балансу

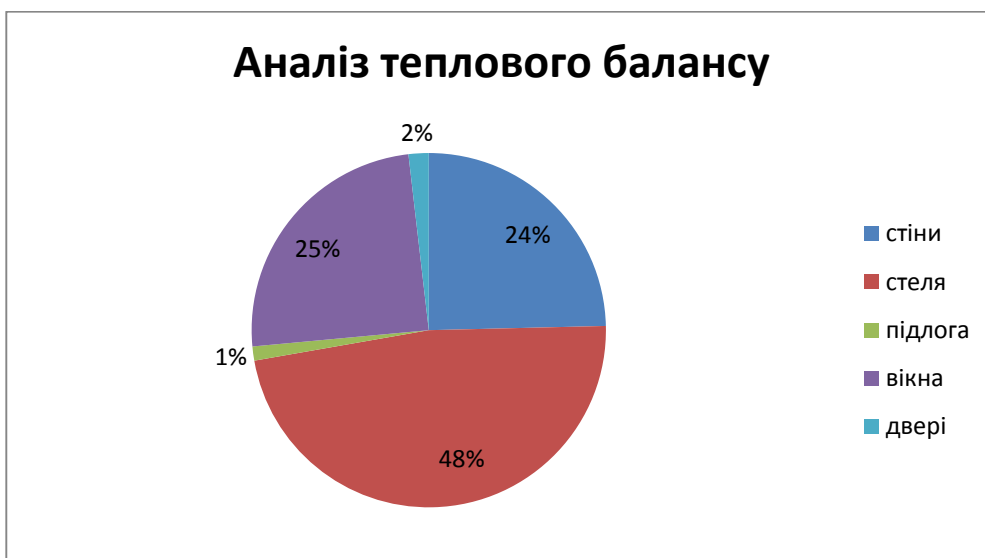


Рисунок 3.1 – Аналіз теплового балансу будівлі

Аналіз теплового балансу будівлі свідчить, що теплові втрати становлять: через стелю - 48%; через стіни – 24%; через вікна – 25%; через підлогу – 1%; через двері – 2%. Зниження до мінімуму тепловтрат через неутеплені стіни будівлі дозволить на 30% зменшити витрати теплоти на опалення і, відповідно, на стільки ж знизити викиди в атмосферу продуктів згоряння, що дуже важливо в нинішній непростій екологічній ситуації. Тому необхідно утеплити стелю та стіни будівлі спортивного комплексу.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Енергозберіжні заходи класифікують на [7]:

- безвитратні та маловитратні, які здійснюють самостійно під час проведення поточної діяльності;
- середньовитратні, які здійснюють зазвичай за рахунок власних коштів;
- багатовитратні, які здійснюють зазвичай із залученням сторонніх інвестицій.

Сумський державний університет є бюджетною організацією, тому сумарні витрати на запропоновані енергозберігаючі заходи мають бути якомога меншими.

Для зменшення величини теплових втрат через зовнішні огорожуючі конструкції будівлі спортивного комплексу СумДУ необхідно провести наступні енергозберігаючі заходи:

- 1) утеплення стін;
- 2) утеплення стелі.

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

3.2.1 Утеплення стін

Аналіз балансу теплової енергії будівлі спортивного комплексу свідчить, що значна частина витрат тепла припадає на витрати через неутеплені огорожуючі конструкції будівлі. Оскільки стіни становлять переважну площу огорожуючих конструкцій, то саме через них проходить найбільша частина теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін будівлі спеціальними матеріалами здатне значно зменшити витрати теплової енергії загалом по будівлі, та відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Для утеплення стін будівлі спортивного комплексу запропоновано використати плити пінополістирольні.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою [7]:

$$\delta_{\text{ут}} = (R_0^{\text{необ}} - R_0) \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (3.1)$$

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу.

$$\delta_{\text{ут}} = (3,3 - 0,624) \cdot 0,045 = 0,12 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 12 см.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі [7]:

$$Q_{\text{ог.к.}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{ог.к.}}}{R_0^{\text{необ}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) n, \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{ог.к.}}^{\text{із}} = \frac{735,64}{3,3} (20 - (-22)) 1 = 9808,5 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через неутеплені стіни та утеплені знайдемо за формулою:

$$\Delta Q_{\text{ог.к.}} = Q_{\text{ог.к.}} - Q_{\text{ог.к.}}^{\text{із}} \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{ог.к.}}^{\text{ст}} = 57186,8 - 9808,5 = 47378,3 \text{ Вт.}$$

Економія тепловтрат крізь стіни за опалювальний період:

$$Q_{\text{ог.к.2}}^{\text{рік}} = 46,85 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-22))} \cdot 24 \cdot 185 = 105988 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 91,1 \text{ Гкал}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу:

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E = 91,1 \cdot 2192,14 / 1000 = 199,7 \text{ тис.грн / рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити пінополістирольної товщиною 100 мм складає 150 грн [10]. Вартість робіт по встановленню плит складає 500 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі [7]:

$$C_{\text{впров}} = F_{\text{ог.к.}} \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}), \quad (3.4)$$

де $C_{\text{тов}}$ – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{\text{робіт}}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$C_{\text{впров}} = 732,8 \cdot (150 + 500) = 476320 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності [7]:

$$T = \frac{C_{\text{впров}}}{\Delta E}; \quad (3.5)$$

$$T = \frac{476,32}{199,7} = 2,4 \text{ років.}$$

3.2.3 Утеплення стелі

За результатами розрахунків із визначення втрат тепла можна зробити висновок, що найбільше теплової енергії втрачається через стелю. Тому пропонується провести її утеплення плити з мінеральної вати фірми «URSA».

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою (3.1):

$$\delta_{\text{ут}} = (5,35 - 0,974) \cdot 0,055 = 0,15\text{м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 15 см.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо втрати через стелю після ізоляції по формулі (3.2):

$$Q_{ог.к.}^{із} = \frac{1378,2}{5,35} (20 - (-22)) = 11334,7 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через неутеплену стелю і утеплену знайдемо по формулі (3.3):

$$\Delta Q_{ог.к.}^{стеля} = 112569,2 - 11334,7 = 101234,5 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стелю за опалювальний період:

$$Q_{стели}^{рік} = 101,2 \cdot \frac{(20 - (-2,5))}{(20 - (-22))} \cdot 24 \cdot 185 = 243313,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 209,2 \text{ Гкал} / \text{рік.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу визначаємо за формулою (4.4):

$$\Delta E = 209,2 \cdot 2192,14 / 1000 = 458,6 \text{ тис. грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити мінеральної вати фірми «URSA» товщиною 50 мм складає 350 грн [11]. Вартість робіт по встановленню плит складає 500 грн/м². Вартість впровадження заходу визначимо по формулі (3.4):

$$C_{впров} = 1234,8 \cdot (350 + 500) = 1049580 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності по формулі (3.5):

$$T = \frac{1049,58}{458,6} = 2,3 \text{ років.}$$

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

З метою повноцінного виконання енергетичного обстеження системи теплопостачання спорткомплексу СумДУ, в наданій роботі проведено складання енергетичного паспорта зазначеної будівлі.

Розроблення та складання Енергетичного паспорта здійснюється згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2008 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції».

Енергетичний паспорт наведений у додатку Б.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ДОДАТОК

Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму

Рівень травматизму працівників на виробництві досить тісно пов'язаний з різноманітними технологічними процесами на виробництві, промисловим та іншим обладнанням, а також із безпосередньою організацією промислового та іншого типу виробництва та ергономічною організацією робочого місця працівника на виробництві. У процесі виконання технологічних операцій на організм працівника діють як засоби, так і предмети праці, а отже – можемо вести мову про вплив цілого комплексу організаційних і технічних чинників. Крім того існують також ще й чинники особистого характеру, які спричиняє ступінь дотримання технологічної та трудової дисципліни працівником на промисловому або іншого типу виробництві. Таким чином для проведення досліджень щодо причин виникнення виробничого травматизму створено їхню класифікацію. Найбільш часто нещасні випадки на промисловому або іншого типу виробництві відбуваються із організаційних, психофізіологічних та технічних причин. Крім того вони також трапляються ще й через вплив техногенних, природних, екологічних й соціальних причин.

Технічні причини виникнення нещасних випадків на виробництві:

- конструктивні недоліки промислового обладнання, його конструктивна недосконалість, недостатня надійність різноманітних засобів промислового або іншого типу виробництва;
- конструктивні недоліки промислових транспортних засобів, їх конструктивна недосконалість, недостатня надійність застосовуваних на промисловому виробництві різноманітних транспортних засобів;
- неякісне або недбале розроблення чи взагалі відсутність будь-якої проектної документації на будівництво об'єкту, реконструкцію промислових виробничих об'єктів, промислових або іншого типу будівель, споруд,

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різноманітних інженерних комунікацій, промислового або іншого типу обладнання, устаткування тощо;

– неякісне та недбале виконання робіт під час будівництва промислового об'єкту;

– недосконалість застосовуваного на промисловому виробництві технологічного процесу, його невідповідність щодо вимог безпеки та охорони праці на промисловому або іншого типу виробництві;

– незадовільний та небезпечний технічний стан наступних об'єктів: виробничих об'єктів, промислових або іншого типу будівель, різноманітних споруд, інженерних комунікацій різного призначення, території промислового об'єкту, засобів промислового виробництва, транспортних засобів різного типу та призначення;

– незадовільний та небезпечний стан виробничого середовища на промисловому або іншого типу об'єкті (перевищення понад гранично допустимий рівень небезпечних або шкідливих виробничих та іншого типу різноманітних факторів);

– інші.

Організаційні причини виникнення нещасних випадків на промисловому або іншого типу виробництві:

– незадовільне або неправильне функціонування, недосконалість або взагалі повна чи часткова відсутність запровадженої системи щодо управління охороною праці на промисловому або іншого типу виробництві;

– недоліки допущені під час проведення навчання безпечним прийомам та способам праці на промисловому або іншого типу виробництві, зокрема повна чи часткова відсутність навчання або неякісне та недбале проведення відповідного інструктажу;

– допуск працівників (робітників) до проведення роботи без відповідного навчання та обов'язкової перевірки знань працівників з охорони праці на промисловому або іншого типу виробництві;

– неякісне чи недбале розроблення, недосконалість впроваджених на виробництві інструкцій з охорони праці або їх повна чи часткова відсутність;

							Арк.
							39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- відсутність у прийнятих посадових інструкціях відповідних працівників визначення їхніх функціональних обов'язків з питань охорони праці на промисловому або іншого типу виробництві;
- систематичне порушення режиму праці на виробництві та відпочинку працівників (робітників);
- повна відсутність або неякісне чи недбале проведення обов'язкового медичного обстеження працівників виробничого або іншого типу підприємства (професійного відбору);
- невикористання працівниками (робітниками) засобів щодо індивідуального захисту працівників (робітників) через відсутність забезпеченості ними (часткової або повної);
- виконання працівниками (робітниками) робіт з відключеними або несправними засобами колективного захисту робітників (працівників), відповідними системами сигналізації, вентиляції, освітлення на робочих місцях у приміщеннях тощо;
- залучення до виконання роботи працівників (робітників) на виробництві не за їхньою робочою спеціальністю (професією);
- систематичне порушення вимог технологічного процесу на виробництві;
- систематичне порушення на виробництві вимог щодо безпеки праці під час виконання експлуатації промислового обладнання, устаткування, машин, механізмів на промисловому або іншого типу виробництві;
- систематичне порушення на виробництві вимог щодо безпеки працівників під час експлуатації на виробництві транспортних засобів різного типу та призначення;
- систематичне порушення щодо правил безпеки руху транспортних засобів (польотів літальних апаратів);
- незастосування необхідних засобів індивідуального захисту працівників на промисловому або іншого типу виробництві (за умови їх наявності);
- незастосування необхідних засобів щодо колективного захисту працівників на виробництві (за умови їх наявності);

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– систематичне або часткове порушення на виробництві трудової та виробничої дисципліни на виробництві, невиконання працівниками їхніх безпосередніх посадових обов'язків;

– систематичне або часткове невиконання на виробництві вимог інструкцій з охорони праці на виробництві;

– інші.

Психофізіологічні причини виникнення нещасних випадків на виробництві:

– алкогольне, наркотичне або токсикологічне отруєння працівників (робітників, персоналу) на виробництві;

– алкогольне, наркотичне, токсикологічне сп'яніння працівників (робітників, персоналу) на виробництві;

– низька нервово-психічна стійкість працівників (робітників, персоналу) на промисловому або іншого типу виробництві;

– незадовільні фізичні дані або стан здоров'я працівників (робітників, персоналу) на промисловому або іншого типу виробництві;

– незадовільний психологічний клімат у колективі працівників (робітників, персоналу) на промисловому або іншого типу виробництві;

– травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб, працівників (робітників, персоналу) на промисловому або іншого типу виробництві;

– особиста необережність потерпілих працівників (робітників, персоналу) на промисловому або іншого типу виробництві;

– інші причини.

Для проведення аналізу виробничого травматизму робітників (працівників) на виробництві та їхньої професійної захворюваності зазвичай застосовують наступні методи:

1. Статистичний метод аналізу виробничого травматизму – це метод, який базується на вивченні залежності кількості нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань працівників (робітників) даного типу виробництва від дії впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на конкретному типі

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва на основі відповідних складених актів розслідування конкретних нещасних випадків.

2. Технічний метод аналізу виробничого травматизму – це метод, що дозволяє визначити надійність роботи промислових машин, робочих механізмів, які тісно пов'язані з причинами виникнення аварій та травм робітників (працівників) на промисловому або іншого типу виробництві.

3. Монографічний метод аналізу виробничого травматизму – це метод, що полягає головним чином у детальному та ретельному дослідженні застосовуваного на виробництві виробничого устаткування, прийнятих промислових технологічних процесів, виробничого середовища на виробництві, психологічного клімату у робочому колективі, обставин, виникнення причин нещасних випадків серед працівників (робітників) на виробництві та їхніх професійних захворювань з метою виявлення у працівників (робітників) небезпечних та шкідливих для здоров'я людини та її життя виробничих факторів на промисловому або іншого типу виробництві, що стали причинами виникнення різного виду, типу та складності травм та різноманітних професійних захворювань робітників (працівників) на промисловому або іншого типу виробництві.

4. Системний метод аналізу виробничого травматизму – це метод, який заснований на принципі урахування цілісності різноманітних явищ у їхньому розвитку та їхньому взаємозв'язку.

5. Економічний метод аналізу виробничого травматизму – це метод оцінювання витрат грошових коштів на профілактику та втрат грошових коштів у зв'язку із виникненням на виробництві аварій, нещасних випадків, професійних захворювань працівників (робітників) на промисловому або іншого типу виробництві.

До показників, що характеризують стан виробничого травматизму на промисловому або іншого типу виробництві належать:

1. коефіцієнт частоти виникнення випадків виробничого травматизму на підприємстві, що являє собою співвідношення загальної кількості нещасних випадків на виробництві за відповідний календарний період на 1 000 середньоспискових працівників (робітників) підприємства;

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. коефіцієнт тяжкості випадків виробничого травматизму працівників на підприємстві – співвідношення кількості днів непрацездатності у потерпілих від виробничого травматизму працівників (робітників) до кількості нещасних випадків на виробництві;

3. показник інтегрованої оцінки рівня виробничого травматизму працівників (робітників) на промисловому або іншого типу підприємстві – добуток коефіцієнтів їх частоти та тяжкості.

									Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи було проведено інструментальне обстеження будівлі спортивного комплексу СумДУ та розрахунковим методом було отримано значення теплової потужності будівлі до впровадження енергозберігаючих заходів та після їх впровадження із подальшим розрахунком економічної ефективності.

На першому етапі енергетичного аудиту було проведено збирання інформації про досліджуваний об'єкт, а саме: вимірювання температури та вологості приміщень об'єкту за допомогою пірометра та термоанемометра, вимірювання розмірів вікон та дверей за допомогою вимірювальної рулетки, збирання даних про теплоспоживання та плану будівлі спортивного комплексу.

У першому розділі роботи наведена коротка характеристика про досліджуваний об'єкт, дійсний стан будівлі та режим теплоспоживання, а також обсяги теплоспоживання за 2020-2022 роки. Було виконано аналіз графіків теплоспоживання спортивного комплексу СумДУ. Надано короткий опис вимірювальних приладів, за допомогою яких проводився енергетичний аудит.

У другому розділі виконано розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій, через які втрачається найбільше теплової енергії (стіни, стелю, вікна та двері). Було встановлено, що найбільша кількість тепловтрат відбувається через стелю. Тому одним із можливих енергозберігаючих заходів, які було запропоновані у роботі є утеплення стелі будівлі.

Також розглянуте питання з охорони праці на тему: «Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму».

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація. – Рівне: видавець О.Зень, 2011. 48-с.
2. ДБН В.2.6-31-2006«Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель».
3. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Контроль та вимірювання параметрів рідин і газів»/Укладачі: С.С.Антоненко, Е.В.Колісніченко – Суми: вид-во СумДУ, 2009. -199с.
4. ГОСТ 30494-96 «Здание жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
5. СНиП II-3-79* Строительная теплотехника.
6. <http://www.mkc-ltd.ru/index.asp?id=1572>
7. Енергетичний аудит: опорний конспект лекцій/ укладач С.В.Сапожніков. – Суми: Сумський державний університет, 2011. -120с.
8. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика».
9. <http://www.korsa.ua/ru/prodykciya/profil/rehau-evro-dizain-60>
- 10.<http://sumy.prom.ua/p4069328-plita-penopolistirolnaya-penoboard.html>
- 11.http://rona.com.ua/ua/company/goods/build_materials/
- 12.Охорона праці : конспект лекцій для студентів економічної спеціальності заочної форми навчання. Ч.1 / А. Ф. Денисенко. — Суми : СумДУ, 2007. — 128 с.

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А1 – Геометричні розміри приміщень спортивного комплексу СумДУ

І поверх					
№п/п	Призначення приміщення	Розміри приміщень			Об'єм приміщення $V, м^3$
		Довжина а, м	Ширина b,м	Висота с,м	
1	Фойє корпусу	14,53	7,28	3,26	355,4
2	Передня фітнес-центру	6	3	3,26	60,48
3	Роздягальня	6	4,1	3,26	82,6
4	Фітнес зал	23,9	7,24	3,26	727,3
5	Кімната для спорт. інвентарю	2,5	7,25	3,26	60,9
6	Щитова	3,5	1,1	2,85	10,9
7	Роздягальня №8	3,5	2	2,85	19,9
8	Роздягальня №2	3,5	3,13	2,85	31,22
9	Роздягальня №3	3,5	5,33	2,85	53,17
10	Роздягальня №4	3,5	4,97	2,85	49,5
11	Роздягальня №1	5,27	5,48	2,85	82,3
12	Туалет жіночий	2,62	3,3	2,85	24,6
13	Душова жіноча	2,7	3,3	2,85	25,3
14	Туалет чоловічий	2,62	3,3	2,85	24,6
15	Душова чоловіча	2,7	3,3	2,85	25,3
16	Роздягальня №5	5,3	5,54	2,85	83,6
17	Роздягальня №6	12,1	2,55	2,85	87,6
18	Теплопункт	12	2,55	2,85	87
19	Тренерська (футзал)	13,9	2,55	2,85	101
20	Спортивний зал	41,62	17,22	7,1	5086

Продовження таблиці А1

II поверх					
21	Тенісний зал	41,62	7,28	3,3	1067
22	Викладацька №1	3,57	3,1	3,3	38,4
23	Викладацька №2	3,57	3,26	3,3	36,9
24	Приймальня	3,57	3,0	3,3	35,6
25	Кабінет заступника Завідуючого кафедрою Фізичного виховання	3,57	2,9	3,3	34,4
26	Кабінет завідуючого кафедрою фізичного виховання	3,57	4,92	3,3	58,2
27	Методичний кабінет	5,55	6,25	3,3	113,4
28	Кімната для спортивного інвентарю	5,55	3,92	3,3	70,7
29	Туалет чоловічий	5,55	1,73	3,3	31,3
30	Туалет жіночий	5,55	1,73	3,3	31,3
31	Викладацька №8	5,55	6,37	3,3	115

Додаток Б
ЕНЕРГОПАСПОРТ БУДІВЛІ

**Розрахунок теплотехнічних та енергетичних параметрів енергетичного
паспорта спортивного комплексу СумДУ**

1 Загальна інформація

Об'єкт – спортивний комплекс Сумського державного університету, що розташований за адресою: м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Будинок побудований за проектом 1977 р. Зовнішній вигляд фасаду будинку наведено на рисунку 1.

Будинок двоповерховий. Має прямокутну форму в плані, розмірами в осях 24,5 м x 50,4 м. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 7,1 м. У будинку передбачено три сходові клітки.

Розрахункова кількість людей, що одночасно знаходяться в будинку протягом 8-годинного робочого дня – 70 чол.



Рисунок Б.1 – Зовнішній вигляд фасаду будинку

2 Розрахункові параметри

Згідно з ДБН В.2.6-31 для адміністративних будинків розрахункова температура внутрішнього повітря $t_b=20\text{ }^\circ\text{C}$, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Суми - $t_3=-22\text{ }^\circ\text{C}$.

Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони - $D_d = 3700\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{днів}$.

Згідно з СНиП 2.01.01 тривалість опалювального періоду для м. Суми складає $z_{оп}=185$ днів, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{опз}=-2,5\text{ }^\circ\text{C}$.

3 Функціональне призначення, тип і конструктивні рішення будинку

Призначення будівлі – спортивний комплекс СумДУ.

Конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будинку:

- Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином.
- Стеля – залізобетонна, перекрита руберойдом.
- Перекриття даху виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити.
- Фундамент спортивного комплексу – залізобетонна плита та керамзитовий гравій на цементно-піщаній стяжці.
- Світлопрозорі конструкції (вікна) спортивного комплексу мають пластиковий профіль.
- Спортивний комплекс СумДУ має централізовану систему тепlopостачання, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система двотрубна з нижньою та з верхньою розводкою (комбінована) зі штучною циркуляцією теплоносія.

4 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.

Основні об'ємно-планувальні показники:

- Опалювальна площа будівлі – $F_h = 1961,8 \text{ м}^2$, 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 теплового горища, неопалювального технічного поверху, підвалу, сходових кліток та ліфтових шахт.

- Опалювальний об'єм будівлі – $V_h = 10492 \text{ м}^3$, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій.

- Загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій $F_{\text{нп}} = 732,81 \text{ м}^2$.

- Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{\text{спв}} = 308,93 \text{ м}^2$.

- Загальна площа перекриття даху – $F_{\text{пк}} = 1234,8 \text{ м}^2$.

- Загальна площа перекриття над опалюваним підвалом – $F_{\text{п2}} = 1190,6 \text{ м}^2$.

5 Теплотехнічні показники

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

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

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

c - питома теплоємність повітря, приймається рівною $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$n_{\text{об}}$ - 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 $n_{\text{об}}$, год⁻¹, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{L_V \cdot n_V}{168} \right) + \left(\frac{P_{інф} \cdot \eta \cdot n_{інф}}{168 \cdot \gamma_3} \right) \right]}{v_V \cdot V_h},$$

де L_V - кількість припливного повітря в будинок у разі природної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, м³/год і дорівнює для: будинків науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління - $4F_p$; де F_p - розрахункова площа громадських будинків, м², що визначається згідно з ДБН В.2.2-9;

n_V - кількість годин роботи механічної або природної вентиляції протягом тижня;

168 - кількість годин у тижні;

η - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях; приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку і становить $\eta = 0,7$.

$P_{інф}$ - кількість повітря, що інфільтрується в будинок через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається $P_{інф} = v_V \cdot V_h$;

$n_{інф}$ - кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год; для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 168; для будинків, у приміщеннях яких підтримується нагнітання повітря під час дії припиненої механічної вентиляції - $(168 - n_V)$;

V_h - внутрішній об'єм приміщення, м³.

v_V - коефіцієнт зниження об'єму повітря в будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій, приймається $v_V = 0,85$;

γ_3 - середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації, кг/м³, визначається за формулою

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0,5(t_B + t_{опз})]} = \frac{353}{[273 + 0,5(20 - 2,5)]} = 1,24 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$n_{об} = \frac{\left[\frac{4 \cdot 1961,8 \cdot 56}{168} + \frac{168 \cdot 0,85 \cdot 10492 \cdot 0,7}{168 \cdot 1,24} \right]}{0,85 \cdot 10492} = 0,86$$

Кратність повітрообміну становить $n_{об} = 0,86 \text{ год}^{-1}$;

$$k_{інф} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,85 \cdot 10492 \cdot 1,24 \cdot 0,7}{1961,8} = 0,94 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

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

$$k_{\Sigma пр} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{ст}}{R_{ст}} + \frac{F_{в,д}}{R_{в,д}} + \frac{F_{в,пл}}{R_{в,пл}} + \frac{F_{в,м}}{R_{в,м}} + \frac{F_{дв,пл}}{R_{дв,пл}} + \frac{F_{дв,д}}{R_{дв,д}} + \frac{F_{дв,м}}{R_{дв,м}} + \frac{F_{пл}}{R_{пл}} + \frac{F_{пII}}{R_{пII}} + \frac{F_{пIII}}{R_{пIII}} + \frac{F_{пIV}}{R_{пIV}} \right)}{F_{\Sigma}}$$

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 $\xi = 1,1$;

$F_{ст}, F_{в,д}, F_{в,пл}, F_{в,м}, F_{дв,пл}, F_{дв,д}, F_{дв,м}, F_{пл}, F_{пII}, F_{пIII}, F_{пIV}$ – площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон дерев'яних, ПВХ, металевих), зовнішніх входних дверей (пластикових, дерев'яних, металевих), підлоги (I, II, III, IV зон відповідно), м ;

$R_{ст}, R_{в,д}, R_{в,пл}, R_{в,м}, R_{дв,пл}, R_{дв,д}, R_{дв,м}, R_{пл}, R_{пII}, R_{пIII}, R_{пIV}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), (вікон дерев'яних, ПВХ, металевих), зовнішніх входних дверей (пластикових, дерев'яних, металевих), підлоги (I, II, III, IV зон відповідно), (м · К)/Вт.

F_{Σ} – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій, м².

$$k_{\Sigma \text{пр}} = 1,1 \cdot \frac{\left(\frac{732,81}{0,624} + \frac{1234,8}{0,42} + \frac{163,8}{0,51} + \frac{42,75}{0,2} + \frac{102,38}{0,174} + \frac{4,32}{0,51} + \frac{7,48}{0,16} + \frac{2,56}{0,31} + \frac{283,6}{2,99} + \frac{251,6}{5,09} + \frac{219,6}{9,39} + \frac{480}{14,99} \right)}{1961,8} = 3,08$$

5.3 Загальний коефіцієнт теплопередачі будинку, $K_{\text{буд}}$, Вт/(м²·К), визначається за формулою

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma \text{пр}} + k_{\text{інф}} = 0,94 + 3,08 = 4,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.4 Об'ємно-планувальні характеристики.

Коефіцієнт скління фасадів будинку визначається за формулою

$$m_{\text{ск}} = \frac{F_{\text{спв}}}{(F_{\text{нп}} + F_{\text{спв}})} = \frac{308,93}{(732,8 + 308,93)} = 0,29.$$

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

$$\Lambda_{\text{к. буд}} = \frac{F_{\Sigma}}{V_{\text{н}}} = \frac{1961,8}{10492} = 0,187 \text{ м}^{-1}.$$

6 Енергетичні показники

6.1 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, визначаються за 6.2;

$Q_{вн п}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год, визначається за 6.3;

Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, визначаються за 6.4;

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 $\beta_h = 1,11$.

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

$$Q_k = \chi_l \cdot K_{бюд} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 4,02 \cdot 3700 \cdot 1961,8 = 700315,5 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

6.3 Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду визначається за формулою:

$$Q_{вн п} = \chi_l \cdot q_{вн п} \cdot Z_{оп} \cdot F_{ip},$$

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

$q_{вн п}$ – 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 та людей, що займаються в спортзалі 70 Вт/чол, освітленням (за встановленою потужністю) 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 СНиП 2.01.01 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ - в інших випадках;

$F_{iр}$ – розрахункова площа будівлі, м^2 .

Тепловиділення протягом тижня:

- від людей, що знаходяться в будівлі

$$Q_1 = \frac{250 \cdot 70 \cdot 56}{168} = 5833,3 \text{ Вт};$$

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

$$Q_{2.p} = 60 \cdot 0,95 \cdot 12 \cdot \frac{56}{168} \cdot 0,5 = 114 \text{ Вт};$$

$$Q_{2.л.н} = 20 \cdot 0,4 \cdot 116 \cdot \frac{56}{168} \cdot 0,5 = 154,7 \text{ Вт};$$

$$Q_{2.л.с} = 35 \cdot 0,4 \cdot 50 \cdot \frac{56}{168} \cdot 0,5 = 116,7 \text{ Вт}.$$

$$q_{внп} = \frac{(Q_1 + Q_{2.p} + Q_{2.л.н} + Q_{2.л.с})}{F_{iр}} = \frac{5833,3 + 114 + 154,7 + 116,7}{1961,8} = 3,17 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже,

$$Q_{внп} = 0,024 \cdot 3,17 \cdot 185 \cdot 1961,8 = 11062,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

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

$$Q_S = \zeta_v \varepsilon_v (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3) + \zeta_{зл} \varepsilon_{зл} F_{спл} I_2,$$

де ζ_{ε} , $\zeta_{\varepsilon_{3l}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і зенітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймаються згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

$\varepsilon_{\varepsilon}$, $\varepsilon_{\varepsilon_{3l}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і зенітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

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

У даному випадку будинок має проміжну орієнтацію, тоді

$$F_{Пн} = 163,8 \text{ м}^2 ; F_C = 42,75 \text{ м}^2 ; , F_{Пд} = 102,38 \text{ м}^2 ;$$

$F_{\text{сн.л}}$ – площа світлових прорізів зенітних ліхтарів будинку, м^2 ;

$I_{Пн}$, 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, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, приймаємо згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; для умов міста Суми:

$$I_{Пн} = 156 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_C = 220 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_{Пд} = 341 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_3 = 224 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ;$$

I_e – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, приймається згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007.

Враховуючи, що на горищі відсутні світлові прорізи, то $F_{\text{сн.л}} = 0 \text{ м}^2$, а також відсутність світлових прорізів із західної сторони. Формула в даному випадку може бути перетворена:

$$Q_S = \zeta_{\varepsilon} \varepsilon_{\varepsilon} (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд}).$$

Отже,

$$Q_S = 0,8 \cdot 0,48 \cdot 156 \cdot 163,8 + 0,65 \cdot 0,6 \cdot 42,75 \cdot 220 + 0,8 \cdot 0,54 \cdot 102,38 \cdot 341 = 28562 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

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

$$Q_{рік} = [700315,5 - (11062,2 + 41362,7) \cdot 0,8 \cdot 0,9] \cdot 1,11 = 732455,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

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

$$q_{б\ddot{y}д} = \frac{Q_{рік}}{V_h} = \frac{732455,9}{10492} = 69,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

7 Визначення класу енергетичної ефективності будинку

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

$$\left[\frac{(q_{б\ddot{y}д} - E_{max})}{E_{max}} \right] \cdot 100\% ,$$

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 $E_{max} = 40$ кВт · год/м³.

Тоді

$$\left[\frac{(q_{б\ddot{y}д} - E_{max})}{E_{max}} \right] \cdot 100\% = \left[\frac{(69,8 - 40)}{40} \right] \cdot 100\% = 74,5\%$$

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

8 Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку

Для підвищення енергоефективності будинку та забезпечення існуючих нормативних вимог під час реконструкції та термомодернізації необхідно:

- утеплити неутеплені стінові огорожувальні конструкції, використовуючи плити пінополістирольні. Необхідна товщина теплоізолюючого шару повинна бути не менше ніж 0,1м.
- також необхідно утеплити стелю плитою з мінеральної вати. Необхідна товщина теплоізоляційного шару становить 0,15м.

Таблиця Б1 – Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	2013.05.25
Адреса будинку	м.Суми, вул. Римського Корсакова, 2
Розробник проекту	---
Адреса і телефон розробника	м.Суми
Шифр проекту будинку	---
Рік будівництва	1977 р.

Таблиця Б2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
1 Розрахункова температура внутрішнього повітря	t_B	$^{\circ}\text{C}$	20
2 Розрахункова температура зовнішнього повітря	t_3	$^{\circ}\text{C}$	-22
3 Розрахункова температура теплового горища	$t_{\text{вг}}$	$^{\circ}\text{C}$	---
4 Розрахункова температура техпідпілля	$t_{\text{ц}}$	$^{\circ}\text{C}$	---
5 Тривалість опалювального періоду	$z_{\text{оп}}$	доба	185
6 Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{\text{онз}}$	$^{\circ}\text{C}$	-2,5
7 Розрахункова кількість градусо-днів за опалювальний період	D_d	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{доба}$	3700
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
8 Призначення	Адміністративна будівля		
9 Розміщення в забудові	Спортивний зал		
10 Типовий проект, індивідуальний	2-поверховий будинок		
11 Конструктивне рішення	Залізобетонний каркас		

Таблиця Б3 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показник	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне значення показника
Геометричні показники				
12 Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$		1961,8	
У тому числі:				
- стін	$F_{\text{ст}}, \text{м}^2$	-	732,81	
- вікон і балконних дверей	$F_{\text{ств}}, \text{м}^2$	-	308,93	
- вітражів	$F_{\text{ствт}}, \text{м}^2$	-	-	
- ліхтарів	$F_{\text{стл}}, \text{м}^2$	-	-	
- вхідних дверей, воріт	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	-	14,36	
- покриття (суміщених)	$F_{\text{пк}}, \text{м}^2$	-	-	
- горищних перекриттів (холодних горищ)	$F_{\text{пкхк}}, \text{м}^2$	-	-	
- перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$F_{\text{пктк}}, \text{м}^2$	-	-	
- перекриттів над техпідпіллями	$F_{\text{ц1}}, \text{м}^2$	-	-	
- перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$F_{\text{ц2}}, \text{м}^2$	-	-	
- перекриттів над проїздами і під еркерами	$F_{\text{ц3}}, \text{м}^2$	-	-	
- підлоги по ґрунту	$F_{\text{ц}}, \text{м}^2$	-	1234,8	
13 Площа опалювальних приміщень	$F_h, \text{м}^2$		1961,8	
14 Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{\text{ік}}, \text{м}^2$		-	
15 Площа квартир житлового будинку	$F_{\text{іжк}}, \text{м}^2$		-	
16 Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{\text{ір}}, \text{м}^2$		-	
17 Опалювальний об'єм	$V_h, \text{м}^3$		10492	
18 Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{\text{ск}}$		0,29	
19 Показник компактності будинку	$\Lambda_{\text{кбд}}, \text{м}^{-1}$		0,187	

Теплотехнічні показники				
20 Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень:	$R_{\Sigma пр}, \text{м}^2 \cdot \text{к}/\text{Вт}$			
	• стін	$R_{\Sigma прнп}$	3,3	0,624
	• - вікон - ПВХ	$R_{\Sigma прспв}$	0,75	-
	• вітражів		-	-
	• ліхтарів		-	-
	• вхідних дверей, воріт - ПВХ	$R_{\Sigma прспвт}$	0,75	-
	- металевих	$R_{\Sigma прд}$	0,75	-
	• покриття (суміщених)		-	-
	• перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma пррк}$	5,35	-
	• перекриттів над техпідпіллями	$R_{\Sigma прртг}$	-	-
	• перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma пррц1}$	-	-
• підлоги по ґрунту				
- I зона	$R_{\Sigma пррц2}$	-	-	
- II зона			-	
- III зона	$R_{\Sigma пррп}$		-	
- IV зона			-	
				2,99
				5,08
				9,39
				14,99
Енергетичні показники				
21 Розрахункові питомі тепловтрати:	$q_{б\text{уд}}$ $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ $[\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3]$		-	[69,8]
22 Максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення будинку	E_{max} $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ $[\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3]$		-	[40]
23 Клас енергетичної ефективності			E	
24 Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів				
25 Відповідність проекту нормативним вимогам			Ні	
26 Необхідність доопрацювання проекту будинку			Так	

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку

Рекомендовано:

- утеплення неутеплених стінових огорожувальних конструкцій, використовуючи плити пінополістирольні. Необхідна товщина теплоізолюючого шару повинна бути не менше ніж 0,1м.
- також необхідно утеплити стелю плитою з мінеральної вати. Необхідна товщина теплоізоляційного шару становить 0,15м