

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: « Аналіз показників енергоефективності та розробка  
енергозбережних заходів у будівлі учбового корпусу медичного  
інституту СумДУ»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Ясенюк А.О.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

*В роботі не виявлено текстових,  
ілюстративних та інших запозичень  
без коректного на них посилання*  
Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Антоненко С.С

(прізвище і ініціали)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Секретар комісії

\_\_\_\_\_ (підпис)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

Суми 202

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71с., 8 рисунків, 15 таблиць, 23 літературних джерел, 2 додатки.

Графічні матеріали: Енерготехнологічна схема медичного інституту СумДУ – формат А3; обсяги енергоспоживання - формат А3; результати розрахункового аналізу - формат А3; ; техніко-економічний розрахунок МЕЗ – формат А3;

Мета роботи: визначення потенціалу енергозбереження, аналіз та надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів, розробка і обґрунтування енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи опалення та освітлення учбового(теоретичного) корпусу медичного інституту СумДУ.

Методи дослідження: інструментальне вимірювання показників енергоносіїв, економічно-математичні методи при розробці енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ

**Тема роботи - «Аналіз показників енергоефективності та розробка енергозберіжних заходів у будівлі учбового корпусу медичного інституту СумДУ».**

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямками енергетичної політики більшості країн світу. Це обумовлено вичерпанням не відновлювальних паливно-енергетичних ресурсів, відсутністю реальних альтернатив їх заміни, наявністю ризиків при їх виробництві і транспортуванні. В останній час ці чинники набувають все більшого значення у зв'язку із загальною нестабільністю у регіонах видобутку ПЕР, напругою на паливно-ресурсних ринках та несприятливими прогнозами щодо подальшого зростання цін на енергоресурси.

Енергія, і зокрема електрична, є одним з найважливіших продуктів у індустриальному суспільстві. Ці енергетичні ресурси можуть виснажитися, тому важливо заощаджувати якомога більшу кількість енергії. Прогнозується, що за рахунок енергозбереження буде задовольнятися дві третини приросту світових потреб енергії.

Марнотратство паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в організаціях, що фінансуються с державного або міських бюджетів не є новиною і це одна з найголовніших проблем сьогоденного енергозбереження. Тому завдання енергоменеджера в цій сфері – це не лише виявлення та усунення фактичних проблем в системах тепло-, електро- та водопостачання, але й прикладення всіх зусиль для морального перевиховання персоналу, що користується ресурсами.

Теоретичний корпус медичного інституту СумДУ, як об'єкт енергетичного обстеження у наведеній роботі, є складовою частиною бюджетної установи, проблема енергозбереження для зазначеного закладу постає особливо гостро.

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження є теоретичний блок будівлі учбового корпусу медичного Сумського державного університету, що знаходиться за адресою вул. Санаторна, 31.

Теоретичний блок учбового корпусу – це чотириповерхова будівля, яка призначена для навчального процесу, в якій розміщені учбові кімнати та роздягальня.

Будівля введена та експлуатується з 1992 року.

Технічні характеристики теоретичного блоку учбового корпусу:

- призначення будівлі – навчальний корпус;
- кількість поверхів – 4 пов.;
- кількість поверхів переходу – 4 пов.;
- площа підвалу – 633 м<sup>2</sup>;
- площа I-го поверху – 645,3 м<sup>2</sup>;
- площа II-го поверху – 647,2 м<sup>2</sup>;
- площа III-го поверху – 584,2 м<sup>2</sup>;
- площа IV-го поверху – 585,9 м<sup>2</sup>;
- площа забудови – 814,9 м<sup>2</sup>;
- об'єм будівлі – 7598,7 м<sup>3</sup>;
- висота будівлі – 13,7 м.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від котельні ТОВ «Сумитеплоенерго».

Подача холодної води до будівлі здійснюється від мережі КП «Міськводоканалу» СМР.

Постачальниками електроенергії являється ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						8

Будівля складається з теоретичного блоку та учбового корпусу. Підвал не опалюваний із земляною підлогою. Наявний тамбур. Наявні секційні двері у коридорах будівлі, які розділяють сходову клітку та коридори для зниження втрат теплоти.

Конструктивні характеристики закладу наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічний опис конструктивних елементів будівлі

№ п/п	Найменування конструкцій елементів	Характеристика (матеріал)	Товщина, мм	
1	Фундамент	Залізобетонний, облицьований плиткою	600	
2	Стіни	Силікатна цегла, обштукатурені цементним розчином	550	
3	Перегородки	Цегляні	135	
4	Міжповерхові перекриття	З/бетонні плити	200	
5	Підлога	З/бетонні плити, утеплені шаром керамзиту та покрита бетоном на зольному гравію, дерево, керамічна плитка	300	
6	Вікна	У дерев'яних рамах (30%), пластикових рамах (70%)	60	
7	Двері	вхідні	Пластикові зі склінням	40
		запасний вихід	Залізно-дерев'яні	40
8	Стеля	З/бетонні плити, керамзит та рубероїд	400	
9	Сходи	З/бетонні	-	

На першочерговому етапі проведення енергетичного обстеження виявлено дефекти заповнення світлопрозорих прорізів, а саме, наявність значних нещільностей у місцях стулок, не якісні зовнішні відкоси вікон. В кімнатах де встановлені вікна з дерев'яного профілю, віконні рами потребують ремонту.

Під час обстеження приміщень були виміряні їх розміри, а також розміри вікон. У деяких кімнатах – пластикові вікна з однокамерним склопакетом. Стіни та стеля у приміщеннях світлого кольору. В більшості аудиторій вікна закриті жалюзьями.

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

#### 1.3.1 Система опалення

Обстежувана будівля має централізовану систему тепlopостачання. Теплоносій – вода. Тепlopостачання медичного інституту здійснюється через один тепловий ввід прокладений в каналі і ізолюваний мінеральною ватою Ду 2\*159 мм до головного розподільчого тепlopункту.

Система опалення на досліджуваних об'єктах однотрубна, гідравлічно-замкнена, зі штучною циркуляцією. Вона виконана з нижньою розводкою, подаюча і зворотна магістралі розташовуються в підвальному приміщенні.

Стояки розміщуються по внутрішній поверхні стіни будівлі і прокладені відкрито. Опалювальні прилади встановлюються під вікнами для того, щоб компенсувати потоки холодного повітря. Рух гарячого теплоносія відбувається знизу вгору через труби і опалювальні прилади.

При проведенні обстеження були виявлені певні порушення: у більшості приміщень опалювальні прилади брудні, на стояках та підводках встановлена запірна арматура, яка явно перебуває в занедбаному стані.

#### 1.3.2 Система електропостачання

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Постачальником електроенергії являється ТОВ «ЕНЕРА СУМИ». Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції.

В таблиці 1.2 наведено значення нормованої електроенергії для приміщень учбового корпусу медичного інституту СумДУ згідно таких складових: учбові приміщення, лабораторії, адміністративні приміщення та загальні потреби.

Таблиця 1.2 - Кількість нормованої електричної енергії для приміщень теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ

Назва приміщення	Установлена потужність електрообладнання (P <sub>y1</sub> ), кВт	Установлена потужність Освітлення (P <sub>y2</sub> ), кВт	Сумарна установленна потужність (P <sub>y</sub> ), кВт	Нормована електроенергія (A <sub>i</sub> ), кВт·год/доба
Учбові приміщення	18,3	11,55	29,85	113,19
Адміністративні приміщення	55,5	10,5	66	149,54
Лабораторії	44,77	3,94	48,71	75,74
Загальні потреби	0	5,71	5,71	39,96

На рисунку 1.1 наведена діаграма використання електричної енергії теоретичного корпусу згідно таких складових: приміщення загального використання, учбові приміщення, допоміжні приміщення.

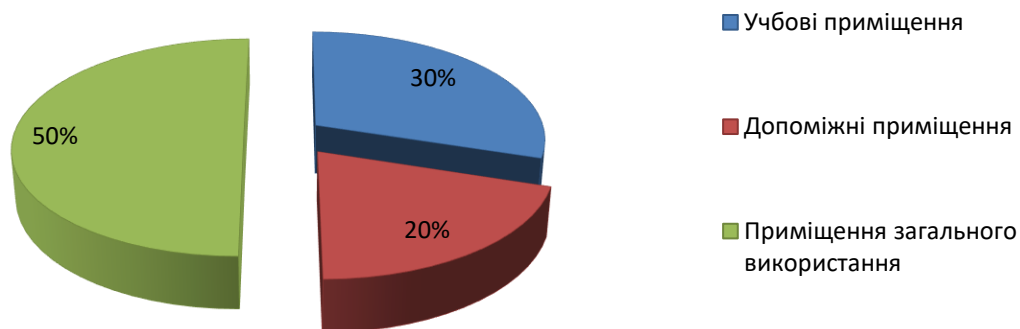


Рисунок 1.1 – Використання електричної енергії теоретичним корпусом

З діаграми наведеної на рисунку 1.1 видно, що електроенергія, яка споживається в теоретичному корпусі найбільше використовується для забезпечення приміщень загального використання. Насамперед значна частка електроенергії, що споживається в приміщеннях загального використання використовується для забезпечення електрообладнань та освітлення коридорів. Також значне споживання електроенергії спостерігається в учбових приміщеннях (30%) та допоміжних приміщеннях(20%).

### 1.3.3 Система холодного та гарячого водопостачання

Постачання гарячої води до медичного інституту та гуртожитків здійснюється централізовано від котельні, що знаходиться за адресою вул. Санаторна, 30 від ТОВ «Сумитеплоенерго» по трубопроводах Ду 2х159 мм. Постачання холодної води здійснюється від КП «Міськводоканал» СМР.



### 1.3.4 Системи вентиляції та кондиціонування

Видалення вентилязованого повітря з приміщень здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях. Видалення повітря із деяких лабораторій виконується механічними системами вентиляції. Припливне свіже повітря систем примусової вентиляції не нагрівається і тому подається у приміщення холодним. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері. Вентиляційні отвори систем витяжної і припливної вентиляції відкриті і працюють у режимі природної вентиляції, що спричинює значні втрати теплоти.

### 1.3.5 Система обліку ресурсів

Облік теплової енергії, яку отримують із системи централізованого тепlopостачання, здійснюється лічильником марки «Семпал» типу СВТУ-10. Клас точності В. Періодичність повірки - один раз на 2 роки.

Облік споживання електроенергії в теоретичному корпусі виконується двома лічильниками активної енергії типу И672М. Зняття показників лічильника виконується з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

Облік споживання гарячої води здійснюється згідно з показаннями лічильника гарячої води, марки «Семпал» типу СВТУ-10; встановленого у вузлі вводу будівлі. Зняття показань лічильника виконується з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

Облік споживання холодної води здійснюється за показаннями лічильників холодної води. Зняття показань лічильників виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						13

Договори на постачання електроенергії та води укладені з ТОВ «ЕНЕРА СУМИ» і КП «Міськводоканал» СМР відповідно. Договір на постачання теплової енергії укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго».

#### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду в теоретичному корпусі

Холодна вода: 13,752 грн/м<sup>3</sup>.

Водовідведення: 13,368 грн/м<sup>3</sup>.

Холодна вода для приготування гарячої: 13,752 грн/м<sup>3</sup>.

Підігрів холодної води 1239,95 грн/Гкал

Електрична енергія: 1,68 грн/кВт·год.

Опалення: 1239,95 грн/Гкал.

#### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Аналіз споживання енергоносіїв теоретичного блоку медичного інституту СумДУ дає можливість визначити потенціал енергозбереження і дозволяє визначити пріоритетність робіт по економії використовуваних енергоносіїв.

Споживання енергоносіїв теоретичним корпусом медичного інституту СумДУ та води медичним інститутом СумДУ за 2018-2020 роки наведено в таблиці 1.3.

Діаграми споживання електричної енергії, холодної води, гарячої води та теплової енергії наведені на рисунках 1.2-1.3. Грошові витрати на енергоносії та воду медичного інституту СумДУ, за 2020 рік наведені в таблиці 1.4. На рисунку 1.4 приведена діаграма яка показує грошові витрати на енергоносії та воду.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.3 – Споживання енергоносіїв теоретичним корпусом медичного інституту СумДУ та води медичним інститутом СумДУ за 2018-2020 роки

Найменування	Обсяги споживання за роками		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Холодна вода, м <sup>3</sup>	1196	1430	1208
Гаряча вода, м <sup>3</sup>	716	841	901
Теплова енергія, Гкал	246,3	277,9	308,5
Електроенергії, кВт·год	63240	73083	66380

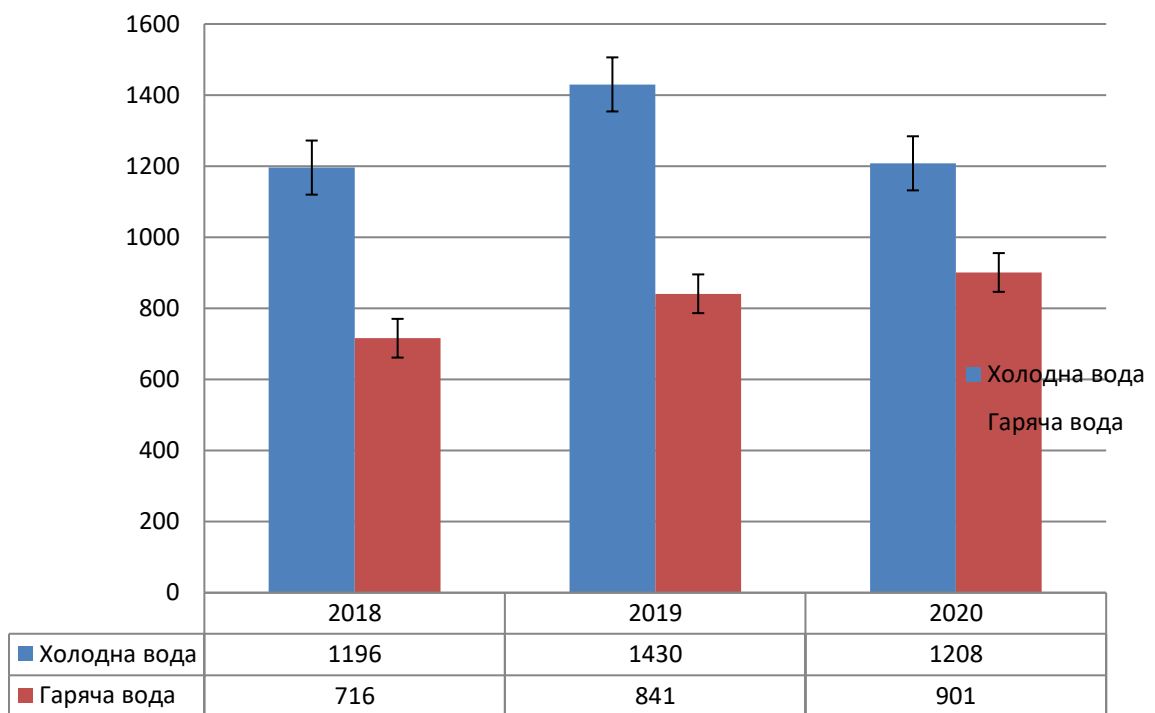


Рисунок 1.2 - Споживання холодної та гарячої води медичним інститутом СумДУ за 2018-2020 роки

З діаграми наведеної на рисунку 1.2 видно що споживання холодної води по рокам 2018-2020 майже стабільне, що свідчить про сталість режимів водоспоживання на протязі кожного року.

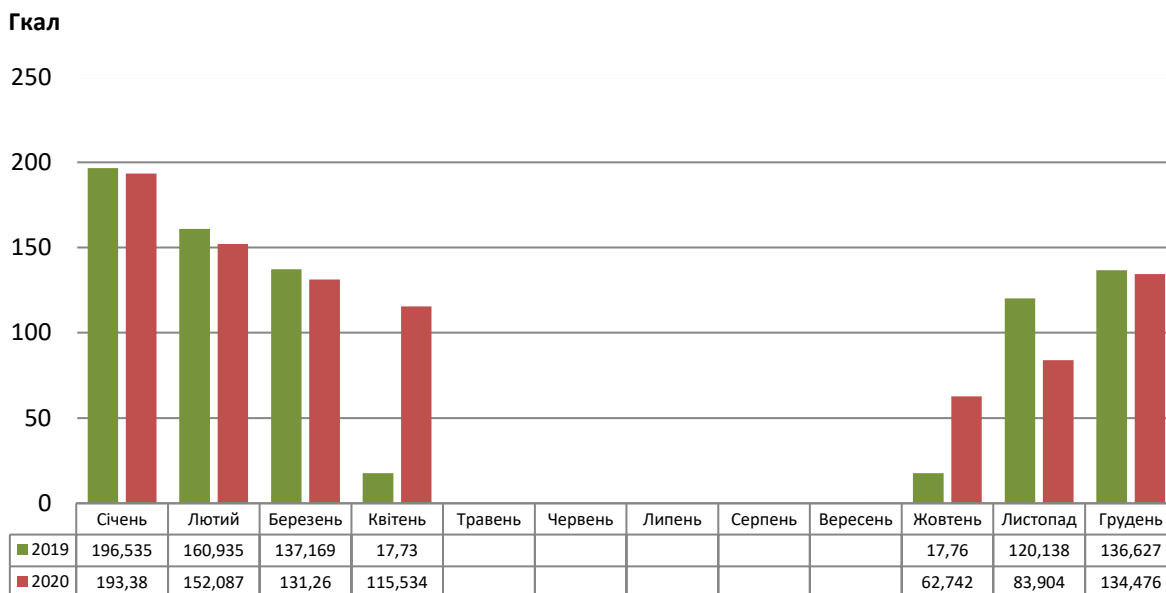


Рисунок 1.3 - Споживання теплової енергії теоретичним корпусом медичного інституту СумДУ за 2019-2020 роки

З діаграми наведеної на рисунку 1.3 видно, що кількість спожитої теплової енергії кожного місяця за кожний опалювальний період залежить від зовнішніх температур, і у основному, однакове для найхолодніших місяців. Значна різниця в обсягах тепло споживання спостерігається тільки на початку та кінці опалювальних періодів.

Так як для обліку гарячої та холодної води не має окремих лічильників на окремі блоки в медичному інституті, то грошові витрати на енергоносії теоретичного корпусу та воду приведені в таблиці 1.4 для медичного інституту СумДУ.

Таблиця 1.4 – Грошові витрати на енергоносії теоретичного корпусу та воду медичного інституту СумДУ за 2020 рік

Енергоносії та вода		Споживана кількість енергоносіїв та води за рік	Вартість енергоносіїв та води (з ПДВ)	Витрати на енергоносії та воду, грн./рік
Електрична енергія		174863 кВт·год	1,68 грн/кВт·год	293769
Опалення		873,38 Гкал	1239,95 грн/Гкал	1082947
Гаряча вода	Холодна вода	901 м <sup>3</sup>	13,752 грн/м <sup>3</sup>	52309
	Підігрів	22,48 Гкал	1239,95 грн/Гкал	
	Водовідведення	901 м <sup>3</sup>	13,368 грн/м <sup>3</sup>	
Холодна вода	Холодна вода	1208 м <sup>3</sup>	13,752 грн/м <sup>3</sup>	32761
	Водовідведення	1208 м <sup>3</sup>	13,368 грн/м <sup>3</sup>	

Грошові витрати на енергоносії теоретичного корпусу та воду медичного інституту СумДУ за 2020 рік

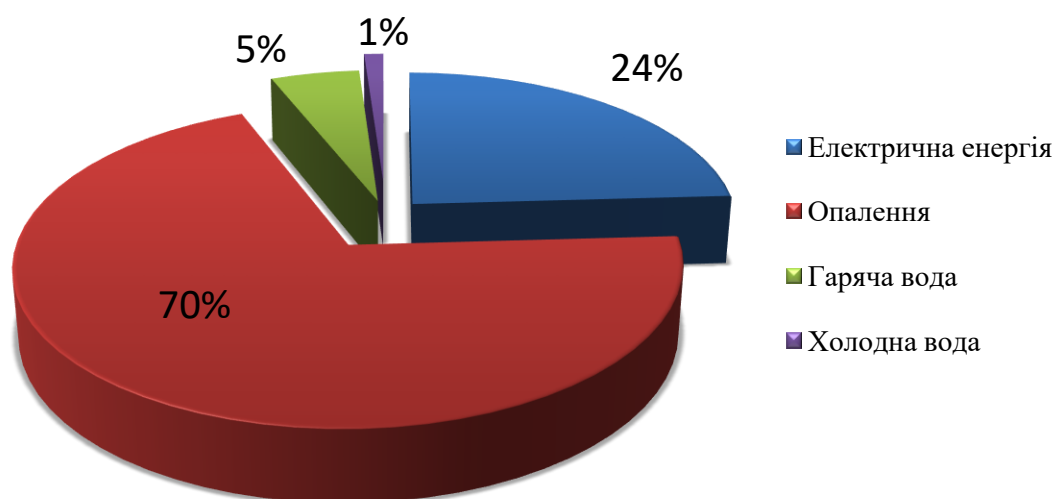


Рисунок 1.4 – Грошові витрати на енергоносії та воду

З діаграми видно, що найбільше коштів витрачається на опалення будівлі, на електричну енергію, яку використовують як для освітлення та роботи електрообладнання. Так як медичний інститут в теоретичному корпусі найбільше сплачує коштів за опалення будівлі, то основною задачею є зменшити витрати на опалення. І тому необхідно впроваджувати енергозберігаючі заходи, щоб скоротити витрати на забезпечення будівлі тепловою енергією. Також запропоновані заходи для зменшення споживання електроенергії на обстежуваному об'єкті.

## 1.5 Визначення річного рівня теплоспоживання будівлею

1.5.1 Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку під час опалювального періоду  $Q_{рік}$ , кВт·год, визначається за методикою наведеною в [5], за формулою:

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

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

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

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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						18

$\zeta$  – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; в будинку використовується однотрубна система опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП –  $\zeta = 0,9$ ;

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

1.5.2 Загальні тепловитрати будинку через огорожувальну оболонку за опалювальний період визначається за формулою:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{бод}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 1,83 \cdot 4002 \cdot 3395,9 = 596,9 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

1.5.3 Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду визначається за формулою:

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

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

$q_{\text{внп}}$  – величина побутових тепло надходжень на 1 м<sup>2</sup> розрахункової площі громадського будинку, Вт/м<sup>2</sup>; 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 – 40 год. Загальна кількість годин на тиждень – 168;

$Z_{\text{оп}}$  – 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-

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

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 1834,45 м<sup>2</sup>.

Тепловиділення протягом тижня:

- від людей, що знаходяться в будівлі

$$Q_1 = \frac{90 \cdot 300 \cdot 40}{168} = 6,4 \text{ кВт};$$

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

$$Q_{2л.р} = 60 \cdot 0,95 \cdot 222 \cdot \frac{40}{168} \cdot 0,5 = 1,011 \text{ кВт};$$

$$Q_{2л.с 18} = 18 \cdot 0,4 \cdot 612 \cdot \frac{40}{168} \cdot 0,5 = 0,583 \text{ кВт};$$

$$Q_{2л.с 40} = 40 \cdot 0,4 \cdot 184 \cdot \frac{40}{168} \cdot 0,5 = 0,485 \text{ кВт}.$$

- від офісної техніки (комп'ютерів), приймається з розрахунку 300 Вт від одного комп'ютера, розрахункова кількість комп'ютерів 104, коефіцієнт використання часу протягом тижня комп'ютерів 0,5, тоді

$$Q_3 = \frac{300 \cdot 104 \cdot 40 \cdot 0,50}{168} = 3,7 \text{ кВт};$$

- від побутової техніки (холодильників), приймається з розрахунку 130 Вт, розрахункова кількість холодильників 14, працюють 24 години на добу, коефіцієнт використання часу протягом тижня 1; електрообладнання (сушильна шафа, бойлер, дистильатор.) з коефіцієнтом використання протягом тижня 0,2 загальна потужність 4050 Вт; потужність електрообладнання з коефіцієнт використання протягом тижня 1, потужність 14500 Вт, та інші електрообладнання які встановлені в учбовому корпусі.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20



$$Q_4 \frac{130 \cdot 14 \cdot 40 \cdot 1}{168} + \frac{8600 \cdot 40 \cdot 0,1 \cdot}{168} + \frac{4050 \cdot 40 \cdot 0,2}{168} + \frac{13500 \cdot 40 \cdot 1}{168} + \frac{500 \cdot 40 \cdot 0,4}{168} + \frac{2250 \cdot 40 \cdot 0,2}{168} = 4,2 \text{ кВт};$$

Питомий показник на опалення закладу становить

$$q_{ВНП} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)}{F_{ip}} = \frac{(6,4 + 1,011 + 0,583 + 0,485 + 3,7 + 4,2) \cdot 10^3}{1834,5} = 8,9 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже величина основних теплонадходжень становить

$$Q_{ВНП} = 0,024 \cdot 8,9 \cdot 184 \cdot 1834,5 = 72,1 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

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

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

де  $\zeta_v$ ,  $\zeta_{зл}$  – 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;

$\varepsilon_v$ ,  $\varepsilon_{зл}$  – 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;

$F_{ПнС}$ ,  $F_{ПдС}$ ,  $F_{ПдЗ}$ ,  $F_{ПнЗ}$  - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, за проектом.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

У даному випадку будинок має проміжну орієнтацію, тоді

$$F_{ПнЗ} = 158,78\text{м}^2 ; F_{ПнС} = 19,42\text{м}^2 ; , F_{ПдС} = 205,02 \text{ м}^2 , F_{ПдЗ} = 27,16 \text{ м}^2 ;$$

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

$I_{ПнС}$  ,  $I_{ПдС}$  ,  $I_{ПдЗ}$  ,  $I_{ПнЗ}$  – 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:

$$I_{ПнС} = 169 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_{ПдС} = 299 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_{ПдЗ} = 303 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ;$$

$$I_{ПнЗ} = 169 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ;$$

$I_{г}$  – 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  $F_{сн л} = 0 \text{ м}^2$ .

Формула в даному випадку може бути перетворена:

$$Q_S = \zeta_{\varepsilon} \varepsilon_{\varepsilon} (F_{ПнЗ} I_{ПнЗ} + F_{ПнС} I_{ПнС} + F_{ПдС} I_{ПдС} + F_{ПдЗ} I_{ПдЗ}).$$

Для двокамерних склопакетів з 4М<sub>1</sub> скла в одинарних плетіннях  $\zeta_{\varepsilon} = 0,8$ ,  $\varepsilon_{\varepsilon} = 0,74$ .

Отже

$$\begin{aligned} Q_S &= 0,8 \cdot 0,74 \cdot (158,78 \cdot 169 + 19,42 \cdot 169 + 205,02 \cdot 299 + 27,16 \cdot 303) \\ &= 59 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \end{aligned}$$

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

$$Q_{рік} = [596,9 \cdot 10^3 - (72,1 \cdot 10^3 + 59 \cdot 10^3) \cdot 0,8 \cdot 0,9] \cdot 1,11 = 558 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.5.5 Розраховуємо значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період  $q_{б\ddot{y}д}$ , кВт·год/м<sup>3</sup>, визначається за формулою:

$$q_{б\ddot{y}д} = \frac{Q_{р\ddot{и}к}}{V_h} = \frac{558 \cdot 10^3}{7598,7} = 73 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

## 1.6 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/м<sup>3</sup>, що встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31 залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку; для даного будинку  $E_{max} = 31 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ .

Тоді

$$\left[ \frac{(q_{б\ddot{y}д} - E_{max})}{E_{max}} \right] \cdot 100\% = \left[ \frac{(73 - 31)}{31} \right] \cdot 100\% = 135\%$$

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

### 2.1 Опис методів та приладів вимірювання

Під час аудиту використовувалися такі вимірювальні прилади: люксометр марки DE-3350, термоанемометр Testo 605-N1, вимірювальна рулетка.

Вимірювання освітленості здійснювалося за допомогою цифрового люксометра DE-3350. Діапазон вимірювання освітленості приладу складає 0 – 20 000 лк. Прилад має три режими вимірювання: до 200 Люкс, до 2 000 Люкс, до 20 000 Люкс. Точність  $\pm 4\% + 5\text{emp}$ . Живлення 9 В, діапазон робочих довжин хвиль 400...700 нм. На дисплеї відображається поточна шкала діапазону вимірювання і одиниці вимірювання [1].



Рисунок 2.1 - Цифровий люксометр марки DE-3350

Люксометр призначений для виміру освітленості, формованої природним і штучним світлом, джерело якого розташоване довільно від фотометричної головки.

Для визначення температури повітря в приміщенні та зовні використовували термоанемометр Testo 605-N1 [2]. Діапазон вимірювання цього приладу від -20 до +70 °С, похибка вимірювання  $\pm 0,5$ .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 2.2 Аналіз результатів вимірювання

У всіх приміщеннях були проведені виміри освітленості на робочих місцях, поряд з вікном і біля стіни, протилежної вікну. На вулиці в той час була ясна погода. Вимірювання освітленості здійснювалося за допомогою цифрового люксметра DE-3350. За допомогою термоанемометра в учбовому корпусі були проведені виміри температури повітря в середині приміщення, при цьому температура зовнішнього повітря склала  $-1^{\circ}\text{C}$ . Результати вимірювання по кожному приміщенні наведені в додатку Б.

Природне освітлення в приміщеннях теоретичного корпусу не відповідає нормативам [3]. Тому під час навчання необхідно використовувати штучне освітлення. Температура повітря у приміщеннях також не відповідає нормам [4]. Насамперед це пов'язане з тим, що більшість вікон в учбовому корпусі мають пошкодження у місцях прилягання віконних рам до стінових конструкцій, і тому значна кількість повітря надходить через нещільності віконних рам.

### 2.2.1 Перевірка достатності природного освітлення в лабораторній кімнаті 213.

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані: габаритами кімнати: довжина – 6 м, ширина – 2,75 м, висота – 3,05 м, вікно - висотою 1,7 м та шириною 1,8 м, розміщене вздовж меншої стіни приміщення. Висота від підлоги до підвіконня складає 0,9 м, найбільша відстань від вікна до робочого місця 5 м, середньозважений коефіцієнт відбиття світла від внутрішніх поверхонь  $\rho_{сз} = 0,4$ .

При дослідженні достатності природного освітлення необхідно відповісти на запитання: чи відповідає фактичне значення природного

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

освітлення нормативному. Тобто необхідно порівняти фактичне значення коефіцієнта природного освітлення з нормативним.

Для перевірки достатності природного освітлення була складена розрахункова схема (рис.2.2), на якій позначені:

- габаритні розміри приміщення: довжина, ширина, висота;
- розміри вікон: ширина висота, їх кількість;
- розміщення вікон за висотою приміщення: висоту від підлоги до підвіконня та відносно рівня робочої поверхні, яка розміщена на висоті 0,8 м від підлоги;
- відстань від вікна до розрахункової точки, яка вибирається на робочому місці, найбільш віддаленому від вікна.

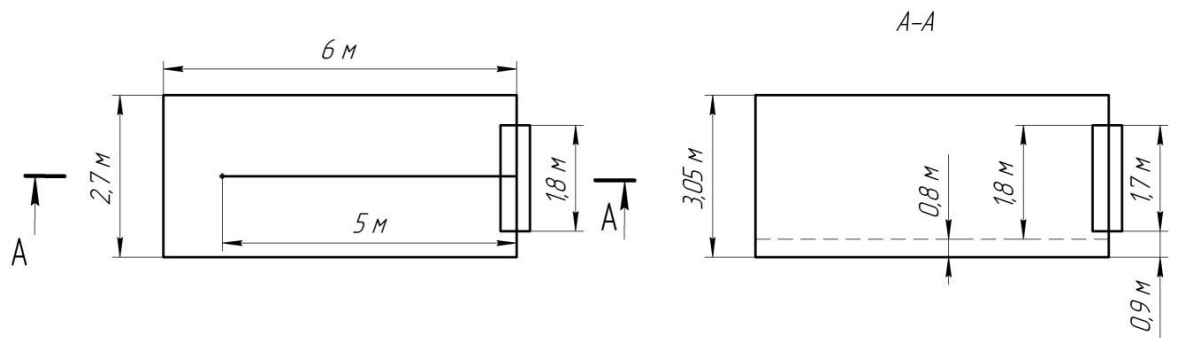


Рисунок 2.2 – Схема розрахунку природного освітлення

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) для четвертого світлового поясу, в якому розташована Україна,  $e_{IV}$ , визначається, %, за формулою:

$$e_{IV} = e_{III} \cdot m \cdot c, \quad (2.1)$$

де  $e_{III}$  – нормоване значення КПО для III світлового поясу за СНиП II-4-79 [3]. Для аудиторій, лабораторій, учбових кімнат, у яких виконуються роботи III розряду (середньої точності), для бокового освітлення  $e_{III} = 1,5\%$ ;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату (для України  $m = 0,9$ );

$c$  – коефіцієнт сонячності. Для географічної широти м. Суми розташоване в межах 0,75-1,0, беремо  $c = 0,85$ . Тоді:

$$e_n = 1,5 * 0,9 * 0,85 = 1,15\%.$$

Фактичне значення коефіцієнта природного освітлення для досліджуваного приміщення можна вивести з формули:

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n \cdot \eta_o \cdot K_z \cdot K_{б\gamma d}}{\tau_o \cdot r_1}, \quad (2.2)$$

звідки:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau_o \cdot r_1}{S_n \cdot \eta_o \cdot K_z \cdot K_{б\gamma d}}, \quad (2.3)$$

де  $S_o$  – площа усіх вікон у приміщенні, м<sup>2</sup>;  $S_o = 1,7 * 1,8 = 3,06$  м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;  $S_n = 2,75 * 6 = 16,5$  м<sup>2</sup>;

$\tau_o$  – загальний коефіцієнт світлопроникності віконного прорізу. Для віконних прорізів адміністративно-управлінських будівель, які не обладнані сонцезахисними пристроями,  $\tau_o = 0,5$ ;

$r_1$  – коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення. Його значення залежить від розмірів приміщення (довжини і ширини), глибини приміщення (відстані від протилежної йому стінки), висоти від верху вікна до рівня робочої поверхні, відстані розрахункової точки від вікна, середньозваженого коефіцієнта відбиття світла від стін, стелі, підлоги,  $\rho_{ср}$ . Для світлих приміщень із світлими меблями  $\rho_{ср}$  можна орієнтовно взяти таким, що дорівнює 0,5, для темних – 0,3, для посередніх між ними – 0,4. Значення коефіцієнта  $r_1$  береться із таблиці 6.3[22]  $r_1 = 1,9$ ;

$\eta_o$  – світлова характеристика вікна вибирається з таблиці 6.3 [методичка 927],  $\eta_o = 10,5$ .

						Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\text{буд}}$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон іншими будинками, якщо будинків немає, то  $K_{\text{буд}}=1$ ;

$K_3$  – коефіцієнт запасу береться в межах  $K_3=1,3 - 1,5$ , приймаємо  $K_3=1,4$ ;

Таким чином,

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 3,06 \cdot 0,5 \cdot 1,9}{16,5 \cdot 10,5 \cdot 1,4 \cdot 1} = 1,19\% .$$

$$e_{\phi} > e_n (1,19 > 1,15).$$

Після зроблених розрахунків ми можемо зробити висновок про те, що фактичне значення КПО більше нормованого, тому природне освітлення є ефективним. Допустимим відхиленням значення фактичного коефіцієнта природного освітлення від нормованого є  $+10 - -5\%$ .

У нас відхилення складає  $\frac{(1,19 - 1,15) \cdot 100}{1,15} = 3,5\%$ , що є допустимим.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28



## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

### 3.1 Розрахунок теплового балансу будівлі

#### 3.1.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальної конструкції

За результатами проведеного першого етапу енергетичного аудита будівлі проводиться розрахунковий аналіз теплотехнічного стану огорожувальних конструкцій на предмет їхньої відповідності нормативним показникам, які спрямовані на дотримання санітарно – гігієнічних умов і вимог з енергозбереження при експлуатації будівель. Визначення всіх необхідних параметрів для вирішення зазначеної задачі проводиться за методикою наведеною в [5].

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma пр}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$  повинний бути не менше нормованих значень  $R_{q min}$ , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження. Теплотехнічний розрахунок внутрішніх огорожувальних конструкцій будівлі проводиться при умові, що різниця температур між приміщеннями не більше  $3^{\circ}C$ .

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

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, m^2 \cdot K/Вт \quad (3.1)$$

						Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$R_{q \min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої

огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{q \min}$ , опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій громадських будинків приймаємо залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно [5];

Приведений опір (дійсний опір) теплопередачі,  $R_{\Sigma np}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$ , для непрозорої або прозорої вертикальної огорожувальної конструкції чи її частини також горизонтального перекриття (даху) при перевірці виконання умови за формулою (3.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, m^2 \cdot K/Вт \quad (3.2)$$

де  $\alpha_6, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ , які приймаються згідно з [5];

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з [5],  $Вт/(m \cdot K)$ ;

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

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

Термічний опір  $i$ -го шару конструкції розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, m^2 \cdot K/Вт \quad (3.3)$$

						Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;  
 $\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), що приймають згідно [5].

### 3.1.2 Методика розрахунку видів тепловтрат

Невід’ємною частиною практичних розрахунків з енергетичного обстеження будівлі є встановлення дійсного стану теплового режиму її приміщень. А саме, необхідно поррахувати величини фактичних тепловтрат і теплонадходжень з метою подальшого зіставлення їх зі значеннями, які обумовлені нормативними показниками, щоб на підставі, можливо, встановленої неузгодженості визначити напрямки по підвищенню енергоефективності роботи системи теплопостачання будівлі, на якій проводиться енергоаудит.

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями. Методика розрахунку тепловтрат бралася з літературного джерела [6].

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень обчислюються за наступною формулою, Вт:

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_{\delta} + \sum Q_{инф} + \sum Q_s, \text{ Вт} \quad (3.4)$$

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

$\sum Q_{\delta}$  – сумарні додаткові втрати теплоти огорожувальної конструкції, Вт;

$\sum Q_{инф}$  - сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\Sigma Q_6$  - сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, світлові прорізи, стелі або неопалювальні горища) визначаємо за формулою, Вт:

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (3.5)$$

де  $F_{огр}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma пр}$  – опір теплопередачі огорожуючої конструкції, м<sup>2</sup> · °С/Вт;

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

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, [6].

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступній формулі, кВт:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (3.6)$$

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

$\Sigma Q_{стл}$  – сумарні втрати теплоти через стелю обчислені по кожному приміщенню, Вт;

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

$\Sigma Q_{ндл}$  – сумарні тепловтрати через підлогу обчислені по кожному приміщенню, Вт;

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

### 3.1.3 Методика розрахунку додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

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

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, Вт:

$$Q_{op}^{\partial} = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (3.7)$$

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

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу. Допускається для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати  $\beta_{op}=0,08$  – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і  $\beta_{op}=0,13$  – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

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

$$Q_{ndl}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (3.8)$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції, Вт:

$$\Sigma Q_{\partial} = \Sigma Q_{op}^{\partial} + \Sigma Q_{ndl}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (3.9)$$

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

$\Sigma Q_{ndl}^{\partial}$  – сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, Вт;

### 3.1.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Як правило, інфільтрація холодного повітря усередину приміщень відбувається через присутні в них нещільності в конструкціях світлових і дверних прорізів, при наявності не ущільнених стиків стін, а також, при виявленні відкритих прорізів у огорожувальних конструкціях.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи розраховується тільки для світлових прорізів застарілої конструкції за наступною формулою:

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c(t_6 - t_3), \text{ Вт} \quad (3.10)$$

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

$t_6, t_3$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря;

$G_{н.вкн}$  - кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м<sup>2</sup>·год) [6];

$F_{вкн}$  - площа віконного прорізу.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через не ущільнені дверні прорізи

$$Q_{з.д}^{inf} = 0,28 \cdot G_{з.д} \cdot c(t_6 - t_3), \text{ Вт} \quad (3.11)$$

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$t_6, t_3$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря [6]<sup>0</sup>С;

$G_{з.д}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через не ущільнений дверний проріз, кг/год.

$$G_{з.д} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \text{ Вт} \quad (3.12)$$

де  $b_{н.д}$  – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (за результатами вимірювання), м;

$L_{н.д}$  – довжина нещільності або тріщини (для дверного прорізу приймається загальний периметр дверей), м;

$v_{ср.н.д}$  – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності або тріщини за результатами виконаних вимірювань;

$m_n$  – маса 1 м<sup>3</sup> повітря (для практичних розрахунків приймається  $m_n=1,3$  кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт

$$\sum Q_{инф} = \sum Q_{вкн}^{инф} + \sum Q_{з.д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (3.13)$$

### 3.1.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

Втрати теплоти через витяжну вентиляцію (природну) з припливом зовнішнього повітря крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуються за формулою (3.19). Втрати теплоти через механічну вентиляцію не розраховуються, так як механічна вентиляція працює рідко, і тому втрати через вентиляцію незначні.

$$Q_6 = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_6 - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (3.14)$$

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

$t_6$  і  $t_3$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря [4]  $^\circ\text{С}$ ;

$V_{II}$  – внутрішній об'єм приміщення (будівлі),  $\text{м}^3$ ;

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

$n_k$  – кратність повітрообміну приміщення,  $\text{год}^{-1}$ ;

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

Середня кратність повітрообміну громадського будинку визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_k = \frac{\left[ \left( \frac{L_v \cdot n_v}{24} \right) + \left( \frac{G_{\text{инф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{инф}}}{24 \cdot \rho_c} \right) \right]}{V_v \cdot \Pi} \quad \text{год}^{-1} \quad (3.15)$$

де  $L_v$  – кількість припливного повітря в будинок у разі природної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції,  $\text{м}^3/\text{год}$ . Для будинків науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління –  $4xFr$ ;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних приймається  $v_v = 0,85$ ;

$F_p$  – розрахункова площа громадських будинків,  $\text{м}^2$ , що визначається згідно ;

$n_v$  – кількість годин роботи механічної вентиляції або природної вентиляції протягом однієї доби,  $\text{год}$ , (за відсутності даних для механічної приймається 16 годин);

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



$n_{\text{инф}}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом однієї доби, год:

- для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 24;

- для будинків, у приміщеннях яких підтримується нагнітання повітря під час дії припливної механічної вентиляції –  $(24-nV)$

$G_{\text{инф}}$  – кількість повітря, що інфільтрується через огороджувальні конструкції в не робочий час, кг/год, приймається  $G_{\text{инф}}=0,5 \cdot n_V \cdot V_{\text{п}}$ ;

$\rho_c$  – середня густина повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огороджувальних конструкціях, що приймається 0,8...1,0;

24 – кількість годин за добу.

### 3.2 Розрахунок термічного опору огороджувальних конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішніх стін:

Термічний опір  $i$ -го шару зовнішньої стіни:

1-й шар (матеріал – кладка з силікатної цегли):

$$\delta_1 = 0,540 \text{ м}, \lambda_{1p} = 0,58 \text{ Вт / мК} .$$

Згідно формули (3.3):

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} = \frac{0.540}{0.58} = 0,93 \text{ (м}^2\text{К / Вт)};$$

2-й шар (матеріал – розчин цементно-піщаний):

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\delta_2 = 0,01 \text{ м}, \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт / мК},$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} = \frac{0,01}{0,81} = 0,012 \text{ (м}^2\text{К / Вт)}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій згідно з [5] обираємо :

$$R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2\text{К / Вт}$$

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій згідно формули (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + (0,93 + 0,012) + \frac{1}{23} = 1,1 \text{ (м}^2\text{К / Вт)}$$

Якщо  $R_{\Sigma np} < R_{q \min}$  – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, то необхідне впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Результати розрахунку опору теплопередачі інших огорожувальних конструкцій наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу		Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Теплопровід ність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни зовнішні		Цегла силікатна	0,54	0,58	1,1	3,3
			Штукатурка цементно-піщана	0,01	0,81		
2	Стеля		З/б плити	0,295	2,04	1,3	4,95
			Руберойд	0,005	0,17		
			Керамзит	0,1	0,14		
3	Вікна		Пластикові з однокамерним склопакетом	0,06	0,76	0,51	0,75
			Дерев'яні	0,06	0,76	0,42	0,75
4	Підлога		З/б плити	0,22	2,04	1,2	3,75
			Лінолеум	0,005	0,8		
5	Двері	Вхідні	Залізо листове, каркас з металевого кута 40 мм	0,004	58	0,44	0,65
			Фанера клеєна	0,005	0,18		
		Запасні	Залізо-дерев'яні	0,070	58	0,23	0,65

### 3.2.1 Розрахунок основних видів тепловтрат

В таблиці 3.2 наведені площі огорожувальних конструкцій

Таблиця 3.2 – Площі огорожувальних конструкцій

Назва приміщення	Площа огорожувальних конструкцій, м <sup>2</sup>					
	Стіни	Вікна		Двері	Підлога	Стеля
		П	Д			
Теоретичний корпус	1355,8	287,4	122,9	12,6	814,9	814,9

Примітка: П – вікна з ПВХ-профілю, Д – вікна з дерев'яного профілю.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при існуючому опорі теплопередачі згідно формули (3.5):

- через зовнішні стіни:

$$F_{ст}^3 = 1355,8 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$t_6 = 18^0; \quad t_3 = -22^0 \text{ C}; \quad n = 1;$$

$$Q_{ст} = \frac{1355,8}{1,1} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 49302 \text{ (Вт)}$$

- через вікна:

з ПВХ-профілю :

$$Q_{вкн} = 287,4/0,51 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 22541 \text{ (Вт)}$$

з дерев'яного профілю:

$$Q_{вкн} = 122,9/0,42 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 11705 \text{ (Вт)}$$

- через підлогу:

$$Q_{nd} = \frac{814,9}{1,2} \cdot (18 - 7) \cdot 1 = 7467 \text{ (Вт)}$$

- через стелю:

$$Q_{cm} = \frac{814,9}{1,3} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 25074 \text{ (Вт)}$$

- через двері:

$$Q_{oe} = \frac{12,6}{0,23} \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 2191 \text{ (Вт)}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції для теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ становлять :

$$\sum Q_o = 49302 + 22541 + 11705 + 7467 + 25074 + 2191 = 118280 \text{ (Вт)}$$

3.2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будівлі:

$$Q_{op}^o = 29641 \cdot 0,08 + 19661 \cdot 0,13 = 4927 \text{ (Вт)}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги

$$Q_{ndl}^o = 0,05 \cdot 7467 = 373,4 \text{ (Вт)}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Сумарні додаткові тепловтрати:

$$\sum Q_d = 4927 + 373,4 = 5300 (Вт)$$

Додаткові тепловтрати через інфільтрацію холодного повітря:

$$Q_{вкн} = 0,28 \cdot 6,0 \cdot 122,9 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) = 8300 (Вт)$$

$$Q_{3.0}^{inf} = 0,28 \cdot 6 \cdot 12,6 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) = 851 (Вт)$$

Сумарні додаткові втрати на інфільтрацію:

$$\sum Q_{inf} = 8300 + 851 = 9151 (Вт)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

$$Q_e = 0,28 \cdot 2134,5 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (18 - (-22)) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 18584 \text{ Вт}$$

$$n_{об} = \frac{\left[ \left( \frac{4 \cdot 402 \cdot 16}{24} \right) + \left( \frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 2134,5 \cdot 0,8 \cdot 8}{24 \cdot 1,3} \right) \right]}{0,85 \cdot 2134,5} = 0,7$$

Сумарні тепловтрати:

$$\sum Q_{впр} = 118280 + 5300 + 9151 + 18584 = 151\,315 (Вт)$$

Результати розрахунку тепловтрат теоретичним корпусом медичного інституту СумДУ наведено в таблиці 3.3

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 3.3 – Сумарні тепловтрати теоретичного корпусу, Вт

Види тепловтрат	Теоретичний корпус
Тепловтрати через огорожувальні конструкції	
Втрати тепла через зовнішні стіни	49302
Втрати тепла через стелю	25074
Втрати тепла через вікна	34246
Втрати тепла через підлогу	7467
Втрати через двері	2191
Додаткові втрати огорожувальних конструкцій	
Тепловтрати обумовлені орієнтацією	4927
Втрати тепла через не утеплену підлогу	373
Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря	
Тепловтрати через світлові прорізи	8300
Тепловтрати через дверні прорізи	851

Продовження таблиці 3.3

Додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію	
Втрати теплоти через витяжну вентиляцію	18584
Сумарні тепловтрати $\Sigma Q_{\text{втр}}$	151315

Для наочного порівняння різних видів тепловтрат на рисунку 3.1 наведена кругова діаграма.



Рисунок 3.1 - Порівняльна діаграма тепловтрат приміщень теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ

З діаграми добре видно, що найбільші втрати тепла через стіни (30%), це зумовлено їхньою невідповідністю існуючим теплозахисним властивостям. Також суттєві тепловтрати спостерігаються через вікна (23%), тому що деякі вікна в аудиторіях застарілої конструкції. Значні тепловтрати спостерігаються через стелю (15%), так як не достатня утеплювального матеріалу.



## 4 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

Впровадження енергозберігаючих заходів дасть змогу скоротити витрати на енергозабезпечення будівлі при підтриманні належного рівня комфорту для перебування в ній людей.

Проаналізувавши всю отриману інформацію під час проведення візуального та інструментального обстеження, а також після приведених вище розрахунків пропонується розглянути наступні заходи з енергозбереження:

- Утеплення зовнішніх огорожень (зовнішні стіни) з метою підвищення їх опору теплопередачі;
- Заміна вікон у дерев'яних рамах на пластикові;
- Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.

### 4.1 Розрахунок енергозберігаючих заходів

#### 4.1.1 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Проводячи обстеження в теоретичному корпусі було виявлено, що на кожному поверсі для освітлення використовується штучне освітлення. Середній час використання світильників 8 годин на добу. Тому пропонується замінити люмінесцентні лампи на світлодіодні лампи [8].

Характеристики світлодіодних та існуючих ламп наведені в таблиці 4.1

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.1 – Заміна існуючих ламп на світлодіодні лампи в коридорах

№	Існуючі лампи			Заміна ламп			Кількість, шт
	Тип ламп	Потужність, Вт	Вартість, грн.	Тип ламп	Потужність, Вт	Вартість, грн	
1	Люмінесцентна	18	16	LCT860-6-W	6	90	130
2	Люмінесцентна	40	20	T8-g13-1200-NNPW	14	127	32

Враховуючі наведені дані в табл. 4.1 встановлені лампи за час роботи споживають:  $130 \text{ шт} \cdot 18\text{Вт} + 32\text{шт} \cdot 40\text{Вт} = 3620 \text{ Вт} \cdot \text{год}$ .

Споживання електричної енергії за добу становить:  $3620\text{Вт} \cdot \text{год} \cdot 8\text{год} = 29 \text{ кВт}$  на добу

На даний момент вартість 1 кВт електричної енергії для теоретичного корпусу медичного інституту складає 1,68 грн/кВт·год (з ПДВ).

Витрата на освітлення за рік становлять:  $29 \text{ кВт} \cdot 198 \text{ днів} \cdot 1,68 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 9647 \text{ грн/рік}$ .

Підраховемо грошові витрати на купівлю ламп (після закінчення терміну служби):

$$130 \text{ шт} \cdot 16 \text{ грн} + 32 \text{ шт} \cdot 20 \text{ грн} = 2720 \text{ грн}$$

Розраховую витрати електричної енергії при використанні світлодіодних лампи:

$$130 \text{ шт} \cdot 6\text{Вт} + 32\text{шт} \cdot 14\text{Вт} = 1228 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Споживання електричної енергії світлодіодними лампами за добу становить:  $1228\text{Вт} \cdot \text{год} \cdot 8\text{год} = 9,8 \text{ кВт}$  на добу

Витрата на освітлення коридору, при використанні світлодіодних ламп, на рік складуть  $9,8 \text{ кВт} \cdot 1,68 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} \cdot 198 \text{ днів} = 3260 \text{ грн}$ .

Грошові витрати на купівлю світлодіодних ламп становлять:  $130 \text{ шт} \cdot 90 \text{ грн} + 32 \text{ шт} \cdot 127 \text{ грн} = 15764 \text{ грн}$

Підрахунок економії від впровадження заходу:

$$E=9647-3260=6387 \text{ грн в рік}$$

Термін окупності ламп складе

$$T=15764/6387=2,5 \text{ роки}$$

#### 4.2 Утеплення зовнішніх огорожень

##### 4.2.1 Утеплення зовнішніх стін

Необхідна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{ym} = [R_{qmin} - R_{np}] \cdot \lambda_{ym}$$

де:  $\lambda_{ym}$  - теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, обирається з [9],  
0,036 Вт/(м·К);

$R_{qmin}$  – нормований опір теплопередач (табл.3.1);

$R_{np}$  – дійсний опір теплопередач (табл.3.1).

Таким чином:

$$\delta_{ym} = (3,3 - 1,1) \cdot 0,036 = 0,0792 \text{ м} = 80 \text{ мм}$$

Для утеплення вибираємо базальтові плити, розміром плит:  
1180\*580\*80мм та 0,6844 м<sup>2</sup> вартість якого складає 132 грн/м<sup>2</sup> [9]. Загальна  
площа стін, які потребують утеплення складає 1355,8 м<sup>2</sup>.

Отже для утеплення фасаду нам необхідно 1355,8 м<sup>2</sup> утеплювача, тобто  
вартість утеплювача складає 1355,8·132=178966грн.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Окрім основного утеплювача, необхідні такі матеріали:

- ґрунтівка кварцова адгезійна СМ-Гк-161 [10], вартість якої складає 180,89 грн за 15 кг. На 1 м<sup>2</sup> необхідно ґрунтівки 0,3 кг. Площа стіни 1355,8 м<sup>2</sup>. Кількість необхідної ґрунтівки 407 кг. Тому вартість ґрунтівки необхідної для утеплення складе 4908 грн;

- клей-шпаклівка для утеплювача та сітки СМ-Кс-131 [10], вартість якого 58,52 грн за 25 кг. На 1 м<sup>2</sup> витрачається 10 кг клею-шпаклівки. І тому необхідно 1355,8 м<sup>2</sup>·10 кг=13558 кг клею-шпаклівки. Витрати на клей шпаклівку складуть 31726 грн;

- дюбель фасадний 10х140, [10], вартість 1 шт 0,62 грн. На 1 м<sup>2</sup> необхідно 5 шт. І тому необхідна кількість дюбелів складає: 1355,8·5=6779 шт. Витрати складуть 6779шт·0,62грн=4203грн;

- сітка фасадна скловолонняна кислотнo-лугостійка 160 г/м<sup>2</sup> [10]. Вартість рулону (50 м<sup>2</sup>) 320 грн. На 1 м<sup>2</sup> потрібно 1,1 м<sup>2</sup> сітки. Матеріалу необхідно 1355,8 м<sup>2</sup>·1,1 м<sup>2</sup>·=1491,4 м<sup>2</sup>. Витрати складуть 9545 грн;

- декоративна штукатурка короїд 2,5 мм СМ-Шд-352, [10]. Вартість 25 кг – 116,36грн. На 1 м<sup>2</sup> витрачається 3,2 кг. І тому необхідно 1355,8 м<sup>2</sup> ·3,2 кг=4338,6 кг короїду. Витрати на короїд складуть 20194 грн;

- декоративна штукатурка «шуба» 1,5 мм СМ-Шд-6015, [10]. Вартість 25 кг-346,59 грн. Для площі 158 м<sup>2</sup> необхідно 363 кг штукатурки. Витрати складуть: 5032 грн.

Вартість монтажних робіт складає приймаємо 10% від загальних витрат на матеріали.

Загальні витрати на утеплення стіни:

$$K = 138292 + 4365 + 26167 + 3525 + 8590 + 16722 + 4887 + (202548 \cdot 10\%) = 274829 \text{ грн}$$

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Згідно проведених розрахунків в формулі та враховуючи дані з таблиці 3.3, в результаті підвищення опору теплопередачі до нормованих показників, економія втрат теплової енергії становлять:

$$\Delta Q = 49302 - 17256 = 32046 \text{ Вт}$$

Економія від впровадження заходу в Гкал:

$$\Delta Q^{Ek} = 32046 \frac{(20 - (-2,5))}{20 - (-22)} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 184 = 65,2 \text{ Гкал / рік}$$

Економія в грошовому еквіваленті, грн./рік:

$$E = 65,2 \cdot 1239,95 = 80845 \text{ грн/рік}$$

Простий термін окупності

$$T = 274829 / 80845 = 3,4 \text{ рік}$$

#### 4.2.2 Заміна вікон у дерев'яних рамах на пластикові

Проводячи обстеження було виявлено що в деяких приміщеннях встановлені вікна застарілої конструкції (в дерев'яних рамах), які перебувають у не належному стані. І тому їх необхідно замінити на нові пластикові. Встановлюємо вікна DECEUNINCK профільної системи Everest-тах, [13]. Вікна вибираємо тих же розмірів, що встановлені в теоретичному корпусі.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

Таблиця 4.2 – Заміна вікон

Розмір вікна	Кількість, шт	Вартість одного вікна, грн.	Загальна вартість, грн
1,8x1,7	83	3750	311250
1,1x1,1	23	1610	37030
1,8x1,1	4	2250	9000
0,8x0,8	4	1300	5200
Загальна вартість з монтажем вікон			362480

Враховуючи дані таблиць 4.2 загальна площа вікон з деревини становить 122,9 м<sup>2</sup>.

Розраховуємо тепловтрати крізь віконні отвори після встановлення пластикових вікон з нормованою величиною опору теплопередачі 0,75 м<sup>2</sup>·К/Вт та за відсутності втрат на інфільтрацію холодного повітря внаслідок сучасної технології ущільнення віконних конструкцій:

$$Q_{вкн} = 122,9/0,75*(20-(-22))=6882,4 \text{ (Вт)}$$

Згідно проведених розрахунків втрати тепла крізь вікна з деревини з урахуванням тепловтрат на інфільтрацію крізь них холодного повітря до встановлення пластикових є наступними:

$$Q_{вкн} = 22541+8300=30841 \text{ (Вт)}$$

$$Q_{вкн} = 22541 \text{ (Вт)}$$

Економія втрат теплоти після заміни вікон, Вт

$$\Delta Q=30841-6882,4=23958,6 \text{ (Вт)}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Економія втрат теплоти після заміни вікон в Гкал

$$\Delta Q = 23958,6 \cdot (20 - (-2,5)) / (20 - (-22)) \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 184 = 49,13 \text{ Гкал/рік}$$

Економія в грошовому еквіваленті, грн.:

$$E = 49,13 \cdot 1239,95 = 60924 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності

$$T = 362480 / 60624 = 5,9 \text{ р.}$$

Таблиця 4.3 - Заходи з енергозбереження

Заходи	Капіталовкладення, грн	Річна економія, грн	Строк окупності, роки
Утеплення стін	274829	80845	3,4
Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні	15764	6387	2,5
Заміна вікон	362480	60624	5,9

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахункова частина

#### 5.1.1 Методика розрахунку

Розрахунок оцінки економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів проводиться згідно методики [18]. В даному пункті наводиться розрахунок енергозберігаючих заходів за дисконтним методом.

#### 5.2 Чистий дисконтований дохід NPV

При одномоментному здійсненні інвестиційних витрат  $NPV$  може бути визначений за формулою:

$$NPV = \sum_{t=t_i}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (5.1)$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					52



Якщо інвестиційні витрати здійснюються у декілька етапів, розрахунок показника  $NPV$  здійснюється за наступною формулою:

$$NPV = \sum_{t=t_1}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{t_3} \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (5.2)$$

де  $I_t$  – інвестиційні витрати у році  $t$ ;

$t_3$  – момент закінчення інвестування.

Сума чистого грошового потоку за окремими інтервалами часу визначається за формулою:

$$P_t = D_t - B_t - (D_t - B_t - A_t) \cdot k_n, \quad (5.3)$$

де  $D_t$  – очікуваний загальний дохід від реалізації проекту;

$B_t$  – поточні витрати;

$A_t$  – амортизаційні відрахування, які не увійшли до складу витрат і не оподатковуються,

$k_n$  – податкова ставка (приймається в діапазоні від 0 до 0,25).

Результат розрахунку  $NPV$  є важливим критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Критерії реалізації інвестиційних проектів за показником  $NPV$ 

№ з/п	Значення $NPV$	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$NPV > 0$	Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості	Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано
2	$NPV = 0$	Дисконтовані результати дорівнюють дисконтованим витратам. Підприємство не отримує додаткового доходу на власний капітал	Проект є беззбитковим. Якщо матимуть місце соціальний або екологічний ефекти, то він може бути прийнятий
3	$NPV < 0$	Дисконтовані результати є меншими за дисконтовані витрати, що призведе до зменшення вартості вкладеного капіталу	Проект є неефективним (збитковим) і його слід відхилити

### 5.2.1 Індекс доходності $PI$

$PI$  є відносним показником і розраховується як відношення чистого приведенного доходу від реалізації проекту до початкових або приведених інвестиційних вкладень:

$$PI = \frac{\sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{I_0}, \text{ або } PI = \frac{\sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{t_3} \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (5.4)$$

Зазначені критерії оцінки за показником  $PI$  наведені у табл. 5.3

При порівняльній оцінці декількох проектів найбільш ефективним визнається той проект, що характеризується максимальним значенням індексу доходності.

Таблиця 5.3 – Критерії реалізації інвестиційних проектів за показником  $PI$

№ з/п	Значення $PI$	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$PI > 1$	Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості	Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано
2	$PI = 1$	Дисконтовані результати дорівнюють дисконтованим витратам. Підприємство не отримує додаткового доходу на власний капітал	Проект є беззбитковим. Якщо у разі реалізації проекту матимуть місце соціальний або екологічний ефекти, то він може бути прийнятий
3	$PI < 1$	Дисконтовані результати є меншими за дисконтовані витрати, що призведе до зменшення вартості вкладеного капіталу	Проект є неефективним (збитковим) і його слід відхилити

## 5.2.2 Внутрішня норма доходності IRR

Даний показник є найбільш складним для розрахунку та одним із найважливіших показників оцінки ефективності інвестиційних проектів. Під цим критерієм розуміють таку розрахункову ставку приведення, за якої дохід від реалізації проекту дорівнює приведеним витратам на здійснення і, отже, капіталовкладення тільки окупаються. Таким чином *IRR* – це така ставка дисконтування, за якої  $NPV=0$ :

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+IRR)^t} - \sum_{t=0}^{t_3} \frac{I_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (5.5)$$

де *IRR* – внутрішня норма доходності за інвестиційним проектом.

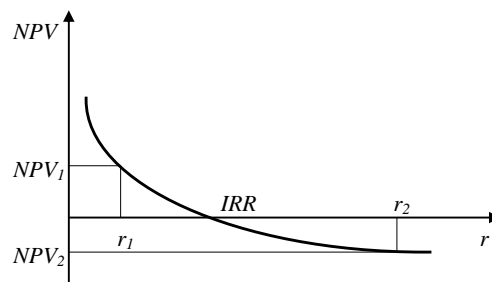


Рисунок 5.1 – Зв'язок між ставкою дисконту та чистою поточною вартістю

Як показано на рис.5.1 при збільшенні ставки дисконту величина чистої поточної вартості зменшується і при певному значенні ставки дисконту обертається в нуль. Ставка дисконтування, за якої  $NPV$  дорівнює нулю, і є внутрішньою нормою доходності.

Точний розрахунок значення *IRR* здійснюється за допомогою методу ітерацій з використанням ЕОМ.

Розраховане значення *IRR* порівнюється з ціною інвестиційних ресурсів  $r$ , отриманих із можливих джерел (табл. 5.4)

Таблиця 5.4 – Критерії реалізації інвестиційних проектів за показником *IRR*

№ з/п	Значення <i>IRR</i>	Економічна інтерпретація	Суть управлінського рішення
1	$IRR > r$	<i>IRR</i> перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту	Проект можна прийняти
2	$IRR = r$	<i>IRR</i> дорівнює мінімальній ціні інвестицій для даного проекту	Проект потребує додаткового аналізу
3	$IRR < r$	Інвестиції не окупаються	Проект відхиляється

### 5.2.3 Дисконтований термін окупності *PP*

Дисконтований період окупності можна визначити за формулою:

$$PP = m + \frac{I - P_m}{P_{m+1}}, \quad (5.6)$$

де *PP* – дисконтований період окупності інвестиційних витрат за проектом, років;

$P_m$  - сума дисконтованих грошових надходжень від реалізації проекту за повну кількість років, щоб вона була найбільш наближеною до суми інвестицій, але не перевищувала її. Таким чином має виконуватися нерівність:  $P_m < I < P_{m+1}$ ;

$m$  – кількість повних років, у яких сума дисконтованих доходів, розрахованих наростаючим підсумком, менша за суму дисконтованих інвестиційних витрат;

$(m+1)$  – рік, у якому сума дисконтованих надходжень, розрахованих наростаючим підсумком, перекиє суму дисконтованих інвестиційних витрат;

$P_{m+1}$  – дисконтовані грошові надходження за проектом в  $(m+1)$ -му році.

#### 5.2.4 Розрахунок енергозберігаючих заходів

Розрахунок виконується за методикою наведеною в пункті 5.2.1 для енергозберігаючого заходу – утеплення стін.

Витрати на впровадження заходу становлять 274829 грн. Річна економія становить 80845 грн.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергозберігаючого заходу дисконтним методом.

Чистий дисконтний дохід NPV.

Для аналізу скористаємося табличною формою. Ставка дисконту для більшості країн світу складає – 10% (0,1).

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту, в даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також, з таблиці 5.5 видно, що в абсолютних величинах, проект з урахуванням дисконтної ставки окупається за 6 років. Чистий дохід проекту складає 2958971 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 515758 грн.

Таблиця 5.5 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати)	Вигоди $D$ (дохід)	чистий грошовий потік, $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV
0	-274829	0	0	1	0	-222803
1	0	80845	-193984	0,909	73495	-201334
2	0	80845	-113139	0,826	66814	-134519
3	0	80845	-32294	0,751	60740	-73779
4	0	80845	48551	0,683	55218	-18561
5	0	80845	129396	0,621	50198	31637
6	0	80845	210241	0,564	45635	77272
7	0	80845	291086	0,513	41486	118758
8	0	80845	371931	0,467	37715	156473
9	0	80845	452776	0,424	34286	190759
10	0	80845	533621	0,386	31169	221929
11	0	80845	614466	0,350	28336	250264
12	0	80845	695311	0,319	25760	276024
13	0	80845	776156	0,290	23418	299442
14	0	80845	857001	0,263	21289	320731
15	0	80845	937846	0,239	19354	340084
16	0	80845	1018691	0,218	17594	357679
17	0	80845	1099536	0,198	15995	373673
18	0	80845	1180381	0,180	14541	388214
19	0	80845	1261226	0,164	13219	401433
20	0	80845	1342071	0,149	12017	413450
21	0	80845	1422916	0,135	10925	424375
22	0	80845	1503761	0,123	9931	434306
23	0	80845	1584606	0,112	9029	443335
24	0	80845	1665451	0,102	8208	451543
25	0	80845	1746296	0,092	7462	459004
26	0	80845	1827141	0,084	6783	465788
27	0	80845	1907986	0,076	6167	471954
28	0	80845	1988831	0,069	5606	477560
29	0	80845	2069676	0,063	5096	482657
30	0	80845	2150521	0,057	4633	487290
31	0	80845	2231366	0,052	4212	491502
32	0	80845	2312211	0,047	3829	495331
33	0	80845	2393056	0,043	3481	498812
34	0	80845	2473901	0,039	3164	501976
35	0	80845	2554746	0,036	2877	504853
36	0	80845	2635591	0,032	2615	507468
37	0	80845	2716436	0,029	2378	509846
38	0	80845	2797281	0,027	2161	512007

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Лист

59

$$NPV=790587-274829=515758 \text{ грн.}$$

Розраховуємо індекс доходності який буде дорівнювати:

$$PI = \frac{790587}{274829} = 2,9$$

Так як,  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано.

Внутрішня норма доходності IRR.

IRR=42% (таблиця 5.5).  $IRR > r$ , IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект можна прийняти.

Дисконтований термін окупності PP.

$$PP = 6 + 274829 - 203831 / 24016 = 9 \text{ років.}$$

Таблиця 5.6 – Очікувані економічні показники від реалізації енергозберігаючого заходу утеплення стіни

№ з/п	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	274829
2 Техніко-економічні показники		
2.1	Річна економія, грн	80845
2.2	Чистий дисконтний дохід, грн	515758
2.3	Індекс доходності	2,9
2.4	Внутрішня норма доходності, %	42
2.5	Дисконтований термін окупності, років	9



Даний енергозберігаючий захід є ефективним так як  $NPV > 0$ .  
Дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є  
інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу  
підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований з  
великою вірогідністю.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи було проведено обстеження енергетичних систем теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ, а саме системи теплозабезпечення та системи електрозабезпечення.

На першому етапі енергетичного аудиту був проведений збір інформації про досліджуваний об'єкт: були визначені розміри приміщень, вікон; вимірювалась температура усередині приміщень і температура навколишнього середовища; вимірювалась освітленість приміщення, було визначено перелік електрообладнання встановленого в приміщеннях.

На основі отриманої інформації були проведені розрахунки тепловтрат по будівлі. Були визначені основні напрямки з енергозбереження: для системи теплозабезпечення – підвищення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та заміна вікон з дерев'яними рамами на вікна з ПВХ профілю; для системи електрозабезпечення – заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.

В економічному розділі було проведено розрахунки можливих енергозберігаючих заходів з урахуванням дисконтної ставки. Що дає змогу визначити ефективність запропонованих заходів.

Додатково у роботі було розглянуто питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, а саме, було проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів теоретичного корпусу.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						62

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічний паспорт на цифровий люксметр марки DE-3350
2. Технічний паспорт на термоанемометр Testo 605-Н
3. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
4. ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення»
5. ДБН В.2.6-31:2016 "Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель"
6. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» /укладачі: С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко. – Суми : Сумський державний університет,2014. – 84 с.
7. <http://bud.kharkov.ua/category/aljufom/>
8. <http://sumy.prom.ua/p5504700-svetodiodnaya-lampa-t81ds.html>.
9. <http://stroytrading.com.ua/Penopolistirol-technoplex-technonikol-35-standart-60mm-1375.html>
10. <http://stroymateriali.kiev.ua/uteplenie-materiali-kiev2>
11. <http://doma-stroy.com.ua/danova.html>
12. <http://ntg.net.ua/dlja-podvesnyh-potolkov/>
13. <http://www.magazinokon.com.ua>.
14. Федішин Б. П. Економіка енергетики : навчальний посібник для студентів енергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів / Б. П. Федішин. – Тернопіль : Астон, 2003. – 160 с.
15. <http://uk.wikipedia.org/wiki/%ED%E0>
16. Мельник Л. Г. Економіка енергетики : навчальний посібник / Л. Г. Мельник, О. І. Карінцева, І. М. Сотник. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 238 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

17. Сотник І.М. Економіка енергетики. Навч. посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 262 с.
18. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проєктів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48 с.
19. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. -Київ - 2007
20. ДБН В.11-7-2002 «Пожежна небезпека об'єктів будівництва» – На заміну СНиП 2.01.02-85\* – Держбуд України, 2003. – 87 с.
21. ДСанПіН 5.5.6.009-98 Державні санітарні правила та норми "Влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах"
22. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з курсу: «Основи охорони праці» для студентів усіх спеціальностей заочної форми навчання/ А.Ф. Денисенко – Суми:СумД,-2005,-33с.
23. [http://ventlux.com.ua/good\\_show/580.html](http://ventlux.com.ua/good_show/580.html).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

## ДОДАТОК А

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### А.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів досліджуваного об'єкту

Досліджуваним об'єктом є будівля теоретичного блоку медичного інституту Сумського Державного Університету, яка призначена для проведення навчальних занять. Будівля зведена та експлуатується з 1992 року. Досліджуваний об'єкт є чотири поверховою будівлею в якому знаходяться приміщення для проведення лекційних та практичних занять, лабораторні аудиторії, в яких розміщена велика кількість різного медичного обладнання.

Проаналізуємо небезпечні та шкідливі фактори для об'єкту дослідження.

Небезпечні фактори:

1) Електробезпека

Основним джерелом електробезпеки в будівлі є можливі замикання електричної мережі від комп'ютерів у комп'ютерному класі де їх кількість перевищує 10 шт., а також від іншого електрообладнання та від джерел освітлення.

У приміщеннях з підвищеною небезпекою електроприлади, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією або напруга живлення не повинна перевищувати 42 В, встановлювати електричні запобіжники, не допускати попадання вологи на поверхню системного блоку, монітора, робочу поверхню клавіатури, дисководу, принтера та інших пристроїв. Наявний стан електричної мережі, розеток та електричних приладів є добрим.

В будівлі медичного інституту електрошитова з розподілом на 0,4 кВ, від якої живиться електроенергією силове обладнання та освітлювальна мережа будівлі знаходиться на першому поверсі.

Захист від ураження електричним струмом і загорянь в будівлі здійснюють за допомогою захисного занулення, яке передбачає навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою. Контур захисного занулення улаштований з метою забезпечення нормальних режимів роботи установки, забезпечення безпеки людей

при порушенні ізоляції мережі струмопровідних частин, захисту електроустаткування від перенапруги, захисту людей від статичної електрики.

## 2) Пожежна небезпека

Причинами виникнення пожеж може бути коротке замикання, перевантаження мереж, несправність обладнання. Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 «Определение категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»[19] приміщення учбового корпусу відносяться до пожежонебезпечних. Оскільки в приміщеннях знаходяться горючі речовини в холодному стані (документація, надруковані папери, дерев'яні меблі), то їх слід віднести до категорії «В» пожежонебезпечних приміщень. В теоретичному блоці є запасний вихід, щити протипожежного захисту розміщені біля входу та оснащені ручними вогнегасниками.

У будівлі на кожному поверсі розміщений план евакуації на випадок виникнення пожежі. На випадок евакуації людей передбачено аварійні виходи. Згідно з ДБН В.11-7-2002 «Пожежна небезпека об'єктів будівництва» двері аварійних виходів повинні відкриватися в напрямку руху [20].

## 3) Механічна небезпека

Джерелами механічної небезпеки в будівлі навчального корпусу можуть виступати сходи, слизька підлога, гострі кути та краї огорожувальних конструкцій. Також одним із факторів, що може призвести до механічних ушкоджень це не дотримання правил поведінки під час проведення лабораторних занять в спеціально відведених на це приміщеннях. Інших механічних небезпек в будівлі не може виникати так як освітленість в будівлі достатня, рухомих деталей та механізмів в будівлі немає.

## 4) Хімічна небезпека

При недотриманні правил поведінки в лабораторних приміщеннях в яких проходять заняття з курсу мікробіології, вірусології та імунології можливе зараження шкідливими речовинами крові, що призведе до погіршення самопочуття, запаморочення голови та інших небезпечних наслідків.

## А.2 Шкідливі фактори

### 1) Мікроклімат

До параметрів мікроклімату належать:

- температура повітря і його відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- потужність теплового випромінювання приладів та устаткування, що

знаходяться у приміщенні.

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель» [5] параметри мікроклімату в учбових закладах повинні відповідати таким нормам (таблиця А1).

Таблиця А1 – Параметри мікроклімату

Будівля	Температура внутрішнього повітря, °С	Відносна вологість внутрішнього повітря фв, %	Температура точки роси, °С
Навчальний заклад	20	55	10,7

### 2) Повітря робочої зони. Джерела запиленості повітря відсутні.

У будівлі працює природна організована канална система вентиляції. Вентиляційні канали розміщені в приміщеннях санвузла на кожному поверсі. Також у будівлі є механічна вентиляція яка знаходиться в лабораторії.

### 3) Шум та вібрації

Основним джерелом шуму є комп'ютерне обладнання, найбільша концентрація якого зосереджена у комп'ютерному класі (більше 10 штук). Шум створюють системний блок, а точніше блок живлення в системному блоці - менше 40 дБА (один метр від поверхні), принтер - менше 40 дБА. Вплив шуму відбивається як на органах слуху, так і на загальному психологічному стані людини. Можливі глухота, нервові розлади. Тому необхідно робити п'ятнадцятихвилинні перерви кожні півгодини роботи за комп'ютером.

Шум, що створюється роботою ПК в класах, умовно можливо віднести до постійного.

4) Іонізуючі і м'які джерела випромінювання

5) Освітлення

Освітленість аудиторій на робочих партах та столах повинна бути 300 лк.

У приміщеннях навчального корпусу використовується як природне так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через світлові отвори (вікна) в приміщеннях. Площа скління становить 23% від загальної площі зовнішніх стін, що забезпечує достатню освітленість приміщень у день. Поряд з об'єктом відсутні висотні будинків та дерев, які могли б перешкоджати потраплянню сонячної світла до приміщень. Також у деяких учбових кімнатах присутні місцеві світильники – люмінесцентні світильники потужністю 18 Вт.

Можна стверджувати, що освітлення обстежуваного об'єкту відповідає всім показникам.



## ДОДАТОК Б

Таблиця Б1 – Результати вимірювання освітленості в приміщеннях  
теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ

Час занять/ № приміщення	8.15- 9.35	9.50- 11.10	11.25- 12.45	13.25- 14.45	15.00- 16.20
І поверх					
101- Комп. клас	76	89	126	69	52
102а-Зал засідань	109	124	147	116	107
102 - Приймальня	90	126	139	133	96
102б- Кабінет директора	135	157	185	126	112
103 - Кабінет	149	158	210	138	123
104 -Навчальна частина	119	135	148	106	97
105а - Кабінет	112	137	159	119	107
105 - Деканат	107	132	153	106	98
105б- Кабінет	237	263	310	221	216
106-Кабінет	213	225	259	217	196
107- Роздягальня	121	137	142	129	109
109 - Лабораторія	119	124	153	120	105
109а- Лабораторія	103	117	126	115	98
110 - Лабораторія	169	184	204	173	154
111- Кабінет	186	202	226	197	183
112-Коридор перед блоком "В"	76	80	93	64	48
113- Коридор (перехід)	17	23	37	19	13
114-Коридор блоку "Б"	39	45	75	31	26
115- Службовий WC	129	175	196	156	113
116- Запасний вихід	41	58	75	63	51
117 - Запасний вихід	46	54	79	64	53
118 - Запасний вихід	43	56	76	67	55

## Продовження таблиці Б1

119- Запасний вихід	42	59	71	69	60
II поверх					
200 - Асистенська	189	225	245	221	214
201 - Асистенська	245	289	367	301	267
202 - Кабінет	236	278	345	302	254
203 - Кабінет	242	284	352	317	269
204 - Викладацька	69	83	124	96	62
205 - Аудиторія	121	194	298	239	153
206а - Викладацька	95	115	188	165	106
206б - Аудиторія	103	189	206	175	164
207-Лабораторія	115	183	190	172	157
208-Лабораторія	138	154	187	159	142
209-Автоклавна	103	127	158	136	112
210-Аудиторія	45	75	86	69	39
211- Аудиторія	60	63	76	62	51
212-Препараторна	53	87	102	76	62
213- Лабораторія	76	131	146	127	115
214-Кабінет	104	158	175	143	137
215- Кабінет	126	198	236	203	169
216-Аудиторія	158	203	279	238	178
217-Лабораторія	192	210	298	264	203
218- Аудиторія	139	168	209	187	157
219- Аудиторія	148	188	227	173	163
220 - Аудиторія	134	172	217	184	161
221-Коридор	-	-	-	-	-
222-Коридор	10	16	25	14	12
223-Сходи між I та II поверхом	197	226	257	231	201
WC	175	267	305	286	234

## Продовження таблиці Б1

Запасний вихід	41	58	75	63	51
III поверх					
301 - Лабораторія	275	289	293	274	261
302 – Завідувач курсом	280	285	301	271	254
303 – Викладацька	282	293	299	287	273
304- - Препараторська	200	247	260	231	210
305 – Аудиторія	169	172	183	168	148
306 – Аудиторія	168	186	211	171	159
306 а – Лабораторія	99	147	185	113	102
307 – Аудиторія	101	153	167	109	99
308- Аудиторія	112	219	245	157	143
309 – Аудиторія	197	240	259	203	187
310 – Аудиторія	305	316	321	298	268
311 - Викладацька	115	135	184	129	120
312- Аудиторія	75	118	168	97	79
312а-Підсобне приміщення	144	168	183	151	143
313 – Аудиторія	130	137	151	136	121
314 – Завідувач кафедри	104	123	156	134	102
315 - Аудиторія	99	105	127	112	103
WC	207	216	238	193	184
Запасний вихід	41	58	75	63	51
Коридор	10	16	25	14	12
Сходи між II та III поверхом	197	226	257	231	201
IV поверх					
401- Завідувач кафедри	104	123	156	139	115
402- Кабінет	280	285	301	271	254
403-Кабінет	282	293	299	287	273
404 - Лабораторія	200	247	269	246	229

Продовження таблиці Б1

405 - Аудиторія	169	172	183	176	159
406 - Аудиторія	171	186	211	171	159
407 - Аудиторія	106	147	185	113	102
408- Аудиторія	101	153	167	109	99
409 - Лабораторія	112	219	247	221	199
410 - Викладацька	197	240	259	203	187
411 - Аудиторія	-	-	-	-	-
411a - Аудиторія	134	172	217	184	161
412 - Аудиторія	115	183	190	172	157
413 - Кабінет	138	154	187	159	142
414 - Викладацька	103	127	158	136	112
415 - Аудиторія	60	63	76	62	51
416 - Лабораторія	53	87	102	76	62
WC	207	216	238	193	184
Коридор	10	16	25	14	12
Сходи між III та IVповерхом	197	226	257	231	201
Запасний вихід	41	58	75	63	51

Таблиця Б2 - Результати вимірювання температури в середині приміщень теоретичного корпусу медичного інституту СумДУ

Назва приміщення /							
Температури в середині приміщення, °С							
I поверх		II поверх		III поверх		IV поверх	
101	18,3	200	18	301	17,1	401	16,5
102a	17,3	201	16,5	302	16,4	402	16,7
102	19,2	202	17,1	303	16,6	403	16,1
102б	19,8	203	17,2	304	16,9	404	17
103	19,2	204	17,4	305	16,9	405	16,5

Продовження таблиці Б2

104	18,3	205	17	306	15,4	406	15,3
105a	18,2	206a	16,5	307	16,5	407	16,4
105	18	206б	16,7	308	16,4	408	16,3
105б	15	207	17	309	17,2	409	17,4
106	17,8	208	17,2	310	16,6	410	16,4
107	19,4	209	17,4	311	16,3	411	16,2
109	19,8	210	19,3	312	16,7	411a	16,9
109a	19,7	211	19,2	312a	17,4	412	17,4
110	18,3	212	16,4	313	17,3	413	17,5
111	19,7	213	18,8	314	17,5	414	17,4
112	18,2	214	19	315	17,1	415	17
113	18,3	215	19,6	WC	16	416	16
114	18,2	216	18,7	Запасний вихід	15	WS	16
115	16,1	217	19,4	Коридор	16	Коридор	16
116	14,1	218	18,4	Сходи	16,8	Сходи	17,1
117	13,2	219	18,1			Запасний вихід	15
118	13,1	220	17,3				
119	13,3	Коридор	16				
		Коридор	17				
		Сходи	17,1				
		WC	17,4				
		Запасний вихід	15				