

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему: «Енергетичне обстеження систем енергоспоживання ЗОШ  
№ 18, м. Суми»

Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»  
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Яценко Р. Ю.

(прізвище і ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

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

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Мандрика А. С.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

\_\_\_\_\_  
(наукова ступінь, звання або посада)

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
“ \_\_\_\_\_ ”

Секретар комісії \_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2019

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 128 с., 29 таблиць, 15 рисунків, 5 додатків, 50 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема будівлі навчального закладу та плакати: графік споживання енергоносіїв; тепловтрати; енергозберігаючі заходи.

Мета роботи: проведення енергетичного обстеження систем тепло-, водо-, електропостачання та надання рекомендацій щодо підвищення ефективності енергоспоживання будівлею.

Відповідно поставленої мети були поставлені і вирішені наступні задачі:

- провести аналіз дійсного стану огорожувальних конструкцій;
- провести аналіз систем тепло-, водо-, електропостачання;
- провести аналіз ефективності використання енергоносіїв;
- розроблення рекомендацій щодо підвищення енергоефективності будівлею ЗОШ № 18;
- розробка енергозберігаючих заходів.

Об'єктом дослідження є системи тепло-, водо-, електропостачання ЗОШ №18, м. Суми.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі ЗОШ № 18 і надання рекомендацій щодо підвищення ефективності використання енергоносіїв.

Методи дослідження: інструментальне вимірювання температури та вологості по приміщеннях навчального закладу; економіко-математичні методи під час розробки заходів енергозбереження.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

Тема роботи – «Енергетичне обстеження систем енергоспоживання ЗОШ №18, м. Суми»

# КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	2
ЗМІСТ .....	4
ВСТУП.....	5
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....</b>	<b>10</b>
1.1 Загальні відомості про об’єкт енергетичного обстеження .....	10
1.2 Опис дійсного стану об’єкта.....	11
1.2.1 Опис технічних характеристик будівлі.....	11
1.2.2 Опис технічного стану систем теплопостачання .....	14
1.2.3 Опис технічного стану систем водопостачання та водовідведення.....	16
1.2.4 Опис технічного стану системи електропостачання та освітлення .....	17
1.2.5 Опис технічного стану системи вентиляції .....	21
1.3 Тарифи та прилади обліку енергоносіїв .....	22
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	23
1.4.1 Аналіз обсягів споживання тепла .....	23
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	26
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води .....	29
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв .....	31
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла .....	31
1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії .....	32
1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води.....	33
1.5.4 Грошовий аналіз витрат на ПЕР та воду.....	34
1.6 Інструментальне обстеження.....	35

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ						
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Енергетичне обстеження систем енергоспоживання ЗОШ № 18, м. Суми						
Розроб.		Яценко Р.Ю							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мандрика А.С							4	128	
Н. контр.									СумДУ, ЕМ-51		
Затв.											

2	РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ .....	39
2.1	Методика проведення розрахунку .....	39
2.2	Проведення розрахунку .....	43
2.2.1	Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій .....	44
2.2.1.1	Стіни.....	44
2.2.1.2	Горищне перекриття .....	46
2.2.1.3	Вікна.....	48
2.2.1.4	Підлога .....	49
2.2.1.5	Двері.....	52
2.2.2	Розрахунок тепловтрат.....	57
3	РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ .....	66
3.1	Перелік можливих енергозберігаючих заходів.....	66
3.1.1	Розрахунок теплової потужності будівлі .....	66
3.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів .....	69
3.2.1	Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни) .....	69
3.2.2	Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах) .....	78
3.2.3	Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (підлога).....	85
3.2.4	Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції.....	92
4	УЛАШТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК БЛИСКАВКОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.....	102
4.1	Загальні відомості про прямий удар блискавки.....	102
4.2	Блискавкозахист будівель та споруд .....	103
4.3	Технічне обладнання для блискавкозахисту будівлі чи споруд .....	105
4.3.1	Вибір пристроїв блискавкозахисту .....	106
4.3.2	Блискавкоприймачі .....	108
4.3.3	Струмівідвід.....	108
4.3.4	Заземлювач.....	110
4.4	Розробка експлуатаційно-технічної документації .....	113

ВИСНОВОК.....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	117
ДОДАТОК А .....	124
ДОДАТОК Б.....	125
ДОДАТОК В .....	126
ДОДАТОК Г.....	127
ДОДАТОК Д.....	128

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

"Україна відноситься до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок власного їх видобутку менш, ніж на 50 %" [1].

"Видобуток власних ПЕР проводиться в таких гірничо-геологічних умовах, які роблять їх не конкурентоздатними з імпортованими ПЕР. Це перш за все відноситься до видобутку нафти і газу. Не краща сучасна ситуація і у вугільній промисловості, де більшість шахт мають низькі економічні показники. Хоча Україна має великі поклади вугілля, якого вистачило б на сотні років, однак для їх розробки необхідні великі капітальні вкладення, яких в умовах економічної кризи держава не може забезпечити" [1].

"Поряд з цим ефективність використання ПЕР в економіці України та соціальній сфері дуже низька. Енергоємність валового внутрішнього продукту в Україні на сьогодні більш, ніж вдвічі вища за енергоємність промислово розвинутих країн Західної Європи і продовжує зростати. Потенціал енергозбереження в Україні становив в докризовий період 40 - 45 % від енергоспоживання, а за часи кризи він ще виріс" [1].

"Для енергозбереження характерна висока економічна ефективність. Витрати на тону умовного палива, отриманого за рахунок енергозбереження, в декілька разів менші за витрати на його видобуток чи купівлю. Тому в умовах України підвищення енергоефективності та енергозбереження стає стратегічною лінією розвитку економіки та соціальної сфери на найближчу та подальшу перспективу" [1].

В умовах постійно зростаючого попиту на різні види енергоресурсів найпершим завданням енергоменеджменту є розроблення і впровадження якнайменше витратних енергозбережних заходів [2].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів [3].

Енергозбереження є одним із пріоритетів державної політики, важливим напрямком у діяльності усіх без винятку суб'єктів господарювання. При цьому здебільшого заходи щодо впровадження енергозбережних технологій не вимагають великих фінансових витрат.

Основні напрями енергозбережних заходів у системах теплопостачання будівель передбачають проектування елементів «пасивної архітектури», заходи з утеплення існуючих будівель, енергозбережні системи опалення, вентиляції, кондиціонування, холодопостачання, каналізаційні та «розумні» системи [2].

Для кращого підвищення енергоефективності, впровадження інноваційних енергосистем та модернізацію об'єкту, в усіх суб'єктах господарювання, використовують послугу енергетичного аудиту.

Енергетичний аудит, енергоаудит (енергетичне обстеження) - вид діяльності, спрямований на зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання, який полягає у проведенні енерготехнологічної і техніко-економічної експертизи, веденні обліку паливно-енергетичних ресурсів, а також у розробленні та обґрунтуванні енергоощадних заходів [4].

Метою енергетичного аудиту є сприяння суб'єктам господарської діяльності у визначенні своєї політики з енергозбереження, рівня ефективності використання ПЕР, потенціалу енергозбереження, надання допомоги в розробці науково обґрунтованих норм та нормативів питомих витрат, енергобалансів, розробці заходів з енергозбереження, їх фінансовий оцінці та оцінці впливу на охорону праці та довкілля [5].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Мета та призначення представленого енергетичного обстеження: дослідження реального стану споживання енергоносіїв і води, у загальноосвітній школі №18, та розробка енергозберігаючих заходів з метою скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів.

Завдання, які вирішувалися при проведенні енергетичного обстеження: розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів в установі, за результатами проведення енергетичного обстеження на зазначеному об'єкті.

Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження: технічна та будівельна документація установи; показання лічильників споживання ПЕР (електроенергія, тепло, холодна вода); вимірювання температури та освітленості приміщення; вимірювання температури та знімання показань тиску з манометрів системи теплопостачання; попередні енергетичні обстеження.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля Сумської загальноосвітньої школи I–III ступенів № 18.

ЗОШ № 18 підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Будівля розташована за адресою: вул. Леваневського, 8, м. Суми, Сумська область, індекс 40011. Сайт: 18-sumy.com.ua.[6]

У закладі встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Вихідні дні: субота, неділя. Робочий графік роботи закладу: з 8<sup>00</sup> години до 17<sup>30</sup> години.

Керівництво:

Директор – Серпенінов Олександр Олексійович;

Відповідальний за господарчу частину – Панчук Валентина Миколаївна.

Склад людей:

Кількість обслуговуючого персоналу у будівлі – 35 осіб;

Кількість учнів у навчальному закладі – 1065 осіб;

Кількість викладачів, які працюють у навчальному корпусі – 73 особи;

Кількість цілодобових охоронців – 1 особа.

Системи забезпечення функціонування будівлі:

- Теплопостачання;
- Електропостачання;
- Водопостачання;
- Вентиляційна система;
- Водовідведення.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта

### 1.2.1 Опис технічних характеристик будівлі

ЗОШ №18 має три навчальні корпуси загальною площею 2547 м<sup>2</sup>. Для проведення навчального процесу в школі діють 39 навчальних кабінети, 44 навчальні кімнати, 2 майстерні, актова зала, музичний кабінет, бібліотека, кабінет психолога, кабінет соціолога, спортивна зала, їдальня, стоматологічний кабінет, медичний кабінет.

Об'єктом є суцільна будівля, але у зв'язку з тим, що школа добудовувалася в інші роки після основного будівництва тому вона збудована з різних матеріалів. Для об'єднання подальших розрахунків школа поділена на чотири корпуси: «А», «А1», «А2» та «А3». Схема поділення школи на корпуси наведено у додатку А.

Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює відповідальний за господарчу частину та робочий персонал ЗОШ № 18.

Технічні характеристики будівлі наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1- Технічні характеристики будівлі

Характеристики будівлі	Корпус А	Корпус А1	Корпус А2	Корпус А3
Рік побудови	1936	1963	1980	1980
Висота	11,95м	13,85м	8,87м	9,9м
Кількість поверхів	3	4	2	3
Підвал	так	так	так	так
Горище	ні	так	ні	ні
Висота горища	-	0,80м	-	-

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

Площа забудови	859,23 м <sup>2</sup>	614,20 м <sup>2</sup>	459,27 м <sup>2</sup>	578,56 м <sup>2</sup>
Загальна площа забудови	2511,26 м <sup>2</sup>			
Опалювальна площа	708,03 м <sup>2</sup>	547,23 м <sup>2</sup>	408,40 м <sup>2</sup>	650,07 м <sup>2</sup>
Загальна опалювальна площа	2313,73 м <sup>2</sup>			
Об'єм будівлі	10267,75 м <sup>3</sup>	8506,67 м <sup>3</sup>	4073,72 м <sup>3</sup>	5727,74 м <sup>3</sup>
Загальний об'єм будівлі	28575,89 м <sup>3</sup>			
Опалювальний об'єм будівлі	8460,98 м <sup>3</sup>	7141,36 м <sup>3</sup>	3622,51 м <sup>3</sup>	6435,69 м <sup>3</sup>
Загальний опалювальний об'єм будівлі	25660,55 м <sup>3</sup>			
Площа стін	1533,99 м <sup>2</sup>	667,16 м <sup>2</sup>	593,05 м <sup>2</sup>	642,04 м <sup>2</sup>
Загальна площа стін	3436,24 м <sup>2</sup>			
Площа вікон	555,31 м <sup>2</sup>	391,90 м <sup>2</sup>	147,23 м <sup>2</sup>	290,58 м <sup>2</sup>
Загальна площа вікон	1385,02 м <sup>2</sup>			
Кількість та тип вікон	107-С 8-А3 1-А6 1-А7 1-А7*	72-С 24-М*	23-С* 22-Б 2-М	70-С* 1-А1 2-А1* 2-А2 6-А3 1-М*

Продовження таблиці 1.1

Площа дверей	12,11 м <sup>2</sup>	2,58 м <sup>2</sup>	4,36 м <sup>2</sup>	12,09 м <sup>2</sup>
Загальна площа дверей	31,13 м <sup>2</sup>			
Кількість та тип дверей	1-Б6 3-Б5	1-Б1	1-Б3 1-Б2	1-Б1 1-Б2 1-Б4 1-Б5

Вікна школи не однотипні, тому для подальшої роботи з об'єктом вони розподілені на типи. Тип вікон та їх розміри наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2- Технічна характеристика вікон

Тип вікна	Висота, м	Довжина, м
Б	3,5	2
С	2,32	2,15
С*	1,98	1,9
М	1,93	1,1
М*	0,7	1,95
А1	0,75	2,75
А1*	0,8	2,75
А2	1,97	2,75
А3	1,52	1,36
А3*	1,1	1,3
А4	1,4	1,38
А5	1,4	1,09
А6	2,2	1,4
А7	0,87	1,32
А7*	0,75	1,1

Двері начального закладу, як і вікна не однотипні, тому вони також розподілені на типи. Тип дверей та їх розміри наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3- Технічні характеристики дверей

Тип дверей	Висота, м	Довжина, м
Б1	2,06	1,25
Б2	2,06	0,95
Б3	2	1,2
Б4	2,8	1,7
Б5	2	1,4
Б6	2,65	1,4

Після вивчення будівельної документації і подальшого її зіставлення з дійсним станом огорожувальних конструкцій закладу, було встановлено, що за час використання об'єкту в архітектурно-планувальну конструкція були внесені зміни, а саме, у зв'язку з відкриттям музею в школі вимушено заклали шість віконних прорізів на першому поверсі корпусу «А». Стіни будівлі не мають явних пошкоджень, але при цьому не захищені від зовнішніх факторів крім головного фасаду будівлі, який орієнтований на схід, по периметру всієї будівлі виконана відмостка. Старі дерев'яні вікна замінені на металопластикові з однокамерним склопакетом. Школа має дев'ять входів, які виконані у вигляді тамбуру(два головних, один службовий та шість запасних).

### 1.2.2 Опис технічного стану систем теплопостачання

За договором № 383-Т від 27.02.18 року, укладеного з ТОВ «Сумитеплоенерго», про надання послуг з централізованого опалення комунальна установа ЗОШ № 18 забезпечується тепловою енергією централізовано. Теплоносієм являється вода.

Подача теплоносія до школи здійснюється від ЦТП - Леваневського по трубопроводу до тепловпункту в підвальному приміщенні корпусу «А3»,

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де встановлений лічильник тепла. Після проходження вузлу обліку частина теплової енергії надходить до розподільчого елеваторного вузла, який розташований в підвалі корпусу «А». До вузлу обліку є вільний доступ для обслуговуючого персоналу, належне освітлення та відповідає нормам та правилам технічної експлуатації теплових мереж. В минулому році в закладі була встановлена система моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання. Ця система дає можливість в режимі «on-line» (он-лайн) контролювати реальне теплоспоживання будівлею, виключаючи «людський фактор». Схема тепlopункту наведена в додатку Б.

Фільтр перед лічильником тепла промивають своєчасно в процесі експлуатації за потребою. Потреба чистки фільтра оцінюється за різницею показників витрат води та різницею показань манометрів до та після лічильника та фільтра.

Магістральні розподільчі трубопроводи укладені біля зовнішніх стін корпусу «А» та «А1» та в підвальному приміщенні корпусу «А».

Акт меж розподілу теплових мереж між ТОВ «Сумитеплоенерго» та ЗОШ№ 18 наведений в додатку В.

Трубопроводи мережі тепlopостачання та деталі тепlopункту і вузлу обліку сталеві. Ізоляція трубопроводів часткова. У минулому році було зроблено планове гідропневматичне промивання системи опалення.

Корпуси «А» та «А1» мають двотрубну систему теплової мережі, а корпуси «А2» та «А3» біваленту однотрубну систему. Радіатори опалення між собою з'єднані горизонтально.

Опалювальні радіатори розташовані під вікнами в кожному кабінеті. В основному використовуються чавунні секційні радіатори. Але в їдальні та бухгалтерії використовуються конвекційні радіатори опалення (типу «Аккорд»). Доступ до приладів опалення необмежений.

Система опалення закладу включає наступне устаткування:

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- подавальні стояки, які в корпусі «А» та «А2» вмонтовані у стіни будівлі;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотний трубопровід.

Персонал, що обслуговує теплопункт та систему опалення в школі мають наступні завдання:

- догляд за технічним станом обладнання, його роботою, регулювання;
- зняття та передача показань лічильника;
- спостереження за раціональним використанням енергії та параметрами теплоносія для забезпечення надійного і якісного теплопостачання.

Система опалення будівлі має декілька недоліків, які впливають на якість теплопередачі системи, в наслідок чого температура у деяких кабінетах школи не відповідає нормам. Ці недоліки впливають на комфортні умови перебування в закладі та вимагають більших витрат на опалення.

### 1.2.3 Опис технічного стану систем водопостачання та водовідведення

За договором № 3024 від 15.02.2018 року, «Про надання послуг з централізованого постачання холодної води і водовідведення», подача холодної води до закладу здійснюється централізовано, від мереж КП «Міськводоканал» Сумської міської ради. Водовідведення здійснюється згідно договору. Подача води до закладу постачається за рахунок тиску зовнішньої водопровідної мережі. Об'єми споживання води обраховуються

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



лічильником, що належить школі. Схема водопровідних та каналізаційних мереж наведена в додатку Г.

Система холодного водопостачання в школі складається з наступних елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- пункт обліку з лічильником;
- розподільні мережі трубопроводів;
- запірно-регулююча арматура (засувки, вентилі).

Система гарячого водопостачання відсутня. Для потреб їдальні та прибирання в навчальному закладі вода підігрівається бойлером непрямого нагріву. На кожному поверсі школи є вбиральні та фонтанчики для пиття води.

Персонал, що обслуговує систему водопостачання в школі мають наступні завдання:

- догляд за технічним станом обладнання, його роботою, регулювання;
- зняття та передача показань лічильника;
- спостереження за раціональним використанням води та водовідведення для забезпечення комфортних умов.

Система водопостачання та водовідведення школи забезпечена застарілими приладами (змішувачі, змивні бачки у вбиральнях, раковини) та трубопроводами.

#### 1.2.4 Опис технічного стану системи електропостачання та освітлення

За договором № 1614004 від 12.02.2018 року, «Про постачання електричної енергії», укладеного з ТОВ «ЕНЕРА СУМИ», навчальний заклад

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

отримує електроенергію для забезпечення електроустановок закладу. Схема постачання електроенергії закладу наведена у додатку Д.

На балансі школи числяться шість власних трансформаторів струму Т-0,66 200/5 (клас точності 0,5S).

Кількість спожитої електричної енергії здійснюється згідно з вимогами ПУЕ та ПКЕЕ.

Електроустаткування школи, що використовують електричну енергію наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4- Електроспоживаюче обладнання закладу

Найменування обладнання	К-сть, од.	Потужність, кВт	Коеф. завантаження	Середньорічна кількість годин роботи, год/рік	Кількість використаної електричної енергії, кВт·год/рік
Телевізор	13	0,225	0,75	265	581,344
Кондиціонер	1	1,7	0,7	126	149,94
Газонокосарка	1	1,7	0,9	192	293,76
Витяжна шафа	1	0,2	1	524	104,8
СВ-піч	1	1,5	0,7	130	136,5
Вентилятор	3	1	0,6	125	225
Праска	2	2	0,6	130	312
Електричний чайник	6	1	0,6	130	468
Дриль	1	0,5	1	285	142,5
Ел. плита	1	2,5	0,7	2600	4550

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

Ел. плита	1	1,2	0,8	2600	2496
Ел. м'ясоруба	1	1	0,6	143	85,8
Духова шафа	1	1,5	0,7	254	266,7
Електродухова шафа	1	1,9	0,9	274	468,54
Шафа холодильна	1	0,14	0,65	8640	786,24
Шафа холодильна	1	0,35	0,65	8640	1965,6
Ваги електричні ( 10 кг)	1	0,04	0,6	2080	49,92
Ваги електричні ( 50 кг)	1	0,08	0,6	2080	99,84
Тістомісильна машина	1	3,8	0,8	260	790,4
Ксерокс	5	0,295	0,8	130	153,4
Монітор	1	0,17	0,6	2080	212,16
Монітор	1	0,21	0,7	2080	305,76
Монітор	1	0,21	0,7	2080	305,76
Монітор	43	0,17	0,5	1560	5701,8
Системний блок	3	0,325	0,8	2080	1622,4
Системний блок	43	0,325	0,6	1560	13080,6
Ноутбук	11	0,05	0,6	525	173,25
Мультимедійний проектор	3	0,18	0,8	525	226,8
Проектор	7	0,28	0,9	520	917,28

Продовження таблиці 1.4

Принтер	6	0,33	0,5	260	257,4
Верстат ТВ-6	4	0,9	1	390	1404
Верстат СГД- 120 М	3	1	1	390	1170
Верстат 2М-112	4	1,1	1	390	1716
Верстат НГФ – 110 Ш	2	1,1	1	390	858
ФПШ – 5М	1	1,1	1	390	429
Електроточило	1	0,8	1	130	104
Шліфувальний пристрій	2	1,4	1	390	1092
Верстат фугувальний	1	6	1	390	2340
Верстат рейсмусний	1	3,2	1	390	1248
Верстат циркулярний	1	2	1	390	780
Верстат фрезерний	1	1,9	1	390	741
Верстат токарний	1	1,7	1	390	663
Електроточило	1	1,1	1	130	143
Осцилограф	1	0,065	0,7	78	3,549
Кінопроектор	1	0,100	0,9	26	2,34
Всього кВт·год/рік				49623,38	

Розбіжність з показниками лічильника 4,17 %.

Освітлення в школі забезпечується світильниками з світлодіодними та енергозберігаючими лампами в кількості 810 та 133у відповідності. Всі лампи

розжарювання та люмінесцентні були замінені в минулому році. Загалом у закладі впроваджено зональне освітлення.

Для виконання оперативної роботи по електрогосподарству у штаті працівників школи є працівник з групою допуску.

Персонал, що обслуговує систему електропостачання та освітлення в школі мають наступні завдання:

- догляд за технічним станом обладнання, його роботою, регулювання;
- зняття та передача показань лічильника;
- спостереження за раціональним використанням електроенергії та правилами використання електроустаткування для забезпечення комфортних умов.

#### 1.2.5 Опис технічного стану системи вентиляції

Дана будівля оснащена природною вентиляцією, що створена за допомогою вбудованих систем стоякових трубопроводів, які працюють в результаті вітрового та теплового тиску.

Через вентиляційні канали, які знаходяться в конструкціях будівлі, відбувається видалення вентиляованого повітря в навколишнє середовище. Ізоляція каналів відсутня.

Для кабінету хімії та харчоблоку, згідно проекту будівництва, передбачена місцева витяжна вентиляція та створено природний приплив повітря. В інших кабінетах закладу функціонує природна вентиляція, за допомогою відкривання вікон та нещільностей в огорожувальних конструкціях.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

В закладі не встановленні рекуператори теплоти та не здійснюється автоматичне управління системою вентиляції.

Майже 60% кабінетів навчального закладу мають закриті вентиляційні ґратки, що впливають на погіршення тепловологісного балансу даних приміщень.

Схема системи вентиляції відсутня.

Згідно зібраної інформації про вентиляційну систему закладу, можна зробити висновок, що дана система вимагає ремонту та модернізації.

### 1.3 Тарифи та прилади обліку енергоносіїв

Згідно договорів про надання послуг з постачання енергоносіїв, заклад щомісячно отримує рахунки за спожиті ресурси та здійснює оплату. Тарифи, типи лічильників, дати повірок та періодичність повірок наведені в таблиці 1.5. Тарифи за постачання енергоносіїв вказано на період проведення енергетичного обстеження.

Таблиця 1.5 – Тарифи та класифікація систем обліку енергоносіїв

Класифікація	Теплопостачання	Водопостачання	Електропостачання
Тариф	1600,93грн за Гкал	15,93 грн за м <sup>3</sup>	3,10 грн за кВт
Тип лічильника	SENSUSPolluThermX 100 l/imp DL	SchlumbergerTA4 M 25 DN25 QN 3,5/40	НІК 2301 АПЗВ
Номер лічильника	01350223	00700384	8509533

Продовження таблиці 1.5

Дата останньої повірки	07.07.2018	07.07.2018	28.02.2017
Періодичність повірки	4 роки	2 роки	3 роки

Всі засоби обліку енергоносіїв та прилади вимірювання закладу визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених повірок.

Повірку лічильників та приладів вимірювання проведено підприємствами: лічильника тепла та води, термометра та манометра - ДП «Сумистандартметрологія», лічильника електричної енергії –ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

#### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

##### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання тепла

Фактичне споживання теплової енергії та ліміт виділений навчальному закладу на споживання тепла за період 2016 - 2018 роки наведений в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Споживання та ліміт теплової енергії за 2016-2018 роки

2016 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт.,	177,	173,	143,	74,	3,	1,	0	0	1,	49,	160,	172,
Гкал	195	497	305	061	097	462			978	803	766	206

Продовження таблиці 1.6

Ліміт, Гкал	161, 000	180, 300	132, 100	87,4 00	2,50 0	2,30 0	0	0	2,60 0	61,3 00	130, 600	214, 900
2017 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Факт., Гкал	226, 140	199, 044	143, 219	69, 588	22, 364	2, 667	0	0	1, 634	28, 816	150, 874	202, 657
Ліміт, Гкал	177, 300	190, 300	152, 800	86, 100	3, 000	2, 100	0, 600	0	2, 700	89, 100	136, 200	138, 300
2018 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., Гкал	167, 561	170, 916	185, 109	90, 060	3, 613	2, 236	0	0	2, 150	3, 269	99, 314	163, 793
Ліміт, Гкал	188, 700	182, 300	137, 000	72, 500	9, 600	2, 400	0, 600	0	2, 400	84, 900	133, 100	165, 000

На рисунку 1.1 показано графік фактичних витрат теплової енергії на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.



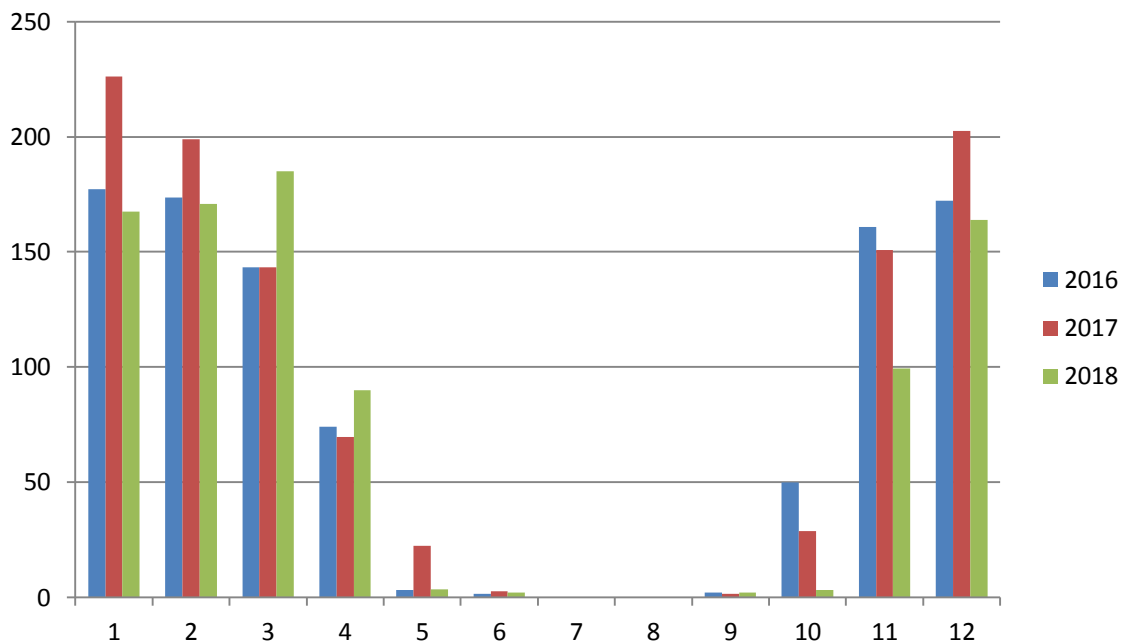


Рисунок 1.1 – Фактичне споживання теплової енергії

На рисунку 1.2 показано графік ліміту витрат теплової енергії на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.

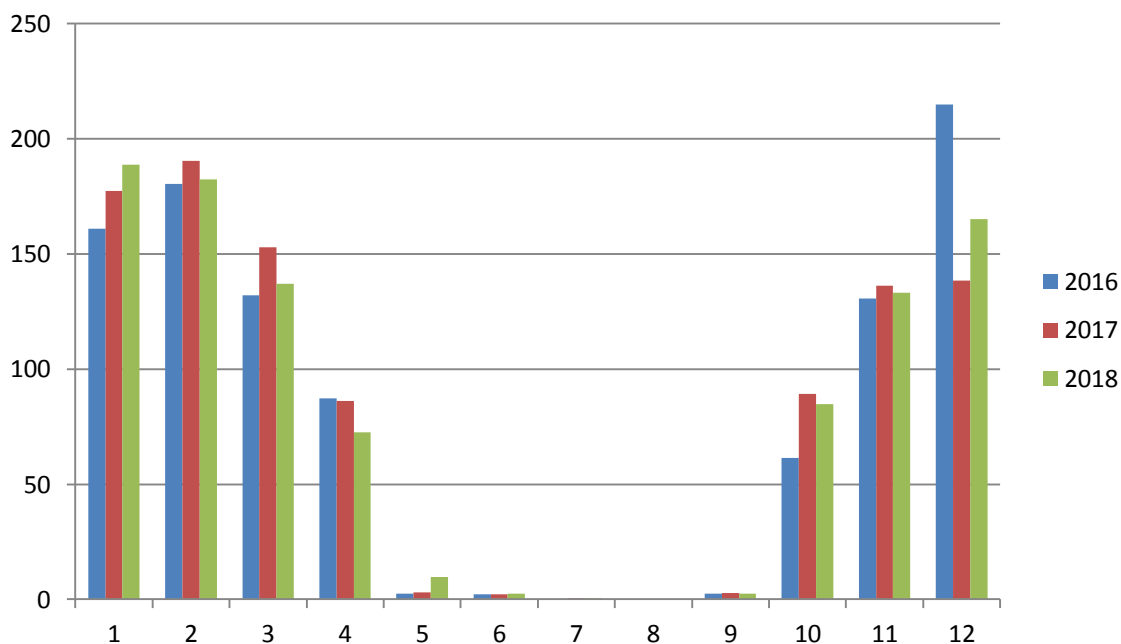


Рисунок 1.2 – Ліміт на споживання теплової енергії

Заклад споживає теплоенергію майже весь рік, окрім двох місяців літа (липень та серпень). У цей період школа використовує бойлер непрямого нагріву. Проаналізувавши зображену гістограму фактичного споживання теплової енергії можна дійти висновку, що максимальна кількість теплоти

була спожита у зимовий час, а мінімальна витрата тепла в опалювальний період припадає на жовтень та квітень. Опалювальний період триває 6 місяців з 15 жовтня по 15 квітня (ця тривалість може змінюватися при збільшені чи зменшені середньодобової температури  $+8^{\circ}\text{C}$ ) [7]. Але у 2018 році в березні спостерігається різке підвищення споживання теплової енергії, що вказує на падінням температури навколишнього середовища, також різкий стрибок споживання помітний у грудні та січні 2017 року порівняно з 2016 та 2018 роками. У листопаді 2018 року значно менша витрата тепла ніж у 2016 та 2017 роках, це вказує на підвищення температури навколишнього середовища.

#### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Фактичне споживання електроенергії та ліміт виділений навчальному закладу на споживання електроенергії за період 2016-2018 роки наведений в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Споживання та ліміт електроенергії за 2016-2018 роки

2016 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., кВт	563	293	490	380	579	690	160	533	144	649	565	675
Ліміт, кВт	650	550	500	400	490	440	190	550	150	650	700	675
	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
2017 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Продовження таблиці 1.7

Факт., кВт·год	386	572	519	492	420	388	186	476	114	543	529	675
Ліміт, кВт·год	630	550	500	400	500	490	170	550	150	630	700	675
2018 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., кВт·год	600	550	314	465	373	416	184	574	133	625	393	650
Ліміт, кВт·год	600	550	520	420	500	490	180	550	150	630	700	655

На рисунку 1.3 показано графік фактичних витрат електроенергії на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.

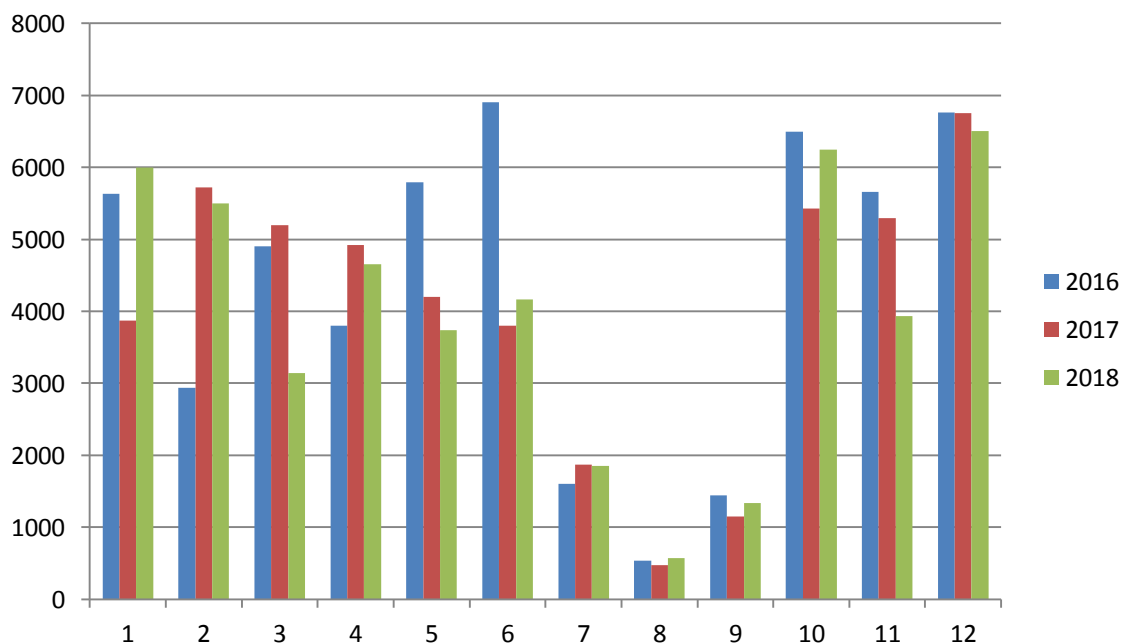


Рисунок 1.3 – Фактичне споживання електроенергії

На рисунку 1.4 показано графік ліміту витрат електроенергії на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.

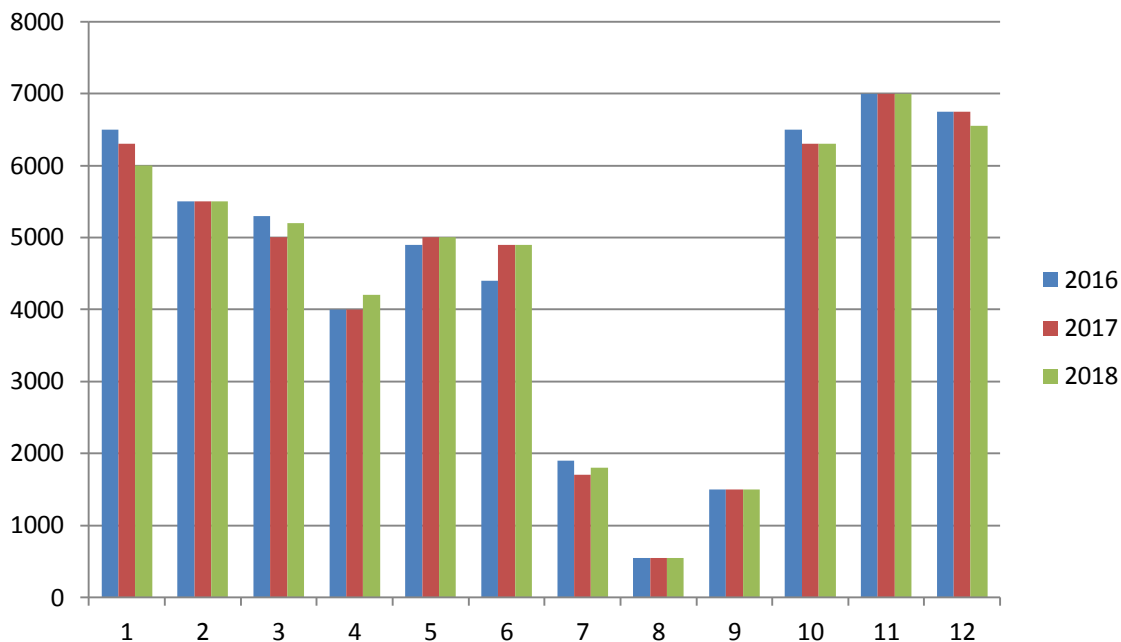


Рисунок 1.4 – Ліміт на споживання електроенергії

Електричну енергію навчальний заклад споживає цілий рік, але кількість спожитої електроенергії відрізняється по місяцям протягом року. Цю різницю можна пояснити тим, що світловий день збільшується чи зменшується залежно від пори року, в теплий період йде збільшення світлового дня, тому зменшується споживання електроенергії в темний період часу. Літом на період канікул у закладі працює табір для молодшої школи, але учні середньої та старшої школи не відвідують заклад тому в цей період навчальний заклад споживає найменше електроенергії. В червні 2016 року був різкий стрибок у споживанні, це зумовлено відпрацюванням занять за лютий того ж року. Після аналізу рисунка 1.3 можна стверджувати, що споживання електричної енергії навчальним закладом в різні роки відбувається нерівномірно, це залежить від режиму роботи, особливостями навчального процесу, кількістю учнів, та від використання різного енергоспоживаючого устаткування.

### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Фактичне споживання холодної води та ліміт виділений навчальному закладу на споживання води за період 2016-2018 роки наведений в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Споживання та ліміт холодної води за 2016-2018 роки

2016 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., м <sup>3</sup>	140	160	230	200	201	200	100	150	190	230	226	228
Ліміт, м <sup>3</sup>	230	230	235	227	215	210	130	160	220	230	229	228
2017 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., м <sup>3</sup>	31	208	225	218	205	175	115	80	140	220	221	228
Ліміт, м <sup>3</sup>	210	227	230	220	212	180	115	120	201	228	229	228
2018 рік												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Факт., м <sup>3</sup>	208	220	260	321	248	284	76	30	298	288	202	288
Ліміт, м <sup>3</sup>	210	227	230	220	212	180	115	120	201	228	229	228

На рисунку 1.5 показано графік фактичних витрат холодної води на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.

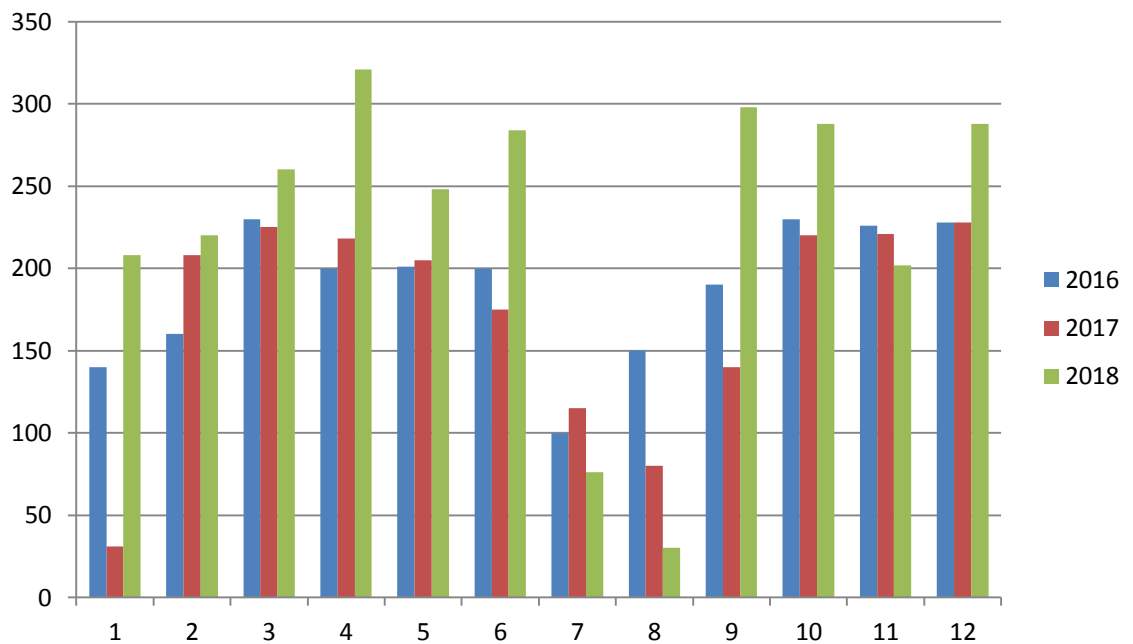


Рисунок 1.5 – Фактичне споживання холодної води

На рисунку 1.6 показано графік ліміту витрат холодної води на потреби закладу в період з 2016 по 2018 роки.

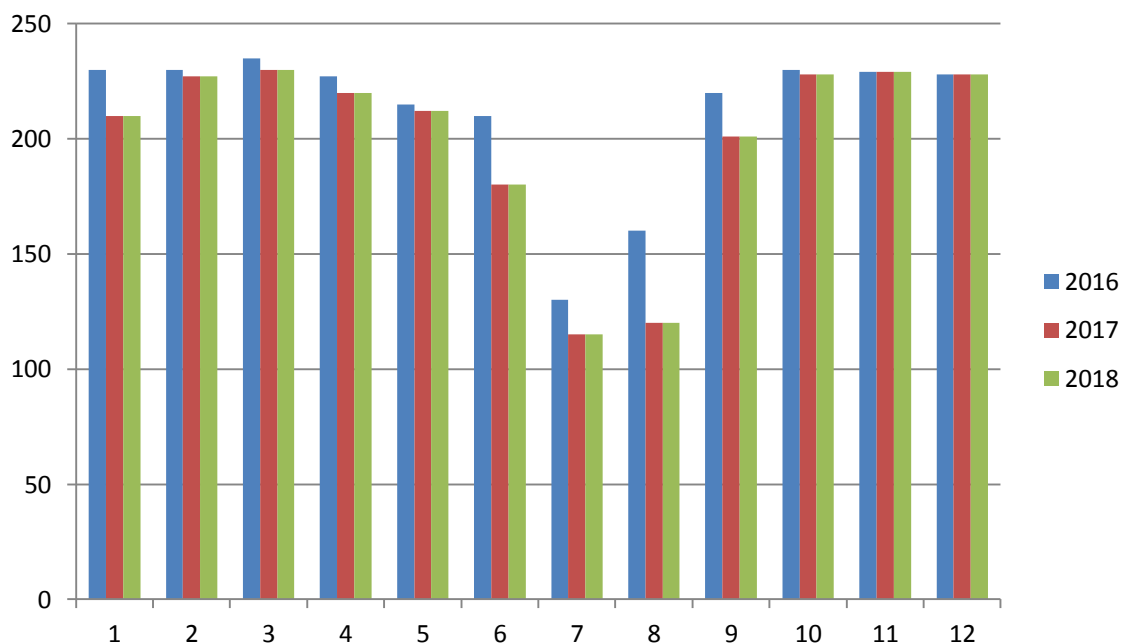


Рисунок 1.6 – Ліміт на споживання холодної води

З наведеної гістограми яка зображена на рисунку 1.5 видно, що споживання холодної води в навчальному закладі відбувалось більш-менш стабільно в 2016 та 2017 роках, але також спостерігаються стрибки споживання. Це зумовлено зміною навчального процесу навчального закладу.

Оскільки в літку в закладі працює табір то споживання води зменшується від показників інших пори рок. Але в 2018 році на гістограмі ми бачимо збільшення споживання по всім місяцям порівняно з попередніми роками це обумовлене проведенням ремонтних робіт у закладі. Взагалі споживання води в навчальному закладі оскільки і інших енергоресурсів залежить від соціальних, кліматичних та технічних умов.

## 1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

### 1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла

Техніко-економічний аналіз споживання тепла навчальним закладом розраховуємо виходячи із значень питомої теплової витрати теплової енергії закладом в опалювальний період  $q_{буд}$ , яка визначається за формулою:

$$q_{буд} = \frac{Q_{оп}}{V_h} \quad (1.1)$$

де  $Q_{оп}$  – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період, кВт·год;

$V_h$  – загальний опалюваний об'єм приміщень будівлі, м<sup>3</sup> [8].

Питоме загальне річне енергоспоживання будівлею за роками становить:

- за 2016 рік – 1112676686,76 кВт·год;
- за 2017 рік – 1032077738,03 кВт·год;
- за 2018 рік – 1216850151,01 кВт·год.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$V_h = 26054,70 \text{ м}^3.$$

Значення фактичних питомих тепловитрат на опалення за опалювальний період  $q_{\text{буд}}$  становлять:

- за 2016 рік  $q_{\text{буд}} = 42,70 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ ;
- за 2017 рік  $q_{\text{буд}} = 39,61 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ ;
- за 2018 рік  $q_{\text{буд}} = 46,70 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ .

Нормативна максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період,  $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ , що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку,  $E_{\text{max}} = 31 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$  [9].

Порівняння нормативної величини тепловитрат і дійсних тепловитрат показує, що будівля не відповідає вимогам чинної нормативної документації.

### 1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії

Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електроенергії з нормованими значеннями. Згідно з нормами споживання електричної енергії навчальним закладом з кількістю дітей 1065 для міста Суми складає 162  $\text{кВт} \cdot \text{год}$  [10].

Питоме загальне річне енергоспоживання будівлею за роками становить:

- за 2016 рік – 52453  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ ;
- за 2017 рік – 48758  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ ;
- за 2018 рік – 47637  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ .

Фактичне споживання електричної енергії на одну дитину складає:

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



- за 2016 рік –  $\frac{52453}{1065}=49,25$  кВт·год;
- за 2017 рік –  $\frac{48758}{1065}=45,78$  кВт·год;
- за 2018 рік –  $\frac{47637}{1065}=44,73$  кВт·год.

З розрахунків видно, що фактичне значення не перевищує норму. Це є добрим показником, але є можливість зменшення споживання електроенергії методом використання приладів з більшою енергоефективністю.

### 1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання холодної води

За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працюючих у будівлі визначено питомі показники витрат холодної води на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами споживання води на одну особу відповідно до вимог від міськвиконкому «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20. 04.1999р.» № 172 [11].

Норма витрати для загальноосвітньої школи для міста Суми становить 20 л/особу.

Значення фактичних питомих витрат холодної води в л/особу за добу становлять:

- за 2016 рік –  $\frac{2255 \cdot 1000}{364 \cdot (1065 + 35 + 73 + 1)} = 5,32$  л/особу;
- за 2017 рік –  $\frac{2066 \cdot 1000}{364 \cdot (1065 + 35 + 73 + 1)} = 4,87$  л/особу;
- за 2018 рік –  $\frac{2723 \cdot 1000}{364 \cdot (1065 + 35 + 73 + 1)} = 6,43$  л/особу.

Фактичні витрати холодної води не перевищують нормованих.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

#### 1.5.4 Грошовий аналіз витрат на ПЕР та воду

Для визначення найважливіших напрямків енергоефективності та економії споживання енергоресурсів наведемо порівняльну діаграму витрат коштів навчального закладу у відсотках на споживання ПЕР та холодної води за 2018 рік. Діаграма наведена на рисунку 1.7.

За даними бухгалтерії навчального закладу за 2018 рік, на ПЕР та воду було витрачено наступні суми:

- Теплова енергія – 1381578,55 грн;
- Електроенергія – 134071,18 грн;
- Холодна вода – 39920,38 грн.

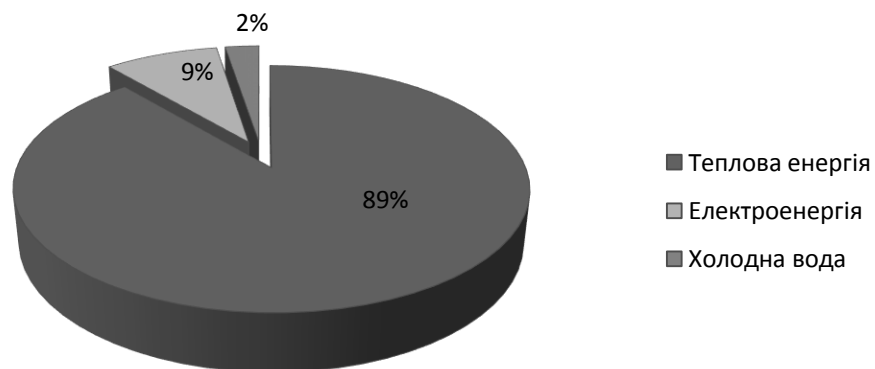


Рисунок 1.7 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2018 рік

Проаналізувавши зображену на рисунку 1.7 діаграму можна зробити висновок, що найбільша частина коштів витрачається на теплову енергію майже 90 %. Отже найважливішим напрямком для економії витрат є заходи з раціонального використання теплоенергії.

## 1.6 Інструментальне обстеження

Під час проведення енергетичного аудиту комунальної установи Сумської загальноосвітньої школи I-III ступенів №18 використовувались наступні вимірювальні прилади:

- вимірювальна рулетка;
- лазерний пірометр MiniTemp MT2;
- універсальний вимірювач Testo 605-N1.

Тепловізор не використовувався тому, що в навчальному закладі тепловізійне обстеження відбувалося два роки тому. Після цього будь яких робіт з утеплення не було.

В таблицях 1.9; 1.10; 1.11 та 1.12 наведено дані інструментального обстеження навчального закладу по різних корпусам.

Таблиця 1.9 Інструментальне обстеження корпусу «А»

Корпус А				
Приміщення	Температура в приміщені, °С	Температура радіаторів, °С	Точка роси, °С	Вологість в приміщені, %
Каб.101	21,70	34,50	15,50	58,60
	22,30	33,60	14,30	59,40
Каб.204	24,30	35,40	11,80	43,20
	22,70	40,10	10,60	44,00
Каб.301	19,50	43,60	8,50	59,300
	20,30	44,50	6,30	56,7
Коридор 1 поверх	21,50	47,80	8,50	43,10
Коридор 2 поверх	20,30	51,20	10,20	38,30

Продовження таблиці 1.9

Коридор 3 поверх	19,40	48,60	10,30	40,50
Середня	21,33	42,14	10,67	49,23

Таблиця 1.10 Інструментальне обстеження корпусу «А1»

Корпус А1				
Приміщення	Температура в приміщені, °С	Температура радіаторів, °С	Точка роси, °С	Вологість в приміщені, %
Каб.111	20,30	56,40	10,60	57,50
	19,10	53,10	10,90	59,30
Каб.213	19,80	38,40	10,50	37,60
	21,30	40,10	10,30	42,60
Спортивна зала	22,10	43,00	11,30	48,10
	19,80	42,30	10,50	52,60
Каб.401	19,10	37,90	11,60	52,30
	19,60	39,50	10,50	47,40
Коридор 1 поверх	22,60	59,40	10,30	37,60
Коридор 2 поверх	20,60	51,30	10,20	57,10
Коридор 3 поверх	21,30	50,40	9,60	40,60
Коридор 4 поверх	20,30	48,70	8,60	39,40
Середня	20,49	46,71	10,41	47,68

Таблиця 1.11 Інструментальне обстеження корпусу «А2»

Корпус А2				
Приміщення	Температура в приміщені, °С	Температура радіаторів, °С	Точка роси, °С	Вологість в приміщені, %
Їдальня	20,50	55,70	10,30	45,40
	20,00	61,50	11,60	49,30
	20,30	58,40	9,80	49,60
Актова зала	19,80	45,40	10,00	47,30
	19,30	42,30	10,5	45,30
	18,60	41,50	8,60	45,90
Коридор 1 поверх	20,80	59,40	9,70	50,30
Коридор 2 поверх	21,30	57,90	8,70	48,40
Середня	20,08	52,76	9,90	47,69

Таблиця 1.12 Інструментальне обстеження корпусу «А3»

Корпус А3				
Приміщення	Температура в приміщені, °С	Температура радіаторів, °С	Точка роси, °С	Вологість в приміщені, %
Каб.124	19,50	40,60	12,30	58,60
	18,70	43,20	11,90	57,40
Каб.219	18,90	39,50	10,40	49,50
	19,30	35,90	10,90	48,30
Каб.321	19,40	37,60	10,90	51,40
	18,10	28,70	9,30	57,00

Продовження таблиці 1.12

Коридор 1 поверх	18,30	58,70	11,80	48,60
Коридор 2 поверх	19,60	49,20	9,70	38,00
Коридор 3 поверх	18,70	35,80	11,50	45,40
Середня	18,94	41,022222	10,97	50,47

Температура в приміщеннях за середніми показниками не відповідає нормованій, це означає, що навчальному закладу не вистачає теплоти для прогріву приміщень. Це спричинено багатьма факторами, одним з яких неякісна робота радіаторів через засмічення їх накипом та недостатнім тиском для продавлення теплоносія.

Відносна вологість повітря в приміщеннях, де перебувають діти, повинна бути в межах 40-60% [12]. За усередненими даними інструментального обстеження в закладі вологість відповідає нормі.

# РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

## 2.1 Методика проведення розрахунку

Дана методика рах розрахунку взята з літературного джерела [8].  
Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій.  
 $R_{\Sigma \text{ ПР}} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  повинний бути неменше за вимагаємих значень  $R_{q_{\text{min}}}$ ,  
визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов  
енергозбереження.

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

$$R_{\Sigma \text{ ПР}} \geq R_{q_{\text{min}}} \quad (2.1)$$

де:  $R_{\Sigma \text{ ПР}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

$R_{q_{\text{min}}}$  – мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{q_{\text{min}}}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термічний опір шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (2.2)$$

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

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К).

Приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma \text{ПР}}$  непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ПР}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де:  $\alpha_B, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К) ;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К) ;

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м<sup>2</sup> · К/Вт.

Якщо  $R_{\Sigma \text{ПР}} < R_{q_{\text{min}}}$  – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані визначаємо за формулою:

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{Вт} \quad (2.4)$$

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

$R_{\Sigma \text{пр}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup> · К/Вт;

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря .

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих  $R_{\text{qmin}}$  визначаємо за формулою:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\text{qmin}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{Вт} \quad (2.5)$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{стн}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \text{Вт} \quad (2.6)$$

де:  $Q_{\text{стн}}$  – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{\text{ор}}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати  $\beta_{\text{ор}} = 0,13$  – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot Q_{\text{пдл}}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \text{ Вт} \quad (2.8)$$

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

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

$G_{\text{н.вкн}}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

$F_{\text{вкн}}$  – площа віконних прорізів,  $\text{м}^2$ .

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n_{\text{к}} \cdot k_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

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

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

$V_{\text{п}}$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

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

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

$k_{\text{в}}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання, приймаємо  $k_{\text{в}} = 0,85$ .

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Середня кратність повітрообміну громадського будинку, визначається за формуло:

$$n_k = \frac{\left[ \left( \frac{L_V \cdot n_V}{24} \right) + \left( \frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_c} \right) \right]}{v_V \cdot V_{\text{П}}}, \text{ год}^{-1} \quad (2.10)$$

де:  $L_V$  – кількість припливного повітря в будинок у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, м<sup>3</sup>/год, дорівнює для будинків науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління –  $4 \times F_p$ ;

$v_V$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для розрахунків приймається  $v_V = 0,85$ ;

$F_p$  – розрахункова площа будівлі, м<sup>2</sup>;

$n_V$  – кількість годин роботи вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом однієї доби, год, для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 24 год;

$G_{\text{інф}}$  – кількість повітря, що інфільтрується через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається  $G_{\text{інф}} = 0,5 \cdot v_V \cdot V_{\text{П}}$ ;

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

## 2.2 Проведення розрахунку

Розрахунки проводимо для будівлі, яка знаходиться у місті Суми (І температурна зона), з нормальним вологісним режимом.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

### 2.2.1.1 Стіни

Корпус «А»:

– кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині з

$\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_1 = 0,62 \text{ м}$ ;

– розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$ .

Корпус «А1»:

– кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині з

$\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_1 = 0,62 \text{ м}$ ;

– розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$ .

Корпус «А2» та корпус «А3»:

– кладка з цегли силікатної білої з  $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_1 = 0,51 \text{ м}$ ;

– розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару стіни:

Корпус «А»:

$$R_{\text{стн1}}^{\text{к.А}} = \frac{0,62}{0,81} = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{стн2}}^{\text{к.А}} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Корпус «А1»:

$$R_{\text{СТН1}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,62}{0,81} = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{СТН2}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,02}{0,81} = 0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$R_{\text{СТН1}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,51}{0,81} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{СТН2}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,02}{0,81} = 0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для зовнішніх стін дорівнює  $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ , а зовнішньої  $\alpha_{\text{з}} = 23$ .

Приведений опір теплопередачі для стін за формулою (2.3):

Корпус «А»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{СТН.кА}} = \frac{1}{8,7} + 0,77 + 0,025 + \frac{1}{23} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А1»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{СТН.кА1}} = \frac{1}{8,7} + 0,77 + 0,025 + \frac{1}{23} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{СТН.кА2 та А3}} = \frac{1}{8,7} + 0,63 + 0,025 + \frac{1}{23} = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює  $R_{q\ min}^{стн} = 3,3\ м^2 \cdot К/Вт$  [8;9].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір менший ніж допустиме значення  $R_{\Sigma пр}^{стн} < R_{q\ min}^{стн}$ , це свідчить про те, що стіни потрібно утеплювати [8;9].

Теплопровідність матеріалів для розрахунку опору було взято з літератури [13].

### 2.2.1.2 Горищне перекриття

Корпус «А»:

- сосна уздовж волокон з  $\lambda_1 = 0,35\ Вт/(м \cdot К)$  та товщиною  $\delta_1 = 0,25\ м$ ;
- сосна уздовж волокон з  $\lambda_2 = 0,35\ Вт/(м \cdot К)$  та товщиною  $\delta_2 = 0,03\ м$ ;
- розчин цементно-вапняний з  $\lambda_3 = 0,93\ Вт/(м \cdot К)$  товщиною  $\delta_3 = 0,003\ м$ .

Корпус «А1»:

- залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04\ Вт/(м \cdot К)$  та товщиною  $\delta_1 = 0,22\ м$ ;
- розчин цементно-вапняний з  $\lambda_2 = 0,93\ Вт/(м \cdot К)$  товщиною  $\delta_2 = 0,003\ м$ ;
- керамзитшлакобетон з  $\lambda_3 = 0,41\ Вт/(м \cdot К)$  та товщиною  $\delta_3 = 0,13\ м$ .

Корпус «А2» та корпус «А3»:

- залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04\ Вт/(м \cdot К)$  та товщиною  $\delta_1 =$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

0,22 м;

– керамзитошлакобетон з  $\lambda_2 = 0,41$  Вт/(м · К) та товщиною  $\delta_2 =$

0,1 м;

– руберойд з  $\lambda_3 = 0,17$  Вт/(м · К) та товщиною  $\delta_3 = 0,01$  м.

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару стіни:

Корпус «А»:

$$R_{\text{дах1}}^{\text{к.А}} = \frac{0,25}{0,35} = 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах2}}^{\text{к.А}} = \frac{0,03}{0,35} = 0,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах3}}^{\text{к.А}} = \frac{0,003}{0,93} = 0,003 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А1»:

$$R_{\text{дах1}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах2}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,003}{0,93} = 0,003 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах3}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,13}{0,41} = 0,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$R_{\text{дах1}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах2}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,1}{0,41} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{дах3}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,01}{0,17} = 0,06 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приведений опір теплопередачі для даху за формулою (2.3).

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для даху дорівнює  $\alpha_B = 8,7$ , зовнішньої  $\alpha_3 = 23$ , а для корпусу «А1»  $\alpha_3 = 12$  [8;9].

Корпус «А»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{дах к.А}} = \frac{1}{8,7} + 0,7 + 0,09 + 0,003 + \frac{1}{23} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Корпус «А1»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{дах к.А1}} = \frac{1}{8,7} + 0,11 + 0,003 + 0,32 + \frac{1}{12} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{дах к.А2 та А3}} = \frac{1}{8,7} + 0,11 + 0,024 + 0,06 + \frac{1}{23} = 0,57 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Приведений опір теплопередачі для даху менший за мінімальне допустиме значення опору теплопередачі даху для корпусів «А», «А2» та «А3»  $R_{q \text{ min}}^{\text{дах}} = 6.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , а для корпусу А1  $R_{q \text{ min}}^{\text{дах}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  що свідчить про необхідність утеплення даху [8;9].

### 2.2.1.3 Вікна

Металопластикові однокамерні вікна ПВХ, формула склопакета за паспортом 4i-10-4i:

– два скла з  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  товщиною  $\delta_1 = 0,004 \text{ м}$ ;

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



– прошарок повітря з  $\lambda_2 = 0,023 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_2 = 0,011 \text{ м}$ .

Приведений опір теплопередачі для вікон за формулою (2.3):

$$R_{\text{вкн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,008}{0,76} + \frac{0,011}{0,023} + \frac{1}{23} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для вікна менший за мінімальне допустиме значення опору теплопередачі вікна  $R_{q \text{ min}}^{\text{вкн}} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$  [8;9].

#### 2.2.1.4 Підлога

Корпус «А» (навчальні приміщення):

– сосна уздовж волокон з  $\lambda_1 = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,25 \text{ м}$ ;

– розчин цементно-вапняний з  $\lambda_2 = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,003 \text{ м}$ ;

– сосна уздовж волокон з  $\lambda_3 = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_3 = 0,03 \text{ м}$ ;

– сосна уздовж волокон з  $\lambda_4 = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_4 = 0,004 \text{ м}$ ;

– Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий з  $\lambda_5 0,38 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_5 = 0,003 \text{ м}$ .

Корпус «А» (центральна частина):

– щебінь перлітовий з  $\lambda_1 = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_1 = 0,15 \text{ м}$ ;

– бетон на природному камені з  $\lambda_2 = 1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,1 \text{ м}$ ;

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– керамічна плитка з  $\lambda_3 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_3 = 0,005 \text{ м}$ .

Корпус «А1»:

– залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ;

– керамічна плитка з  $\lambda_2 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,005 \text{ м}$ ;

– Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий з  $\lambda_3 = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_3 = 0,002 \text{ м}$ .

Корпус «А2» та корпус «А3»:

– залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ;

– керамічна плитка з  $\lambda_2 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_2 = 0,005 \text{ м}$ ;

– Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий з  $\lambda_3 = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_3 = 0,002 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару підлоги:

Корпус «А» (навчальні приміщення):

$$R_{\text{пдл1}}^{\text{к.А н}} = \frac{0,25}{0,35} = 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл2}}^{\text{к.А н}} = \frac{0,003}{0,93} = 0,003 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл3}}^{\text{к.А н}} = \frac{0,03}{0,35} = 0,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл4}}^{\text{к.А н}} = \frac{0,003}{0,38} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл5}}^{\text{к.А н}} = \frac{0,004}{0,35} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Корпус «А» (центральна частина):

$$R_{\text{пдл1}}^{\text{к.А ц}} = \frac{0,15}{0,12} = 1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\text{пдл2}}^{\text{к.Ац}} = \frac{0,1}{1,86} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{пдл3}}^{\text{к.Ац}} = \frac{0,005}{1,1} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А1»:

$$R_{\text{пдл1}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{пдл2}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,005}{1,1} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{пдл3}}^{\text{к.А1}} = \frac{0,002}{0,38} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А2» та корпус «А3»

$$R_{\text{пдл1}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{пдл2}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,005}{1,1} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_{\text{пдл3}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{0,002}{0,38} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для підлоги дорівнює  $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ , а зовнішньої  $\alpha_{\text{з}} = 12$  [8;9].

Приведений опір теплопередачі для підлоги за формулою (2.3).

Корпус «А» (навчальні приміщення):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл к.Ан}} = \frac{1}{8,7} + 0,71 + 0,003 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + \frac{1}{12} = 1,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Корпус «А» (центральна частина):

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл к.Ац}} = \frac{1}{8,7} + 1,25 + 0,05 + 0,005 + \frac{1}{12} = 1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Корпус «А1»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл к.А1}} = \frac{1}{8,7} + 0,11 + 0,005 + 0,005 + \frac{1}{12} = 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл к.А2 та А3}} = \frac{1}{8,7} + 0,11 + 0,005 + 0,005 + \frac{1}{12} = 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі підлоги житлових та громадських будинків дорівнює  $R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  [8;9].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір менший ніж допустиме значення  $R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{спдл}} < R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}}$ , це свідчить про те, що стіни потрібно утеплювати [8;9].

### 2.2.1.5 Двері

Корпус «А»:

- лист металу з  $\lambda_1 = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  та товщиною  $\delta_1 = 0,0014 \text{ м}$ ;
- теплоізоляційний шар базальтова вата з  $\lambda_2 = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$  та товщиною  $\delta_2 = 0,0232 \text{ м}$ ;
- сосна у поперек волокон з  $\lambda_3 = 0,18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  та товщиною  $\delta_3 =$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

0,04 м.

Корпус «А1»:

- лист металу з  $\lambda_1 = 58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,0014 \text{ м}$ ;
- теплоізоляційний шар базальтова вата з  $\lambda_2 = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$  та товщиною

$\delta_2 = 0,0232 \text{ м}$ .

Корпус «А2» та корпус «А3»:

- лист металу з  $\lambda_1 = 58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,0014 \text{ м}$ ;
- теплоізоляційний шар базальтова вата з  $\lambda_2 = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$  та товщиною

$\delta_2 = 0,0232 \text{ м}$ ;

- сосна у поперек волокон з  $\lambda_3 = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  та товщиною  $\delta_3 =$

0,04 м.

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір дверей.

Металевих:

$$R_{\text{дв1}}^{\text{м}} = \frac{0,0014}{58} = 0,000024 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{дв2}}^{\text{м}} = \frac{0,0232}{0,037} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Дерев'яних:

$$R_{\text{дв}}^{\text{д}} = \frac{0,04}{0,18} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для дверей за формулою (2.3).

Металеві двері:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{дв.м}} = \frac{1}{8,7} + 0,000024 + 0,63 + \frac{1}{23} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Дерев'яні двері:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{ДВ.Д}} = \frac{1}{8,7} + 0,22 + \frac{1}{23} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Дані приведених опорів теплопередач за всіма огорожувальними конструкціями, які були розраховані в пункті 2.2 та йому прилеглих наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma_{\text{пр}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{ min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	2	3	4	5	6	7
Корпус «А»						
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,62	0,81	0,95	3,3
		Розчин цементно-піщаний	0,02	0,81		
2	Горищне перекриття	Сосна уздовж волокон	0,03	0,35	0,95	6,0
		Розчин цементно-вапняний	0,003	0,93		
		Сосна уздовж волокон	0,25	0,35		
3	Вікна	Пластикові однокамерні		0,76	0,64	0,75
4	Підлога (навчальні приміщення)	Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий	0,003	0,38	1,02	3,75
		Сосна уздовж волокон	0,03	0,35		

Продовження таблиці 2.1

		Сосна уздовж волокон	0,25	0,35		
		Розчин цементно-вапняний	0,003	0,93		1,5
		Сосна уздовж волокон	0,004	0,35		
	Підлога (центральна частина)	Щебінь перлітовий	0,15	0,12		
		Бетон на природному камені	0,1	1,86		
		Керамічна плитка	0,005	1,1		
5	Двері	Лист металу	0,0014	58	0,78	0,65
		Теплоізоляційний шар базальтова вата	0,0232	0,037		
		Сосна у поперек волокон	0,04	0,18	0,38	
Корпус «А1»						
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,62	0,81	0,95	3,3
		Розчин цементно-піщаний	0,02	0,81		
2	Горищне перекриття	Плита залізобетонна	0,22	2,04	0,63	4,95
		Керамзитшлакобетон	0,13	0,41		
		Розчин цементно-вапняний	0,003	0,93		

## Продовження таблиці 2.1

3	Вікна	Пластикові однокамерні		0,76	0,64	0,75
4	Підлога	Плита залізобетонна	0,22	2,04	0,31	3,75
		Керамічна плитка	0,005	1,1		
		Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий	0,002	0,38		
5	Двері	Лист металу	0,0014	58	0,78	0,65
		Теплоізоляційний шар базальтова вата	0,0232	0,037		
Корпус «А2» та корпус А3						
1	Стіна	Кладка з цегли силікатної білої	0,51	0,81	0,81	3,3
		Розчин цементно- піщаний	0,02	0,81		
2	Горищне перекриття	Плита залізобетонна	0,22	2,04	0,57	6,0
		Рубероїд	0,01	0,17		
		Керамзитошлакобетон	0,1	0,41		
3	Вікна	Пластикові однокамерні		0,76	0,64	0,75
4	Підлога	Плита залізобетонна	0,22	2,04	0,31	3,75
		Керамічна плитка	0,005	1,1		
		Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий	0,002	0,38		
5	Двері	Сосна у поперек волокон	0,04	0,18	0,38	0,65
		Теплоізоляційний шар Базальтова вата	0,0232	0,037	0,78	
		Лист металу	0,0014	58		



Отримані результати ( $R_{\Sigma_{пр}} \ll R_{q_{min}}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [8;9]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

### 2.2.2 Розрахунок тепловтрат

Розрахунки проводяться за нормативними показниками температури всередині приміщення, зовнішнього повітря, кількості опалювальних днів та середнє значення температури за опалювальний період.

Значення температури всередині та зовнішньої температури повітря для навчальних закладів беремо згідно нормативних даних для м. Суми І зони.

Розрахункові величини температур приймаються наступні:

- внутрішня температура приміщень  $t_{в}=+21^{\circ}\text{C}$  (за вимогами температурного режиму [9]);
- температура зовнішнього повітря  $t_{з,п} = -25^{\circ}\text{C}$  [7];
- температура підвалу та горища  $t_{п,г} = +6^{\circ}\text{C}$ .

Тепловтрати через стіни при їх дійсному стані знаходимо за формулою (2.4).

З урахуванням всіх світлопрозорих конструкцій та дверей площа стін становить:  $F_{\text{СТН}} = 3436,24 \text{ м}^2$ .

Оскільки корпус «А» та «А1» збудовані з однакової цегли тому дані термічного опору співпадають. Площа стін цих корпусів дорівнює:  $F_{\text{СТН}}^{\text{КА}} = 1533,99 \text{ м}^2$ ,  $F_{\text{СТН}}^{\text{КА1}} = 667,16 \text{ м}^2$ .

Корпус «А» та «А1»:

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\text{СТН}}^{\text{к.А та к.А1}} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{СТН}}^{\text{к.А та к.А1}} = \frac{1533,99 + 667,16}{0,95} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 106581,98 \text{ Вт.}$$

Оскільки корпус «А2» та «А3» збудовані з однакової цегли тому дані термічного опору співпадають. Площа стін цих корпусів дорівнює:  $F_{\text{СТН}}^{\text{к.А2}} = 593,05 \text{ м}^2$ ,  $F_{\text{СТН}}^{\text{к.А3}} = 642,04 \text{ м}^2$ .

$$R_{\text{СТН}}^{\text{к.А2 та к.А3}} = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{СТН}}^{\text{к.А2 та к.А3}} = \frac{593,05 + 642,04}{0,81} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 70140,69 \text{ Вт.}$$

Сума тепловтрат через стіни по всім корпусам:

$$Q_{\text{СТН}} = 106581,98 + 70140,69 = 176722,70 \text{ Вт.}$$

Оскільки вікна навчального закладу всі замінені на металопластикові з однокамерним склопакетом, то потреби в розділенні їх по корпусам не має.

Тепловтрати через вікна при їх дійсному стані знаходимо за формулою (2.4):

$$F_{\text{ВКН}} = 1385,02 \text{ м}^2, R_{\text{ВКН}} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{1385,02}{0,64} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 99548,13 \text{ Вт.}$$

В закладі двоє типів дверей за матеріалом: металеві та дерев'яні. Це ускладнює процес розрахунку тепловтрат по корпусам школи, тому для облегшення розрахунків вкажемо їх розташування по корпусам та матеріал, які наведені в таблиці 2.2.

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Види та поділ дверей за матеріалом

		Корпус А	Корпус А1	Корпус А2	Корпус А3
Металеві	Кількість та тип	2-Б5	1-Б1	—	1-Б5
	Площа	5,60 м <sup>2</sup>	2,58 м <sup>2</sup>	—	2,80 м <sup>2</sup>
Дерев'яні	Кількість	1-Б5		1-Б2	1-Б1
	та тип	1-Б6	—	1-Б3	1-Б2 1-Б4
	Площа	6,51 м <sup>2</sup>	—	4,36 м <sup>2</sup>	9,29 м <sup>2</sup>

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані знаходимо за формулою (2.4).

Тепловтрати через металеві двері по корпусам.

Корпус «А»:

$$F_{\text{ДВ}}^{\text{к.А}} = 5,60 \text{ м}^2, R_{\text{ДВ}}^{\text{к.А}} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{ДВ}}^{\text{к.А}} = \frac{5,60}{0,78} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 330,26 \text{ Вт.}$$

Корпус «А1»:

$$F_{\text{ДВ}}^{\text{к.А1}} = 2,58 \text{ м}^2, R_{\text{ДВ}}^{\text{к.А1}} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{ДВ}}^{\text{к.А1}} = \frac{2,58}{0,78} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 152,15 \text{ Вт.}$$

Корпус «А3»:

$$F_{\text{ДВ}}^{\text{к.А2}} = 2,80 \text{ м}^2, R_{\text{ДВ}} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{ДВ}}^{\text{к.А3}} = \frac{2,80}{0,78} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 165,13 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дерев'яні двері по корпусам.

Корпус «А»:

$$F_{\text{дв}}^{\text{к.А}} = 6,51 \text{ м}^2, R_{\text{дв}}^{\text{к.А}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дв}}^{\text{к.А}} = \frac{6,51}{0,38} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 788,05 \text{ Вт.}$$

Корпус «А2»:

$$F_{\text{дв}}^{\text{к.А2}} = 4,36 \text{ м}^2, R_{\text{дв}}^{\text{к.А2}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дв}}^{\text{к.А2}} = \frac{4,36}{0,38} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 527,79 \text{ Вт.}$$

Корпус «А3»:

$$F_{\text{дв}}^{\text{к.А3}} = 9,29 \text{ м}^2, R_{\text{дв}}^{\text{к.А3}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = +21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дв}}^{\text{к.А3}} = \frac{9,29}{0,38} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 1124,58 \text{ Вт.}$$

Сума тепловтрат через двері по всім корпусам:

$$Q_{\text{дв}} = 330,26 + 152,15 + 165,13 + 788,05 + 527,79 + 1124,58 = 3087,96.$$

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані знаходимо за формулою (2.4).

Дах корпусів «А», «А2» та «А3» не мають неопалювальних горищ, як в корпусі «А1», але дах корпусу «А» все одно відрізняється матеріалом перекриття від «А2» та «А3», тому розраховуємо їх наступним чином. Для корпусу «А1»  $t_{\text{з}} = +6 \text{ °C}$  оскільки перекриття знаходиться під неопалювальним горищем.

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Корпус «А»:

$$F_{\text{дах}}^{\text{к.А}} = 859,23 \text{ м}^2, R_{\text{дах}}^{\text{к.А}} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{к.А}} = \frac{859,23}{0,95} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 41604,82 \text{ Вт.}$$

Корпус «А1»:

$$F_{\text{дах}}^{\text{к.А1}} = 614,20 \text{ м}^2, R_{\text{дах}}^{\text{к.А1}} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = 6 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{к.А1}} = \frac{614,20}{0,63} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 14623,819 \text{ Вт.}$$

Корпус «А2» та корпус «А3»:

$$F_{\text{дах}}^{\text{к.А2}} = 456,27 \text{ м}^2, F_{\text{дах}}^{\text{к.А3}} = 578,56 \text{ м}^2, R_{\text{дах}}^{\text{к.А2 та к.А3}} = 0,57 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$t_{\text{в}} = 21 \text{ °C}, \quad t_{\text{з}} = -25 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{к.А2 та А3}} = \frac{456,27 + 578,56}{0,57} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 83512,60 \text{ Вт.}$$

Сума тепловтрат через дах по всім корпусам:

$$Q_{\text{дах}} = 41604,82 + 14623,82 + 83512,60 = 139741,2.$$

Тепловтрати крізь підлогу при їх дійсному стані знаходимо за формулою (2.4).

Матеріал та термічний опір підлоги навчального закладу також відрізняється по корпусам. Оскільки підлога знаходиться над неопалювальним підвалом, беремо температуру ґрунту  $t_{\text{з}} = +6 \text{ °C}$ .

Корпус «А» (навчальні приміщення):

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пдл}}^{\text{к.Ан}} = 601,63 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}}^{\text{к.Ан}} = 1,02 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = + 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = + 6 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{к.Ан}} = \frac{601,63}{1,02} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 8847,5 \text{ Вт.}$$

Корпус «А» (центральна частина):

$$F_{\text{пдл}}^{\text{к.Ац}} = 257,6 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}}^{\text{к.Ац}} = 1,50 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = + 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = + 6 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{к.Ац}} = \frac{257,60}{1,50} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 2576 \text{ Вт.}$$

Корпуси «А1», «А2» та «А3»

$$F_{\text{пдл}}^{\text{к.А1}} = 614,20 \text{ м}^2 \quad F_{\text{пдл}}^{\text{к.А2}} = 459,27 \text{ м}^2 \quad F_{\text{пдл}}^{\text{к.А3}} = 578,56 \text{ м}^2,$$

$$R_{\text{пдл}}^{\text{к.А1,к.А2,к.А3}} = 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, t_{\text{в}} = + 21 \text{ °C}, t_{\text{з}} = + 6 \text{ °C}, n = 1,$$

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{к.А1,к.А2,к.А3}} = \frac{614,20 + 459,27 + 578,56}{0,31} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 79936,94 \text{ Вт.}$$

Сума тепловтрат через підлоги по всім корпусам:

$$Q_{\text{пдл}} = 8847,50 + 2576,00 + 79936,94 = 91360,44.$$

Додаткові тепловтрати через підлогу, обумовлені орієнтацією будинку за формулою (2.6):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 176722,70 \cdot 0,13 = 22973,95 \text{ Вт.}$$

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

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 91360,44 = 4568,02 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою (2.8).

Для громадських будинків допустиме нормативне значення повітропроникності світлопрозорої огорожувальної конструкції  $G_{\text{н.вкн}} = 6 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$  [9].

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 1385,02 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 107569,50 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію.

Для визначення тепловтрат спочатку знайдемо середню кратність повітрообміну будівлі  $n_k$  за формулою 3.10,  $\rho_c$  розраховуємо за наступною формулою:

$$\rho_c = \frac{353}{[(273 + 0,5) + (t_{\text{в}} + t_{\text{ср.оп}})]}$$

Середню температуру за опалювальний період беремо  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$  [7].

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (21 + (-1,4))]} = 1,24$$

$$n_k = \frac{\left[ \left( \frac{7 \cdot 2511,26 \cdot 24}{24} \right) + \left( \frac{0,50 \cdot 0,85 \cdot 25660,55 \cdot 0,80 \cdot 24}{24 \cdot 1,24} \right) \right]}{0,85 \cdot 25660,55} = 1,12, \text{ год}^{-1}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію знаходимо за формулою (2.9):

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 25660,55 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) \cdot 1,12 \cdot 0,85 = 411081,7 \text{ Вт.}$$

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції і наведемо їх у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Структура теплових витрат будівельних конструкцій

Складова теплових витрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	176,72	16,91
Дах	139,74	13,37
Вікна	99,55	9,52
Двері	3,09	0,30
Інфільтрація	107,57	10,29
Підлога	79,94	7,65
Витяжна вентиляція	411,08	39,99
Інші додаткові витрати	27,54	2,64
Разом	1045,23	100

Представимо теплові витрати у графічному вигляді рисунку. 2.1.

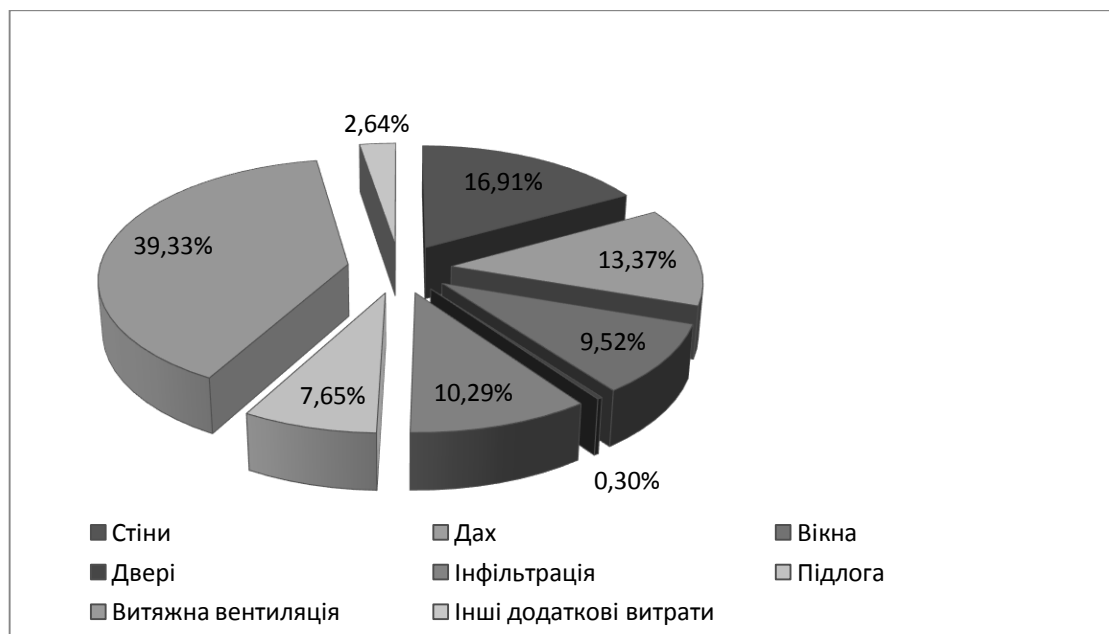


Рисунок 2.1- Розподіл теплових витрат



З представленої діаграми видно, що найбільша кількість тепловтрат відбувається через витяжну вентиляцію майже 40%. Також велика кількість тепла втрачається через стіни, дах та інфільтрацію повітря, майже 17%, 13% та 10% у відповідності. Це означає, що найголовнішим шляхом збереження тепла є модернізація та реконструкція системи вентиляції. Другорядними але не менш важливими заходами по енергозбереженню є утеплення огорожувальних конструкцій, в першу чергу з них це стіни та дах. Також слід приділити увагу вікнам та інфільтрації холодного повітря через них.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		65

## РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 3.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів

#### 3.1.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

Для знаходження теплової потужності будівлі скористаємося методом збільшених показників. Дана методика взята з літератури [14].

Визначення фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі, Вт/м<sup>3</sup>·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 2.1) за формулою:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_{\phi}}{F_{\phi}} \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} + g_0 \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\phi}} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}} \right), \quad (3.1)$$

де  $P_{\phi}$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_{\phi}$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_{\phi}$  – висота будівлі з урахуванням усіх опалюваних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}$  – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{вкн}}$  – опір теплопередачі вікон,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  (див. таблиця 2.1).

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається за формулою:

$$Q_6 = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_6 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot 10^{-3} \quad (3.2)$$

де  $V_6$  – зовнішній об'єм будівлі,  $\text{м}^3$ ;

$t_{\text{в}}$  – температура по приміщеннях будівлі,  $^{\circ}\text{C}$  [9];

$t_{\text{з.р}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля,  $^{\circ}\text{C}$  [7];

$a$  – поправковий коефіцієнт, який визначається як.

$$a = 0,54 + \frac{t_{\text{в}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}})} = 0,54 + \frac{21}{(21 - (-25))} = 0,99$$

Максимальна теплова потужність будівлі.

Максимальна теплова потужність будівлі нового корпусу «А»:

$$q_{\text{пит.А}}^{\phi} = \frac{192,45}{859,23} \cdot \left( \frac{1}{0,95} + 0,36 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,95} \right) \right) + \frac{1}{11,95} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,95} + 0,6 \cdot \frac{1}{1,02} \right) = 0,41 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C},$$

$$Q_{\text{А}} = 0,99 \cdot 0,41 \cdot 10267,75 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 191,71 \text{ кВт.}$$

Максимальна теплова потужність будівлі нового корпусу «А1»:

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$q_{\text{пит.А1}}^{\phi} = \frac{107}{614,20} \cdot \left( \frac{1}{0,95} + 0,59 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,95} \right) \right) + \frac{1}{13,05} \\ \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,63} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,31} \right) = 0,49 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С},$$

$$Q_{\text{А1}} = 0,99 \cdot 0,49 \cdot 8506,67 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 189,82 \text{ кВт.}$$

Максимальна теплова потужність будівлі нового корпусу «А2»:

$$q_{\text{пит.А2}}^{\phi} = \frac{96,55}{408,40} \cdot \left( \frac{1}{0,81} + 0,25 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{8,87} \\ \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,57} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,31} \right) = 0,71 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С},$$

$$Q_{\text{А2}} = 0,99 \cdot 0,71 \cdot 4073,72 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 131,71 \text{ кВт.}$$

Максимальна теплова потужність корпусу «А3» :

$$q_{\text{пит.А3}}^{\phi} = \frac{117,67}{650,07} \cdot \left( \frac{1}{0,81} + 0,45 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,81} \right) \right) + \frac{1}{9,9} \\ \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,57} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,31} \right) = 0,61 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С},$$

$$Q_{\text{А3}} = 0,99 \cdot 0,61 \cdot 5727,74 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 159,11 \text{ кВт.}$$

Сумарна теплова потужність всієї будівлі навчального закладу, які обчислені за методом збільшених показників становить:

$$Q_{\phi} = 191,71 + 189,82 + 131,72 + 159,11 = 672,36 \text{ кВт.}$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

### 3.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни)

#### Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує, що значна частина витрат тепла припадає на витрати через огорожувальні конструкції будівлі. Оскільки стіни складають переважну площу огорожувальних конструкцій, то саме через них проходить більша частина теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

#### Опис можливостей з енергозбереження.

Оскільки архітектурно планувальна конструкція будівлі енергетичного обстеження не несе історичної цінності, тому для утеплення стін обираємо спосіб накладання теплоізоляційного матеріалу на зовнішню сторону будівлі. Даний спосіб має певний ряд переваг: є можливість утеплення стіни по всій її площі та прилягаючих до неї перекриттів; захищає основні стіни від різних зовнішніх факторів; теплоізоляція не займає корисну площу будівлі; ремонтні роботи не будуть порушувати графік роботи закладу. На рисунку 3.1 зображено схему за якою пропонується утеплювати стіни [15].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1- Схема утепления стін

Для утепления стін будівлі навчального закладу пропонується використати базальтову вату компанії «ROCKWOOL» теплопровідність якої складає  $\lambda_{ут} = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{ут} = (R_{qmin} - R_{ст}) \cdot \lambda_{ут} \quad (3.3)$$

Для корпусів «А» та «А1» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступні значення:

$$\delta_{ут} = (3,3 - 0,95) \cdot 0,036 = 0,08 \text{ м.}$$

Для корпусів «А2» та «А3» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступні значення:

$$\delta_{ут} = (3,3 - 0,81) \cdot 0,036 = 0,09 \text{ м.}$$

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{ог.к}}}{R_{\text{qmin}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{стн}}^{\text{із}} = \frac{3436,24}{3,3} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 47899,10 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{\text{ог.к}} = Q_{\text{ог.к}} - Q_{\text{ог.к}}^{\text{із}} \quad (3.5)$$

$$\Delta Q_{\text{стн}} = 176722,70 - 47899,10 = 128823,60 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період за формулою:

$$Q_{\text{ог.к}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{ог.к}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \quad (3.6)$$

де  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,  $^\circ\text{C}$ [7];

$n_{\text{оп}}$  – 187 тривалість опалювального періоду [7].

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = 128826,60 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 281545,49 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$281545,49 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 242,13 \text{ Гкал.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

визначаємо за формулою:

$$\Delta E = Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{c}{1000} \quad (3.7)$$

де  $c$  – вартість теплової енергії, грн/Гкал.

$$\Delta E = 242,13 \cdot \frac{1600,93}{1000} = 387,63 \text{ тис. } \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Тоді вартість впровадження заходу знаходимо за формулою:

$$C_{\text{впров}} = F_{\text{стн}} \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}) \quad (3.8)$$

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

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

В таблиці 3.1 наведені дані за матеріалами та цінами для утеплення стін будівлі. Ціни на матеріали вказані в літературах [16 - 23].

Таблиця 3.1 – Матеріали та вартість утеплення стін

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Утеплювач «ROCKWOOL» ROCKTON 1000x600x100 мм	939	1шт на 3.66 м <sup>2</sup>	922,00	865758,00
Скловітка «Masternet» 5x5мм,	68	1рулон на 50 м <sup>2</sup>	700,00 грн за рулон	74600,00



Продовження таблиці 3.1

Клей для приклеювання і армування плит з мінеральної вати CeresitCT 190	688	5кг на 1 м <sup>2</sup>	199,00 грн за 25 кг	136912,00
Грунтовка під штукатурку «ВаумітUniPrimer» універсальний	41	0,3кг на 1 м <sup>2</sup>	784,00 за 25 кг	32144,00
Штукатурна суміш стартова цементно-вапняна «ВаумітMP 25»	246	14 кг на 1 м <sup>2</sup>	72,00 за 25 кг	18942,00
Наноштукатурка декоративна баранчик «ВаумітNanoporTop»	344	2,5 кг на м <sup>2</sup>	2619,00 грн за 25 кг	900936,00
Нанокраска фасадна «ВаумітNanoporColor»	69	0,5 на 1 м <sup>2</sup>	2959,00 грн за 25 кг	204171,00
Дюбель Wkret-met 220	688	5шт на 1м <sup>2</sup>	4,95 грн за шт	3405,60
Всього тис.грн				2236,87

Вартість робіт по встановленню плит складає 120 грн/м<sup>2</sup> [ 24].

Тоді загальна сума за утеплення стін складатиме:

$$C_{\text{впр}} = 2236,87 + (3436,24 \cdot 120) = 2649,22 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$T = \frac{C_{\text{впр}}}{\Delta E} \quad (3.9)$$

$$T = \frac{2649,22}{387,63} = 6,83 \text{ роки.}$$

Після запровадження технології заходу загальна теплова потужність для будівлі становитиме:

$$\Delta Q = \Delta Q_0 - \Delta Q_{\text{рт}} \quad (3.10)$$

де  $\Delta Q_0$  – теплова потужність будівлі до встановлення системи, кВт.

Розрахунок за формулою (3.10):

$$\Delta Q = 672,36 - 128,82 = 543,54 \text{ кВт.}$$

Методика розрахунку наступних формул наведена в літературі [25].

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t) \quad (3.11)$$

де  $\Pi$  – прибуток, грн;

$B$  – поточні витрати, грн;

$K$  – капітальні витрати, грн;

$T$  – останній рік розрахункового періоду, рік;

$t$  – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 387,63/2649,22 = 0,15.$$

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термін окупності проекту визначимо згідно формули:

$$T_{ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t) \quad (3.12)$$

де  $E$  – ставка дисконтування, частка од.

$D$  – дохід, грн.

$$T_{ок} = 2649,22 \cdot (1 + 0,25) / 387,63 = 8,54 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу:

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (3.13)$$

де  $C_0$  – величина інвестицій, грош. од.;

$C_n$  – грошовий потік, грош. од.;

$r$  – ставка відсотка, %;

$n$  – кількість років.

Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.2. Термін служби матеріалу 50 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.2. Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Таблиця 3.2 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення стін

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, $C_n$ , грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	2649218	-	-

Продовження таблиці 3.2

1	-	387630	310104
2	-	387630	248083,20
3	-	387630	198466,56
4	-	387630	158773,25
5	-	387630	127018,60
6	-	387630	101614,88
7	-	387630	81291,90
8	-	387630	65033,52
9	-	387630	52026,82
10	-	387630	41621,45
11	-	387630	33297,16
12	-	387630	26637,73
13	-	387630	21310,18
14	-	387630	17048,15
15	-	387630	13638,52
16	-	387630	10910,81
17	-	387630	8728,65
18	-	387630	6982,92
19	-	387630	5586,34
20	-	387630	4469,07
21	-	387630	3575,26
22	-	387630	2860,20
23	-	387630	2288,16
24	-	387630	1830,53
25	-	387630	1464,42
26	-	387630	1171,54

## Продовження таблиці 3.2

27	-	387630	937,23
28	-	387630	749,79
29	-	387630	599,83
30	-	387630	479,86
31	-	387630	383,89
32	-	387630	307,11
33	-	387630	245,69
34	-	387630	196,55
35	-	387630	157,24
36	-	387630	125,79
37	-	387630	100,63
38	-	387630	80,51
39	-	387630	64,41
40	-	387630	51,52
41	-	387630	41,22
42	-	387630	32,98
43	-	387630	26,38
44	-	387630	21,10
45	-	387630	16,88
46	-	387630	13,51
47	-	387630	10,81
48	-	387630	8,64
49	-	387630	6,92
50	-	387630	5,53
Ставка дисконтування			25%
NPV			-1098720,13

### 3.2.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах)

#### Поточний стан

Згідно діаграми 2.2 частину теплової енергії втрачається через дах. Тому утеплення даху спеціальними матеріалами є необхідним для збереження тепла, це має значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, а отже оплата за спожиту теплову енергію також зменшиться.

#### Опис можливостей з енергозбереження.

Для утеплення даху вибираємо спосіб накладання теплоізоляційного матеріалу на зовнішню сторону будівлі. Даний спосіб має певний ряд переваг: є можливість утеплення стіни по всій її площі та прилягаючих до неї перекриттів; захищає дах від різних зовнішніх факторів; теплоізоляція не займає корисну площу будівлі; ремонтні роботи не будуть порушувати графік роботи закладу. На рисунку 3.2 зображено схему за якою пропонується утеплювати стіни [26].

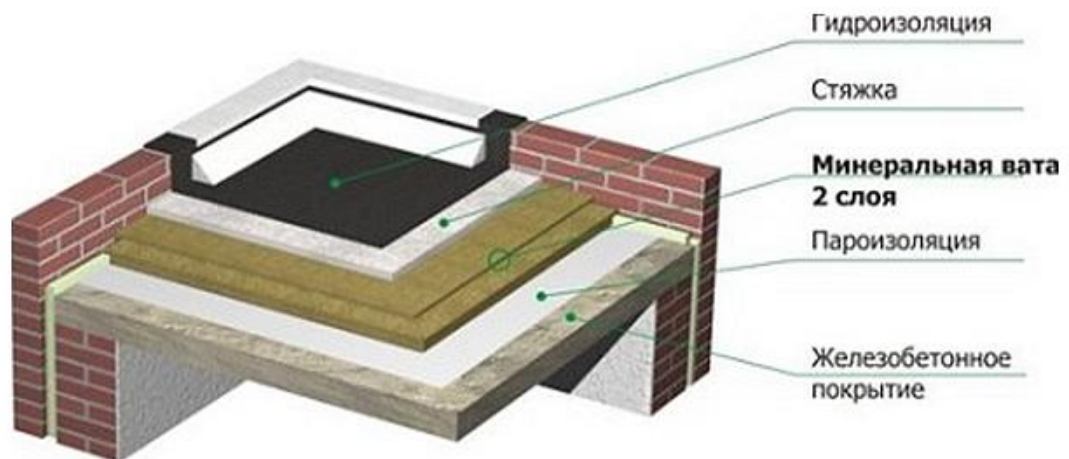


Рисунок 3.2 – Схема утеплення даху

Для утеплення даху навчального закладу пропонується використати базальтову вату компанії «ROCKWOOL» теплопровідність якої складає  $\lambda_{ут} = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		78

формулою(3.3):

Для корпусів «А» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступне значення:

$$\delta_{\text{утА}} = (6,00 - 0,95) \cdot 0,036 = 0,18 \text{ м.}$$

Для корпусів «А1» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступне значення:

$$\delta_{\text{ут А1}} = (6,00 - 0,63) \cdot 0,036 = 0,19 \text{ м.}$$

Для корпусів «А2» та «А3» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступні значення:

$$\delta_{\text{ут А2 та А3}} = (6,00 - 0,57) \cdot 0,036 = 0,20 \text{ м.}$$

Розрахуємо втрати через дах після ізоляції для корпусу «А», «А2» та «А3» розраховуємо по формулі (3.4):

$$Q_{\text{дах к.А,А2 та А3}}^{\text{із}} = \frac{859,23+459,27+578,56}{6,00} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 14544,13 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо втрати через дах після ізоляції для корпусу «А1» розраховуємо по формулі (3.4):

$$Q_{\text{дах к.А}}^{\text{із}} = \frac{614,20}{6,00} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 1535,5 \text{ Вт.}$$

Загальна сума втрат через дах після ізоляції:

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{дах}}^{\text{із}} = 14544,13 + 1535,5 = 16079,63 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через не утеплені дах корпус «А» «А2» та «А3» і утеплені знайдемо по формулі (3.10):

$$\Delta Q_{\text{дах}} = 41604,82 + 83512,60 - 14544,13 = 110573 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через не утеплений дах «А1» і утеплені знайдемо по формулі (3.10):

$$\Delta Q_{\text{дах к}} = 14623,82 - 1535,5 = 13088,32 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь дах за опалювальний період за формулою (3.10).

Корпус «А» «А2» «А3»:

$$Q_{\text{дах к. А, А2 та А3}}^{\text{рік}} = 110573 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 241653 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}},$$

$$241653 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 207,82 \text{ Гкал.}$$

Корпус «А1»:

$$Q_{\text{дах к. А1}}^{\text{рік}} = 13088,32 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - 6)} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 87718,97 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}},$$

$$87718,97 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 75,44 \text{ Гкал.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу визначаємо за формулою (3.7):

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						80
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$\Delta E = (207,82 + 75,44) \cdot \frac{1600,93}{1000} = 453,48 \text{ тис. } \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

В таблиці 3.3 наведені дані за матеріалами та цінами для утеплення даху будівлі. Ціни на матеріали вказані в літературах [16;27 - 30].

Таблиця 3.3 – Матеріали та вартість утеплення даху

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Утеплювач «ROCKWOOL» ROCKTON 1000x600x100 мм	687	1шт на 3.66 м <sup>2</sup>	922,00	633414,00
Утеплювач «ROCKWOOL» ROCKTON 1000x600x100 мм	687	1шт на 3.66 м <sup>2</sup>	922,00	633414,00
Самовирівнююча стяжка «Момент» 30-50 мм 25кг	2010	20 кг на м <sup>2</sup> Товщиною 10мм	79,00	158790,00
Пароізоляційна плівка «Паробарьер» Н110 JUTA	34	1руон на 70 м <sup>2</sup>	1017,00	34578,00

Продовження таблиці 3.3

Мембрана ПВХ «Soprema Flagon» SV 1,5 мм армована	60	1руон на 42 м <sup>2</sup>	9786,00	587160,00
Дюбель Wkret- met 250	503	5шт на 1м <sup>2</sup>	5,50 грн за шт	2766,50
Всього в тис.грн				20501,12

Вартість робіт по встановленню плит складає 120грн/м<sup>2</sup> [ 24]

Тоді, загальна сума за утеплення даху складатиме (3.8):

$$C_{\text{впров}} = 20501,12 + (2511,26 \cdot 120) = 2351,47 \text{ тис. грн}$$

Визначасмо термін окупності за формулою (3.9):

$$T = \frac{2351,47}{453,48} = 5,19 \text{ роки.}$$

Після запровадження технології заходу загальна теплова потужність для будівлі розрахуємо за формулою (3.10):

$$\Delta Q = 672,36 - (13,09 + 110,57) = 548,70 \text{ кВт.}$$

Визначасмо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою(3.11):

$$R_p = 453,48/2351,47 = 0,19.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.12):

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						82
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_{ок} = 2351,47 \cdot (1 + 0,25)/453,48 = 6,48 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.13).

Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.4. Термін служби матеріалу 50 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.4. Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Таблиця 3.4 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	2351473	-	-
1	-	453480	362784
2	-	453480	290227,20
3	-	453480	232181,76
4	-	453480	185745,41
5	-	453480	148596,33
6	-	453480	118877,06
7	-	453480	95101,65
8	-	453480	76081,32
9	-	453480	60865,06
10	-	453480	48692,04
11	-	453480	38953,64
12	-	453480	31162,91
13	-	453480	24930,33
14	-	453480	19944,26
15	-	453480	15955,41

## Продовження таблиці 3.4

16	-	453480	12764,33
17	-	453480	10211,46
18	-	453480	8169,17
19	-	453480	6535,34
20	-	453480	5228,27
21	-	453480	4182,61
22	-	453480	3346,09
23	-	453480	2676,87
24	-	453480	2141,50
25	-	453480	1713,20
26	-	453480	1370,56
27	-	453480	1096,45
28	-	453480	877,16
29	-	453480	701,73
30	-	453480	561,38
31	-	453480	449,10
32	-	453480	359,28
33	-	453480	287,43
34	-	453480	229,94
35	-	453480	183,95
36	-	453480	147,16
37	-	453480	117,73
38	-	453480	94,18
39	-	453480	75,35
40	-	453480	60,28
41	-	453480	48,22
42	-	453480	38,58

Продовження таблиці 3.4

43	-	453480	30,86
44	-	453480	24,69
45	-	453480	19,75
46	-	453480	15,80
47	-	453480	12,64
48	-	453480	10,11
49	-	453480	8,09
50	-	453480	6,47
Ставка дисконтування			25%
NPV			-537578,89

### 3.2.3 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (підлога)

Поточний стан.

Після аналізу діаграми 2.2 можна стверджувати, що підлога навчального закладу також потребує утеплення. Утеплення підлоги спеціальними матеріалами є необхідним для збереження тепла, це має значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, а також оплату за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей з енергозбереження.

Для утеплення підлоги вибираємо спосіб накладання теплоізоляційного матеріалу на внутрішню сторону будівлі. Це не дуже зручно тому, що: буде використовуватися корисна площа будівлі; можливе перенесення радіаторів опалення та стояків; процес ремонту буде заважати навчальному процесу. На рисунку 3.1 зображено схему за якою пропонується утеплювати стіни [31].

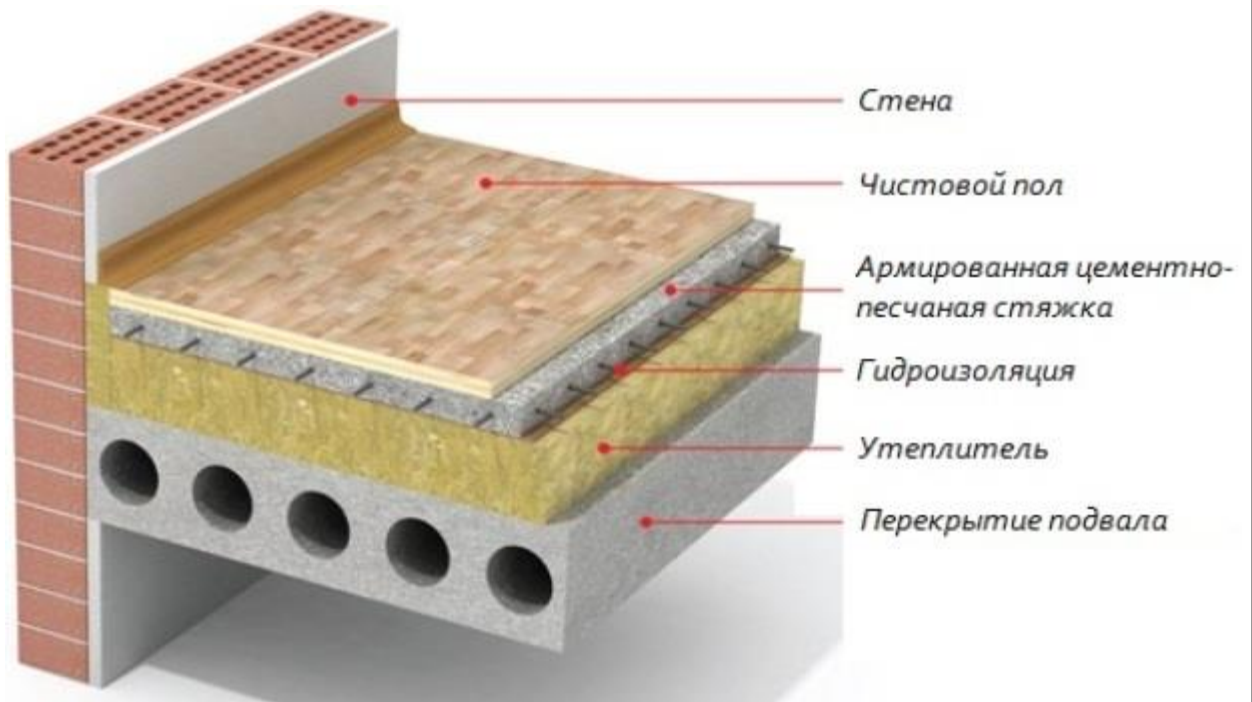


Рисунок 3.3 – Схема утеплення підлоги

Для утеплення підлоги навчального закладу пропонується використати базальтову вату компанії «ROCKWOOL» теплопровідність якої складає  $\lambda_{ут} = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою (3.3).

Для корпусу «А» (навчальні приміщення) товщина теплоізоляційного шару становитиме наступне значення:

$$\delta_{ут} = (3,75 - 1,02) \cdot 0,036 = 0,10 \text{ м.}$$

Для корпусу «А» (центральна частина) товщина теплоізоляційного шару становитиме наступне значення:

$$\delta_{ут} = (3,75 - 1,5) \cdot 0,036 = 0,08 \text{ м.}$$

Для корпусів «А1», «А2» та «А3» товщина теплоізоляційного шару становитиме наступні значення:

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						86
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\delta_{\text{ут}} = (3,75 - 0,31) \cdot 0,036 = 0,12 \text{ м.}$$

Розрахуємо втрати через підлогу після ізоляції по формулі (3.4):

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{із}} = \frac{2511,26}{3,75} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 10045,04 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через не утеплені дах і утеплені знайдемо по формулі (3.5):

$$\Delta Q_{\text{пдл}} = 91360,44 - 10045,04 = 81315,40 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період за формулою (3.6):

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{рік}} = 81315,40 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - 6)} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 544982,32 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$544982,32 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 468,68 \text{ Гкал.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу визначаємо за формулою (3.7):

$$\Delta E = 468,68 \cdot \frac{1600,93}{1000} = 750,32 \text{ тис.} \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

В таблиці 3.5 наведені дані за матеріалами та цінами для утеплення стін будівлі. Оскільки утеплювання буде проводитися в середині то площу для розрахунку вартості матеріалів беремо без урахування стін тобто опалювальну  $F_{\text{пдл}} = 2313,73$ . Ціни на матеріали вказані в літературах [16;27;32-37].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Матеріали та вартість утеплення підлоги.

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Утеплювач «ROCKWOOL» ROCKTON 1000x600x100 мм	633	1 шт на 3.66 м <sup>2</sup>	922	583626,00
Утеплювач «Paros» Нвас Lamella Mat Alu Coat 1000x1000x20 мм	232	1 шт на 10 м <sup>2</sup>	730	306104,00
Стяжка «Момент» 30-50 мм 25кг	1852	20 кг на м <sup>2</sup> Товщиною 10мм	79	146308,00
Супердифузійна мембрана Євробар'єр Плюс «JUTA»	31	1 рулон на 75 м <sup>2</sup>	1975	61225,00
Сітка зварна оцинкована 1,8x25x50мм	232	1 рулон на 10 м <sup>2</sup>	541	125512,00
Лінолеум SpartaFranz 2E Таркетт	772	1 рулон на 3 м <sup>2</sup>	129	93138,00
Підкладка під лінолеум 3 мм	47	1 рулон на 50 м <sup>2</sup>	248	11656,00
Дюбель Wkret-met 180	463	5 шт на 1 м <sup>2</sup>	5 грн за шт	2315,00
Всього тис.грн				1204,37

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		88



Вартість робіт по встановленню плит складає 120 грн/м<sup>2</sup>. [24]

Тоді загальна сума за утеплення підлоги складатиме (3.8):

$$C_{\text{впров}} = 1204,37 + (2313,76 \cdot 120) = 1482,02 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою (3.9):

$$T = \frac{1482,02}{750,32} = 1,98 \text{ роки.}$$

Після запровадження технології заходу загальна теплова потужність для будівлі розрахуємо за формулою (3.10):

$$\Delta Q = 672,36 - 81,32 = 591,04 \text{ кВт.}$$

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.11):

$$R_p = 750,32/1482,02 = 0,51.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.12):

$$T_{\text{ок}} = 1482,02 \cdot (1 + 0,25)/750,32 = 2,47 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.13). Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.6. Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – не вигідним.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						89
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення підлоги

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	1482023	-	-
1	-	750320	600256
2	-	750320	480204,80
3	-	750320	384163,84
4	-	750320	307331,07
5	-	750320	245864,86
6	-	750320	196691,89
7	-	750320	157353,51
8	-	750320	125882,81
9	-	750320	100706,25
10	-	750320	80565,00
11	-	750320	64452,00
12	-	750320	51561,60
13	-	750320	41249,28
14	-	750320	32999,42
15	-	750320	26399,54
16	-	750320	21119,63
17	-	750320	16895,70
18	-	750320	13516,56
19	-	750320	10813,25
20	-	750320	8650,60
21	-	750320	6920,48
22	-	750320	5536,38
23	-	750320	4429,11

Продовження таблиці 3.6

24		750320	3543,29
25	-	750320	2834,63
26	-	750320	2267,70
27	-	750320	1814,16
28	-	750320	1451,33
29	-	750320	1161,06
30	-	750320	928,85
31	-	750320	743,08
32	-	750320	594,46
33	-	750320	475,57
34	-	750320	380,46
35	-	750320	304,37
36	-	750320	243,49
37	-	750320	194,79
38	-	750320	155,84
39	-	750320	124,67
40	-	750320	99,73
41	-	750320	79,79
42	-	750320	63,83
43	-	750320	51,06
44	-	750320	40,85
45	-	750320	32,68
46	-	750320	26,14
47	-	750320	20,92
48	-	750320	16,73
49	-	750320	13,39
50	-	750320	10,71

### Продовження таблиці 3.6

Ставка дисконтування	25%
NPV	1519214,16

#### 3.2.4 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції

##### Поточний стан

За діаграмою теплових втрат яка зображена на рисунку 2.2 найбільші втрати теплоти відбуваються саме через систему вентиляції майже 40%. Тому необхідне встановлення системи рекуперації, це значно зменшить витрати на теплову енергію загалом по всій будівлі.

##### Опис можливостей з енергозбереження.

Для встановлення системи рекуперації рекомендується спочатку утеплити огорожувальні конструкції та встановити новітню систему опалення. Переваги системи рекуперації: забезпечення свіжим повітрям заклад, не втрачаючи теплової енергії; запобігання прояв надмірної вологості та росту цвілі після утеплення. Недоліком системи рекуперації є те, що установка даної системи може співпадати з навчальним процесом закладу.

Для закладу пропонується встановлення пластинчастий рекуператор «LOSSNAY LGH-150RVXT-E» який зображено на рисунку 3.4 [38]

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		92



Рисунок 3.4 - Пластинчастий рекуператор «LOSSNAY LGH-150RVXT-E»

Технічні характеристики пластинчастого рекуператора «LOSSNAY LGH-150RVXT-E» описані в таблиці 3.7 [38].

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики:

Технічні характеристики	
Виробник	Mitsubishi Electric
Вага кг	156
Потужність Вт	792
Витрата повітря м <sup>3</sup> /год	1500
Рівень шуму дБ	49,5
Тип монтажу	канальний
ефективність	80%

Схема принципу роботи рекуператора наведена на рисунку (3.5) [39].

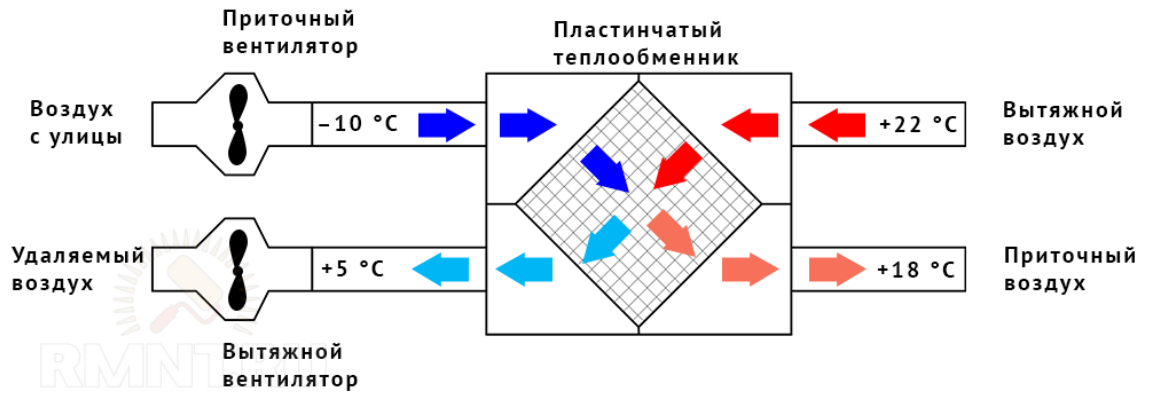


Рисунок 3.5 – Схема роботи рекуператора

Рекуперация теплоты без дополнительного нагревания припливного воздуха.

Визначається масова витрата вентилязованого повітря, кг/с за формулою:

$$\dot{m}_B = V_B \cdot \rho_{\Pi} \quad (3.14)$$

де  $\rho_{\Pi}$  – густина повітря, що вентиляється за нормальних умов, кг/м<sup>3</sup> (для розрахунків береться  $\rho_{\Pi} = 1,3$ кг/м<sup>3</sup>);

$V_B$  – об’ємна витрата повітря, що вентиляється, м<sup>3</sup>/с.

Визначається для природної вентиляції за формулою:

$$V_{\Pi B} = 0,278 \cdot V_{\Pi} \cdot k_V \cdot n_K \cdot 10^{-3} \quad (3.15)$$

де  $V_{\Pi}$  – внутрішній об’єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$k_V$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об’єму приміщення через розміщення у ньому різного обладнання (береться  $k_V = 0,85$ – $1,0$ );

$n_K$  – кратність повітрообміну приміщення, год<sup>-1</sup>. (розрахована в пункті 2.2.2).

$$V_{\Pi B} = 0,278 \cdot 25660,55 \cdot 0,85 \cdot 1,12 \cdot 10^{-3} = 6,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

						6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
							94
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			

Визначається масова витрата вентилязованого повітря:

$$\dot{m}_B = 6,8 \cdot 1,3 = 8,84 \text{ кг/с.}$$

Для механічної вентиляції (за умови  $n_B = n_3$ ) об'ємна витрата дорівнює:  $V_{MB} = Q_{\text{вент}} \cdot \frac{q^3}{q_B}$ , та визначається за формулою:

$$V_{MB} = Q_{\text{вент}} \cdot \frac{t_B + 273}{t_{3.п.} + 273} \quad (3.16)$$

де  $Q_{\text{вент}}$  – паспортна витрата вентиляторного агрегату, м<sup>3</sup>/с;

$t_B$  – температура витяжного повітря, °С, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилюється;

$t_{3.п.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

$$V_{MB} = \left( \frac{1500}{3600} \right) \cdot \frac{(21 + 273)}{(-25 + 273)} = 0,49 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Враховуючи розрахункові умови, що масові витрати і теплоємності витяжного та припливного повітря однакові та результати рівнянь теплового балансу, величина економії теплової енергії на опалення приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі, кВт, визначається за формулою:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = \dot{m}_B \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_B - (t_{3.п.} + \Delta t_p)) \quad (3.17)$$

де  $t_B$  – температура витяжного повітря, °С, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилюється;

$t_{3.п.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\Delta t_p$  – величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти,  $^{\circ}\text{C}$ . Для практичних розрахунків береться із діапазону  $\Delta t_p = 10 \div 15$   $^{\circ}\text{C}$ ;

$c_p$  – питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг $\cdot$  $^{\circ}\text{C}$ ).

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 8,84 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25 + 12)) = 302,06 \text{ кВт.}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації, кВт $\cdot$ год/рік визначається за формулою:

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК}} = \Delta Q_{\text{рт}} \cdot \frac{t_{\text{в}}^{\text{сер}} - t_{\text{ср.оп.}}}{t_{\text{в}}^{\text{сер}} - t_{\text{з.р.}}} \cdot \eta_{\text{р.р}} \cdot \eta_{\text{р.п.}} \quad (3.18)$$

де  $\Delta Q_{\text{рт}}$  – величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;

$t_{\text{в}}^{\text{сер}}$  – внутрішня температура приміщення будівлі (осереднена за робочими зонами),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{ср.оп.}}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{з.р.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\eta_{\text{р.р.}}$  – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин;

$\eta_{\text{р.п.}}$  – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб.

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК}} = 302,06 \cdot \frac{21 - (-1,4)}{21 - (-25)} \cdot 10 \cdot 187 = 275058,46 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$275058,46 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} = 236,55 \text{ Гкал.}$$

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						96
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



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

$$\Delta E = Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{c}{1000} \quad (3.19)$$

де  $c$  – вартість теплової енергії, грн/Гкал.

$$\Delta E = 236,55 \cdot \frac{1600,93}{1000} = 378,70 \text{ тис.} \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Тоді, вартість впровадження заходу знаходимо за формулою:

$$C_{\text{впров}} = F_{\text{стн}} \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}) \quad (3.20)$$

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

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

Вартість впровадження заходу залежить від складності запропонованого проекту та витрат на допоміжні матеріали та обладнання що в свою чергу ускладнює вірно оцінити повну вартість впровадження.

Орієнтована вартість заходу наведена в таблиці 3.8 [38].

Таблиця 3.8 – Матеріали та вартість рекуператора

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Рекуператор LOSSNAY LGH-150 RVXT-E	17	1 шт на 1500 м <sup>3</sup>	201749	3429733
Всього				3429733

Тоді загальна сума за впровадження рекуператора складатиме (3.8):

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						97
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$C_{\text{впр}} = 3429733 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою (3.9):

$$T = \frac{3429,73}{378,70} = 9,06 \text{ роки.}$$

Після запровадження технології рекуперації теплоти у систему вентиляції загальна теплова потужність для будівлі становитиме, кВт (3.10):

$$\Delta Q = 672,36 - 302,06 = 370,30 \text{ кВт.}$$

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.11):

$$R_p = 378,70/3429,73 = 0,11.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.12):

$$T_{\text{ок}} = 3429,73 \cdot (1 + 0,25)/378,70 = 11,32 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.13). Термін служби матеріалу 50 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.9. Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Таблиця 3.9 - Значення показника чистої приведеної вартості для плит мінеральної вати

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	3429733	-	-

Продовження таблиці 3.9

1	-	378700	302960
2	-	378700	242368,00
3	-	378700	193894,40
4	-	378700	155115,52
5	-	378700	124092,42
6	-	378700	99273,93
7	-	378700	79419,15
8	-	378700	63535,32
9	-	378700	50828,25
10	-	378700	40662,60
11	-	378700	32530,08
12	-	378700	26024,07
13	-	378700	20819,25
14	-	378700	16655,40
15	-	378700	13324,32
16	-	378700	10659,46
17	-	378700	8527,57
18	-	378700	6822,05
19	-	378700	5457,64
20	-	378700	4366,11
21	-	378700	3492,89
22	-	378700	2794,31
23	-	378700	2235,45
24	-	378700	1788,36
25	-	378700	1430,69
26	-	378700	1144,55
27	-	378700	915,64

Продовження таблиці 3.9

28	-	378700	732,51
29	-	378700	586,01
30	-	378700	468,81
31	-	378700	375,05
32	-	378700	300,04
33	-	378700	240,03
34	-	378700	192,02
35	-	378700	153,62
36	-	378700	122,90
37	-	378700	98,32
38	-	378700	78,65
39	-	378700	62,92
40	-	378700	50,34
41	-	378700	40,27
42	-	378700	32,22
43	-	378700	25,77
44	-	378700	20,62
45	-	378700	16,49
46	-	378700	13,20
47	-	378700	10,56
48	-	378700	8,45
49	-	378700	6,76
50	-	378700	5,40
Ставка дисконтування			25%
NPV			-1914954,62

Проаналізувавши отримані результати розрахунку вартості впровадження, терміну окупності, рентабельності та показника чистої приведеної вартості можна зробити висновок, що з усіх запропонованих

варіантів енергозбереження утеплення підлоги є більш економічно вигіднішим. Тому що, значення вище перерахованих параметрів для підлоги є найбільш прийнятні.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		101

## 4 УЛАШТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК БЛИСКАВКОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

### 4.1 Загальні відомості про прямий удар блискавки

Блискавка – це гігантський іскровий розряд в електричному полі атмосфери. Розвиток блискавки визначається складним комплексом фізичних процесів. Протягом багатьох століть блискавка привертала до себе увагу вчених, а з часів Франкліна і Ломоносова стала предметом експериментального вивчення. На сьогодні накопичений великий експериментальний матеріал і створені теоретичні представлення про процеси розвитку блискавки. На їх основі розроблені основні принципи блискавкозахисту [40].

Довжина каналу блискавки може досягати кількох кілометрів, сила струму - 200 000 А, напруга - 150 000 кВ, а температура - 10 000 °С і більше. Тривалість блискавки 0,1-1,0 с [41].

Прямий удар блискавки (ПУБ) - безпосередній контакт каналу блискавки з об'єктом (будівлею або спорудою), що супроводжується протіканням через нього струму блискавки [42].

Захист від ПУБ – зовнішня система заходів, які застосовуються для скорочення матеріальних збитків, обумовлених ударами блискавки в будівельні конструкції [42].

Небезпеку при влучанні прямого удару блискавки в будівлю чи споруду можна поділити на три спектри: пошкодження та руйнування покрівлі та огорожувальної конструкції будівлі, виходу з роботи електронного та електричного постачання; можливість виникнення пожеж; небезпека та

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

загроза життю людей та тварин, що знаходяться будівлях під час природного явища.

#### 4.2 Блискавкозахист будівель та споруд

Блискавкозахист (грозозахист) будівель та споруд – це певна кількість різних технічних та практичних прийомів, що надають додатковий захист при випадковому попаданні розряду блискавки у будівлю чи споруду. Такі прийоми поділяються на зовнішні та внутрішні. Зовнішні перехоплюють розряд блискавки та відводять його в землю.

Рівень блискавкозахисту (РБЗ) – число (номер), яке пов’язане із заздалегідь встановленими параметрами струму блискавки та імовірністю того, що ці взаємопов’язані максимальні і мінімальні параметри не будуть перевищувати природних параметрів струмів блискавки [42].

Розрізняють чотири рівня блискавкозахисту, для кожного з них встановлені мінімальні та максимальні фіксовані параметри струму блискавки, в таблиці 4.1 наведені ці параметри та деякі інші важливі параметри [42].

Таблиця 4.1 – Категорії та параметри струму блискавки

Категорія блискавко-захисту	Мінімальний пік струму блискавки $I$ , кА	Максимальний пік струму блискавки $I$ , кА	Повний заряд $Q_{\text{повн}}$ , Кл	Радіус фіктивної сфери $R$ , м
I	3	200	300	20
II	5	150	225	30
III	10	100	150	45

Продовження таблиці 4.1

IV	16	100	150	60
----	----	-----	-----	----

Будівлі та споруди, віднесені по влаштуванню блискавкозахисту до I та II категорій, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, занесення високих потенціалів, електростатичного та електромагнітної індукції через наземні і підземні комунікації. А будівлі і споруди, що відносяться до III категорії, повинні бути захищені через наземні металеві комунікації [43].

В незалежності від стану будівлі, матеріалу її огорожувальної конструкції, або висоти будівлі чи споруди, вони однаково схильні до можливості потрапляння прямого удару блискавки. Якщо задіти виробничі чи комерційні споруди, то при попаданні розряду блискавки можливе повне знеструмлення будівлі. Що стосується житлових будинків та багатоповерхівок встановлення блискавкозахисних приборів є обов'язково.

До класифікація блискавкозахисту будівель або споруд входить захист від прямого удару блискавки - зовнішня блискавкозахисна система (БЗС) та захист від повторної дії блискавки - внутрішня БЗС. В деяких випадках блискавкозахист може містити тільки зовнішню БЗС або тільки внутрішню БЗС. Загалом, основна частина струмів блискавки здійснюється за компонентами системи внутрішнього блискавкозахисту.

Зовнішня БЗС може бути відокремленою (ізолюваною) від споруди (блискавковідводи, що стоять окремо— стрижньові або тросові, а також сусідні споруди, що виконують функції природних блискавковідводів) або може бути встановлена на об'єкті, що захищається, і навіть може бути його частиною [44].

Захист від ПУБ спеціальних об'єктів, у нормальних технологічних режимах яких можуть знаходитися і утворюватися вибухонебезпечні концентрації газів (парів, пилу, волокна тощо), повинен виконуватися блискавковідводами, що стоять окремо. Віддаленість блискавковідводів,

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						104
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



що стоять окремо від об'єкта, що захищається, і підземних металевих комунікацій визначаються галузевими нормативними документами [44].

За наявності на будівлях і спорудах спеціальних об'єктів прямих газовідвідних і дихальних труб для вільного відведення в атмосферу газів, пари і суспензій вибухонебезпечної концентрації в зону захисту блискавковідводів повинен входити простір над обрізом труб, обмежений півкулею радіусом 5 м [42].

Надійність захисту від ПУБ слід приймати:

0,99 ÷ 0,999 – для об'єктів I РБЗ ;

0,95 ÷ 0,99 – для об'єктів II РБЗ ;

0,9 ÷ 0,95 – для об'єктів III РБЗ ;

не нижче ніж 0,85 – для об'єктів IV РБЗ [42].

Пристрої блискавкозахисту будівель, споруд і зовнішніх установок об'єктів експлуатуються відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і вказівок, зазначених в ДСТУ 9.3.2÷9.3.11. Задачею експлуатації пристроїв блискавкозахисту об'єктів є підтримання їх у стані необхідної справності і надійності [42].

#### 4.3 Технічне обладнання для блискавкозахисту будівлі чи споруд

Система блискавкозахисту включає в себе спеціальні технічні прилади та обладнання для прийому, передачі та відведенні електричного розряду блискавки. Вона може забезпечити захист великих промислових будівель, приватні будинки та селища, військових об'єктів. До основних приладів та обладнання можна віднести, блискавкоприймачі струмовідводи та заземлювачі. Це є складові блискавковідводів.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						105
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Блискавковідвід,— це ряд пристроїв, які сприймають удар блискавки і відводять її струм в землю [42].

Елементи блискавковідводу з'єднуються між собою й закріплюються на несучій конструкції. Оскільки ймовірність влучення у наземний об'єкт блискавкою зростає і з збільшенням його висоти, блискавковідвід розташовується на якомога більшій висоті або безпосередньо на об'єкті, що захищається, або як окреме спорудження поруч із об'єктом. Іноді блискавковідвід вбудовується в декоративні елементи будинку або споруди [45].

#### 4.3.1 Вибір пристроїв блискавкозахисту

При виборі пристроїв блискавкозахисту за категоріями враховують важливість об'єкта, його висоту, місце розташування серед сусідніх об'єктів, рельєф місцевості, інтенсивність грозової діяльності. Останній параметр характеризується середньорічною тривалістю гроз у годинах для даної місцевості таблиці 4.2 [41].

Таблиця 4.2 - Середня інтенсивність грозової діяльності у різних регіонах (областях) України

№ з/п	Регіон (області) України	Інтенсивність грозової діяльності, год/рік
1	Автономна Республіка Крим	40-60
2	Закарпатська, Запорізька, Донецька	80-100
3	Інші області України	60-80

Кожен район має інтенсивність грозової діяльності. Це важливий чинник при виборі типу і конструкції блискавкозахисту. Тому очікування кількості поразок блискавок на рік будівель і споруд необхідно знати. Це число знаходиться за формулою:

$$N = (S + 6h) \cdot (L + 6h) \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (4.1)$$

де S - ширина будівлі;

L - довжина будівлі;

h - найбільша висота будівлі, м;

n - середньорічне число ударів блискавок в 1 земної поверхні в місці розташування будівлі [41].

Середньорічне число ударів блискавки в 1 км<sup>2</sup> земної поверхні наведений в таблиці 4.3 [40].

Таблиця 4.3 - Середньорічна тривалість гроз

Середньорічна тривалість гроз, години	Питома щільність ударів блискавки в землю n, 1/км <sup>2</sup> ·рік
10-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	5,5
80-100	7
більше 100	8,5

### 4.3.2 Блискавкоприймачі

Блискавкоприймач – це частина блискавковідводу, призначений для перехоплення блискавок, сприймає прямий удар. Для захисту промислових та громадських будівель і споруд з плоским дахом прокладають блискавковловлюючі сітки з максимальним кроком середньої сітки 10-15 м, в залежності від рівня блискавкозахисту. Також необхідно захищати від прямих ударів блискавки обладнання, розташоване на даху будівля (вентилятори, виходи вентиляційних шахт та інші виступаючі конструкції) [46].

Блискавкоприймачі можуть складатися з довільної комбінації таких елементів: стрижнів, натягнутих дротів (тросів), сітчастих провідників (сіток). Параметри цих елементів наведені в таблиці 4.4 [42].

Таблиця 4.4- Товщина елементів, виконуючих функції природного блискавкоприймача

Рівень захисту	Матеріал	Товщина $t$ , мм, не менша,
I-IV	Залізо	4
I-IV	Мідь	5
I-IV	Алюміній	7

### 4.3.3 Струмовідвід

Струмовідвід— частина блискавковідводу, призначена для відведення струму блискавки від блискавкоприймача до заземлювача [42].

Основними, найбільш універсальними вимогами до розташування струмовідводів є наступні:

- струмовідводи повинні розміщуватися так, щоб струм мав можливість проходити від точки попадання грозового розряду до землі по декількох паралельних лініях;
- струм повинен проходити по найкоротшому шляху. З цим пов'язані вимоги до форми струмовідводу. Вона повинна бути максимально прямою, без різких вигинів і вже тим більше - без петель;
- розподіл декількох струмовідводів по периметру споруди повинно бути рівномірним, а починати установку потрібно з кута;
- щільність розміщення струмовідводів залежить від особливостей покрівлі, розмірів будівлі і категорії блискавкозахисту. Якщо периметр менше 20 м - на ньому встановлюється 1 струмовідвід;
- дозволено кріплення струмовідводу до водостічних труб [47].

В таблиці 4.5 показано, можливі відстані між струмовідводами та рівнем його захисту [44].

Таблиця 4.5 - Середні відстані між струмовідводами залежно від рівня захищеності

Рівень захисту	Середня відстань, м
I	10
II	15
III	20
IV	25

Якщо металеві каркаси будівлі або сталеві арматури залізобетону використовуються як струмовідводи, то прокладання горизонтальних поясів не потрібно [42].

#### 4.3.4 Заземлювач

Заземлювач — провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, які перебувають в електричному контакті з землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, бетон [42].

Основна задача заземлювального пристрою блискавкозахисту — відвести якомога більшу частину струму блискавки (50% і більше) у землю. Решта струму розтікається по підвідних до будівлі комунікаціях (оболонкам кабелів, трубам водопостачання тощо). При цьому не виникають небезпечні напруги на самому заземлювачі [48]. Заземлювач є підземним закінченням системи.

Залежно від розміщення заземлювачів відносно електрообладнання, заземлюючі пристрої бувають виносні і контурні. Виносні заземлювачі розмішують на деякій відстані від обладнання, що заземлюється, а контурні - за контуром на деякій відстані від нього [49].

Заземлювачі можуть бути природними і штучними. Для природного заземлювача використовують електропровідні конструкції будівель та комунікацій, водопровідні та інші сталеві трубопроводи, металеву арматуру залізобетонних фундаментів, що знаходяться у контакті з землею, прокладені у землі оболонки силових електричних кабелів [49].

Для захисту від ПУБ слід, як правило, використовувати природні заземлювачі [42].

Категорично забороняється використовувати як природний заземлювач трубопроводи із вибухонебезпечними та горючими рідинами і газами.

Груповий заземлювач - два і більше з'єднаних між собою стрижневих заземлювачі, що встановлюються на відстані не менше 3 м один від одного [50].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						110
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У разі неможливості використання природних заземлювачів для блискавковідводів, що стоять окремо, використовуються наступні штучні заземлювачі:

- для I і II РБЗ – заземлювач, який складається з трьох і більше вертикальних електродів довжиною не менше ніж 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом і відстанню між ними не менше ніж 3 м;
- для III РБЗ – заземлювач, який складається мінімум з двох вертикальних електродів довжиною не менше ніж 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом і відстанню між ними не менше ніж 3 м;
- для IV РБЗ – заземлювач, який складається з одного вертикального або горизонтального електрода довжиною 2÷3 м, прокладеним на глибині не менше ніж 0,5 м [44].

З'єднання в системі блискавкозахисту слід виконувати зварюванням, паянням, допускається також вставка в затискний наконечник або болтове кріплення [42].

#### 4.2.2 Зона захисту від дії блискавки

Такі захисні засоби, як зовнішня система блискавкозахисту, екранування, еквіпотенціальні з'єднання провідних частин і пристроїв захисту від імпульсної перенапруги визначають зони захисту від дії блискавки. Із зростанням номера зони захисту знижується вплив електромагнітного поля і струму блискавки [42].

Загальні принципи розділення простору, що захищається, на зони блискавкозахисту зображені на рисунку 4.1 [42].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						111
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

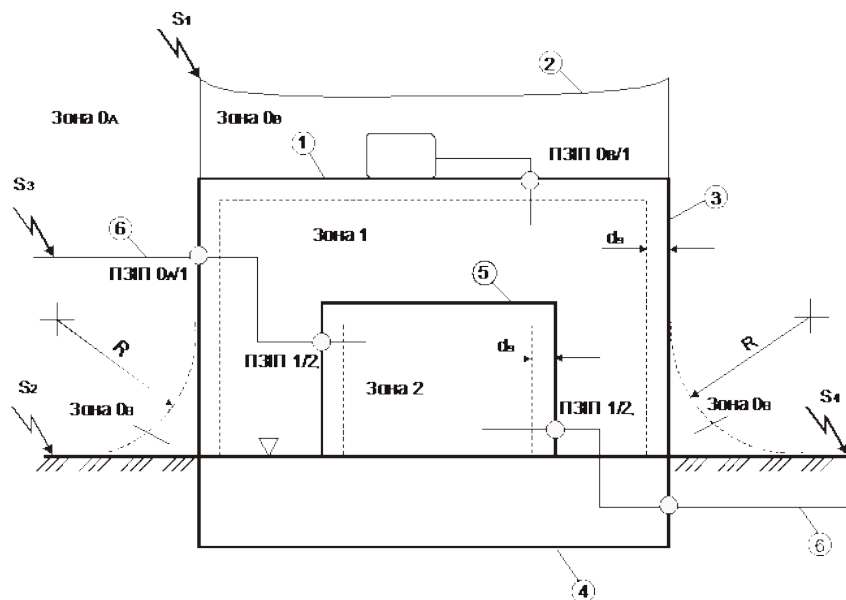


Рисунок 4.1 – Зони блискавкозахисту:

1 - будівля (екран зони 1);

2 – блискавкоприймач (повітряне закінчення системи);

3 – вертикальний провідник системи;

4 – закінчення системи в землі;

5 – простір (екран зони 2);

6 – увід лінії електропередавання або зв'язку до будівлі;

$S_1$  – розряд блискавки в блискавкоприймач;

$S_2$  – розряд біля будівлі;

$S_3$  - розряд у повітряний увід до будівлі;

$S_4$  – розряд біля кабельного вводу до будівлі;

$R$  – радіус фіктивної сфери;

$d_s$  – безпечна відстань проти надто високого магнітного поля.

На рисунку 4.2 зображено дві просторово розділені зони 1, за допомогою екранованого з'єднання можуть утворити загальну зону [42].



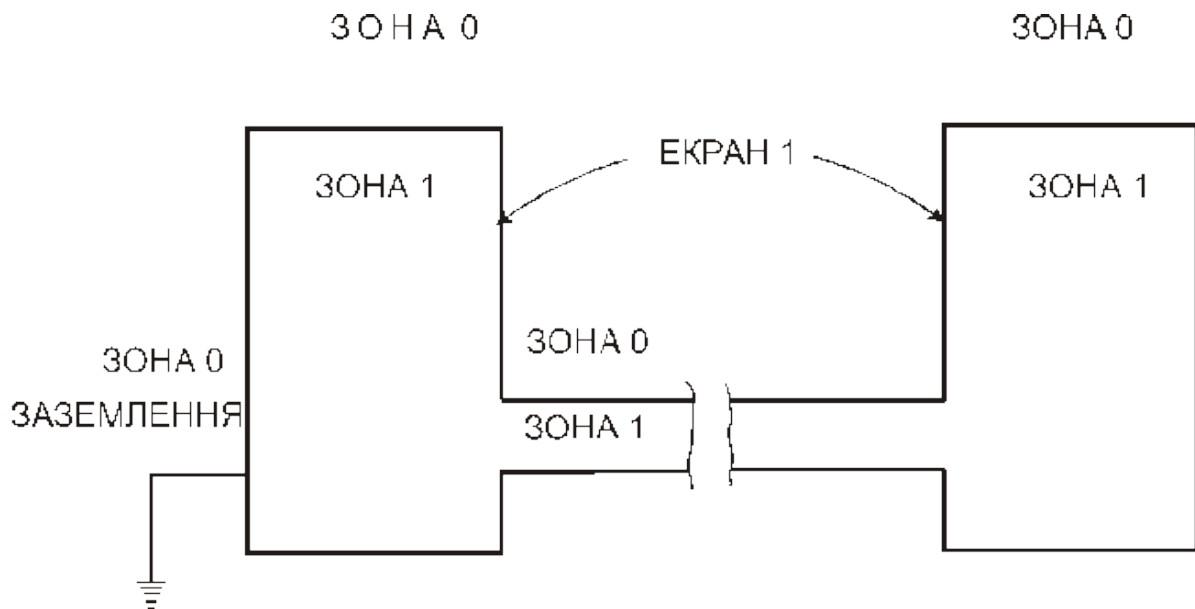


Рисунок 4.2- Розділення зони, за допомогою екранованого з'єднання:

1. Зона  $0_A$  – прямий удар, повний струм блискавки, повне магнітне поле;
2. Зона  $0_B$  - не підвержена прямому удару, частковий струм блискавки або індукований, повне магнітне поле;
3. Зона 1 – не підвержена прямому удару, обмежений струм блискавки або індукований, ослаблене магнітне поле;
4. Зона 2 – не підвержена прямому удару, індуковані струми, подальше ослаблення магнітного поля;
5. Захисні об'єми всередині зон 1 і 2 повинні враховувати відстань  $d_s$  [42].

#### 4.4 Розробка експлуатаційно-технічної документації

У всіх організаціях і підприємствах незалежно від форм власності рекомендується мати комплект експлуатаційно-технічної документації блискавкозахисту об'єктів, для яких виконується блискавкозахист [42].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						113
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Комплект експлуатаційно-технічної документації блискавкозахисту повинен містити:

- пояснювальну записку;
- схеми зон захисту блискавковідводів;
- робочі креслення конструкцій блискавковідводів (будівельна частина), конструктивних елементів захисту від вторинних проявів блискавки, від занесень високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації, від ковзних іскрових каналів і розрядів у ґрунті;
- приймальну документацію (акти прийняття в експлуатацію пристроїв блискавкозахисту разом з додатками: актами на приховані роботи і актами випробувань пристроїв блискавкозахисту і захисту від вторинних проявів блискавки і занесення високих потенціалів) [42].

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		114

## ВИСНОВОК

Метою кваліфікаційної випускної роботи бакалавра, було проведення енергетичного обстеження систем енергоспоживання та стану будівельних конструкцій корпусів загальноосвітньої школи №18 міста Суми.

Під час першого етапу виконання роботи було проведено інструментальне обстеження навчального закладу, зібрана необхідна для подальших розрахунків економічна та технічна інформація, зроблений аналіз споживання енергоносіїв об'єктом за результатами аналізу було виявлено невідповідність з нормативними даними. Причиною цьому є не утеплений стан огорожувальних конструкцій та занедбана система вентиляції приміщень закладу її робота не відповідає сучасним вимогам з енергозбереження, а саме відсутні технології регулювання вентиляції приміщень. Система природної вентиляції на об'єкті з енергетичного обстеження потребує ремонту та модернізації.

На другому етапі були проведені розрахунки. В результаті цих розрахунків була зроблена кругова діаграма яка зображена на рисунку 2.1, вона наочно показує місця найбільших втрат тепла по навчальному закладу. А саме вентиляція майже 40 %, стіни 17% та дах 13%.

На третьому етапі були запропоновані енергозберігаючі заходи, для зменшення тепловтрат та теплової потужності будівлі навчального закладу. Найбільшими тепловтратами в будівлі є вентиляція, для зменшення цих витрат було запропоновано встановити рекуператор теплоти. Для того щоб встановлення рекуператора мало найбільший ефект треба покращити дійсний стан огорожувальних конструкцій. Тому були запропоновані наступні енергозберігаючі заходи: утеплення огорожувальних конструкцій базальтовою ватою (стіни, підлоги та даху). За результатами аналізу

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						115
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ефективності даних заходів найбільш рентабельнішим являється утеплення підлоги.

В результаті запропонованих заходів була зменшена розрахункова теплова потужність будівлі.

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		116

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Комплексну державну програму енергозбереження України» [Електронний інтернет-ресурс] // № 148 від 5 лютого 1997р. - Режим доступу до ресурсу:- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/148%D0%B0-97-%D0%BF>
2. Методичні вказівки на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію підчас впровадження енергозбережних заходів» [Електронний інтернет-ресурс] // укладачі: С.С. Антоненко, В.М. Козін, Е.В. Колісніченко. – Суми: СумДУ, 2015. – 50с. - Режим доступу до ресурсу:- <http://lib.sumdu.edu.ua/library/docs/rio/2015/m3986.pdf>
3. Закон України «Про енергозбереження» [Електронний інтернет-ресурс] // м. Київ, 1 липня 1994 року N 74/94-ВР - Режим доступу до ресурсу:- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80>
4. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги"
5. Конспект лекцій з дисципліни "ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ" для студентів напряму 6.050701 – електротехніка та електротехнології [Електронний інтернет-ресурс] // Укладач Шрамко Ю.Ю. — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 134 с. Режим доступу до ресурсу:- <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/30/6-30-17400.1.pdf>
6. Офіційний сайт Сумської загальноосвітньої школи [Електронний інтернет-ресурс] // Режим доступу до ресурсу:- <http://18-sumy.com.ua/>
7. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" [Електронний інтернет-ресурс] // – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с. Режим доступу до ресурса:- <https://www.geodez.com.ua/pdf/dstu-n-b-v.1.1-27-2010.pdf>

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						117
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

8. 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» [Електронний інтернет-ресурс] // укладачі: С. С. Антоненко, Е. В. Колісніченко. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 84 с. Режим доступу до ресурса:- <http://lib.sumdu.edu.ua/library/docs/rio/2014/m3711.docx>

9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – [Електронний інтернет-ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. –30 с. Режим доступу до ресурсу:- [https://drive.google.com/drive/folders/0B6R-P\\_LwCRN-UFhfS3VwSDIVVnc](https://drive.google.com/drive/folders/0B6R-P_LwCRN-UFhfS3VwSDIVVnc)

10. Норми витрат електричної теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України. [Електронний інтернет-ресурс] // – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999. Режим доступу до ресурсу:- [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/REG4396.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG4396.html)

11. Рішення міськвиконкому про «Норми водоспоживання» по м. Суми [Електронний інтернет-ресурс] // від «20. 04.1999р.» № 172. Режим доступу до ресурсу: <https://vodokanal.sumy.ua/index.php/2015-05-08-13-24-48/611-rishennya-vikonavchogo-komitetu-sumskoj-miskoj-radi-vid-20-04-1999-172>

12. ДСанПіН 5.5.2.008-01. Утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу. [Електронний інтернет-ресурс] // Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України 14.08.2001 N 63. Режим доступу до ресурсу:- <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0063588-01>

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						118
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

13. Теплофизические характеристики, таблица [Электронный интернет-ресурс]: «Коэффициенты теплопроводности различных материалов» - Режим доступа до ресурсу: <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>

14. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с

15. Теплый фасад [Электронный интернет-ресурс]: «Схема утепления стін» - Режим доступа до ресурсу :<https://www.tepliy-fasad.odessa.ua/uteplenie-balkona/>

16. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна базальтової вати» - Режим доступа до ресурсу:<https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/yteplitel-rockwool-rockton-100-mm/>

17. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна склосітки» - Режим доступа до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/setka-fasadnaya-masternet-160g-m-steklovolokonnaya-shchelochestoykaya-sinyaya-50m/>

18. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна клею для утепления» - Режим доступа до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/kley-mv-dlya-krepleniya-i-zashchity-plit-iz-mineralnoy-vaty-ct-190-25-kg/>

19. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна грунтовки» - Режим доступа до ресурсу: [https://nasha-stroyka.com.ua/search/?q=Baumit+Uni Primer&how=r](https://nasha-stroyka.com.ua/search/?q=Baumit+Uni+Primer&how=r)

20. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна штукатурки» - Режим доступа до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/startovaya-shtukurnaya-smes-baumit-mpi-25/>

21. Nasha-stroyka [Электронный интернет-ресурс]: «Характеристика та ціна для фінішної штукатурки» - Режим доступа до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/dekorativnaya-nanoshtukaturka-baumit-nanoportop-barashek/>

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						119
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

22. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна для фасадної фарби» - Режим доступу до ресурсу:<https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/fasadnaya-nanokraska-baumit-nanoporcolor/>

23. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація, характеристика та ціна систем кріплення» - Режим доступу до ресурсу:<https://teploizol.in.ua/p557545931-dyubel-fasadnyj-metallicheskim.html>

24. Kiev Home [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація та ціна за утеплення» - Режим доступу до ресурсу: <https://kievrem.com.ua/price/uteplenie-fasadov-cena/>

25. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С.В.Сапожніков. –Суми: Сумський державний університет, 2015. –163с.

26. KrovlyaKrishi.ru [Електронний інтернет-ресурс]: «Схема утеплення даху» - Режим доступу до ресурсу:<http://krovlyakrishi.ru/vidy-krysh/ploskaya/krovlya-po-derevyannym-balkam.html>

27. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна стяжки» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/smes-moment-styazhka-25-kg/>

28. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна пароізоляційної плівки» - Режим доступу до ресурсу:<https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/podkrovelnaya-plyonka-parobarer-h110/>

29. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна ПВХ мембрани» - Режим доступу до ресурсу:<https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/pvkh-membrana-soprema-flagon-sv-1-5-armirovana/>

30. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація, характеристика та ціна систем кріплення» - Режим доступу до ресурсу:<https://teploizol.in.ua/p557546297-dyubel-fasadnyj-metallicheskim.html>

31. Новый сайт [Електронний інтернет-ресурс]: «Схема утеплення підлоги» - Режим доступу до ресурсу : <https://xcschemenwv.appspot.com/shema-utepleniya-polov-mineralnoyvatoy.html>

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						120
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



32. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна базальтової вати» - Режим доступу до ресурсу <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/uteplitel-paroc-hvac-lamella-mat-alu-coat-20-10000-1000/>

33. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна супер дифузійної мембрани» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/syperdiffyziionnaya-membrana-evrobarer-pljys-juta/>

34. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна зварної сітки» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/setka-svarnaya-otsinkovannaya-50x25x1-8mm-1-10m/>

35. Гипермаркет 27. ua [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна лінолеуму» - Режим доступу до ресурсу: <https://27.ua/shop/linoleum-sparta-franz-2e-tarkett-3-m-.html>

36. Інтернет магазин [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна лінолеуму» - Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/p573068098-podlozhka.html>

37. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація, характеристика та ціна систем кріплення» - Режим доступу до ресурсу: <https://teploizol.in.ua/p550678886-dyubel-fasadnyj-metallicheskim.html>

38. Heat-Pump.ua [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна рекуператора» - Режим доступу до ресурсу: <http://heat-pump.ua/lossnau-lgh-15rvx-e1/p-564.html>

39. RMNY.RU [Електронний інтернет-ресурс]: «Схема роботи рекуператора» - Режим доступу до ресурсу: <https://www.rmnt.ru/story/ventilation/rekuperator-vozduxa-dlja-chastnogo-doma.1519727/>

40. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів [Електронний інтернет-ресурс]: «Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках» // О.В. Кулаков, В.О. Росоха, В.С. Хоменко, Харків 2006 -

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						121
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Режим доступу до ресурсу: [http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book\\_212/9658.html](http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_212/9658.html)

41. Навчальні матеріали онлайн [Електронний інтернет-ресурс]: «Захист від атмосферної електрики (блискавки)» - Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/1748081138330/bzhd/zahist\\_vid\\_atmosfernoyi\\_elektriki\\_b\\_liskavki](https://pidruchniki.com/1748081138330/bzhd/zahist_vid_atmosfernoyi_elektriki_b_liskavki)

42. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» [Електронний інтернет-ресурс]: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2008р., 54с. Режим доступу до ресурсу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_2\\_5\\_38\\_2008\\_ulashtuvannja\\_blis\\_kavkozakhistu\\_budivel\\_i\\_sporud/5-1-0-774](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_2_5_38_2008_ulashtuvannja_blis_kavkozakhistu_budivel_i_sporud/5-1-0-774)

43. Bud Tehnika [Електронний інтернет-ресурс]: «БЛИСКАВКОЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД» - Режим доступу до ресурсу: <http://budtehnika.pp.ua/9212-bliskavkozahist-budvel-ta-sporud.html>

44. Методичні вказівки до практичної роботи з курсу «Охорона праці в галузі» [Електронний інтернет-ресурс]: «Класифікація будівель і споруд щодо улаштування блискавкозахисту. Визначення необхідності їх захисту від блискавки»// . Укладачі В. П. Скачко – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. – 20 с. Режим доступу до ресурсу: [https://spo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah\\_rozd\\_OP\\_DP\\_bak\\_s\\_pes\\_mag/140.html](https://spo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_s_pes_mag/140.html)

45. StudFiles [Електронний інтернет-ресурс]: «Улаштування і розрахунок блискавкозахисту будівель і споруд» - Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/3270507/page:4/>

46. StudFiles [Електронний інтернет-ресурс]: «Влаштування блискавкозахисту» - Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/5204053/page:9/>

47. Кластер [Електронний інтернет-ресурс]: «Особливості струмовідводів і їх монтажу» - Режим доступу до ресурсу: <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/gde-dopuskaetsya-prokladka-tokootvodov/>

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						122
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

48. СТЕМ [Електронний інтернет-ресурс]: «Захист сонячної електростанції від удару блискавок» - Режим доступу до ресурсу: <https://stem.if.ua/en/blogs/23>

49. Навчальні матеріали онлайн [Електронний інтернет-ресурс]: «Що називається заземлюючим пристроєм і які вони бувають?» - Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/1899100939034/bzhd/scho\\_nazivayetsya\\_zazemlyuyuchim\\_pristroyem\\_yaki\\_voni\\_buvayut](https://pidruchniki.com/1899100939034/bzhd/scho_nazivayetsya_zazemlyuyuchim_pristroyem_yaki_voni_buvayut)

50. Наказ «Про затвердження правил безпечної експлуатації електроустановок» [Електронний інтернет-ресурс]: // N 257 від 06.10.97 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України - Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z001198/ed20000406/find?text=%C3%F0%F3%EF%EE%E2%E8%E9+%E7%E0%E7%E5%EC%EB%FE%E2%E0%F7>

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
						123
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

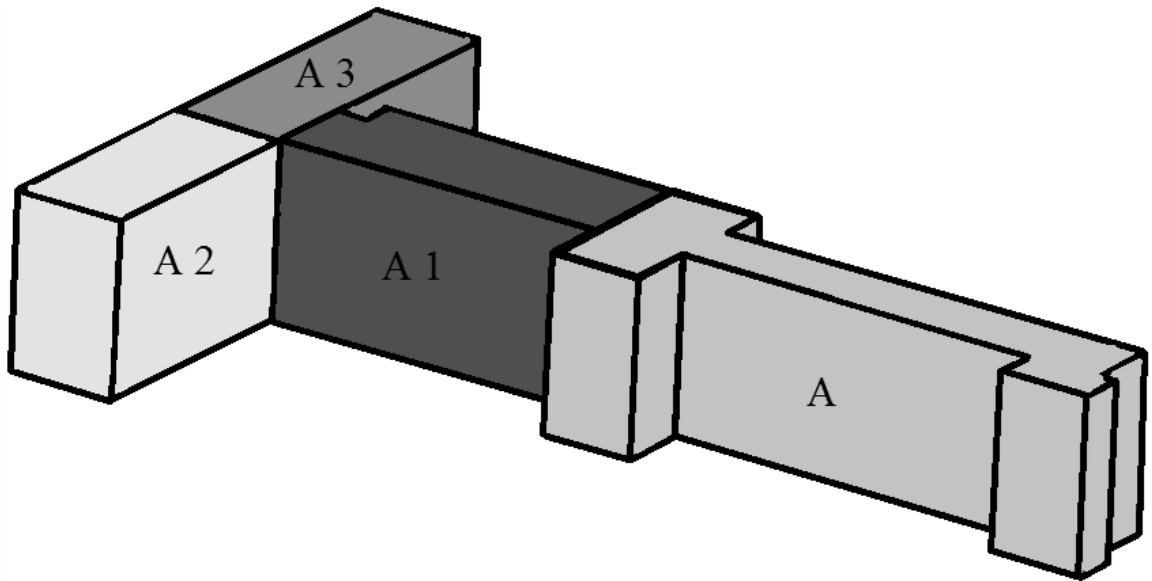


Рисунок А.1 – Схема поділу навчального закладу на корпуси

ДОДАТОК Б

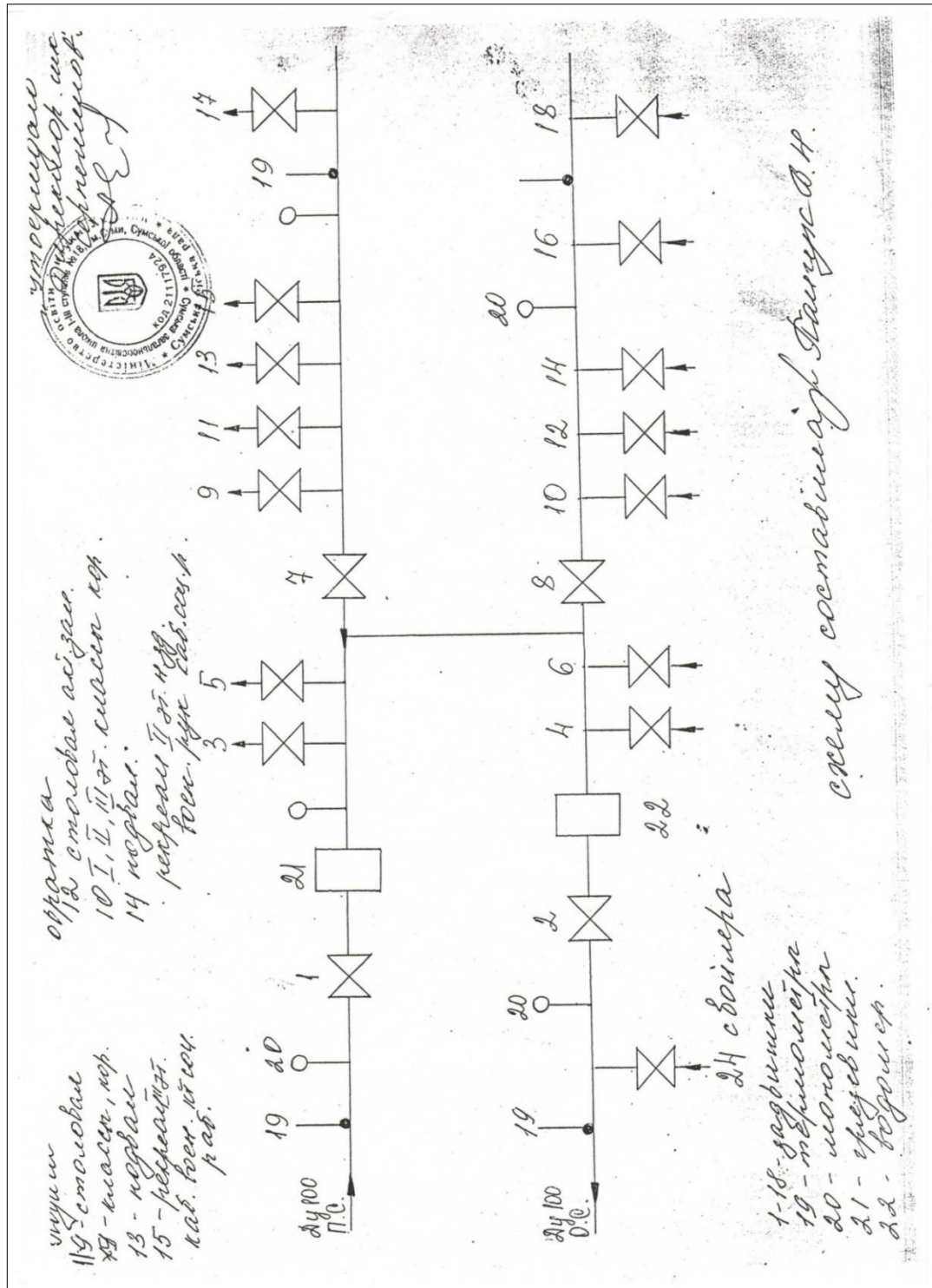


Рисунок Б.1 - Схема теплопункту навчального закладу

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

6.050601.17BP.000.00.ПЗ

Аркуш

125

## ДОДАТОК В

<p>"Затверджую" Керівник підключаемого об'єкта</p> <p style="text-align: right;">" " 20 г.</p>	<p>"Затверджую" Заступник директора ТОВ "Сумитеплоенерго" - начальник цеху ТМтаК</p> <p style="text-align: right;">Покутня Н.Г. " " 20 г.</p>
<p><b>АКТ</b></p>	
<p>меж розподілу відповідальності за стан та обслуговування теплових мереж між:</p> <p><b>ТОВ "Сумитеплоенерго"</b></p> <hr/> <p><b>та Управлінням освіти та науки Сумської міської ради</b></p> <hr/> <p>до об'єкта: КУ Сумська ЗОШ І-ІІІ ступенів №18</p> <hr/> <p>за адресою: м.Суми, вул.Леваневського,8</p> <hr/> <p>є теплові мережі, вказані на схемі ( згідно балансової належності).</p>	
<p><u>Червоним кольором</u> позначено тепломережі: <b>ТОВ "Сумитеплоенерго"</b></p> <p><u>Синім кольором</u> позначено тепломережі: <b>Управління освіти та науки Сумської міської ради</b></p>	
<p>Начальник КТД ТОВ "Сумитеплоенерго"</p> <p>Відповідальний за теплозабезпечення КУ Сумська ЗОШ І-ІІІ ступенів №18</p>	<p>Максимов В.Г.</p> <p>Пашук В.В.</p>

Рисунок В.1 – Акт меж розподілу теплових мереж

					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		126

# ДОДАТОК Г

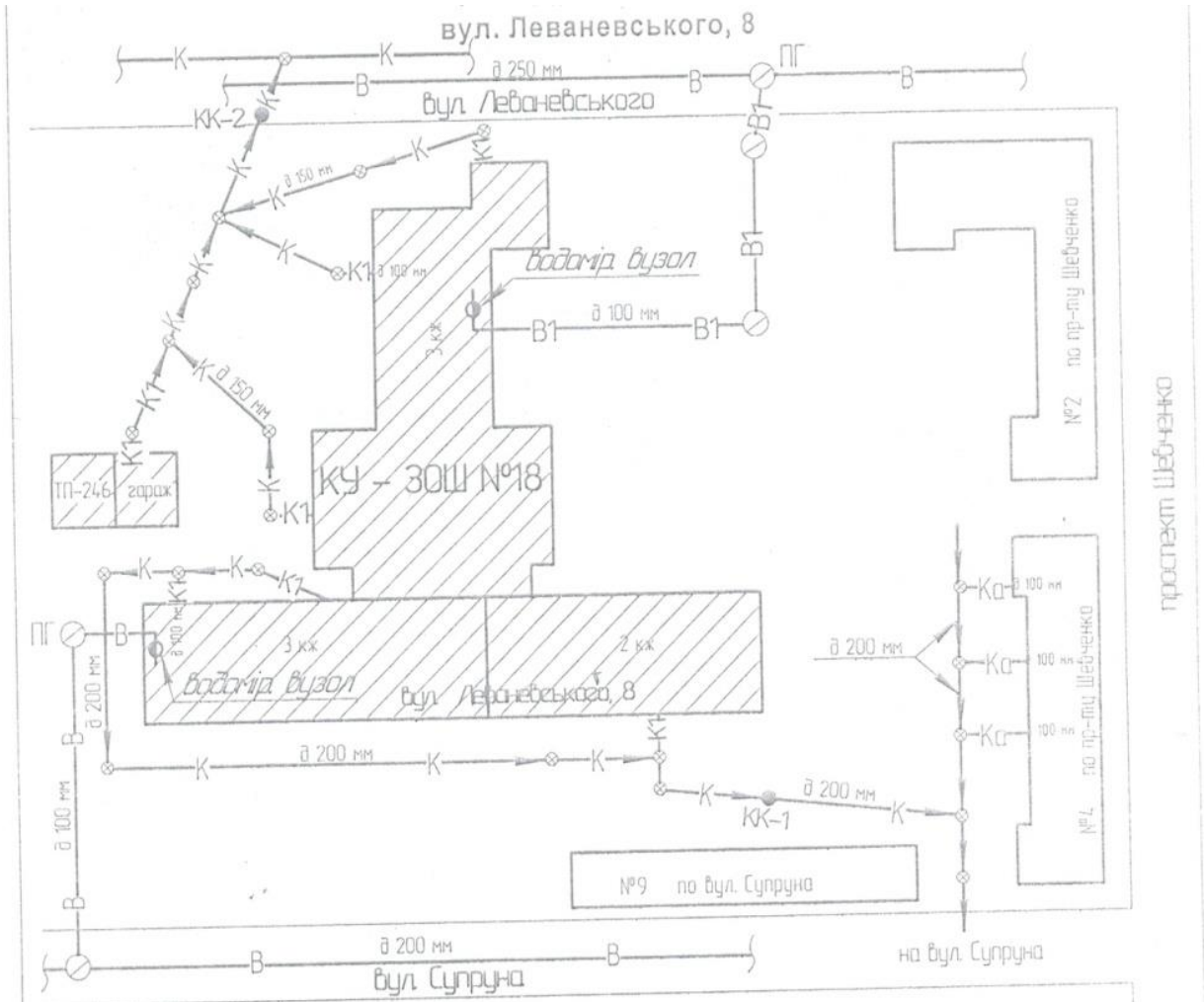


Рисунок Г.1 – Схема водопровідних та каналізаційних мереж

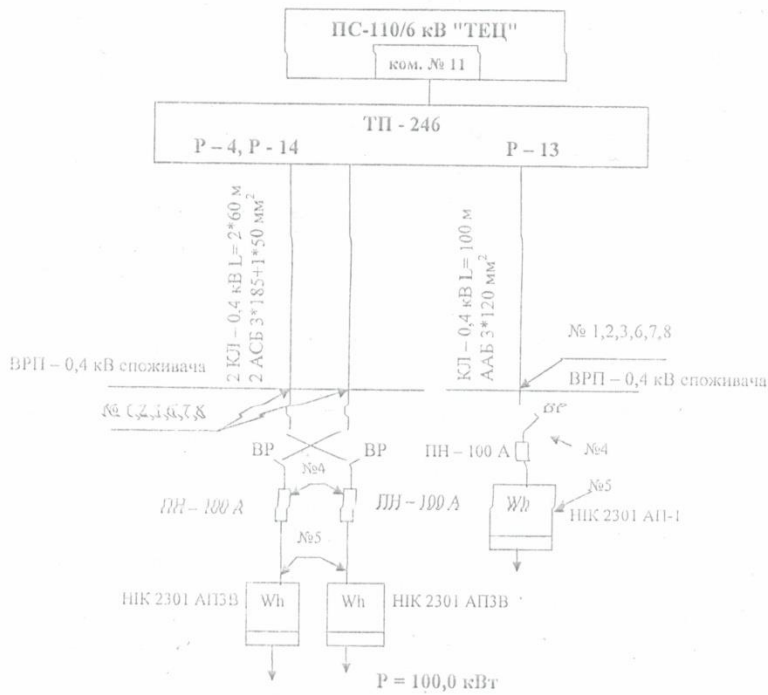
					6.050601.17BP.000.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		127

# ДОДАТОК Д

Додаток 7  
до договору про постачання електричної енергії  
№ 1614004 від 12.02.2018

Схема електропостачання об'єкта Споживача № 1

Будівля школи, м. Суми, вул. Леваневського, буд. 8



1. Точка межі балансової належності
2. Точка експлуатаційної відповідальності
3. Точка узгодженого навантаження
4. Точка захисту від перевантаження
5. Точка встановлення комерційних засобів обліку електроенергії
6. Точка забезпечення узгодженого рівня надійності електропостачання
7. Точка контролю параметрів якості електричної енергії
8. Точка продажу електричної енергії

Постачальник:  
Директор філії "Сумське мікрорайонне  
відділення "Енергозбут"  
ПАТ "Сумобленерго"  
С.І. Склярів  
м.п.  
12.02.2018

Споживач:  
Директор ЗСУ Сумська ЗОН І-ІІІ  
вулиця № 18 СМР  
О.О. Серпенінов  
м.п.  
12.02.2018

Рисунок Д.1 - Схема постачання електроенергії

					6.050601.17ВР.000.00.ПЗ	Аркуш
						128
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		