

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ІМ. Ю.М.ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Кваліфікаційна робота**

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Методи підвищення енергетичної ефективності нежитлової  
будівлі в другій кліматичній зоні України

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мбг  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та  
господарство

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

\_\_\_\_\_ (код і назва спеціалізації)

Ільїн Сергій Віталійович

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Банах А.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент проф., д.т.н. Банах В.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра міського будівництва і архітектури  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код та назва)  
Освітня програма Міське будівництво та господарство  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« 01 » 03 2023 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Ільїн Сергій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Методи підвищення енергетичної ефективності нежитлової будівлі в другій кліматичній зоні України  
керівник роботи Банах Андрій Вікторович, завідувач кафедри міського будівництва і архітектури, кандидат технічних наук,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце зв'язку)

затверджені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 639-с

2 Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2023 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Луцьк, Волинська область. Будівельні характеристики будівлі, теплофізичні характеристики матеріалів конструкцій, які огороджують.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальна інформація про об'єкт обстеження. Огороджувальні конструкції будівлі. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи водяного опалення. Підбір обладнання системи опалення. Розрахунок системи вентиляції. Утеплення стін.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки залежностей теплових потоків від температури.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання пройдено
1	Банах А.В.		
2	Банах А.В.		
3	Банах А.В.		

7 Дата видачі завдання 01 червня 2023 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Пром.
1	Характеристика об'єкту обстеження	01.05 - 30.05	Банах
2	Нормативні кліматичні показники та умови мікроклімату	01.06 - 30.06	Банах
3	Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи водяного опалення	01.07 - 30.07	Банах
4	Розрахунок системи вентиляції	01.10 - 30.10	Банах
5	Розрахунок системи вентиляції	01.11 - 30.11	Банах
6	Охорона праці та виробнича санітарія	01.12 - 30.12	Банах

Студент

С.В. Ільїн

Керівник роботи (проекту)

А.В. Банах

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

А.В. Банах

## АНОТАЦІЯ

Ільїн С.В. Методи підвищення енергетичної ефективності нежитлової будівлі в другій кліматичній зоні України.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник к.т.н., доцент Банах А.В. Запорізький національний університет. Кафедра міського будівництва і архітектури, 2023.

В роботі розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності нежитлової будівлі.

Ключові слова: нежитлова будівля, кліматологія, огорожуючі конструкції, енергетична ефективність, техніка безпеки та охорона праці.

## ABSTRACT

Ilin S.V. Methods of increasing the energy efficiency of a non-residential building in the second climatic zone of Ukraine.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific director Ph.D., associate professor Banakh A.V. Zaporizhzhia National University. Department of Urban Construction and Architecture, 2023.

The paper considers the issue of increasing the energy efficiency of a non-residential building.

Keywords: non-residential building, climatology, enclosing structures, energy efficiency, safety technology and labor protection.

## ЗМІСТ

### ВСТУП

#### 1. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

- 1.1. Місце розташування і загальна характеристика об'єкта
- 1.2 Кліматичні дані
- 1.3. Технічне рішення
- 1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожень
- 1.5 Розрахунок зовнішньої стіни
- 1.6 Розрахунок перекриття над підвалом.
- 1.7 Розрахунок горищного перекриття
- 1.8 Розрахунок тепловтрат приміщень

#### 2 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ В ДРУГІЙ КЛІМАТИЧНІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

- 2.1. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи водяного опалення
- 2.2. Розрахунок площі опалювальних приладів
- 2.3. Підбір обладнання системи опалення
- 2.4 Розрахунок системи вентиляції
- 2.5 Заходи з підвищення енергоефективності огорожуючих конструкцій

#### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ

- 3.1 Техніка безпеки
- 3.2 Розрахунок штучного освітлення.
- 3.3. Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику.

### ВИСНОВКИ

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* На сьогоднішньому етапі Україна належить до країн, які лише частково забезпечені власними енергоресурсами. За обсягами споживання енергоресурсів та ефективністю їхнього використання, які характеризують рівень економічного розвитку, наша країна значно відстає від європейських та інших розвинених країн. Однак вона має значний енергетичний потенціал, саме тому першочерговим завданням є забезпечення ефективного функціонування енергетичного комплексу муніципального сектору та визначення основних засад й пріоритетів державної політики в енергетичній сфері.

У основними тенденціями у розвитку держави у найближчій перспективі, є:

- входження України в Європейський економічний простір, реалізація проектів з приведення української національної системи стандартизації у відповідність до вимог і правил, згідно з якими функціонують системи національної стандартизації держав-членів Європейського Союзу;

- Впровадження програми енергозбереження як пріоритетного напрямку підвищення економічної безпеки країни. Впровадження енергоефективних технологій та ощадливого споживання енергетичних ресурсів, енергоносії в з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, впровадження маловідходних і безвідходних технологій, використання вторинних ресурсів, використання потужностей з виробництва нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;

- реалізація проектів екологічного спрямування. Поширеними у країнах ЄС є напрями будівництва на основі нових екологічних технологій, застосування екологічно чистих матеріалів та сировини, використання яких дає змогу зменшити викиди парникових газів в атмосферу, виробництво удосконалених матеріалів;

– дерегуляція в усіх секторах економіки.

*Метою дипломної роботи є розробка сучасної та ефективної системи вентиляції та опалення центру по ремонту та обслуговуванню автомобілів.*

*Об'єктом дослідження є енергоефективні інженерні мережі та енергозберігаючі матеріали огорожуючих конструкцій споруди.*

*Предметом дослідження є процеси створення енергоефективного нежитлового будинку, шляхом впровадження енергозберігаючих рішень.*

*Методи дослідження.* Застосовано розрахунковий метод з використанням стандартних методик.

*Особистий внесок.* Наукові результати, які викладено в дипломній роботі, отримані особисто автором.

*Об'єм та структура роботи.* Дипломна робота складається зі вступу трьох розділів, загальних висновків, списку літератури із 55 джерел. Загальний об'єм роботи становить 77 сторінок, 12 таблиць.

## 1 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теплопостачання будівлі здійснюється від котельні, що знаходиться на горищі та має чотири модулі на опалення окремих частин виробничої будівлі.

Запроектована двотрубна горизонтальна система водяного опалення з метало пластикових труб. Для відключення гілок та спуску води на магістралях встановлюються вентилі та трійники з пробками. Випуск повітря із системи опалення здійснюється через повітряні крани встановлених на опалювальних приладах. На підводах до приладів встановлюються трьохходові крани. В якості опалювальних приладів використовуються радіатори «VONOVA» фірми «HERZ». Магістралі системи опалення та горизонтальні трубопроводи системи теплопостачання калориферів прокладаються з уклоном 0,003.

Запроектована загально обмінна приточно-витяжна система вентиляції з механічним спонуканням. Повітропроводи систем вентиляції виготовлені з оцинкованої сталі товщиною 0,5 та 0,7 мм, прокладаються відкрито та за підшивною стелею. Всі приміщення забезпечені подачею свіжого повітря механічним шляхом 2-ма приточними установками. Системи механічної витяжної вентиляції запроектовані з використанням дахових вентиляторів та окремих систем механічної вентиляції від локальних джерел розповсюдження шкідливих речовин.

Технічні рішення прийняті в робочих кресленнях відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм, що діють на території України та забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей експлуатацію об'єкта.

### 1.1. Місце розташування і загальна характеристика об'єкта

Автомобільний центр на якому потрібно запроектувати систему



опалення та вентиляції, знаходиться в місті Луцьк. Місто являє собою адміністративно-господарський центр. З іншими областями та містами місто зв'язане дорогами із твердим асфальтовим покриттям і залізницею, що свідчить про вигідне розташування міста в перспективі для майбутнього розвитку.

Місто Луцьк має дві зони забудови : багатоповерхову та малоповерхову. Будинки малоповерхової і багатоповерхової зони обладнанні електроплитами, внутрішнім водопроводом з ваннами і мають централізоване гаряче водопостачання.

Місто знаходиться на північно-західній степовій низовинній-рівнині. Згідно тектонічної будови воно розташоване на Українському щиті, отже для місцевості характерний спокійний характер. Природний рельєф ділянки порушений при влаштуванні вулиць і тротуарів, прокладанні інженерних мереж та упорядкуванні території.

В геологічній будові на вивчену глибину приймають участь верхньочетвертинні відклади алювіально-делювіального (суглинок тугопластичний –ІГЕ-3) та алювіального походження (суглинок м'якопластичний –ІГЕ-2),перекриті техногенними (насипний ґрунт суглинистий з будівельним сміттям-ІГЕ-1).

## 1.2 Кліматичні дані

Сонячна радіація забезпечує приплив тепла від Сонця і виступає як головне джерело кліматоутворення,яке особливо яскраво проявляється у теплу пору року, коли Сонце стоїть високо над горизонтом, хмарність відносно зменшена, а тривалість світлового дня зростає.

Співставлення надходження і витрати сонячної радіації за певний проміжок часу визначає величину радіаційного балансу. Луцьк має позитивний річний баланс, що становить 1,43-1,60 МДж/м<sup>2</sup>, проте протягом

року він змінюється у широкому діапазоні: від мінусових значень у січні-лютому ( $-0,03 \text{ МДж/м}^2$ ) до  $0,28-0,30 \text{ МДж/м}^2$  у червні-липні.

Атмосферна циркуляція, тобто переміщення повітряних мас, теж зумовлюється нерівномірностями у розподілі тепла в часі і просторі, а отже прямо пов'язана з радіаційним і тепловим балансами.

Так, перехід до зими майже завжди пов'язується з початком вторгнення арктичного повітря, яке супроводжується значним похолоданням. З настанням холодного періоду повторюваність таких вторгнень зростає, досягаючи максимуму у січні-лютому.

Навесні, не дивлячись на часті прориви арктичного повітря і пов'язані з ними короткочасні похолодання й приморозки, поступово встановлюється переважання західного переносу повітря. А вже влітку атлантичне повітря займає панівне становище.

Перехід середніх добових температур через  $0^{\circ}\text{C}$  спостерігається, як правило, у середині березня. У квітні, в зв'язку із збільшенням інтенсивності сонячної радіації, середня температура зростає до  $6,5-6,7^{\circ}\text{C}$  вищі від квітневих і характеризуються наближенням до температурного режиму літнього сезону, хоча в окремі дні спостерігаються відчутні зниження температур, а вранці навіть можливі приморозки.

Середні багаторічні температури літніх місяців типові для території з помірно-континентальним кліматом: у червні  $17^{\circ}\text{C}$ , у липні  $18,5^{\circ}\text{C}$ , у серпні  $17-17,5^{\circ}\text{C}$ .

Вологість повітря характеризується трьома основними показниками – абсолютною і відносною вологістю та дифіцитом вологості.

Абсолютна вологість повітря поступово зростає від зими до літа (у січні - 4 мб, у квітні - 8 мб), досягаючи максимуму у липні (16 мб). З квітня літа вона поступово знижуються і восени наближається до згаданих весняних показників (у жовтні - 9 мб).

Відносна вологість повітря в осінньо-зимовий період змінюється мало і пересічно опівдні становить 80%. Проте вже навесні, коли спостерігається

різке зростання температури повітря , а інтенсивність випаровування зростає не так стрімко, відносна вологість починає зменшуватись (у травні вона рідко перевищує 51-60%). У надзвичайно мінливій картині перебігу відносної вологості особливо яскраво простежується, крім заданих сезонних варіацій, добові відмінності, з мінімальними значеннями відносної вологості в середині світлового дня (близько 13-14 год).

Вітровий режим зумовлюється головним чином атмосферною циркуляцією і характером підстиляючої поверхні. У холодну пору року, коли описувана територія знаходиться під впливом антициклонів (особливо Сибірського) та атлантичних циклонів, переважають південно-східні, південні, південно-західні та західні вітри. Навесні, коли зменшується циклонічна діяльність і зростає вплив місцевих факторів, здебільшого панують вітри південно-східного та північно-східного напрямків.

В літню пору року, в зв'язку з посиленням фронтальної діяльності на заході, на території домінують вітри західних та північно- західних румбів, які восени поступаються спочатку південним та західним вітрам , а з другої половини осені починають переважати вітри з південного сходу, які знаменують перехід до зимового типу атмосферної циркуляції.

Зима в Луцьку починається 15-17 листопада з переходом середньодобових температур повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ , і утверджується наприкінці місяця, коли з'являється сніговий покрив. Стійка зима починається з переходу середньодобових температур через  $-5^{\circ}\text{C}$  з середини лютого ,коли зростає роль радіаційних факторів та земної поверхні, починається спад зими.

Весна починається з останніх днів лютого – початку березня, коли сходить сніговий покрив. Наприкінці квітня середньодобові температури повітря переходять через  $10^{\circ}\text{C}$ .

Літо починається з кінця травня і триває до вересня. Повне літо закінчується з переходом середніх добових температур через  $15^{\circ}\text{C}$ .

Осінь починається ,як правило, з середини вересня. Середні добові температури повітря встановлюються нижче  $5^{\circ}\text{C}$ .

Місто Луцьк знаходиться в II кліматичному районі , в зоні помірно – континентального клімату (м'яка зима , тепле літо) .

Абсолютно мінімальна температура зовнішнього повітря  $-32^{\circ}\text{C}$ .

Абсолютно максимальна температура температура зовнішнього повітря  $36^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для розрахунку опалення  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова літня температура зовнішнього повітря для розрахунку вентиляції  $26,5^{\circ}\text{C}$ .

Середня температура опалювального періоду  $-0,6^{\circ}\text{C}$ .

Тривалість опалювального періоду 191діб .

Розрахункова географічна широта м.Новомосковськ  $52^{\circ}$  .

Глибина промерзання ґрунту  $=0,8$  м .

Кількість опадів за рік 654 мм.

### 1.3.Технічне рішення

В будівлі запроектована двохтрубна горизонтальна система опалення. Теплопостачання здійснюється від дахової котельні. Теплоносій – вода з параметрами  $90-70^{\circ}\text{C}$ . Тепловий потік радіаторів регулюється клапанами-термостатами.

Трубопроводи в конструкції підлоги монтуються із метало-пластикових труб та прокладаються в захисних гофрованих трубах. Розвідні трубопроводи монтуються із сталевих електрозварних труб по ГОСТу 10704-91 та прокладаються в ізоляційних трубах. Монтаж системи опалення здійснювати згідно СНиП 3.05.01-85 .

В будівлі запроектована загально обмінна припливно-витяжна система вентиляції з природнім та механічним спонуканням. Видалення повітря передбачається через вентканали в капітальних стінах, сталеві спіраль-но-навивні повітропроводи.

Приплив повітря передбачається приточно-витяжними установками та частково не організований через вікна та двері. Для зменшення та вібрації припливні та витяжні системи обладнуються шумоглушниками.

#### 1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожень

Вихідні дані:

- місто будівництва: м. Луцьк;
- вологісний режим приміщень: нормальний;
- зона вологості: нормальна;
- умови експлуатації огорожувальних конструкцій: А;
- розрахункова температура зовнішнього повітря:  $-20^{\circ}\text{C}$ ;
- швидкість вітру: 6,3 м/с.

#### 1.5 Розрахунок зовнішньої стіни

Метою теплотехнічного розрахунку є вибір конструкції огороження таким чином щоб фактичний опір теплопередачі був не менший розрахункового  $R_0^{\phi} \geq R_0^H$ .

Фактичний опір теплопередачі визначається,  $\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_3};$$

$\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішньої стінки огороження (для стін, гладких стель –  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$ );

$\delta_1 \dots \delta_n$  - товщини шарів огороження;

$\lambda_1 \dots \lambda_n$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалів приймаємо в залежності від умов експлуатації огорожень. Умови експлуатації

огорожень визначаємо в залежності від вологісного режиму приміщення та зони вологості приміщення. Для даного варіанту вологісний режим приміщень нормальний і зона вологості нормальна. Отже умови експлуатації огорожувальних конструкцій буде А.

$\alpha_3$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього поверхні огорожень зовнішньому повітрю визначаємо (для стін -  $\alpha_3=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$  ;для горищного перекриття  $\alpha_3=12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$  ;для надпідвального перекриття  $\alpha_3=6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ ).

Схематичний розріз стіни показано на рисунку 1.1.

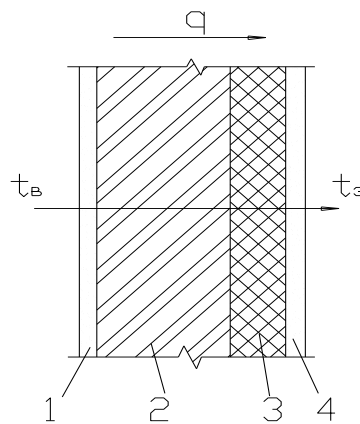


Рисунок 1.1 - Поперечний розріз стіни

Для визначення необхідної товщини теплоізоляції необхідно в формулу підставити нормативний опір теплопередачі. Нормативний опір теплопередачі визначаємо за додатком 16 [1]. Для даного варіанту нормативний опір становить:  $R_0^H=1,9 \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ . Отже товщина утеплювача становить, м

$$\begin{aligned} \delta_y &= \left[ R_0^H - \left( \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_3 = \\ &= \left[ 2,1 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,06 = 0,058 \end{aligned}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Теплофізичні показники зовнішньої стіни.

№ з/п	Назва матеріалу	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\delta, \text{м}$	Коефіцієнти.	
				$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$	$S, \text{Т}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$
1	Цементно-піщаний розчин	1800	0,02	0,76	9,6
2	Цегла глиняна на цементно-піщаному розчині	1800	0,51	0,7	9,2
3	Плити пінопластові	125	0,058	0,06	0,86
4	Цементно-піщаний розчин	1800	0,02	0,76	9,6
-			0,608	-	

Визначимо фактичний опір теплопередачі зовнішньої стіни,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{C}}{\text{Вт}}$

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\lambda_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,058}{0,06} + \frac{0,02}{0,46} + \frac{1}{23} = 2,1$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$

$$K = \frac{1}{R_0^{\phi}} = \frac{1}{2,1} = 0,476$$

Визначимо теплову інерцію зовнішньої стіни:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot S_i = \frac{0,02}{0,76} \cdot 9,6 + \frac{0,51}{0,7} \cdot 9,2 + \frac{0,058}{0,06} \cdot 0,86 + \frac{0,02}{0,76} \cdot 9,6 = 8,04$$

Оскільки  $D > 7$  то зовнішня стіна є багатоінерційна огорожуюча конструкція.

## 1.6 Розрахунок перекриття над підвалом.

Даний розрахунок проводимо аналогічно попередньому.

Таблиця 1.2 - Теплофізичні показники перекриття над підвалом

№ з/п	Назва матеріалу	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\delta, \text{м}$	Коефіцієнти.	
				$\lambda, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	$S, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$
1	2	3	4	5	6
1	Плита залізобетонна	2500	0,22	1,92	17,98
2	Щебінь	400	0,21	0,14	1,94
3	Цементно-піщана стяжка	1800	0,01	0,76	9,6
4	Бітум	1400	0,01	0,27	6,8
5	Дубовий паркет.	700	0,02	0,35	6,9
	-		0,47	-	

Нормативний опір теплопередачі для перекриття над підвалом становить:  $R_0^H = 2,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ . Товщина утеплювача дорівнює, м

$$\delta_x = \left[ R_0^H - \left( \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_3 =$$

$$= \left[ 2,2 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,02}{0,35} + \frac{1}{6} \right) \right] \cdot 0,14 = 0,21$$

Визначимо фактичний опір теплопередачі,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$



$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\lambda_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,21}{0,14} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,02}{0,35} + \frac{1}{6} = 2,2$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі перекриття над підвалом,  
 $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$

$$K = \frac{1}{R_0^{\phi}} = \frac{1}{2,2} = 0,45$$

Визначимо теплову інерцію перекриття над підвалом:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot S_i = \frac{0,22}{1,92} \cdot 17,98 + \frac{0,21}{0,14} \cdot 1,94 + \frac{0,01}{0,76} \cdot 9,6 + \frac{0,01}{0,27} \cdot 6,8 + \frac{0,02}{0,35} \cdot 6,9$$

$$= 5,74$$

Оскільки  $4 < D < 7$  то перекриття над підвалом є огорожуюча конструкція з середньою інерційністю.

### 1.7 Розрахунок горищного перекриття

Даний розрахунок проводимо аналогічно попереднім чином.

Нормативний опір теплопередачі для горищного перекриття становить:

$$R_0^H = 2,5 \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ C\text{)}/Вт.$$

Товщина утеплювача дорівнює, м

$$\delta_x = \left[ R_0^H - \left( \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_3 =$$

$$= \left[ 2,5 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{1}{12} \right) \right] \cdot 0,14 = 0,292$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Теплофізичні показники горищного перекриття

№ з/п	Назва матеріалу	,кг/м3	δ,м	Коефіцієнти.	
				λ, Вт/(м2 *С)	S, Вт/(м2*С)
1	Плита залізобетонна	2500	0,22	1,92	17,98
2	Щебінь	400	0,292	0,14	1,94
			0,512		

Визначимо фактичний опір теплопередачі,  $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$

$$R_0^\phi = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,292}{0,14} + \frac{1}{12} = 2,5$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі горищного перекриття,  $Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$$K = \frac{1}{R_0^\phi} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Визначимо теплову інерцію горищного перекриття перекриття:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot S_i = \frac{0,22}{1,92} \cdot 17,98 + \frac{0,292}{0,14} \cdot 1,94 = 6,11$$

Оскільки  $4 < D < 7$  то горищне перекриття є огорожуюча конструкція з середньою інерційністю.

### 1.8 Розрахунок тепловтрат приміщень

Розрахунок тепловтрат через огороження в приміщеннях виконують за формулою, Вт

$$Q_{oz} = K \cdot F \cdot (t_g - t_3) \cdot n \cdot (1 + \beta),$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі огороження приміщення, вибираємо з теплотехнічного розрахунку;

$F$  – площа огороження, м<sup>2</sup>, вимірюємо за планом;

$t_g$  температура повітря в середині приміщення, °С, приймається в залежності від призначення приміщення: житлові кімнати - 18°С; кутові кімнати - 20°С; сходові клітки - 16°С; виробничі цехи -14°С );

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С

$n$  – поправочний коефіцієнт до розрахунку різниці температур, (для стіни і горищного перекриття  $n=1$ , для перекриття над підвалом  $n=0,4$ );

$\beta$  - коефіцієнт який враховує додаткові втрати тепла, приймається в долях від основних тепловтрат, визначається в залежності від швидкості вітру ( якщо  $V < 5$  м/с то  $\beta=0,05$ ; якщо  $V \geq 5$  м/с то  $\beta=0,1$ ). Швидкість вітру 6,3 м/с

Розрахунок виконуємо для всіх приміщень і сходової клітки. Результати розрахунок зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Розрахунок тепловтрат приміщеннями

№п р.	Назва приміщен ня і тв	Зовнішні огороження.					Різниця темпера тур (тв- тз)	Коефі цієнт п.	Коефіціє нт теплопер едачі К, Вт/(м2 С)	Тепловтра ти огорожен нями Qог, Вт.	Коефіці єнт в.	Тепловтр ати огорожен нями Qог, Вт.	Загальні тепловтра ти Q, Вт.
		Назва	Орієнта ція.	Розміри.		Площ а Ф,м2.							
				Шир ина.	Висо та								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
201	АП 18 С	ЗС1	Зх	5,85	3	17,55	38	1	0,476	317,44	0,2	380,93	3056,80
		В	Пд	6	3	18,00	38	1	2,38	1627,92	0,2	1953,50	
		ЗС2	Сх	2,9	3	8,70	38	1	0,476	157,37	0,2	188,84	
		Ст	-	5,85	6	35,10	38	1	0,4	533,52	0	533,52	
									2636,25	-	3056,80		
203	роб.прим. 16 С	ЗС1	Пд	6	3	14,40	36	1	0,476	246,76	0,2	296,11	1331,53
		В	Пн	2	1,8	3,60	36	1	2,38	308,45	0,2	370,14	
		Ст	-	7,7	6	46,20	36	1	0,4	665,28	0	665,28	
										1220,49	-	1331,53	
204	АП 18 С	ЗС1	Пн	24	3	61,20	38	1	0,476	1106,99	0,2	1328,38	4652,81
		В	Пн	6	1,8	10,80	38	1	2,38	976,75	0,2	1172,10	
		Ст	-	24	5,9	141,60	38	1	0,4	2152,32	0	2152,32	
										4236,06	-	4652,81	
205	АП 18 С	ЗС1	Пн	6	3	14,40	38	1	0,476	260,47	0,2	312,56	1953,72
		В	Пн	2	1,8	3,60	38	1	2,38	325,58	0,2	390,70	
		ЗС2	Сх	6	3	14,40	38	1	0,476	260,47	0,2	312,56	
		В	Пн	2	1,8	3,60	38	1	2,38	325,58	0,2	390,70	
		Ст	-	6	6	36,00	38	1	0,4	547,20	0	547,20	
										1719,30	-	1953,72	
207	АП 18 С	ЗС1	Зх	5,6	3	16,80	38	1	0,476	303,88	0,2	364,65	911,55
		ЗС2	Пн	2,6	3	6,00	38	1	0,476	108,53	0,2	130,23	
		В	Зх	1	1,8	1,80	38	1	2,38	162,79	0,2	195,35	
		Ст	-	5,6	2,6	14,56	38	1	0,4	221,31	0	221,31	
										796,51	-	911,55	
208	ЖК 18 С	ЗС	Пн	6	3	14,40	38	1	0,476	260,47	0,2	312,56	1213,98
		В	Пн	2	1,8	3,60	38	1	2,38	325,58	0,2	390,70	
		Ст	-	5,6	6	33,60	38	1	0,4	510,72	0	510,72	
										1096,77	-	1213,98	

## Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	
213	санв 18С													
		Ст	-	6	4,6	27,60	38	1	0,4	419,52	0	419,52		
										419,52	-	419,52	419,52	
201	ЖК 18 С	ЗС1	Зх	2,6	3	6,00	38	1	0,476	108,53	0,2	130,23		
		В	Пд	1	1,8	1,80	38	1	2,38	162,79	0,2	195,35		
		Ст	-	2,6	6	15,60	38	1	0,4	237,12	0	237,12		
										508,44	-	562,70	562,70	
202	коридор 16 С	Ст	-	6	2,8	16,80	36	1	0,4	241,92	0	241,92		
										241,92	-	241,92	241,92	
203	поб.кім 18 С	Ст	-	6	3	18,00	38	1	0,4	273,60	0	273,60		
										273,60	-	273,60	273,60	
204	АП 18 С	ЗС1	Пн	6	3	10,80	38	1	0,476	195,35	0,2	234,42		
		В	Пн	4	1,8	7,20	38	1	2,38	651,17	0,2	781,40		
		Бд	Пн	0,7	2,2	1,54	38	1	2,38	139,28	0,2	167,13		
		Ст	-	6	4	24,00	38	1	0,4	364,80	0	364,80		
										1350,60	-	1547,76	1547,76	
209	Венткам 14 С	ЗС1	Пн	6	3	13,86	34	1	0,476	224,31	0,2	269,17		
		В	Пн	2,3	1,8	4,14	34	1	2,38	335,01	0,2	402,01		
		Ст	-	6	4,5	27,00	38	1	0,4	410,40	0	410,40		
										969,72	-	1081,58	1081,58	
101	шоу-рум 16 С	ЗС1	Пн	13	6	78,00	36	1	1,2	3369,60	0,2	4043,52		
			ЗС2	Пд	13	6	78,00	36	1	1,2	3369,60	0,2	4043,52	
			ЗС2	Зх	18	6	108,00	36	1	1,2	4665,60	0,2	5598,72	
			Ст	-	13	18	234,00	36	1	0,4	3369,60	0	3369,60	
			Вд		2	2,5	15,00	36	1	2,38	1285,20	0,2	1542,24	
			Пл	-	13	18	234,00	36	0,4	0,45	1516,32	0	1516,32	
											17575,92	-	20113,92	20113,9

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
102	роб.прим.	ЗС1	Пн	30	3	65,60	30	1	0,476	936,77	0,2	1124,12	
	10 С	В	Пн	8	1,8	14,40	30	1	2,38	1028,16	0,2	1233,79	
		Вд	Пн	4	2,5	10,00	30	1	2,38	714,00	0,2	856,80	
		ЗС2	Пд	30	6	155,60	30	1	0,476	2221,97	0,2	2666,36	
		В	Пд	8	1,8	14,40	30	1	2,38	1028,16	0,2	1233,79	
		Вд	Пн	4	2,5	10,00	30	1	2,38	714,00	0,2	856,80	
		ЗС3	Сх	24	6	126,40	30	1	0,476	1804,99	0,2	2165,99	
		В	Сх	7	1,8	12,60	30	1	2,38	899,64	0,2	1079,57	
		Вд	Пн	2	2,5	5,00	30	1	2,38	357,00	0,2	428,40	
		Пл	-	30	24	720,00	30	0,4	0,45	3888,00	0	3888,00	
		Ст	-	30	24	720,00	30	1	0,4	8640,00	0	8640,00	
										22232,69	-	24173,63	24173,6
103	Склад	ЗС1	Пд	6	3	11,20	32	1	0,476	170,60	0,2	204,72	
	12 С	В	Пд	1	1,8	1,80	32	1	2,38	137,09	0,2	164,51	
		Вд	Пд	2	2,5	5,00	32	1	2,38	380,80	0,2	456,96	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
		Пл	-	16	6	96,00	32	0,4	0,45	552,96	0	552,96	
		В	Пн	6	1,8	10,80	32	1	2,38	822,53	0,2	987,03	
										2063,97	-	2366,18	2366,18
104	ЖК 18 С	ЗС1	Пн	6	3	14,40	38	1	0,476	260,47	0,2	312,56	
		В	Пн	2	1,8	3,60	38	1	2,38	325,58	0,2	390,70	
		Пл	-	6	6	36,00	38	0,4	0,45	246,24	0	246,24	
										832,29	-	949,50	949,50
105	ЖК 18 С	ЗС1	Пн	2,5	3	7,50	38	1	0,476	135,66	0,2	162,79	
		Бд	Зх	2	2,5	5,00	38	1	2,38	452,20	0,2	542,64	
		Пл	-	2,5	6	15,00	38	0,4	0,45	102,60	0	102,60	
										925,60	-	1090,20	1090,20
106	АП 18 С	ЗС	Пд	3	3	9,00	38	1	2,38	813,96	0,2	976,75	
		Пл	-	3	6	18,00	38	0,4	0,45	123,12	0	123,12	
										937,08	-	1099,87	1099,87

## Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
108	Сх. К 16 С	Пл	-	2,5	5,5	13,75	36	0,4	0,45	89,10	0	89,10	
		Ст	-	2,5	5,5	13,75	36	1	0,4	198,00	0	198,00	
										287,10	-	287,10	287,10
105	компрес	ЗС1	Пн	5,5	3	7,50	34	1	0,476	121,38	0,2	145,66	
	14С	В	Пн	5	1,8	9,00	34	1	2,38	728,28	0,2	873,94	
		Пл	-	4	5,5	22,00	34	0,4	0,45	134,64	0	134,64	
		Ст	-	4	5,5	22,00	34	1	0,4	299,20	0	299,20	
										1283,50	-	1453,43	1453,43
106	Мийка	ЗС1	Пн	11,5	3	20,10	32	1	0,476	306,16	0,2	367,40	
	12 С	В	Пн	8	1,8	14,40	32	1	2,38	1096,70	0,2	1316,04	
		ЗС2	Зх	11,5	3	22,80	32	1	0,476	347,29	0,2	416,75	
		В	Зх	6,5	1,8	11,70	32	1	2,38	891,07	0,2	1069,29	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
		Д	Пд	8	2,5	20,00	32	1	2,38	1523,20	0,2	1827,84	
		Пл	-	11,5	11,5	132,25	32	0,4	0,45	761,76	0	761,76	
		Ст	-	11,5	11,5	132,25	32	1	0,4	1692,80	0	1692,80	
										6618,99		7451,87	7451,87
107	роб.прим	ЗС1	Пн	8,5	3	18,30	32	1	0,476	278,75	0,2	334,49	
	12 С	В	Пн	4	1,8	7,20	32	1	2,38	548,35	0,2	658,02	
		ЗС2	Пд	8,5	3	22,80	32	1	0,476	347,29	0,2	416,75	
		В	Пд	1,5	1,8	2,70	32	1	2,38	205,63	0,2	246,76	
		Д	Пд	3,5	2,5	8,75	32	1	2,38	666,40	0,2	799,68	
		Пл	-	8,5	17	144,50	32	0,4	0,45	832,32	0	832,32	
		Ст	-	8,5	17	144,50	32	1	0,4	1849,60	0	1849,60	
										4728,34	-	5137,62	5137,62

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
108	цех	ЗС1	Пн	8,5	3	19,20	32	1	0,476	292,45	0,2	350,95	
	12 С	В	Пн	3,5	1,8	6,30	32	1	2,38	479,81	0,2	575,77	
		ЗС2	Пд	8,5	3	22,80	32	1	0,476	347,29	0,2	416,75	
		В	Пд	1,5	1,8	2,70	32	1	2,38	205,63	0,2	246,76	
		Д	Пд	3,5	2,5	8,75	32	1	2,38	666,40	0,2	799,68	
		ЗС3	Сх	17	3	38,40	32	1	0,476	584,91	0,2	701,89	
		В	Сх	7	1,8	12,60	32	1	2,38	959,62	0,2	1151,54	
		Пл	-	8,5	17	144,50	32	0,4	0,45	832,32	0	832,32	
		Ст	-	8,5	17	144,50	38	1	0,4	2196,40	0	2196,40	
										6564,83	-	7272,05	7272,05



Визначимо теплову потужність системи опалення. Теплова потужність системи опалення визначається за формулою, м

$$Q = (Q_{\text{бюд}} - Q_3) + Q_2,$$

де  $Q_{\text{бюд}}$  - сумарні тепловтрати приміщеннями будинку (підсумок таблиці 1.5.);

$Q_3$  – побутові теплові надходження в приміщення будинку, які в даному проектному рішенні приймаємо рівними нулю, тому що кількість побутових джерел тепловиділень значно менша від загальних тепловтрат.

$Q_2$  - втрати тепла трубопроводами які прокладені в неопалювальних приміщеннях, визначаємо за формулою, *кВт*

$$Q_2 = \sum L \cdot q \cdot 10^{-3}$$

$\sum L$  - сума довжин ділянок труб, оскільки ми ще не маємо розведення трубопроводів то довжини ділянок труб визначаємо наближено,  $\sum L_{\text{под.}}=333,65\text{м}$ ;  $\sum L_{\text{зв}}=574,65\text{м}$ ;  $\sum L=908,3\text{м}$ .

$q$  – тепловіддача 1м труби, яка визначається в залежності від: подаючий чи зворотній трубопровід і діаметра. Умовно приймаємо найбільший діаметр трубопроводів  $d=65\text{мм}$ . Отже тепловіддача буде мати наступні значення: для подаючого трубопроводу  $q=27 \text{ Вт/м}^2$ , для зворотного трубопроводу  $q=17 \text{ Вт/м}^2$ .

Отже підставимо у формулу:

$$Q_2^{\text{nod}} = 333,65 \cdot 27 \cdot 10^{-3} = 9,01, \text{ кВт},$$

$$Q_2^{\text{зв}} = 574,65 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 9,77, \text{ кВт},$$

Загальні тепловтрати трубопроводами які прокладені в неопалювальних приміщеннях будуть рівні

$$Q_2 = Q_2^{\text{nod}} + Q_2^{\text{зв}} = 9,01 + 9,77 = 18,78 \text{ кВт}$$

Підставимо всі дані у формулу:

$$Q = 88642 + 18,78 = 88660,78 \text{ кВт}$$

Розрахункове річне тепло споживання системою опалення для житлового будинку визначається:

$$Q_{\text{річ}} = \frac{0,0864 \cdot Q \cdot s}{t_6 - t_3}, \text{ кВт}$$

де  $s$  – кількість градусодіб для даного району,  $s=2904$ Г-д.

$t_6=18^{\circ}\text{C}$ ;

$t_3$  - температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92,  $t_3=-20^{\circ}\text{C}$ .

Отже підставимо у формулу:

$$Q_{\text{річ}} = \frac{0,0864 \cdot 88661 \cdot 2904}{18 + 20} = 585,4 \text{ кВт}.$$

## 2 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ В ДРУГІЙ КЛІМАТИЧНІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

В даному дипломному проекті запроектована двотрубна система водяного опалення з горизонтальним розведенням труб до приладів. Біля приладів встановлюємо радіаторні термостатичні клапани (РТК). Трубопроводи по стояку прокладаємо в ніші а розводку по приміщені виконуємо закрито в конструкції підлоги, при цьому проводимо теплоізоляцію труб. Згідно із прийнятим рішенням проектуємо автономну систему водяного опалення з тепlopостачанням від дахової котельні . Для нагріву приміщень приймаємо плоскі радіатори VONOVA. Трубопроводи системи опалення запроектовані із сталевих водогазопровідних труб діаметром 15-100 мм. Водогазопровідні труби з'єднують за допомогою різьби. При різьбових з'єднаннях використовують фасонні частини – муфти, трійники, хрестовини та ін.

### 2.1. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи водяного опалення

Гідравлічний розрахунок приведемо для першої розподільчої гребінки.

Для гідравлічного розрахунку трубопроводів системи водяного опалення необхідно на аксонометричній схемі вибрати розрахунковий напрямок – найдовше і найбільш навантажене кільце системи. Розрахункове кільце розбиваємо на ділянки. Аксонометрична схема зображена на ватмані. На схемі біля кожної ділянки записані теплові навантаження (Вт), які несе теплоносій по подаючих трубах, - ті, які будуть віддані теплоносієм в опалювальних приладах, а по зворотних – ті, що вже віддані теплоносієм в опалювальних приладах. Також біля кожної ділянки вказана її довжина.

Для визначення діаметрів трубопроводів систем опалення застосовують загальні закони гідравліки. Для руху теплоносія по трубопроводах потрібна різниця тисків на початку і в кінці розрахункової ділянки трубопроводу. Ця

різниця тисків витрачається на подолання тертя теплоносія об стінки трубопроводу і місцеві опори.

Якщо позначити тиск на початку ділянки трубопроводу  $p_1$ , а в кінці ділянки  $p_2$ , то різниця тисків  $\Delta p = p_1 - p_2$  (Па), при цьому  $p_1 > p_2$ .

Різниця тисків  $\Delta p$  витрачається на подолання тертя -  $\Delta p_m$  і місцеві опори -  $\Delta p_m$ :

$$\Delta p = \Delta p_m + \Delta p_m$$

Втрати тиску на тертя розрахункової ділянки обчислюються за формулою:

$$\Delta p_m = Rl,$$

де  $R$  – питома втрата тиску на тертя (втрати на 1 м), Па/м;

$$R = \frac{\lambda v^2 \rho}{2d}$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт тертя;  $v$  – швидкість руху теплоносія, м/с;  $\rho$  – густина теплоносія, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Значення коефіцієнта тертя  $\lambda$  залежить від режиму руху теплоносія, стану стінок трубопроводу та інших факторів.

В трубопроводах систем опалення здебільшого спостерігається турбулентний рух (ламінальний зустрічається дуже рідко – за малих витрат води і малих діаметрах трубопроводів). Коефіцієнт  $\lambda$  визначається за формулами для турбулентного руху рідини в залежності від стану внутрішньої поверхні трубопроводів (гладка труба, шорстка труба).

При розрахунку трубопроводів систем опалення задача зводиться до визначення діаметра за відомих величин  $R$  і  $v$ .

Скориставшись залежністю швидкості теплоносія від масової витрати  $G$ ,

кг/с:

$$v = \frac{G}{\rho \frac{\pi d^2}{4}}$$

можна отримати рівняння

$$R = 0,8125\lambda \frac{G^2}{d^5 \rho}$$

За даною формулою складені розрахункові номограми і таблиці; для полегшення розрахунків робота по визначенню діаметрів проводиться за ними при заданих  $R$  і  $G$ .

Втрати тиску в місцевих опорах визначають за формулою:

$$\Delta p_m = \sum \xi \frac{v^2 \rho}{2}$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Для того, щоб теплоносій рухався розрахунковою ділянкою, потрібно, щоб різниця тисків  $\Delta p$  перевищувала втрати тиску або дорівнювала їм:

$$\Delta p \geq \Delta p_m + \Delta p_m$$

Запас тиску може становити 5-10%.

Для розрахунку діаметрів потрібно від витрат тепла перейти до витрат води, кг/с:

$$G = \frac{3,6Q}{c(t_2 - t_0)}$$

де  $Q$  – теплове навантаження ділянки, Вт;  $c$  – питома теплоємність води, 4,187

кДж/(кг·°С);  $t_r$  – температура гарячої води, °С;  $t_o$  – температура охолодженої води, °С.

В залежності від  $G$  і  $\nu$  за таблицею додатка 12 [3] знаходяться діаметри трубопроводів на ділянці, швидкість руху води і фактичні питомі втрати тиску на тертя  $R_\phi$  уточнюються у відповідності з прийнятим діаметром шляхом інтерполяції. За формулою :

$$\Delta p_m = Rl,$$

обчислюємо втрати тиску на тертя.

Далі визначається кількість коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці (додаток 13 [3]) і за таблицею додатка 14 [3] знаходяться втрати тиску в місцевих опорах. Потім обчислюються загальні гідравлічні втрати в кільці і підбирається відповідний циркуляційний насос.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

По даним розрахунку сумарні втрати тиску по головній магістралі розрахункової розподільчої гребінки становлять  $\Delta p_p=3996,93$  Па

Втрати тиску по малому циркуляційному кільцю складають  $\Delta p_m=1421$  Па

Порівнюємо сумарні втрати по головній магістралі з втратами по малому кільцю:

$$\delta = \frac{3996.93 - 1421}{3996.93} \cdot 100 = 640\%$$

що не допустимо.

Тому необхідно на початку відгалуження встановити місцевий опір-діафрагму  $d=16,3$

Таблиця 2.1 - Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення.

№ з/п діл.	Тепло втрати Q, Вт.	Довжи на ділянки l, м.	Масова витрата води G, кг/м <sup>3</sup>	Діаметр труб опрoводу d, мм.	Швидкість руху води V, м/с.	Питомі втрати тиску R, Па/м.	Втрати тиску в трубопроводах R <sub>т</sub> , Па.	Схема місцевих опорів.	Сума опорів	Втрати тиску в місцевих опорах R <sub>т</sub> , Па.	Загальні втрати тиску R <sub>втр</sub> , Па.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Велике циркуляційне кільце.</b>											
1-2	25024	35	1075,79	50	0,14	5,8	203	з, =0,5;тр, =1,5;п, =0,5	2,5	23,57	226,57
2-3	16337	8,5	702,33	40	0,15	9,4	79,9	тр, =1,5;	1,5	16,23	96,13
3-4	12629	7,1	542,92	40	0,11	5,8	41,18	в, =8;к, =0,5;тр, =1,5;п, =0,5	10,5	61,11	102,29
4-5	8906	2,3	382,87	25	0,183	26	59,8	тр, =1,5;	1,5	24,16	83,96
5-6	8179	3	351,62	25	0,17	26	78	тр, =1,5.	1,5	20,85	98,85
6-7	7452	3	320,36	25	0,158	19,5	58,5	тр, =1,5;п, =0,5	2	24,01	82,51
7-8	6210	2,5	266,97	20	0,206	40	100	в, =10;3к, =0,5;тр, =1,5.	12	244,92	344,92
8-9	4968	3,4	213,58	20	0,167	26,8	91,12	тр, =1,5.	1,5	20,12	111,24
9-10	3726	2,5	160,18	20	0,126	12,16	15,9	2к, =0,5;тр, =1,5;п, =0,5..	3	22,91	38,81
10-11	2484	7	106,79	15	0,156	36	252	тр, =1,5.	1,5	17,56	269,56

11-12	1242	6,3	53,39	15	0,079	7,8	49,14	6к, =0,5;тр, =1,5;в, =16;р, =295;п, =0,5	311,5	935,02	984,16
12-13	2484	6,8	106,79	15	0,156	36	244,8	2к, =0,5;тр, =3;п, =0,5;в, =10	14,5	170,79	415,59
13-14	3726	2,5	160,18	20	0,126	12,16	30,4	тр, =3.	3	23,05	53,45
14-15	4968	3,4	213,58	20	0,167	26,8	91,12	тр, =3.	3	40,49	131,61
15-16	6210	2,5	266,97	20	0,206	40	100	тр, =3;п, =0,5	3,5	71,89	171,89
16-17	7452	3	320,36	25	0,158	19,5	58,5	з, =0,5;к, =0,5;тр, =3;п, =0,5	4,5	54,37	112,87
17-18	8179	3	351,62	25	0,17	26	78	к, =0,5;тр, =3;з, =0,5;п, =0,5.	4,5	62,94	140,94
18-19	8906	2,3	382,87	25	0,183	26	59,8	тр, =3 ;з, =0,5.	3,5	56,73	116,53
19-20	12629	7,1	542,92	40	0,11	5,8	41,18	в, =8;к, =0,5;тр, =1,5;п, =0,5	10,5	61,11	102,29
20-21	16337	8,5	702,33	40	0,15	9,4	79,9	к, =0,5;з, =0,5;	1	10,89	90,79
21-22	25024	35	1075,79	50	0,14	5,8	203	к, =0,5;з, =0,5;	2	18,97	221,97
-	Сума:	154,7	-	-	-	-	2015,24	-	-	-	3996,93
<b>Мале циркуляційне кільце</b>											
2-24	6320	6,3	271,70	20	0,216	42	264,6	2к, =0,5;тр, =1,5;в, =10;п=0,5.	13	291,72	556,32
24-25	1338	5	57,52	15	0,082	9,2	46	2к, =0,5;тр, =3;п, =0,5;в, =10	14,5	46,89	92,89
25-21	6320	6,3	271,70	20	0,216	42,00	264,6	тр, =3 ;з, =0,5.	3,5	78,54	343,14
-	Сума:	17,6	-	-	-	-	575,2	-	-	-	992,35



## 2.2. Розрахунок площі опалювальних приладів

Підбір типу та кількості опалювальних приладів здійснюємо на основі теплотехнічного розрахунку.

По даним таблиць з технічними характеристиками для прийнятого типу опалювальних приладів VONOVA фірми «Герц» визначаємо кількість приладів виходячи з умови:

$$n \cdot Q_{np}^1 \geq Q_{np}$$

де  $Q_{np}^1$ , Вт теплотехнічна характеристика опалювального приладу

Якщо вибраний прилад задовольняє вимогу то виписуємо тип приладу його розміри і площу.

Результати розрахунку виконані в табличній формі і наведені в таблиці 2.2.

## 2.3. Підбір обладнання системи опалення

В даному проекті прийнята залежна схема приєднання будинку. Циркуляційні насоси влаштовуємо на зворотній магістралі.

Насос підбираємо за витратою та тиском. Витрату води та розрахунковий тиск визначаємо за формулами:

$$Q = \frac{G_{c.o.}^{1-2}}{\rho} = \frac{1075.79}{961,92} = 1.2 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$H = \frac{\Delta P_p}{\rho \cdot g} = \frac{3996.93}{1000 \cdot 10} = 0,4 \text{ м}$$

За даними параметрами вибираємо насос фірми Grundfos типу UPS 32-25 з наступними характеристиками:

- потужність двигуна 45Вт;
- споживна сила струму 0,19А;
- габаритні розміри L=302мм, В=142.

Джерелом необхідної теплової енергії служить модульний газовий котел, який розміщений на горіщі та має наступні параметри:

- тип	PROTHERM 120
- запалювання	електричною іскрою
- вид палива	природний газ
- теплова потужність (кВт)	105
- витрата палива (м <sup>3</sup> /год)	12
- викид продуктів згоряння	в димохід
- діаметр димоходу (мм)	250
- максимальна робоча температура (°С)	90
- максимальний робочий тиск (бар)	3
- розміри агрегату (мм)	1650x690x720
- електрична споживна потужність (Вт)	280
- вага без води (кг)	86
- рівень звукового тиску (дБ(А))	до 50

Таблиця 2.2 - Розрахунок опалювальних приладів

№пр.	Тепловтраг и приміщення Вт.	Тип приладу.	Тепловтра ги приладу, Qпр, Вт.	Розміри	Перепад температу р в приладі, С	К-сть приладів, шт	Загальні тепловтра ги приладам и, Qпр, Вт.
1	2	3	4	5	6	7	8
203 роб.при м. 16 С	1331,53	VONOVA	724	300*1000	20	2	1448
204 АП 18 С	4652,81	VONOVA	811	300*1400	20	6	4866
205 АП 18 С	1953,72	VONOVA	579	300*1000	20	4	2316
207 АП 18 С	911,55	VONOVA	1093	600*600	20	1	1093
208 ЖК 18 С	1213,98	VONOVA	666	300*1200	20	2	1332
213 санв 18С	419,52	VONOVA	290	300*400	20	2	580
201 ЖК 18 С	562,7	VONOVA	579	300*800	20	1	579
203 поб.кім	273,6	VONOVA	290	300*400	20	1	290
204 18С	1547,76	VONOVA	1642	600*1400	20	1	1642
209 Венткам 14 С	1081,58	VONOVA	1145	600*920	20	1	1145
101 шоу-рум 16 С	20113,9	VONOVA	2986	600*2400	20	7	20902
102 роб.при м. 10 С	24173,6	VONOVA	995	600*600	20	25	24875
103 Склад 12 С	2366,18	VONOVA	1244	600*800	20	2	2488
104 ЖК 18 С	949,5	VONOVA	561	500*600	20	2	1122
105 ЖК 18 С	1090,2	VONOVA	1145	600*1000	20	1	1145
106 АП 18 С	1099,87	VONOVA	1145	600*1000	20	1	1145
цех 12 С							

## 2.4 Розрахунок системи вентиляції

Промислові будівлі мають системи вентиляції з своїми специфічними особливими пристроями та їх розміщення.

Способи вентиляції і число вентиляційних установок на підприємствах залежать від характеру технологічного процесу, потужності підприємства, а також від його економічної значущості.

У промислових підприємствах можливе розміщення вентиляційного устаткування у виробничих приміщеннях або зовні будівлі – на стінах або на покрівлі, але у будь-якому випадку повинні бути забезпечені зручне обслуговування вентиляційного устаткування і захист його від можливої конденсації вологи. При проектуванні систем вентиляції слід прагнути до якнайменшої довжини повітропроводів, визначеної їх радіусом дії. Витяжні вентиляційні установки, що видаляють вибухонебезпечні і вогненебезпечні суміші повинні мати вибухобезпечне виконання.

Важливе значення при забезпеченні розрахункових параметрів внутрішнього повітря в промислових підприємствах набуває правильна організація системи місцевої витяжної вентиляції. Для боротьби з парами, що виділяються в повітря виробничих приміщень, і газами шкідливих речовин і пилом найбільш ефективно застосування локалізуючої витяжної вентиляції, тобто видалення шкідливих речовин від місць їх виникнення. Видалення забрудненого повітря від місця його зосередження легко здійснити при влаштуванні укриттів у агрегатів, що є джерелами шкідливих виділень. Пристрій місцевої витяжної вентиляції рекомендується як один з найекономічніших і ефективніших методів боротьби з шкідливими виділеннями. Місцевий відсмоктувач це пристрій для локалізації шкідливих виділень у місця їх виникнення і видалення забрудненого повітря за межі приміщення з концентраціями вищими, ніж при загально обмінній вентиляції.

Промислове підприємство розміщується в каркасній будівлі. Покриття будівлі без горищне. Підлога розташована на відмітці 0.000 м. Розрахункова припливна система вентиляції охоплює наступні приміщення: фарбувальний цех, зварювальну та рихтувальну дільниці, відділення мийки автомобілів, шиноремонтну дільницю. Кількість поверхів: 2, освітлення : люмінесцентне, орієнтація головного входу в будівлі: на південь.

Робота в цехах супроводжується виділенням тепла, пилюки та вологи. На верстатах, при роботі на яких використовують мінеральні масла або емульсії, виділяються аерозолі цих рідин. Джерелами тепловиділень являються також люди, штучне освітлення та сонячна радіація.

У зварювальному відділенні на робочих місцях проводиться електродугове та точкове зварювання та різка. При цьому виділяється значна кількість пилюки та шкідливих газів. Для видалення цих шкідливостей використана місцева витяжна вентиляція від зварювальних постів. Гази та аерозолі, що утворюються при роботі на не фіксованих робочих місцях накопичуються у верхній зоні приміщення і видаляються загальною обмінною системою вентиляції.

У відділенні мийки автомобілів основними шкідливими виділеннями є волога, що утворюється при митті автомобілів і видаляється загальною обмінною системою вентиляції.

При проектуванні вентиляції промислових підприємств повинні дотримуватися вимоги діючих санітарних норм та правил а також відомчих будівельних норм.

Зовнішні ворота цехів обладнуються тепловими завісами. Включення і виключення легко-теплових завіс здійснюватися автоматично.

Подача припливного повітря передбачається у верхню зону струменем не настилаючими на стелю для всіх приміщень, окрім шиноремонтної дільниці в якому подача здійснюється безпосередньо в робочу зону. Температура припливного повітря загальною обмінною вентиляцією зварювального цеху та відділення мийки автомобілів приймається 15°C, для

фарбувального цеху також 15°C.

Видалення повітря зі всіх приміщень передбачається з верхньої зони приміщення. У зварювальній дільниці передбачаються місцеві відсмоктувачі з механічним спонуканням.

Таблиця 2.3 - Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Параметри	$t_n, ^\circ\text{C}$	$I, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	К
ХП	Б	-24	-23,7	5,2	0.92
ПП		8	22.5	4	0.92
ТП	А	23,6	50,5	4	0.92

Залежно від розташування будівлі для теплого, холодного періодів року вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря здійснено відповідно до [1,п2,14], а саме: для холодного періоду(надалі ХП) за параметрами Б (середня температура холодної п'ятиденки, що відповідає коефіцієнту забезпеченості 98% при цьому тривалість відхилень параметрів від розрахункових становить 50 год.), для теплого періоду (ТП) за параметрами А (середня температура самого теплого місяця, що відповідає коефіцієнту забезпеченості 70% при цьому тривалість відхилень становить 400 год.).

У перехідний період (ПП) параметри прийнято відповідно до рекомендацій [1,п2,17]: середньодобова температура  $t_3=8^\circ\text{C}$ ,  $I=22,5$  кДж/кг.с.п. Це відповідає моменту відключення системи опалення громадських будівель і переводу системи теплопостачання на літній режим.

Вологовміст повітря, кількість водяної пари у грамах, що припадають на 1кг сухої частини повітря, визначають із співвідношення,  $\text{кДж}/\text{кг. с. п.}$

$$I = C_{c,n} * t_3 + \frac{rd}{1000} + \frac{C_{в,г} * t_3 * d}{1000}$$

$C_{c.n}$  - теплоємність сухого повітря (кількість теплоти необхідної для нагрівання 1кг речовини на 1градус)=1,005 кДж/(кг°С).

$C_{в.п.}$ - теплоємність водяної пари=1,8кДж/(кг°С).

$r$ - питома теплота пароутворення води =2500 кДж/кг.

$I$ - питома ентальпія вологого повітря (кількість теплоти необхідної для переведення абсолютно сухого повітря, яке знаходиться при 0°С в інший стан з температурою  $t_3$  і волого вмістом  $d$ ; відображає витрати теплоти на нагрів сухої частини повітря до температури робочої зони, випаровування вологи, нагрів водяної пари до температури робочої зони).

Звідси вологовміст повітря дорівнює

$$d = 1000 \cdot (I - c_{сп} t_3) / (r + c_{вп} t_3), \text{ г/кг с.п.}$$

Відносну вологість повітря  $\varphi$ , % (відношення парціального тиску пари у повітрі до тиску насичуючої водяної пари), визначають за формулою

$$\varphi = 100 \cdot d / d_{\text{МАХ}}, \%$$

де  $d_{\text{МАХ}}$  – максимальний вологовміст повітря при атмосферному тиску і температурі  $t_3$

Для ТП :  $d_{\text{max}}=10,53$  г/кг с.п.

ПП :  $d_{\text{max}}=5.75$ г/кг с.п.

ХП :  $d_{\text{max}}=0,17$  г/кг с.п.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Назва приміщення	Період року	Допустимі параметри			Т-ра припливного повітря $t_{п}, ^\circ\text{C}$
		температура $t_o, ^\circ\text{C}$	відносна вологість $\phi_o, \%$	рухо-мість $V_o, \text{л/с}$	
Зварювальна та рихтувальна дільниці, фарбувальний цех, відділення мийки автомобілів, шиноремонтна дільниця	ХП	15	$\leq 75$	0,4	10
	ПП	15	$\leq 75$	0,4	10
	ТП	29	$\leq 75$	0,4	24

При розрахунку системи вентиляції користуються допустимими значеннями параметрів внутрішнього повітря. Вони приймаються залежно від призначення приміщення і розрахункового періоду року відповідно до [1, п.2.1] за даними [1, дод.1].

У теплий період року температура повітря у зоні обслуговування  $t_{рз}^{\text{ТП}}$  приймається на  $3^\circ\text{C}$  вище розрахункової температури зовнішнього повітря  $t_3^{\text{ТП}}$  (параметр А), а температура припливного повітря для систем вентиляції з механічним спонуканням – на  $0.5^\circ\text{C}$  вище розрахункової температури зовнішнього повітря (підігрів у вентиляторі та повітропроводах)

$$t_{п}^{\text{ТП}} = t_3^{\text{ТП}} + 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В холодний і перехідний періоди з метою економії теплоти за розрахункову температуру  $t_{рз}^{\text{ХП}}$  у зоні обслуговування приміщень. Температура припливного повітря при наявності теплових надлишків у приміщенні обчислюється за формулою:



$$t_{\text{П}}^{\text{ХП}} = t_{\text{РЗ}}^{\text{ХП}} - \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $\Delta t$  – перепад температур внутрішнього і припливного повітря, який приймається при подачі повітря через стельові плафони ежекційного типу рівна  $8^\circ\text{C}$ .

Температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, визначається за формулою:

$$t_{\text{В}} = t_{\text{РЗ}} + \text{grad } t (H - h_{\text{РЗ}}), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $\text{grad } t$  - градієнт температури - зміна температури на 1 м висоти приміщення вище робочої зони,  $^\circ\text{C}/\text{м}$ ;

$H=6$  м - висота приміщення від підлоги до стел;

$h_{\text{РЗ}}$  - висота робочої зони від підлоги, 1,5 м;

Градієнт температури для громадських та промислових будівель  $\text{grad } t$  визначають за [2, табл.VII.2] залежно від теплонапруженості приміщень (питомих надлишків явного тепла) .

Концентрація вуглекислого газу вважається постійною по всьому приміщенню, тому концентрація  $\text{CO}_2$  у повітрі, що видаляється, приймається рівною концентрації у робочій зоні, тобто гранично допустимій у приміщенні:  $C_{\text{CO}_2}=1.25$  л/м<sup>3</sup>.

Місцеві відсмоктувачі від технологічного обладнання.

Для прикладу приведемо розрахунки для однієї приточної П2 та однієї витяжної В7 систем механічної вентиляції.

Система П1 охоплює наступні приміщення повітрообміни яких наведені нижче в таблиці 2.5: мийка автомобілів, зварювальна та рихтувальна дільниці, фарбувальний цех та шиноремонтна дільниця.

В шиноремонтній дільниці проектується місцева витяжка з механічним спонуканням, для видалення пилових виділень від роботи з шинами автомобілів (кількість повітря, що видаляється, приймається

500 м<sup>3</sup>/год). У зварювальній дільниці на постах зварювання встановлюються столи для зварювальних робіт з верхнім відсмоктуванням через витяжний зонт.

Основними виробничими шкідливостями, які виділяються при зварюванні є газовий аерозоль від ручної зварки. Кількість аерозолю, що виділяється, визначається по формулі:

$$M_{\Gamma} = q \times N,$$

де  $q$  – питомі виділення пари парів аерозолю, кг/кВт;

$N$  – потужність верстата, кВт.

$$M_{\Gamma} = 0.165 \times 2.5 = 0.413 \text{ кг/год}$$

Витрата повітря, необхідний для розбавлення газових вредностей до ПДК визначається по формулі:

$$G = \frac{M_{\Gamma} \times 1000}{\text{ГДК}_{\text{р.з.}}} \times \frac{353}{273 + t_{\text{в}}}$$

де  $M_{\Gamma}$  – кількість розбавлябчих шкідливостей, кг/год;

$t_{\text{в}}$  – температура повітря в робочій зоні, 15оС;

$\text{ГДК}_{\text{р.з.}}$  – гранично допустима концентрація в робочій зоні.

$$G = \frac{0.413 \times 1000}{200} \times \frac{353}{273 + 15} = 1565 \text{ кг/год}$$

Розрахунок необхідних повітрообмінів загально обмінної приточно витяжної вентиляції в розрахункових приміщеннях проводимо по

нормативній кратності, враховуючи кількість повітря на компенсацію видаленого повітря з місцевих відсмоктувачів.

Таблиця 2.5 - Зведена таблиця повітряного балансу будівлі

№3/П	Найменування приміщення	Об'єм, V, м <sup>3</sup>	Кратність повітрообміну K <sub>p</sub> , год		Повітрообмін, L, м <sup>3</sup> /год	
			приток	витяжка	приток	витяжка
1	2	3	4	5	6	7
Перший поверх						
1	Шоу-рум	1944	1,8	2	3499	3888
2	Дільниця діагностики, ТО і TP	3780	2,5	2,5	9450	9450
3	Склад	216	-	1,5	-	324
4	Кімната відпочинку	99	2	2	198	198
5	Приміщення охорони	15	-	2	-	30
6	Рецепція	45	2	2	90	90
7	Санвузол відвідувачів	1 ун.	-	100	-	100
8	Санвузол персоналу	1 ун.	-	100	-	100
9	Кімната МОП	7,5	-	2	-	15
10	Комора	12	-	1,5	-	18
11	Очищення води	49,5	2	2	99	99
12	Компресорна	66	-	2	-	132
13	Мийка автомобілів	352,5	4	5	1410	1762,5
14	Зварювальна та рихтувальна дільниця	486	5,5	6	2766	2916
15	Фарбувальний цех	444	3,5	4,5	1544	1998
16	Санвузол	1 ун.	-	100	-	100
17	Інвентарна	11	-	1,5	-	16,5
18	Побутова кімната охорони	30	-	2	-	60
19	Шиноремонтна дільниця	1 зонт	500	600	500	500
20	Кабіна охорони	33	-	2	-	66
Сумарний повітрообмін по першому поверсі					18963	21863
Дисбаланс по притоку компенсуємо природнім шляхом					2900	

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Другий поверх						
1	Директор	99	2	2	198	198
2	Приймальня	50	3	3	150	150
3	Кімната майстрів	108	-	2	-	216
4	Канторське приміщення	324	2	2	648	648
5	Адміністративне приміщення	110	2	2	220	220
6	Менеджери	225	2	2	450	450
7	Службове приміщення	54	-	2	-	108
8	Кімната прийому їжі	108	4	5	432	540
9	Душова	1 сітка	-	100	-	100
10	Санвузол	1 ун.	-	100	-	100
11	Кімната відпочинку	60	-	1,5	-	90
12	Побутові кімнати	36	-	1,5	-	54
13	Адмінприміщення	66	-	2	-	132
14	Комора прибирального інвентарю	7	-	2	-	14
15	Санвузол	1 ун.	-	100	-	100
Сумарний повітрообмін по першому поверсі					2098	3120
Дисбаланс по притоку компенсуємо природнім шляхом					1022	

Подача необхідної кількості припливного повітря здійснюється двома припливними установками: П1 здійснює подачу повітря в наступні приміщення: Шоу-рум, дільниця діагностики, ТО і ТР, кімната відпочинку, рецепція, очищення води, директор, приймальня, канторське приміщення, адміністративне приміщення, менеджери, кімната прийому їжі.

Сумарна кількість припливного повітря для системи П1 складає 14460 м<sup>3</sup>/год.

Будівля обладнана двома розгалуженими системами припливної механічної вентиляції. Обладнання припливної системи розміщується у спеціальному приміщенні – вентиляційній камері що розташована на горищі будівлі.

У припливну систему входять: повітрозабір, приймальна камера, калориферна установка, інше обладнання.

Будівлю оснащено механічними і природними місцевими витяжними системами. Для санвузлів і душової кабінки передбачається окрема витяжна система з механічним спонуканням. Природна витяжна вентиляція передбачена з побутових та господарсько-виробничих приміщень, а також з окремих адміністративно приміщень. Для викиду повітря служать вентиляційні канали, що розташовані в стінах будівлі.

У будівлі запроектовані повітропроводи круглого і прямокутного перерізів. Трасування повітропроводів здійснюємо з урахуванням їх найменшої протяжності.

За розрахункове приймаємо зварювальну та рихтувальну дільницю.

Розподільник повітря приймається жалюзійна решітка, затягнена сіткою. Спосіб випуску повітря – у верхній зоні горизонтальними струменями, що не настеляються на стелю.

Допустима швидкість повітря приточування при вході в робочу зону визначається по формулі, м/с:

$$V_{\text{доп}} = k \times V_{\text{р.з.}}$$

де  $V_{\text{р.з.}}$  – швидкість в робочій зоні приміщення, м/с;

$k$  – коефіцієнт переходу від нормованої до максимальної швидкості в струмені, рівний 1,8.

$$V_{\text{доп}} = 1.8 \times 0.3 = 0.54 \text{ м/с.}$$

Повітря поступає п'ятьма розподільниками з регульованим напрямом потоку під кутом у напрямі робочої зони. Кількість повітря, що подається, кожним розподільником повітря  $L_{\text{п}}=2766/5=553 \text{ м}^3/\text{год.}$

Швидкість виходу з решітки приймаємо  $V_{\text{o}}=5 \text{ м/с.}$

Знаходимо площу приточної решітки формулі, м<sup>2</sup>:

$$F_o = L_n / 3600 \cdot V_o$$

$$F_o = 553 / 3600 \cdot 5 = 0,03\text{м}^2$$

Діаметр решітки визначається по формулі, м:

$$d_o = \sqrt{\frac{F_o \cdot 4}{3.14}}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{0.09 \cdot 4}{3.14}} = 0.33\text{м}$$

Відстань до місця надходження струменя в робочу зону визначається по формулі, м:

$$x' = \frac{V_o m \sqrt{F_o} k_B}{V_x}$$

де  $V_x = V_{\text{доп}}$  – допустима швидкість повітря в робочій зоні, м/с;

$k_B$  – коефіцієнт взаємодії струменів.

$$x' = \frac{5 \cdot 1.9 \sqrt{0.09} \cdot 1}{0.54} = 5.2\text{м}$$

Мінімальна висота установки розподільника повітря визначається по формулі, м:

$$h_y = h_{\text{р.з.}} + 0.12x'$$

де  $h_{\text{р.з.}}$  – висота робочої зони приміщення, м.

$$h_y = 2 + 0.12 \cdot 5.2 = 2.6\text{м}$$

Горизонтальна відстань від розподільника повітря до місця упродовження струменя визначається по формулі, м:

$$x = \sqrt{x'^2 - (h_y - h_{p.з.})^2}$$

$$x = \sqrt{5,2^2 - (2,6 - 2)^2} = 5,2\text{м}$$

Кут нахилу розподільника повітря до горизонту визначається по формулі,

$$\beta = \arcsin \frac{h_y - h_{p.з.}}{x'}$$

Температурний перепад між повітрям приточування і повітрям приміщення визначається по формулі, °C:

$$\Delta t_x = \frac{\Delta t_o n \sqrt{F_o}}{x'}$$

$$\Delta t_x^{n.n.} = \frac{1 \cdot 1.7 \sqrt{0.09}}{5.2} = 0.1^\circ\text{C}$$

Температура повітря струменя на вході в робочу зону визначається по формулі, °C:

$$t_x = t_B - \Delta t_x$$

$$t_x = 18 - 0,1 = 17,9^\circ\text{C}$$

Для допоміжних приміщень, для яких здійснювали розрахунок повітрообмінів за кратністю, детальний розрахунок розподілу повітря не виконують.

Підбір вентиляційних решіток для допоміжних приміщень виконаний у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Підбір повітророзподільників для допоміжних приміщень

№3/П	Найменування приміщення	Vo, м <sup>2</sup>	Lo, м <sup>3</sup> /год	Fo, м <sup>2</sup>	розміри решітки	Foф, м <sup>2</sup>	N, шт	Voф, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Перший поверх								
3	Склад	1	324	0,03	150*200	0,03	2	1,1
4	Кімната відпочинку	1	198	0,03	150*150	0,02	2	1,2
5	Приміщення охорони	1	30	0,008	110*110	0,012	1	0,7
6	Рецепція	1	90	0,025	150*150	0,023	1	1,1
7	Санвузол відвідувачів	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1
8	Санвузол персоналу	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1
9	Кімната МОП	1	15	0,004	110*110	0,012	1	0,4
10	Комора	1	18	0,004	110*110	0,012	1	0,42
11	Очищування води	1	99	0,028	150*150	0,023	1	1,15
12	Компресорна	1	132	0,037	150*200	0,031	1	1,2
16	Санвузол	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1
17	Інвентарна	1	17	0,004	110*110	0,012	1	0,42
18	Побутова кімната охорони	1	60	0,017	150*150	0,023	1	0,7
20	Кабіна охорони	1	66	0,017	150*150	0,023	1	0,7
Другий поверх								
3	Кімната майстрів	1	100	0,028	150*150	0,023	1	1,1
4	Конторське приміщення	1	324	0,03	150*200	0,03	2	1,1
5	Адміністративне приміщення	1	110	0,028	150*150	0,023	1	1,2



Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Службове приміщення	1	54	0,017	150*150	0,023	1	0,7
8	Кімната прийому їжі	1	108	0,028	150*150	0,023	1	1,2
9	Душова	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1
10	Санвузол	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1
11	Кімната відпочинку	1	60	0,017	150*150	0,023	1	0,7
12	Побутові кімнати	1	30	0,008	110*110	0,012	1	0,7
13	Адмінприміщення	1	66	0,017	150*150	0,023	1	0,7
14	Комора прибирального інвентарю	1	7	0,001	110*100	0,012	1	0,1
15	Санвузол	3	100	0,028	150*150	0,023	1	3,1

До початку монтажних робіт на об'єкті повинні бути закінчені такі загальнобудівельні роботи: виконані, заштукатурені і заґрунтовані перекриття, стіни і перегородки в місцях прокладання повітропроводів і встановлення вентиляційного обладнання; підготовані фундаменти та інші опорні конструкції під вентиляційне обладнання; встановлені передбачені проектом закладні деталі й опорні конструкції для прикріплення повітропроводів, герметичних дверей та інших деталей СВ; залишені монтажні отвори і виносні майданчики для подавання деталей і обладнання до місць монтажу; пробиті або залишені отвори для проходу повітропроводів через будівельні конструкції; збудовані вентиляційні канали (цегляні, шлакобетонні тощо); нанесені на стінах і колонах позначки чистих підлог; засклені вікна і ліхтарі; виконано електроосвітлення місць монтажних робіт і підготована силова електромережа для роботи електрифікованого інструменту; очищені від будівельного сміття місця монтажних робіт.

До підготовчих робіт належать приймання, комплектування і складування вентиляційних заготовок, що надходять на об'єкт з заготівельних підприємств. Згідно з ПВР на будмайданчику створюють відкриті або напівзакриті склади для зберігання вентиляційних заготовок, а також закриті складські приміщення для зберігання матеріалів, інструменту, готових ви-

робіт (повітророзподільників тощо).

Повітропроводи переважно монтують після закінчення основних будівельних робіт на об'єкті або захватці паралельно із встановленням вентиляційного обладнання. Повітропроводи СВ, що зв'язані з технологічним обладнанням, монтують незалежно від наявності технологічного обладнання, до якого повітропроводи приєднують після його встановлення.

Вертикальні повітропроводи всередині адміністративних або виробничих будинків звичайно монтують способом підрощування знизу або нарощуванням зверху чи комбінованим способом, який поєднує елементи обох попередніх способів.

Вентиляційна труба - кінцева ланка повітропроводу, призначена для ви-кидання вилученого з приміщень повітря в атмосферу або для всмоктування зовнішнього повітря.

Роботи з монтажу вентиляційних труб повинні виконуватись, як правило, ще до влаштування теплогідроізоляції покриття. Якщо готова покрівля, в місці монтажу труб повинен бути вкладений суцільний дощатий настил. Найпростіший спосіб - монтаж нарощуванням зверху за допомогою баштового чи іншого стрілового крана. Однак такий спосіб використовують рідко, оскільки монтаж виконують після закінчення загальнобудівельних робіт.

Вентиляційні труби, висота яких до 6 м і маса до 500 кг, можуть бути встановлені за допомогою однієї лебідки в такій послідовності: збирають трубу з окремих елементів і прикріплюють до неї розтяжки; прикріплюють до покриття три розтяжки з чотирьох; прикріплюють до покриття монтажно-тяговий механізм; стропують трубу напівавтоматичним стропом; піднімають трубу і встановлюють в проектне положення, прикріплюють четверту розтяжку і з'єднують нижній фланець труби з фланцем патрубка, що закріплений в стакані; перевіряють вертикальність труби і натягують розтяжки талрепами.

Вентиляційні труби більшої висоти і маси піднімають за допомогою

стійки, що падає, в такій послідовності: збирають трубу з елементів, використовуючи інвентарні підставки.

Підняти вентиляційні труби можна за допомогою звичайної стійки, висоту якої приймають такою, що дорівнює  $1/3$  висоти труби. Стійку розчалюють чотирма розтяжками з талрепами.

Під стійку встановлюють опорну п'яту, а її головку обладнують блоком. Спосіб і послідовність підняття такі самі, як і за допомогою стійки, що падає. Зонти, ковпаки, пристрої факельного викидання встановлюють і монтують одночасно з трубами.

Перед монтажем вентиляторів повинні бути виконані і прийняті за актом такі роботи: зведені фундаменти і опорні конструкції під вентилятори; передбачені проходи і проїзди до місць монтажу; залишені монтажні отвори для такелажу вентиляторів; заштукатурені будівельні конструкції вентиляційних камер і передбачені заходи для без-печного виконання робіт. Монтують радіальні вентилятори залежно від конкретних умов .

Радіальні вентилятори встановлюють на пружинних віброізоляторах. Елементи металоконструкцій і закладні деталі, до яких прикріплюють віброізолятори, повинні збігатись в плані з відповідними елементами рами вентилятора.

Центр його маси зміщений відносно розрахункового, то розташування віброізоляторів визначають дослідно. Вентилятор встановлюють на віброізолятори і, переміщаючи віброізолятори вздовж рами, забезпечують їх рівномірне завантаження і горизонтальність рами. Намітивши місця остаточного встановлення віброізоляторів, в рамі агрегату висвердлюють отвори для їх закріплення.

Радіальні вентилятори високого тиску і пилові встановлюють безпосередньо на опорні конструкції (без віброізоляторів). Для закріплення вентиляторів до бетонних фундаментів використовують анкерні болти, які вставляють різьбовою частиною у раму вентилятора. На них накручують гайки і контргайки, а самі болти опускають в гніздо фундаменту і заливають цемент-

ним розчином. Після затвердіння розчину перевіряють горизонтальність рами гідравлічним рівнем і, якщо необхідно, підкладають під неї металеві підкладки та остаточно затягують гайки анкерних болтів. Потім підливають фундамент цементним розчином до нижньої поверхні рами.

Встановлюючи вентилятор на жорстку основу, іноді під раму підкладають листову гуму завтовшки 20...25 мм для зменшення вібрацій; під гайки анкерних болтів підкладають гумові шайби, а отвори під болти виконують значно більшого діаметра, щоб виключити контакт між рамою і болтами.

Монтують вентилятори в такій послідовності: перевіряють комплектність вентиляторів; проводять демонтажну ревізію вентиляторів і електродвигунів; доставляють вентилятори або окремі їх деталі до місця монтажу; стропують вентилятори; піднімають їх і встановлюють на опорних конструкціях (фундаменті, майданчику, кронштейнах); перевіряють правильність встановлення віброізоляторів і рівномірність їх завантаження, горизонтальність рами, точність прив'язання до конструкцій будинку, горизонтальність вала робочого колеса; перед приєднанням повітропроводів перевіряють балансування робочого колеса з валом, натяг ременів клинопасової передачі; ревізують під-шипники вала і перевіряють наявність мастила; виміряють електричний опір ізоляції обмоток. Повітропроводи, що призначені для транспортування зволоженого повітря, прокладають з нахилом 0,01...0,015 в бік дренальних пристроїв; в нижній частині повітропроводів не повинно бути поздовжніх швів.

Регульовальні пристрої встановлюють на окремих відгалуженнях повітропроводів біля повітророзподільників і місцевих відсмоктів. Запірні пристрої передбачають, як правило, в місцях приєднання обладнання до повітровпливних каналів; у впливних системах - між вентилятором і викидною шахтою. Як регульовальні запірні пристрої використовують клапани і шибери.

До типових деталей СВ належать: зонти, герметичні двері й люки, пружинні амортизатори, а до мережного обладнання - зворотні, вогнезахисні,

перекидні і герметичні клапани, зворотні клапани служать для запобігання протікання повітря через повітропроводи до вентиляторів, які не працюють; вогнезахисні клапани встановлюють на повітропроводах, якщо вони перетинають протипожежні стіни чи перекриття, для автоматичного відключення приміщень, в яких виникла пожежа; перекидні клапани встановлюють на нагнітальних патрубках двох паралельно з'єднаних вентиляторів (для відключення вентилятора, що не працює); герметичні клапани служать для надійного захисту повітропроводів від ударної хвилі тиском до 50 кПа.

Повітропроводи постачаються на об'єкт комплектне з хомутами, підвісками і кронштейнами для їх прикріплення до будівельних конструкцій. Всі деталі СВ маркірують фарбою, яка кольором відрізняється від захисного ґрунту.

Весь ручний і механізований інструмент, що використовується для монтажу СВ і, можна розділити на декілька груп: вимірювальний, розмічувальний, контрольний, для різання металу, свердління отворів, нарізання різі, виконання складальних і монтажних операцій, зварювання і газового різання металу.

До вимірювальних, розмічувальних і контрольних інструментів належать лінійки, метри, рулетки, повірювальні кутники, транспортири і кутоміри, розмічувальні й рейкові циркулі, кронциркулі, рисувалки, кернери, виски, рівні та щупи.

До інструментів для різання металу належать ручні і електричні ножиці, ножівкові рамки.

Для свердління отворів використовують електросвердлильні машини, ручні дрилі й коловороти.

Монтують вентиляційні системи бригадним методом.

У комплексну бригаду, як правило, входять два-три слюсарі і вентиляторщики. Кожна бригада забезпечується набором інструменту як постійного, так і періодичного використання.

Застосування механізованого інструменту підвищує продуктивність

праці і покращує якість монтажних робіт. Джерелом живлення електрифікованого інструменту є струм напругою 220 В або високочастотний струм напругою 36 В. Кожна бригада має також набір обладнання та інструменту для електрозварювальних робіт. Для монтажу майданчиків під обладнання, встановлення кронштейнів, підставок тощо бригада забезпечується комплектом обладнання для газового різання сталі.

Монтаж повітропроводів на висоті вимагає спеціальних пристроїв: монтажних драбин і майданчиків, вишок і риштувань. Для підняття монтажників і дрібних деталей в зону монтажу використовують телескопічні автовишки, самохідні риштування тощо.

Монтують ТПК у такій послідовності:

1) в отворі стінки форкамери монтують контрфланець приймального утепленого клапана;

2) з'єднують його з контрфланцем отвору стінки форкамери і з приймальною секцією;

3) якщо передбачена рециркуляція повітря, з'єднують рециркуляційний повітропровід з клапаном, що розташований зверху приймальної секції;

4) до приймальної секції послідовно приєднують на болтах з прокладками секції нагрівання, зрошення і з'єднувальну, які розташовують безпосередньо на бетонній плиті;

5) встановлюють на віброізоляторах вентиляторну секцію і з'єднують її за допомогою гнучких (еластичних) вставок із з'єднувальною секцією і припливним повітропроводом.

У повітровсмоктувальному отворі зовнішнього захищення (стіни, вікна, шахти) монтують нерухому жалюзійну ґратку, що набирається з типових металевих секцій розміром 150 x 490 і 150 x 580 мм. З'єднуючи ґратки болтами у загальній рамі, можна отримати повітровсмоктувальну панель потрібних розмірів. Утеплений приймальний клапан встановлюють з внутрішнього боку повітровсмоктувального отвору, використовуючи

короткий патрубок і контрфланець, і обладнують ручним або механічним приводом, що заблокований з увімкненням вентилятора. Для очищення припливного повітря використовують фільтри різних типів. Якщо встановлюють коміркові фільтри, в отворі стінки вентиляційної камери кріпиться рама-касета, що виготовляється з кутника.

Після закінчення монтажних робіт, під'єднання ліній електро-теплохолодного живлення проводять обкатування обладнання і випробування систем. Установки вентиляції і кондиціонування повітря (до їх випробування) повинні неперервно і справно пропрацювати протягом 7 год. Обкатування проводять після ревізії обладнання: знімання консерванту з деталей, заміряння електричного опору ізоляції електродвигунів, перевірки змащення підшипників двигунів, клапанів, редукторів тощо.

Обкатування починають з короткочасного увімкнення вентилятора для визначення напрямку обертання робочого колеса. До вентилятора повинні бути приєднані повітропроводи, температура підшипників вентилятора і двигуна не повинна перевищувати 85 °С. Обкатування проходить в присутності замовника і генпідрядника і оформляється актом.

Потім проводять передпускові випробування вентиляційних систем. Вентиляційні установки, що зв'язані з технологічним обладнанням (місцеві всмоки), випробовують після монтажу технологічного обладнання (робота обладнання необов'язкова). До початку випробувань перевіряють: відповідність встановленого обладнання проектним даним; якість збирання повітропроводів і з'єднання їх з обладнанням; закінченість будівельних робіт у венткамерах; експлуатаційну готовність обладнання. До початку випробувань виявлені дефекти повинні бути ліквідовані.

Під час випробувань перевіряють: продуктивність вентиляційного агрегату і її відповідність проектним даним; продуктивність повітророзподільних і повітровсмоктувальних пристроїв по окремих приміщеннях і їх відповідність проектним даним; опір протікання повітря в калориферах, пиловловлювачах, фільтрах, зрошувальних камерах; швидкість

витікання повітря з припливних отворів; негерметичність повітропроводів та інших елементів систем; рівномірність прогрівання калориферів; рівномірність розпилювання води в зрошувальних камерах.

Передпускові випробування систем природної вентиляції в житлових і громадських будинках обмежують перевіркою фактичних перерізів повітропроводів і наявністю тяги в повітровсмоктувальних отворах. Тягу перевіряють крильчастим анемометром, задимленням або за відхиленням тонких паперових стрічок.

Ступінь нещільності повітропроводів та інших елементів вентиляційних систем встановлюється за сумарним значенням підсмоктувань і витікань повітря, що можна визначити як різницю між об'ємами повітря, заміряними біля повітророзподільних або повітросмоктальних пристроїв, і об'ємом повітря, що протікає через основний повітропровід поруч з вентилятором.

У випробування вентиляційних систем входить також перевірка на герметичність ділянок повітропроводів, що приховані в будівельних конструкціях. За результатами перевірки складають відповідний акт. Існують два види регулювання вентиляційних систем: індивідуальне на проектну продуктивність (виконується з монтажною організацією) і комплексне (здійснюється з повним технологічним завантаженням спеціалізованими організаціями за прямим договором із замовником).

Звичайно тільки невелика кількість вентиляційних систем за реальними параметрами відповідає проектним характеристикам і їх налагодження обмежується передпусковими випробуваннями. Здебільшого фактичні витрати повітря по системі загалом і по відгалуженнях відрізняються від проектних даних. Такі системи повинні бути відрегульовані.

Під час індивідуального регулювання виконують також налагодження повітророзподільних пристроїв, місцевих всмоків, пиловловлювачів.



## 2.5 Заходи з підвищення енергоефективності огорожуючих конструкцій

Зовнішні стіни будівлі в задовільному стані. Приведений опір теплопередачі невідповідає мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31. Нормативне значення опору теплопередачі зовнішніх стін громадських та житлових будівель, розміщених у I температурній зоні, складає  $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Для виконання норми по опору теплопередачі зовнішніх стін пропонується провести термомодернізацію, утеплювач – мінераловатні плити. Теплопровідність утеплювача –  $0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Розрахуємо товщину утеплювача, м:

$$\delta = (R_{q \min} - R_q) \cdot \lambda_{\text{ут}}$$

де  $R_{q \min}$  – мінімально допустимий опір теплопередачі згідно ДБН В 2.6-31,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_q$  – фактичний опір теплопередачі,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$\lambda_{\text{ут}}$  – теплопровідність утеплювача,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Відповідно до розрахунку товщина утеплювача складає  $0,114 \text{ м}$ . Стандартна товщина ізоляційного матеріалу складає  $0,12 \text{ м}$ . При такій товщині утеплювача загальний розрахунковий опір теплопередачі стін після термомодернізації складає  $3,44 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Витрати на впровадження заходу

Загальна площа утеплення складає –  $692,74 \text{ м}^2$ . З урахування утеплення відкосів загальна площа утеплення включає в себе площу вікон та дверей і складає –  $998,69 \text{ м}^2$ .

Вартість утеплення  $1 \text{ м}^2$  стіни орієнтовно складає –  $900 \text{ грн}/\text{м}^2$ .

Вартість утеплення включає в себе:

- виїзд спеціаліста на заміри;
- складання кошторису;
- демонтаж старої теплоізоляції;

- монтаж теплоізоляційного матеріалу;
- виконання армуючого шару;
- фарбування стін;
- демонтаж/монтаж відливів;
- утеплення відкосів.
- вартість утеплювача та додаткових матеріалів;
- загальні капітальні витрати складають – 898,82 тис. грн.

Згідно розрахунків економія енергії від впровадження заходу складає 12459 кВт·год/рік.

З урахуванням вартості природного газу 1,21 грн за 1 кВт·год економія грошових коштів складає

$$€=12459 \cdot 1,21 \cdot 10^{-3} = 15,1 \text{ тис. грн/рік}$$

Результати розрахунків економічного ефекту представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Показники для розрахунків економічного ефекту

№	Показник	Значення
1	Економія грошових коштів, тис. грн.	15,08
2	Капітальні витрати, тис. грн.	898,82
3	Ставка дисконтування, %	20%
4	Початковий рік вкладення коштів, рік	2019
5	Термін оцінки, років	10
6	Рівень інфляції, %	9%
7	Реальна ставка дисконтування, %	10,1%
8	NPV, чиста приведена вартість, тис. грн.	-806,55
9	NPVQ, коефіцієнт чистої приведеної вартості	-0,90
10	IRR, внутрішня норма прибутковості, %	-23,83%
11	Простий строк окупності, років	59,62
12	DPP, дисконтований строк окупності, років	-

Дах будівлі мансардного типу, що опалюється. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31. Нормативне значення опору теплопередачі перекриття неопалювального горища громадських та житлових будівель, розміщених у I температурній зоні, складає  $R_{q \min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Пропонується провести термомодернізацію даху таким чином, щоб виконувалась нормативна умова по опору теплопередачі.

Для виконання норми по опору теплопередачі перекриття неопалювальних горищ пропонується провести термомодернізацію, утеплювач – мінеральна вата.

Теплопровідність утеплювача –  $0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Розрахуємо товщину утеплювача, м:

$$\delta = (R_{q \min} - R_q) \cdot \lambda_{\text{ут}}$$

де  $R_{q \min}$  – мінімально допустимий опір теплопередачі згідно ДБН В 2.6-31,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $R_q$  – фактичний опір теплопередачі,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$\lambda_{\text{ут}}$  – теплопровідність утеплювача,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$$\delta = (4,95 - 1,99) \cdot 0,045 = 0,133.$$

Відповідно до розрахунку, якщо використовувати демонтовану теплоізоляцію, товщина утеплювача складає 0,133 м. Стандартна товщина ізоляційного матеріалу складає 0,14 м. При такій товщині утеплювача загальний розрахунковий опір теплопередачі перекриття даху після термомодернізації складає  $5,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Витрати на впровадження заходу

Загальна площа утеплення складає –  $815 \text{ м}^2$ . Вартість утеплення на  $1 \text{ м}^2$  перекриття складає –  $1200 \text{ грн}/\text{м}^2$ .

Вартість утеплення включає в себе:

- виїзд спеціаліста на заміри;
- складання кошторису;
- демонтаж старої теплоізоляції;
- монтаж теплоізоляційного матеріалу;

- вартість утеплювача та додаткових матеріалів.
- загальні капітальні витрати складають – 978 тис. грн.

Економія енергії та коштів

Згідно розрахунків економія енергії від впровадження заходу складає 7077 кВт·год/рік.

З урахуванням вартості теплової енергії 1,21 грн за 1 кВт·год економія грошових

$$Є=7077 \cdot 1,21 \cdot 10^{-3} = 8,56 \text{ тис. грн/рік.}$$

Результати розрахунків економічного ефекту представлено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Показники для розрахунків економічного ефекту

№	Показник	Значення
1	Економія грошових коштів, тис. грн.	8,56
2	Капітальні витрати, тис. грн.	978,0
3	Ставка дисконтування, %	20%
4	Початковий рік вкладення коштів, рік	2019
5	Термін оцінки, років	10
6	Рівень інфляції, %	9%
7	Реальна ставка дисконтування, %	10,1%
8	NPV, чиста приведена вартість, тис. грн.	-925,59
9	NPVQ, коефіцієнт чистої приведеної вартості	-0,95
10	IRR, внутрішня норма прибутковості, %	-29,96%
11	Простий строк окупності, років	114,21
12	DPP, дисконтований строк окупності, років	-

### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ

У проєкті передбачена реконструкція систем опалення і вентиляції цеху по ремонту та обслуговуванню автомобілів.

У цеху знаходяться наступні відділення: зварювальне відділення, вулканізація, гальванічне відділення, відділення розведення емульсій і ділянки ремонту.

Роботи на ділянках ремонту проводяться за допомогою токарних, фрезерних, сверильних, заточних і ін. типів верстатів. Робота устаткування супроводжується виділенням теплоти, вологи і пилу. Для асиміляції шкідливостей в цеху влаштована механічна вентиляція, окремо розташовані верстати і ванни обладнані індивідуальними знепилюючими агрегатами і місцевими відсмоктувачами.

У зварювальному відділенні проводиться точкова зварка електродугою і різанням. При цьому виділяється значна кількість пилу і шкідливих газів. Для видалення цих шкідливостей застосована місцева витяжка від зварювальних постів. Гази і аерозолі утворюються при роботах на нефіксованих робочих місцях накопичуються у верхній зоні приміщення, звідки віддаляються загальнообмінною вентиляцією.

Устаткування ковальського відділення: сурма, печі, кувальний молот, ванни для загартування деталей. Тут здійснюється обробка деталей, різання і плавка металу, також, загартування деталей для додання їм різних механічних і металографічних властивостей.

Основні шкідливості – конвективна і промениста теплота виділяється від гарячих поверхонь печей і металу, окисел вуглецю, сірчистий газ. У процесі кування і штампування в повітря приміщення поступає пил окалини.

Для локалізації шкідливостей використовуються місцеві відсмоктування – зонти, зонти-козирки, бортові відсмоктування і укриття. Гартівні ванни поміщені в укриття з робочими отворами, масляні ванни обладнані бортовими відсмоктуваннями.

Для асиміляції надмірної теплоти використовується аерація.

Технологічний процес в гальванічному відділенні пов'язаний з нанесенням на поверхню виробів антикорозійних і декоративних покриттів електролітичним способом. У гальванічному відділенні виділяються всі відомі шкідливості – теплота, волога, пари, газы, аерозолі і пил. Для локалізації шкідливостей використовуються бортові відсмоктувачі від ванн. Шкідливості приміщення, що накопичуються у верхній зоні, видаляються загальнообмінною витяжкою.

Основним джерелом виникнення шуму і вібрації є вентиляційні установки, верстати і кувальний молот. Причиною виникнення аеродинамічного шуму є пульсація швидкості і коливання тиску повітря у вентиляторі і повітропроводах.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.003-83\* максимально допустимих рівнів звуку складає 80 Дба. Рівень шуму створюваний системою приточної вентиляції рівний 92 Дба. Для зниження рівня звукового тиску на робочих місцях запропоновані наступні заходи: установка найдосконаліших по акустичних характеристиках вентиляторів, підбір оптимальних режимів роботи, застосування звукопоглинальних матеріалів.

При роботі вентилятора і верстатів коливання передаються фундаменту, стінам і покриттям будівлі породжувати структурний шум.

Для зниження структурного шуму на установках вентиляторів встановлені пружинні амортизації, для хорошої віброізоляції усунені всі жорсткі зв'язки між агрегатом і будівельними конструкціями за рахунок приєднання за рахунок приєднання через гнучкі вставки.

При виробництві будівельно-монтажних робіт необхідно враховувати параметри мікроклімату. Монтаж системи вентиляції повинен проводитись після монтажу системи опалення. Температура повітря в приміщенні, при монтажі системи вентиляції, необхідно підтримувати близько 15 °С.

Освітлення робочих місць прийняте суміщене.

Самопочуття і працездатність людини залежить від метеорологічних

умов виробництва робіт. Діючим нормативним документом, що регламентує метеорологічні умови виробничого середовища, є ГОСТ12.1005 – 88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги в повітря робочої зони». Документом встановлені оптимальні і допустимі величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря.

У разі переохолодження повітряного середовища кровоносні судини звужуються, приток крові до них і знижується. У людини з'являється прагнення до інтенсивних рухів, які збільшують обмін речовин в організмі з утворенням тепла. Надмірне охолодження організму може привести до простудних захворювання.

У разі підвищення температури повітря людина починає потіти, його втрата тепла збільшується за рахунок випаровування поту. При перегріві організму збільшується приток крові до периферійних кровоносних судин. Унаслідок розширення судин кількість протікаючої по них крові і тепловіддача збільшуються.

Для даного проекту: з категорією виконуваних робіт - середньої тяжкості 2б, в холодний період 15-19 °С, в теплий період 20-22 °С.

Вологість повітря значною мірою впливає на самопочуття людини і його працездатність. При дуже низькій вологості (менше 20%) організм людини розслабляється, результатом чого є зниження працездатності.

Дуже висока вологість (більш 80%) порушується процес терморегуляції. Піт, що виділяється, не випаровується, лише стікає по поверхні тіла. Особливо несприятливе поєднання високої вологості з високою температурою при виконанні людиною важкої роботи.

Тривала дія вологи в поєднанні з низькими температурами може привести до такого захворювання, як туберкульоз легенів. При значному вмісті вологи і високій температурі повітря виникає запаморочення, нудота, теплові удари з втратою свідомості.

Теплове самопочуття людини значною мірою пов'язане з таким метеорологічним параметром, як швидкість руху повітря, оскільки вона

впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем. При високій температурі повітря збільшення його рухливості сприятливо позначається на самопочутті людини, при низькій – викликає неприємні відчуття. Внаслідок цього стандартом встановлена рухливість повітря, різна для літнього і зимового періодів. У теплий період року швидкість руху повітря в робочій зоні складає від 0,2 до 1,0 м/с, в холодний і перехідний періоди – від 0,2 до 0,5 м/с.

Низька швидкість повітря (менше 0.2 м/с) несприятливо впливає на самопочуття людини, в цьому випадку швидко стомлюється і помітно втрачає працездатність.

Задача забезпечення якнайкращих умов праці, сприяючих його високій продуктивності, повинна вирішуватись комплексно.

При багатьох технологічних процесах на будівельних майданчиках в повітряне середовище виділяється пил. Пил – це найдрібніші тверді частинки, здатні якийсь час знаходитися в повітрі в зваженому стані. Пил утворюється при монтажі будівель обробці будівельних конструкцій, обробних роботах, очищенні і забарвленні поверхонь виробів і т.п. Пил характеризується хімічним складом, розмірами і формою частинок, їх густиною, електричними, магнітними і іншими властивостями. Пил є гігієнічною шкідливістю, оскільки вона негативно впливає на організм людини. Під впливом пилу можуть виникнути такі захворювання, як пневмоконіози, екзема і інші захворювання дихальних шляхів. Чим дрібніший пил, тим він шкідливіший для людини. Найбільш небезпечної для людини вважаються частинки розміром від 0.2 до 7 мкм, які, потрапляючи в легені при диханні, затримуються в них і, накопичуючись, можуть стати причиною захворювання. Існує три шляхи проникнення пилу в організм людини: через органи дихання, шлунково-кишковий тракт і шкіру. Крім цього пил погіршує видимість на будівельних об'єктах, знижує світловидатність освітлювальних пристроїв. У результаті цих причин знижується продуктивність і якість праці.



Санітарними нормами (СН 245-71) встановлені гранично допустимі концентрації пилю в повітрі робочої зони.

У виробничих приміщеннях необхідна ретельна і систематичне прибирання приміщень за допомогою вакуумних установок, очищення від пилю вентиляційного повітря при його подачі в приміщення і викиді в атмосферу, застосування як індивідуальні засоби захисту від пилю респіраторів, окулярів і протипильовий спец одягу.

Велика частина нещасних випадків з людьми викликана: обваленням змонтованих конструкцій, падінням робітників з висоти, недосконалістю і помилками при роботах такелажів, недостатньою освітленістю, незадовільною послідовністю виконання робочих операцій і т.д.

Падіння монтажників-верхолазів з висоти відбувається при наведенні, установці і закріпленні елементів збірних конструкцій, остаточному оформленні вузлів і особливо при переміщенні на нове робоче місце. Для виявлення монтажних операцій, що мають найбільшу небезпеку для працюючих, доцільно проводити детальне вивчення вказаних робочих процесів у виробничих умовах монтажного майданчика.

Для зменшення виробничого травматизму необхідно, щоб монтажне оснащення задовольняло вимогам ГОСТ 12.2.012 – 75 і технічним умовам на конкретні монтажні пристосування.

Конструкція монтажних пристосувань повинна забезпечувати: швидке і вільне виконання операцій, пов'язаних з їх установкою або зняттям і вивірянням елементів конструкцій будівлі і споруди, стійкість елементів конструкцій будівель і споруд до їх закріплення відповідно до проекту, ремонтну придатність і взаємозамінність вузлів деталей.

Важлива правильна організація робочих місць, система заходів щодо оснащення робочого місця необхідними технічними засобами: підмостками, люльками, монтажними столиками, також засобами індивідуального і колективного захисту.

### 3.1 Техніка безпеки

До монтажних робіт слід допускати осіб, обізнаних з конструкцію устаткування, прийомом робіт при експлуатації, технічним обслуговуванням і ремонтом устаткування.

Роботи по монтажу вентиляційного устаткування повинні виконуватися із застосуванням вантажопідйомних машин, пристосувань.

Всі вантажопідйомні засоби, інструменти повинні відповідати характеру виконуваних робіт і бути в справному стані.

Монтажні отвори в стінах і перекриттях залишені для вентиляційного устаткування, після їх використання необхідно закрити суцільними настилами або пересувними огорожами. По закінченню монтажних робіт отвори повинні бути закладені.

Зони підйому устаткування повинні бути захищені і мати застережливі знаки. Перебування людей в зоні можливого падіння вантажу, що піднімається, не допускаються.

Монтаж вентиляційного устаткування повинен виробляється на фундаментах або на майданчиках, прийнятих від будівельних організаціях по акту. Установку устаткування на фундаменти, кронштейни, закладені в стіну, можна проводити тільки після затвердіння цементу до проектної міцності.

Підйом і установку вентиляційних камер заводського виготовлення, вентиляторів великих номерів і іншого важкого устаткування потрібно виконувати в присутності і під спостереженням майстра.

Слюсарі-вентиляційники, виконуючі роботи такелажів, повинні бути навчені за спеціальною програмою і мати посвідчення на право виробництво робіт такелажів.

Монтажні роботи, виконувані в безпосередній близькості від механізованих токоведучих дротів, потрібно здійснювати тільки при відключенні напруги.

Слюсарям-монтажникам і електрозварникам не дозволяється включати

і вимикати з мережі будь-яке електроустаткування і апаратуру, виконувати цю роботу повинен черговий електрик.

### 3.2 Розрахунок штучного освітлення.

Хороше освітлення сприяє зменшенню зорового і загального стомлення, підвищенню безпеки, продуктивності і якості праці, надає позитивну психологічну дію на працюючих.

До виробничого освітлення пред'являються наступні вимоги:

1. Освітленість на робочих місцях повинна відповідати зоровим умовам праці.
2. Розподіл яскравості повинен бути достатньо рівномірним.
3. На робочій поверхні повинні бути відсутнім різкі тіні.
4. У полі зору повинна бути відсутнім прямий та зворотній блиск.
5. Не повинно бути різких контрастів в яскравості робочої поверхні і навколишнього фону.
6. Освітленість повинна бути постійною в часі.

Всі ці вимоги відображені в загальних нормах проектування штучного освітлення (СНіП 23.05-95)

Досконалість виробничого освітлення характеризується кількісними показниками :

- світловий потік
- сила світла
- яскравість
- освітленість
- коефіцієнт віддзеркалення

До якісних понять, що відображають зорові умови роботи, відносяться такі поняття, як фон, контраст об'єкту з фоном, видимість, показник засліпленої, коефіцієнт пульсації освітленості.

При проектуванні штучного освітлення нормуються кількісні

показники, також якісні, але по новому будівельному стандарту.

Мета розрахунку: запроектувати загальне рівномірне освітлення механічного цеху. На ділянці проходять роботи по ремонту автомобілів, ящик для пробної монети робітників в межах своїх робочих місць, переміщення вантажів (деталей) в ручну і за допомогою електротельфера.

Розміри цеху  $a = 55\text{м}$ ,  $b = 11,8\text{м}$ ,  $h = 9,7\text{м}$ . Стіни і стеля не обштукатурені і не забарвлені. Вимагається вибрати тип, вигляд, кількість і потрібний світловий потік джерел світла, вибрати світильник і розміщення світильників.

Розрахунок штучного освітлення виконаний по методу коефіцієнта використання світлового потоку. Метод дозволяє забезпечити середню освітленість поверхні з урахуванням всіх падаючих на неї потоків, як прямих, так і відображених.

Розрахунковий світловий потік:

$$F_{л} = \frac{E_{н} * k * S * Z}{\eta}$$

де  $F_{л}$  – розрахунковий світловий потік однієї лампи, лм;

$E_{н}$  – Нормована освітленість, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу, що враховує ступінь заповненої повітря;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу світлового потоку;

$S$  – освітлювана площа приміщення,  $\text{м}^2$ .

Відповідно до СН 81-80 нормована освітленість в приміщенні 200 лк. Як джерело світла вибраний ЛЛ. Для даного випадку по світлорозподіленню і зручності експлуатації підходить світильник ОДО з двома люмінесцентними лампами ЛДЦ.

Коефіцієнт запасу для розрахункових умов рівний 1,5.

Розрахункова висота підвіски світильника:

$$H_p = H - h_p - L_c = 3,5 - 1,16 - 0,21 = 2,13 \text{ м}$$

Коефіцієнт нерівномірності розподілу світлового потоку рівний 1.

Індекс приміщення визначається по формулі:

$$i = \frac{a*b}{H_p*(a+b)}$$

$$i = \frac{55*11,8}{2,13*(55+11,8)} = 9,4$$

По формулі необхідний світловий потік всіх ламп рівний:

$$F_{л} = \frac{200*1,5*649*1}{0,64} = 304218 \text{ лм}$$

Необхідна кількість ламп ЛД-80 з потужністю світлового потоку 3000 лм:

$$n = 304218/3000 = 101 \text{ шт}$$

До установки прийняті 51 світильника ОДО з 2 лампами ЛЦ – 40 в кожному. Світильники встановлені в 3 ряди по 20 шт в кожному. Фактичний світловий потік всіх ламп рівний:  $51*6000 = 306000$  лм, що більше за потрібне.

### 3.3. Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику.

Необхідний ступінь вогнестійкості виробничих будівель визначається СніП 2.08.02 – 85 залежно від площі і числа поверхів. Після визначення необхідного ступеня вогнестійкості будівлі слід встановити тих, що регламентуються СніП 2.01.02 – 89 мінімальні межі вогнестійкості основних

конструкцій будівлі і максимальні межі розповсюдження вогню по цих конструкціях.

Пожежі на будівельних майданчиках найчастіше виникають через недотримання правил пожежної безпеки робітниками і інженерно-технічним персоналом. Найчастіше пожежі виникають через порушення правил зварювальних робіт, куріння в заборонених місцях, короткого замикання в електропроводах.

Здійснення заходів, направлених на забезпечення пожежної безпеки, покладається на керівників підприємства, виконробів, бригадирів і майстрів будівельних майданчиків. Вони несуть відповідальність за організацію пожежної охорони, за виконання у встановлені терміни необхідних протипожежних заходів. Особи, відповідальні за протипожежний стан, зобов'язані забезпечувати своєчасно виконання пропонованих органами Державного пожежного нагляду заходів, стежити за дотримання протипожежного режиму. Виявлені при цьому порушення вимог пожежної безпеки повинні бути негайно усунені.

На будівельному майданчику повинно бути організовано навчання всіх робітників правилам пожежної безпеки і діям на випадок виникнення пожежі. Особи, що не пройшли інструктаж, не слідують допускати до роботи. Заняття за програмою пожежно-технічного мінімуму слід проводити безпосередньо на ділянці.

## ВИСНОВКИ

В роботі було проведено обстеження нежитлового будинку в м. Луцьк.

Для свого функціонування установа споживає: природний газ, електричну енергію та холодну воду. Електрична енергія використовується для освітлення, роботи периферійних пристроїв та наукового обладнання.

В цілому споживання електричної енергії постійне з місяця в місяць. Це свідчить про те, що сезонні коливання, пов'язані з кондиціонуванням та можливим використанням електричних нагрівачів взимку, незначні.

Оскільки витрати електричної енергії в основному пов'язані з функціонуванням технологічних установок, основні енергоефективні заходи будуть направлені на зменшення споживання природного газу, що використовується на опалення

Для зменшення споживання природного газу та електричної енергії було розглянуто енергозберігаючі заходи, всі заходи детально проаналізовані та запропоновані до впровадження.

Окрім заходів, пов'язаних з регулюванням, розглянуто захід по встановленню локальних рекуператорів в більшість приміщень (в ті приміщення, в яких більшість робочого часу знаходяться люди).

Додамо, що важним кроком для здійснення якісного регулювання є налагодження системи опалення.

Остаточне рішення щодо впровадження заходів приймається виключно замовником.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.
2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.
3. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель.
4. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько- побутові потреби в Україні КТМ 204 Україна 244-94.
5. Прокопенко В.В., Закладний О.М. Енергетичний аудит. –Київ: Освіта України, 2008.
6. Краткий физико-технический справочник т.3, под общей редакцией К.П. Яковлева.
7. Москва: Государственное издательство физико-технической литературы, 1962.
8. Е.Я.Соколов Теплофикация и тепловые сети.-Москва. Энергоиздат, 1982
9. Є. М. Крючков. Проектування систем теплопостачання. Навчально- методичний посібник.- Запоріжжя, 2010.
10. П.М.Єнін, Н.А. Швачко. Теплопостачання. – Київ. Кондор, 2007р.
11. Энергетический менеджмент/А.А. Праховник, А.И. Соловей др..- Киев:ИЭЭ НТУУ «КПИ», 2001.
12. Бердышев Н.Ю. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. ЗГИА.-2004.
13. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. Под ред. Н.К.Громова, Е.П.Шубина. – М.:



Энергоатомиздат, 1988.

14. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыжичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения.

15. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 2. Под ред. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2005.- 768с.

16. Чейлитко А.О., Кушнір С.М. Енергозаощадження: визначення коефіцієнту теплопровідності пористих структур. Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Science and Practice: Implementation to Modern Society» (Манчестер, Великобританія, 6-8 грудня, 2019). – Манчестер: Peal Press Ltd – 2019. – С. 31 – 36.

17. Ільїн С. В., Чейлитко А. О., Кушнір С. М., Черненко Т. В. Енергетична ефективність будівель та інженерних систем : монографія. Запоріжжя : Гельветика, 2021. 180 с.

18. Банах А.В. Прикладні моделі формоутворення об'єктів інженерного захисту міських територій: монографія / А.В. Банах, А. О. Чейлитко, С.В. Ільїн, А.В. Черненко. — Запоріжжя: ЗНУ, 2020. — 133 с. ISBN 978-617-95043-1-0

19. Ільїн С. В., Чейлитко А. О., Федченко О. І., Головка С. Ю. Інформаційні технології в промисловості : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 134 с.

20. Pavlenko A., Deshko V. I., Cheilytko A. O., Sukhodub I. Efficiency of using energy in the housing sector : monografie. Kielce : Kielce University of Technology, 2020. 147 p.

21. Cheilytko A.O., Ilin S.V., Yerizanu V.V. Environmental problems of energy and ways to solve them using renewable energy sources. 4 nd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources”. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2021. p.57-60

22. Чейлитко А.О., Калюжна А.В. Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку по вулиці Запорізька 2А м.

Запоріжжя. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток сучасної економіки: нові підходи та актуальні дослідження». (20-21 квітня 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. с.266-268

23. Cheilytko Andrii, Ilin Sergii. Research of cyclone characteristics for dry cleaning of gases from dust. V International Scientific-Technical Conference «Actual problems of renewable energy, construction and environmental engineering». The time and place of the meeting: 3 – 5 June 2021. Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce. University of Technology, Poland p. 147-149

24. Бердишев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2015. – 270 с.

25. Ільїн С. В., Банах В. А., Чейлитко А. О., Лимаренко О. М. Енергоефективні технології будівництва: навч.-метод. посіб. для осіб, які проходять перепідготовку та соціальну адаптацію в рамках реалізації проєкту «Норвегія–Україна», UKR-20/002 (NUPASS). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 106 с.

26. Чейлитко А.О., Єрофєєва А.А., Калюжна А.В. Повітряні рекуператори тепла. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» (27-28 травня 2021 року, м. Запоріжжя). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. с.73-75

27. ДСТУ Б В.2.6–101:2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

28. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення

29. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення

30. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги
31. ДСТУ-Б-А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель
32. ДСТУ 4065-2001. Державний стандарт України. Енергосбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.
33. ДСТУ ISO50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення.
34. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ «Енергоефективність» в складі проектної документації ДБН В.3.2-2-2009 Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт
35. ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення. Зміна №1
36. ДБН В.2.6.-33:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування та експлуатації.
37. ДБН В.2.5-39:2008 Теплові мережі Класифікація будинків за енергетичною ефективністю.
38. КТМ 204 України 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палтва та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд. А також на господарсько-побутові потреби в Україні.
39. ТУ У В.2.7-45.3-34827082-001:2008 «Покриття теплогідроізоляційне пінополіуретанові для дахів»
40. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства — № 6/3(26), 2015, с. 45-48.
41. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту – К.: НТЦЕ «НЕК «Укренерго» - 2015. – 89 с.
42. ДБН Б В.2.6-23-2009. Блоки віконні та дверні. [Чинний від 2009-08-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).

43. ДСТУ Б В.2.7-122:2009. Скло листове. [Чинний від 2009-11-19]. Київ, 2009. (Інформація та документація).
44. ДСТУ Б В.2.7-110. Скло загартоване будівельне. [Чинний від 2000-04-17]. Київ, 2001. (Інформація та документація).
45. ДСТУ Б В.2.7-107. Будівельні матеріали. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
46. EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2012. (Інформація та документація).
47. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://pbe.ua/energo-certifikate-50> (дата звернення 16.04.2020).
48. Про регулювання містобудівельної діяльності: Закон України від 20.11.2012р. №34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення 16.04.2020).
49. Енергетичний сертифікат – що це таке. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/energoberezhzenie/energeticheskij-sertifikat.html> (дата звернення 16.04.2020).
50. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №33. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення 21.04.2020).
51. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://spilka.pro/shho-take-energoaudyt-ta-yak-znajty-sertyfikovanogo-audytora/> (дата звернення 29.04.2020).
52. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
53. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).

54. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування.  
[Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
55. ДБН В.2.2-2005. Житлові будинки. Основні положення.  
[Чинний від 2010-09-28]. Київ, 2010. (Інформація та документація).