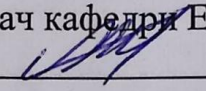
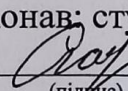


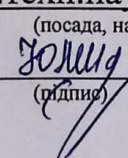
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри ЕСЕУ та ТЕ
 **Личко Б.М.**
“ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

на тему: Модернізація систем життєзабезпечення торговельно-розважального
центру площею 2тис. м² з дослідженням системи протиобмерзання

Виконав: студент групи 6241мх
 **Юдін С.С.**
(підпис)

Керівник роботи
канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)
 **Шапалов Ю.О.**
(підпис)

Миколаїв 2025 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

Галузь знань
Спеціальність
Освітня програма

14 «Електрична інженерія»
144 «Теплоенергетика»
«Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Шоповалов Ю.О.
“ 5 ” 12 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

Студенту Юдіну Сергію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація систем життєзабезпечення торговельно-розважального центру площею 2 тис. м² з дослідженням системи протиобмерзання
(проект, реконструкція, модернізація енергетичної установки, інженерних систем та ін. з розробкою конструктивного елемента об'єкту)

Керівник роботи Шоповалов Юрій Олександрович, канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № _____ від “ _____ ” _____ 2025 року

2. Термін подання роботи _____

3. Вихідні дані по роботі _____

(призначення, умови експлуатації, технічні дані з потреб в енергії чи енергоносіях)

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи. Мета роботи. Об'єкт і предмет дослідження)

1. Загальний розділ (Призначення та структура об'єкта. Вимоги нормативних документів до систем життєзабезпечення).

2. Теоретичний розділ (Розрахунок теплового балансу будівлі ТРЦ)

3. Розрахунковий розділ (Розрахунок системи водяного опалення. Гідравлічний розрахунок газопроводу низького тиску. Гідравлічний розрахунок системи холодного, гарячого водопостачання, самопливної внутрішньої каналізації).

4. Дослідницький розділ. Дослідження системи протиобмерзання (План дослідження та визначення проблеми. Типи дахів будівель та їх елементи, що забезпечують організований водостік з даху. Дослідження механізму утворення криги. Аналіз способів захисту даху від криги)

5. Конструкторський розділ. Розробка системи протиобмерзання (Розробка принципового рішення і вибір комплектуючих елементів системи протиобмерзання. Основні вимоги до монтажу системи протиобмерзання та введення її в експлуатацію)

6. Заключний розділ (Висновки та закінчення по роботі).

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Торговельно-розважальний центр з системою газопостачання
2. Опалення. Плани на від. 0.000 та +3.300
3. Опалення. Плани на від. - 7.200
4. Аксонометрична схема системи опалення
5. Схема газопостачання котельні
6. Теплова схема котельні
7. Дослідження систем протиобмерзання
8. Дослідження
9. Схема системи протиобмерзання

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника та консультантів	I-II	
2.	Вступ	III	
3.	Загальний розділ	IV	
4.	Теоретичний розділ	V- VI	
5.	Розрахунковий розділ	VII-X	
6.	Дослідницький розділ	X-XII	
7.	Конструкторський розділ	XIII-XIV	
8.	Заключний розділ	XV	
9.	Графічна частина	XVI	
10.	Підпис у керівника. Розглядання роботи на кафедрі	XVII	
11.	Захист роботи перед АК	XVIII	

Студент

(підпис)

Юдін С.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шаповалов Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В кваліфікаційній роботі виконана модернізація систем життєзабезпечення торговельно-розважального центру площею 2 тис. м² з дослідженням системи протиобмерзання.

Модернізація систем життєзабезпечення проведена для систем водяного опалення, холодного та гарячого водопостачання, каналізації, системи газопостачання. Проведено розрахунки: теплового балансу, системи водяного опалення, гідравлічні розрахунки систем водопостачання, газопостачання і каналізації.

Розроблений план та проведене дослідження систем протиобмерзання. Система протиобмерзання захищає людей та покрівлі від небезпечних крижаних утворень, як на карнизах (у вигляді бурульок), так і на поверхні дахів (у вигляді снігових утворень). Також крім безпеки, ця система дає можливість практично повністю відмовитися від обов'язкового очищення деяких видів покрівлі від снігу в зимовий період.

Вибрані комплектуючі елементи та розроблена система протиобмерзання.

Ключові слова: система опалення, холодне та гаряче водопостачання, каналізація, система газопостачання, система протиобмерзання.

Abstract

In the qualification work, the modernization of life support systems of a shopping and entertainment center with an area of 2 thousand m² was carried out with a study of the anti-icing system.

The modernization of life support systems was carried out for water heating systems, cold and hot water supply, sewage, and gas supply systems. Calculations were made: heat balance, water heating system, hydraulic calculations of water supply, gas supply, and sewage systems.

A plan was developed and a study of anti-icing systems was carried out. The anti-icing system protects people and roofs from dangerous ice formations, both on the eaves (in the form of icicles) and on the roof surface (in the form of snow formations). Also,

in addition to safety, this system makes it possible to almost completely abandon the mandatory cleaning of some types of roofs from snow in the winter.

Component elements were selected and an anti-icing system was developed.

Keywords: heating system, cold and hot water supply, sewage system, gas supply system, anti-freeze system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	
1.1. Призначення та структура об'єкта	
1.2. Вимоги нормативних документів до систем життєзабезпечення	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1. Розрахунок теплового балансу будівлі ТРЦ.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1. Розрахунок системи водяного опалення.....	
3.2. Гідравлічний розрахунок газопроводу низького тиску.....	
3.3. Гідравлічний розрахунок системи холодного водопостачання.....	
3.4. Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання.....	
3.5. Гідравлічний розрахунок самотливної внутрішньої каналізації.....	
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. Дослідження системи протиобмерзання	
4.1. План дослідження та визначення проблеми.....	
4.2. Типи дахів будівель та їх елементи, що забезпечують організований водостік з даху.....	
4.3. Дослідження механізму утворення криги.....	
4.4. Аналіз способів захисту даху від криги.....	
РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	
5.1. Розробка принципового рішення і вибір комплектуючих елементів системи протиобмерзання	
5.2. Розробка системи протиобмерзання	
5.3. Основні вимоги до монтажу системи протиобмерзання та введення її в експлуатацію	
5.4. Висновки.....	

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ.....
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....
ДОДАТКИ.....

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

В сучасних економічних умовах системи опалення житлових будинків залишаються найбільш енергоємними серед інженерних систем. З огляду на це, проблема раціонального споживання та розподілу теплової енергії є вкрай актуальною.

Незважаючи на значний розвиток централізованого теплопостачання, в Україні продовжують функціонувати та вводяться в експлуатацію тисячі котельнь різного значення та оснащення. Проте, подальша експлуатація застарілих котельнь вимагає значних матеріальних витрат на оновлення обладнання, монтаж та обслуговування. Зростання цін на енергоносії також призводить до постійного збільшення вартості теплопостачання.

У відповідь на ці виклики, розвинені країни активно досліджують та впроваджують інноваційні рішення. Одним із таких напрямків є відмова від великих, віддалених від споживача котельнь на користь встановлення модульних мінікотельнь (зокрема, дахових) безпосередньо на житлових та виробничих об'єктах.

Впровадження інформаційних технологій та засобів автоматики дозволяє автоматично оптимізувати роботу котельні, наприклад, торговельно-розважального центру, залежно від: погодних умов, побажань власника та інших факторів.

Окрім автономного джерела теплопостачання (газової дахової котельні), в рамках комплексного підходу приділяється увага суміжним інженерним системам, зокрема газопостачанню, водозабезпеченню та водовідведенню.

Особлива увага приділяється дослідженню системи протиобмерзання водостоків покрівлі. Ці системи слугують для запобігання утворенню льоду та скупченню снігу в зимовий час на кромці дахів та у ринвах, забезпечуючи надійний захист людей та будівлі від небезпечних бурульок та самих водостічних систем від пошкоджень.

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Повний комплект системи протиобмерзання складається з трьох основних частин:

1. Робоча частина (нагрівальна): Перетворює сніг і лід у воду. Складається з нагрівальних кабелів та елементів кріплення.

2. Керуюча автоматика: Забезпечує управління системою. Включає датчики (температури повітря та опадів), терморегулятори, пускові та захисні пристрої.

3. Розподільна мережа: Забезпечує живлення та зв'язок. Це силова та інформаційна проводка.

Головний робочий елемент системи протиобмерзання – нагрівальний кабель, який прокладається у потенційних місцях утворення льоду. Кабель повинен бути стійким до ультрафіолетового випромінювання. Існує два основних типи:

Тип кабелю	Принцип дії	Особливості
Резистивний	Звичайний нагрівальний елемент із постійним опором (схожий на ТЕН)	Постійне тепловиділення незалежно від умов
Саморегулюючий	На основі напівпровідникової матриці. Активізується, реагуючи на зміну температури.	Змінює тепловиділення (збільшує при низькій температурі та наявності вологи, і навпаки). Енергоефективніший, хоча ціна за 1 м вища.

Саморегулюючий кабель ніколи не перегрівається і не перегорає. При відносно невеликих потужностях його можна застосовувати навіть без термостата. Кабель може бути відрізаний будь-якої необхідної довжини (до 60 м).

Нагрівальний кабель встановлюється по всьому шляху талої води:

- у всіх горизонтальних жолобах і лотках по периметру покрівлі;
- у водостічних трубах, закінчуючись виходами з водостоків;
- при наявності входів у зливу каналізацію – до колекторів нижче глибини промерзання.

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Також можливе укладання на краю даху в проблемних місцях та у жолобах на стиках скатів. У місцях, де жолоб встановити неможливо, під дахом протягують шнур кабелю для запобігання утворенню бурульок. Важливо дотримуватися нормативів встановленої потужності гріючих кабелів для різних частин системи (жолобів, лотків та водостоків).

Встановлення такої системи протиобмерзання забезпечує:

- усунення необхідності обслуговувати покрівлю та водостічні труби взимку (прибирати сніг і лід);
- подовження терміну експлуатації стін та фундаменту;
- скорочення витрат на ремонт;
- безпеку (захист від падіння бурульок).

Мета роботи: розробити проєкт з модернізації систем життєзабезпечення торговельно-розважального центру з дослідженням системи протиобмерзання.

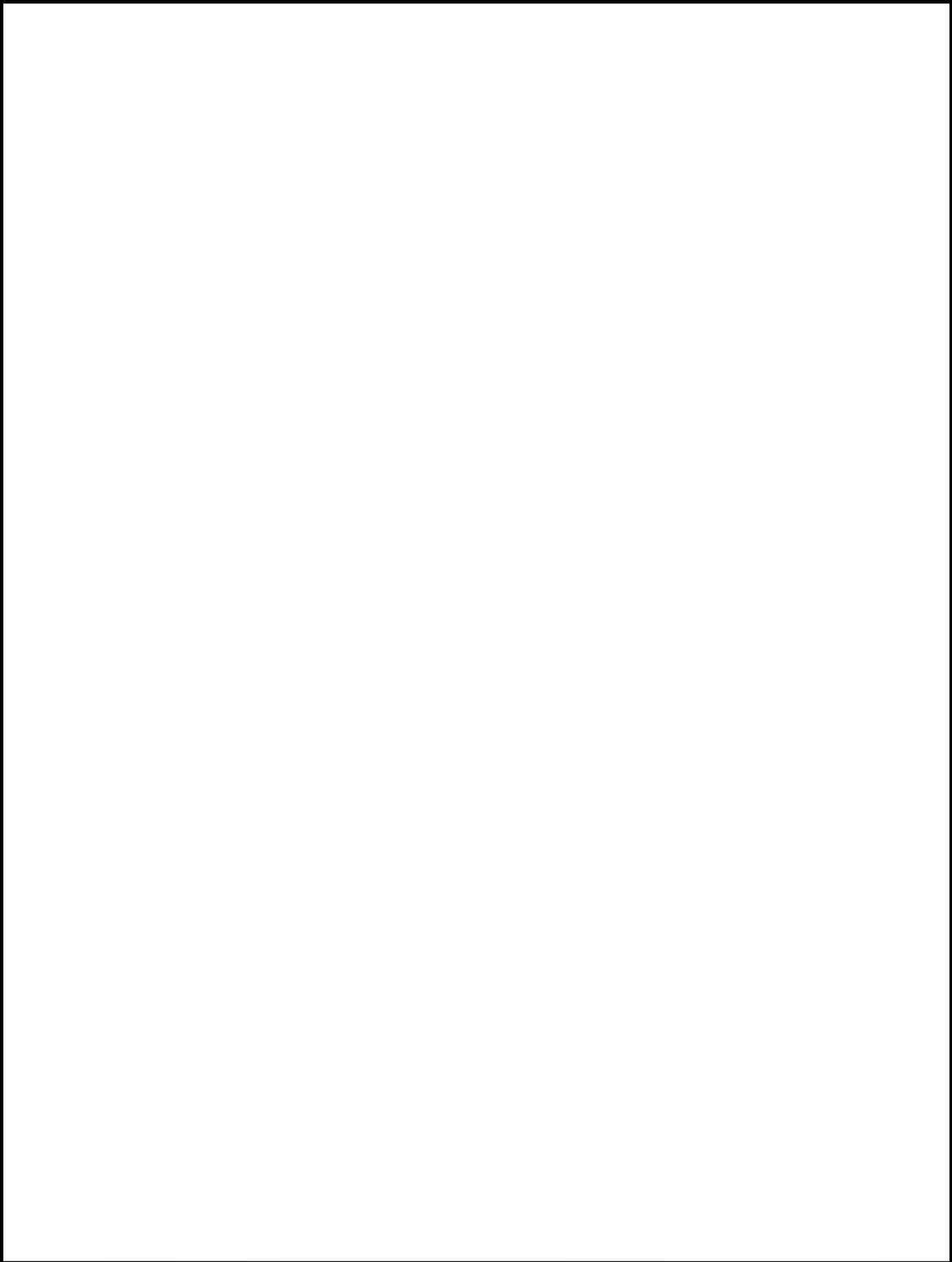
Об'єкт розробки: триповерхова будівля торговельно-розважального центру (ТРЦ) з адміністративним поверхом загальною площею 2 000 м²

Завдання: розробка систем життєзабезпечення ТРЦ: газопостачання дахової котельні, водяного опалення, гарячого та холодного водопостачання, каналізації. Системи повинні бути розроблені таким чином, щоб параметри робочого середовища відповідали санітарним нормам та підтримувались незалежно від часу доби та пори року.

Модернізація передбачає розробку принципових схем, визначення параметрів, розрахунок та підбір оптимальних типорозмірів комплектуючого обладнання усіх необхідних систем, що забезпечують теплопостачання та гаряче водопостачання об'єкту.

Провести дослідження та розробку системи протиобмерзання для даного об'єкту.

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
					Загальний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів	
Студент	Юдін С.С.											
Керівник	Шаповалов ЮО								НУК			
Консульт.												

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення та структура об'єкта

Торговельно-розважальний центр (ТРЦ) з адміністративним поверхом являє собою триповерхову будівлю загальною площею 2 тис. м², розміром в плані 37,2×18×9,85 м, крок колони 6 м, висота до низу балок 6,0 м.

У кваліфікаційній роботі передбачається газопостачання котельні ТРЦ двома настінними водогрійними котлами «Колві» КТ DUO100T номінальною тепловою потужністю по 96 кВт кожен.

Відповідно до експлуатаційних вимог, довговічності й вогнестійкості застосованих конструкцій будівля ТРЦ відноситься до II класу й до II ступеня вогнестійкості.

Фундаменти ТРЦ прийняті монолітними залізобетонними на природній основі.

Торговельно-розважальний центр запроєктований у збірному залізобетонному каркасі із застосуванням колони по серії 1.4233-3 і балок покриття по серії 1.462.1-3.

Зовнішні стіни виконати зі стінових панелей по серії 1.030.1-1, з об'ємною вагою 1000 кг/м³. Окремі ділянки стін виконані із цегли з наступною штукатуркою складним розчином під фактуру панелей.

Побутові й адміністративні приміщення розташовуються на площадках у торцях ТРЦ.

Всі конструкції запроєктовані з урахуванням максимального використання збірних залізобетонних конструкцій і з урахуванням технічних умов на конструкції, виданих замовником.

Шум від устаткування ТРЦ, не перевищує допустимого санітарними нормами, тому спеціальні заходи щодо обмеження шуму не передбачені.

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.2. Вимоги нормативних документів до систем життєзабезпечення

1.2.1 Система газопостачання

Газопостачання котельні передбачено від існуючого підземного газопроводу низького тиску, прокладеного до торговельного центру. Номінальна теплова потужність котельні 196 кВт.

Введення газопроводу від місця врізання до місця виходу із землі прокласти підземним, відкритим способом виробництва робіт.

На виході газопроводу із землі встановити надземний відмикаючий пристрій, ізолююче фланцеве з'єднання і контрольну трубку.

При перетині зовнішньої стінки котельні газопровід прокласти в сталевому футлярі, кінці футляра вивести в обидві сторони від краю стіни будівлі на 30 мм та ущільнити просмоленою паклею. Простір між стіною будівлі і футляром закласти дрібнозернистим бетоном на всю товщину стінки, яку перетинає.

На введенні газопроводу в котельні встановити:

- швидкодіючий електромагнітний клапан-відсікач газу EVG/NC (нормально-закритий клапан; у момент зняття напруги з котушки клапан закривається і перекриває подачу газу);

- лічильник газу мембранного типу G-16.

Котли укомплектовані системою автоматики і захисту, ККД котлів 90%. Вентиляція котельні припливна-витяжна з природним імпульсом і з 3-х кратним повітрообміном. Приплив повітря здійснюється за допомогою припливної жалюзійної решітки, встановленої в зовнішній стіні топкової. Витяг повітря здійснюється дефлектором.

Котельня працює без постійного перебування обслуговуючого персоналу. Сигнал про несправність і загазованість виноситься на пост чергового.

Котельня обладнана сигналізацією і первинними засобами пожежогасіння – вогнегасниками порошковими ОП-9Б (2 шт.)

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Надземні газопроводи прокласти по стінах будівлі з кріпленням по серії 5.905-8, крок опор – 3 м.

Свічки від продувального газопроводу котельні вивести на 1 м вище даху будівлі.

Захист газопроводів (зовнішніх і внутрішніх) від корозії - покриття лакофарбове: ґрунтовка ФЛ-ОЗК (два шари); емаль ХВ-124 (два шари) ДСТУ Б В.2.6-193:2013.

Газопроводи пофарбувати в умовний колір (жовтий). Для захисту від ґрунтової корозії підземний газопровід покрити бітумною ізоляцією за ДСТУ Б В.2.5-29:2006. Товщина ізоляції 9 мм. У місці виходу газопроводу із землі ізоляцію вивести вище за рівень землі не менш, ніж на 0,5 м.

Всі введення і випуски інженерних комунікацій в будівлі повинні бути герметизовані відповідно до комплексу 7373-3

При виробництві монтажних робіт керуватися Правилами безпеки систем газопостачання України, ДСТУ Б А.2.4-26:2008 СПДБ Газопостачання. Зовнішні газопроводи з дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

Газопровід вмонтовувати з труб сталевих електрозварних по ДСТУ 8943:2019, які виготовляються по групі В зі сталі, що добре зварюється, марки ВстЗсп не нижче за 2-ої категорії. Труби повинні бути випробувані на заводі-виробнику гідравлічним тиском або мати запис в сертифікаті про гарантію того, що труби витримують гідравлічний тиск, величина якого відповідає вимогам стандартів або ТУ на труби.

Збірку труб провести газозварюванням по ДСТУ EN 1708-1:2015 зварювальною електродами СВ-08, СВ-08А, СВ-08ГА електродами Е42А-Б, Е-46А-Б по ДСТУ EN ISO 18275:2019. Зварний стик повинен розташовуватися не ближче 0,2 м від кріплення газопроводу і 0,05 м від футляра. Типи, конструктивні елементи і розміри зварювальних з'єднань газопроводів повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-20-2001.

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

На труби, арматуру, зварювальні матеріали повинні бути сертифікати заводів-виробників. Арматуру для трубопроводів природного газу перед монтажем піддати додатковим роботам по притиранню і випробуванню затворів на герметичність 1 класу відповідно до ДСТУ 5762:2004.

Після закінчення монтажних робіт газопровід продути і випробувати на міцність герметичність відповідно до ДБН В.2.5-20-2001 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди.

Виготовлення, монтаж, випробування і приймання в експлуатацію проєктуємих газопроводів виконати відповідно до ДБН В.2.5-20-2001, НПАОП 0.00-1.76-15.

1.2.2. Система опалення

Розрахункова температура зовнішнього повітря для проєктування опалення - 20°C, середня температура опалювального періоду +0,4°C. Тривалість опалювального періоду складає 165 діб, кількість градусо-діб 2904.

Теплопостачання торговельно-розважального центра передбачено від проєктуємої вбудованої котельні тепловою потужністю 196 кВт.

Теплоносій – вода з параметрами 80 - 60°C.

Опалення ТРЦ передбачається окремими гілками для торговельних залів і адміністративних приміщень. Система опалення з вертикальною розводкою, двотрубними горизонтальними гілками.

Питомий тепловий потік системи опалення адміністративних приміщень – 66Вт/м². Питомий тепловий потік системи опалення торговельних приміщень – 37Вт/м².

Опалювальні прилади – радіатори панельні PURMO. У радіаторів PURMO вмонтовані корпуси термостатичних клапанів і крани для випуску повітря.

Систему опалення вмонтовувати з поліетиленових армованих тришарових труб STABI PN20 системи ЕКОПЛАСТИК.

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Трубопроводи системи опалення прокласти під підлогою і закрити плінтусами. Трубопроводи в місцях перетинів із стінками, перегородками і перекриттями укласти у футляри і ущільнити негорючим матеріалом. У місцях проходу трубопроводи системи опалення прокладати в конструкції підлоги в ізоляції. Опалювальні прилади в приміщеннях категорії В розмістити на відстані 100 мм від поверхні стін.

Регулювання подачі теплоносія в систему опалення залежно від температури зовнішнього повітря і зниження температури в неробочий час передбачається електронним регулятором температури ECL Comfort 100M, встановленим в топковій.

Трубопроводи системи теплопостачання повітрянагрівачів припливних установок вмонтовувати із сталевих водогазопровідних труб по ДСТУ 8936:2019 і ізолювати поліетиленовою ізоляцією Thermaflex FRZ-A $\delta=13\text{мм}$. У повітрянагрівачів встановлені клапани сідельні регулюючі, такі, що дозволяють регулювати подачу теплоносія залежно від параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря.

Монтаж системи опалення і теплопостачання вести відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013.

1.2.3. Системи вентиляції

Вентиляція приміщень ТРЦ припливна-витяжна з штучним і природним спонуканням. Вентиляція розрахована відповідно до вимог ДБН В.2.2-23-2009.

Приплив повітря в торговельні зали передбачений установками припливними підвісними, закріпленими у стелі приміщень. У зимовий час припливне повітря підігрівається у водяних повітрянагрівачах. В приміщеннях третього поверху та в торговельних залах першого і другого поверхів передбачено кондиціонування повітря.

Повітроводи систем вентиляції передбачені із сталі тонколистової оцинкованої по ДСТУ 8971:2019. Повітроводи прийняті класу Н (нормальні).

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Транзитні повітроводи, що прокладаються через другий і третій поверхи, необхідно обшити гіпсокартоном.

Монтаж систем вентиляції вести відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013.

1.2.4. Теплопостачання

Теплопостачання ТРЦ передбачене від проєктованої котельні теплової потужністю 196 кВт, розташованої на мансардному поверсі будівлі. Теплоносій – вода з параметрами 80 – 60°C. В котельні встановлено два опалювальні настінні котли КОЛВІТЕРМ, тепловою потужністю по 96 кВт кожен. Гаряче водопостачання ТРЦ передбачено від ємкісного водонагрівача непрямого нагріву об'ємом 100 л, розташованого в проєктованій котельні.

В котельні встановлені: два опалювальні водогрійні настінні котли, які працюють на газоподібному паливі; циркуляційні насоси системи опалення і теплопостачання; ємкісний водонагрівач непрямого нагріву $V = 100$ л, розширювальний бак мембранного типу $V = 100$ л. Циркуляція води в мережі насосна. Підживлення системи автоматичне по тиску в зворотному трубопроводі.

Для автоматичного регулювання подачі тепла на опалення будівлі по опалювальному графіку з корекцією по температурі повітря в опалювальних приміщеннях і можливістю програмного пониження температури в неробочий час передбачений електронний регулятор температури ECL 100M Danfoss.

Вентиляція котельні припливна-витяжна з природним спонуканням з триразовим повітрообміном. Відведення продуктів згоряння через дві димовідводящі труби діаметром 80 мм від кожного котла.

Трубопроводи відносяться до 4 категорії. Трубопроводи топковою прийняті сталеві водогазопровідні по ДСТУ 8936:2019 і сталеві по ДСТУ 8943:2019.

Трубопроводи котельні з температурою зовнішньої стінки вище 45 °C ізолювати півциліндрами мінераловатними на синтетичному пов'язуючому по ДСТУ Б В.2.7-317:2016 з покривним шаром з оцинкованої сталі $\delta = 0,5$ мм.

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

До проведення робіт ізольовані трубопроводи покрити фарбою БТ-177 в два шаруючи по ґрунту ГФ-021 ДСТУ Б В.2.6-193:2013.

Трубопроводи в місцях перетину перекриттів, внутрішніх стін і перегородок слід прокладати в гільзах з негорючих матеріалів. Краї гільз повинні бути в одному рівні з поверхнями стін, перегородок і стель, але на 30мм вище за поверхню чистої підлоги.

Виконання монтажних робіт вести у відповідності ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем, ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

1.2.5. Водопостачання та водовідведення

Водопостачання передбачене від існуючих зовнішніх мереж водопроводу. Врізання здійснюється в існуючому колодязі. Мережі зовнішнього водопроводу передбачаються з поліетиленових труб.

На введенні водопроводу в будівлю встановлюється водомірний вузол з лічильником діаметром 15мм. На обвідній лінії водомірного вузла встановлюється засувка з електроприводом для можливості пропуску води на внутрішнє пожежогасіння. Гаряче водопостачання передбачене від водяного водонагрівача, який встановлюється в котельні. Витрата води на внутрішнє пожежогасіння – 2,5 л/с.

Монтаж внутрішніх мереж водопроводу вести відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013.

Відвід стоків від санітарно-технічних приладів передбачений в існуючу зовнішню каналізаційну мережу з врізанням в існуючий каналізаційний колодязь.

Мережі внутрішньої каналізації передбачені з труб чавунних каналізаційних по ДСТУ Б.В.2.5-25:2005.

Монтаж внутрішніх мереж каналізації вести відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013.

					ВКР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Теоретичний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Юдін С.С.										
Керівник	Шаповалов ЮО										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розрахунок теплового балансу будівлі ТРЦ

Для визначення необхідної потужності системи опалення проводиться розрахунок теплового балансу торговельно-розважального центру:

$$Q_{\text{co}} - Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{пост}} \text{ Вт,}$$

де Q_{co} – необхідна потужність системи опалення для обігріву приміщень, кВт;

$Q_{\text{огр}}$ – витрати теплоти через огорожувальні конструкції (стіни, стеля, підлога), Вт;

$Q_{\text{инф}}$ – витрати теплоти на нагрівання поступаючого у приміщення повітря через нещільності віконних прорізів, двері і т. п., а також повітря спрямованого системою вентиляції без попереднього прогріву Вт. Як показує практика, $Q_{\text{инф}}$ емпірично приймається в межах 3... 5 % від $Q_{\text{огр}}$.

$Q_{\text{пост}}$ – надходження теплоти в приміщення від людей та механізмів, Вт.

Основні тепловитрати приміщень складаються з витрат теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, визначаються за формулою:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{\Sigma F_i}{R_0} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) n; \text{ Вт,}$$

де ΣF_i – сума площ огорожувальних конструкцій приміщення (стіни, стеля, підлога, двері, вікна), м²;

R_0 – опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, характеризує здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що минає через неї.

Визначається за формулою:

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_{\text{с}_I} + R_{\text{с}_{II}} + \dots + R_{\text{н}};$$

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $R_b = 1/\alpha_b$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт,

де α_b – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_b = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$R_h = 1/\alpha_h$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні, ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт,

де α_h – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_h = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$R_{c_I} = \delta / \lambda$ – термічний опір плоскої стінки залізобетону,

δ – товщина стінки, $\delta = 0,3 \text{ м}$,

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу для залізобетону $\lambda = 1,45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$,

$R_{c_{II}} = \delta / \lambda$ – термічний опір плоскої стінки облицьовувальної штукатурки,

δ – товщина облицьовувальної штукатурки, $\delta = 0,02 \text{ м}$,

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу для штукатурки із вапняно-піщаного розчину $\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

t_b – температура повітря всередині приміщення, прийнята рівною $18 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_h – температура зовнішнього повітря для холодного періоду року. Визначається по ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, $t_h = -20 \text{ }^\circ\text{C}$;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції стосовно зовнішнього повітря і для зовнішніх стін та покриття складає $n=1$.

$$R_0 = \frac{1}{0,4} + \frac{0,3}{1,45} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{0,115} = 0,39$$

$$Q_{\text{огр}} = \frac{1465,68}{0,39} (18 + 20) \cdot 1 = 125192 \text{ Вт}$$

де 1465,68 – сума площ чотирьох бічних стін відповідно, м^2 .

Визначимо опір теплопередачі стелі (покриття):

$$R_0 = R_b + R_{c_I} + R_{c_{II}} + \dots + R_h;$$

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $R_b = 1/\alpha_b$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні стелі ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт,

α_b – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

$\alpha_b = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$R_h = 1/\alpha_h$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні стелі ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт,

де α_h – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_h = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$R_{c_I} = \delta/\lambda$ – термічний опір плоскої стінки,

δ – товщина стінки, $\delta = 0,3 \text{ м}$,

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу для залізобетону $\lambda = 1,45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$R_{c_{II}} = \delta/\lambda$ – термічний опір плоскої стінки плити мінераловатної прошивної

МРТУ 7-19-68,

δ – товщина плити мінераловатної, $\delta = 0,15 \text{ м}$,

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу для плити мінераловатної прошивної
 $\lambda = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$,

t_b – температура повітря всередині приміщення, прийнята рівною $18 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_h – температура зовнішнього повітря для холодного періоду року. Визначається по ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, $t_h = -20 \text{ }^\circ\text{C}$;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції стосовно зовнішнього повітря і для зовнішніх стін та покриття складає $n=1$.

$$R_0 = \frac{1}{0,4} + \frac{0,3}{1,45} + \frac{0,15}{0,038} + \frac{1}{0,115} = 4,31$$

$$Q_{\text{огр}} = \frac{669,6}{4,31} (18 + 20) \cdot 1 = 5899 \text{ Вт}$$

де 669,6 – загальна площа стелі, м^2 .

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо опір теплопередачі підлоги.

Підлога розміщена безпосередньо на ґрунті. Неутепленими вважаються конструкції, які незалежно від товщини складаються з шарів матеріалів, що мають коефіцієнт теплопровідності $\lambda \geq 1,16 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$

Термічний опір утеплених підлог $R_{y.п.}$, розташованих безпосередньо на ґрунті, обчислюється для кожної зони за формулою:

$$R_{y.п.} = R_{н.п.} + \frac{\delta_{y.ш.}}{\lambda_{y.ш.}}$$

де $\delta_{y.ш.}$ – товщина утеплюючого шару, $\delta_{y.ш.} = 0,2 \text{ м}$;

$\lambda_{y.ш.}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу для керамзитобетону ДСТУ Б В.2.6-64:2008 $\lambda_{y.ш.} = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Значення термічних опорів наступні:

для I зони – $R_{н.п.} = 2,5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$;

для II зони – $R_{н.п.} = 5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$;

для III зони – $R_{н.п.} = 10 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$;

для залишеної площі підлоги – $R_{н.п.} = 16,5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$.

$$\begin{aligned} Q_{\text{огр}} &= \frac{F_I}{R_{y.п.I}} + \frac{F'_I}{R_{y.п.I}} + \frac{F_{II}}{R_{y.п.II}} + \frac{F'_{II}}{R_{y.п.II}} + \frac{F_{III}}{R_{y.п.III}} + \frac{F'_{III}}{R_{y.п.III}} + \frac{F_{IV}}{R_{y.п.IV}} (t_b - t_n) n = \\ &= \frac{74,4}{(2,5 + 0,45)} + \frac{36}{(2,5 + 0,45)} + \frac{70,4}{(5 + 0,45)} + \frac{28}{(5 + 0,45)} + \frac{66,4}{(10 + 0,45)} + \\ &+ \frac{24}{(10 + 0,45)} + \frac{374,4}{(16,5 + 0,45)} \cdot (18 + 20) \cdot 0,6 = 1965 \text{ Вт} \end{aligned}$$

де $F_I, F'_I, F_{II}, \dots, F_{IV}$ площі відповідних зон підлоги, м^2 , визначаються конструктивно.

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні підлоги огорожувальної конструкції стосовно зовнішнього середовища складає $n = 0,6$.

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо опір теплопередачі світлових отворів:

Вікна – подвійне застклення в дерев'яних спарених рамах –
 $R_0 = 0,34 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;

$$Q_{\text{огр}} = \frac{619}{0,34} (18 + 20) \cdot 1 = 69182 \text{ Вт},$$

де 619 – загальна площа вікон, м².

Двері – суцільні, дерев'яні, одинарні – $R_0 = 0,23 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

$$Q_{\text{огр}} = \frac{5}{0,23} (18 + 20) \cdot 1 = 826 \text{ Вт},$$

де 5 – загальна площа дверей, м².

Тоді загальні тепловтрати споруди становлять:

$$Q_{\text{огр}} = 159073 \text{ Вт}$$

$Q_{\text{инф}}$ – приймається в розмірі 3...5% від $Q_{\text{огр}}$ і складає 6363 Вт.

Надходження теплоти в приміщення визначається за формулою:

$$Q_{\text{пос}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел}}, \text{ Вт},$$

де

$$\begin{aligned} Q_{\text{л}} &= \beta_u \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3\sqrt{v_{\text{в}}}) \cdot (35 - t_{\text{в}}) = \\ &= 1,07 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3\sqrt{0,15}) \cdot (35 - 20) = 67,5 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

де β_u – коефіцієнт, що враховує інтенсивність роботи, що виконує людина,

$$\beta_u = 1,07;$$

$\beta_{\text{од}}$ – коефіцієнт, що враховує теплозахисні властивості одягу: $\beta_{\text{од}} = 0,66$;

$v_{\text{в}}$ – рухомість повітря в приміщенні, $v_{\text{в}} = 0,15 \text{ м/с}$;

$t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря, $t_{\text{в}} = 20 \text{ }^\circ\text{С}$.

$$Q'_{\text{люд}} = Q_{\text{люд}} \cdot n = 67,5 \cdot 300 = 20250 \text{ Вт}$$

де n – кількість людей, що знаходяться у ТРЦ, $n = 300$.

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплопритоки від штучного освітлення та електричного обладнання

$$Q_{\text{ел}} = k \cdot N_{\text{ел}} = 0,5 \cdot 6300 = 3150 \text{ Вт},$$

де k – коефіцієнт, що враховує фактичну затрачену потужність, роботи електрообладнання, $k = 0,5$;

$N_{\text{ел}}$ – потужність освітлювальних приладів, Вт, $N_{\text{ел}} = 6300 \text{ Вт}$.

$$Q_{\text{пос}} = 20250 + 3150 = 23400 \text{ Вт}.$$

Таким чином, за результатами розрахунків необхідна потужність системи опалення для обігріву приміщень торговельно-розважального центру складає:

$$Q_{\text{co}} = 159073 + 6363 - 23400 = 142036 \text{ Вт}.$$

					ВКР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розрахунковий розділ	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Юдін С.С.							
Керівник	Шаповалов ЮО					НУК		
Консульт.								

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок системи водяного опалення

Визначення розрахункової щільності теплового потоку

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{i+n} \cdot \left(\frac{G_{\text{пр}}}{0,1} \right)^p C_{\text{пр}} = 760 \cdot \left(\frac{64,5}{70} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{0,015}{0,1} \right)^{0,02} \cdot 1,04 = 742,5 \text{ Вт/м}^2$$

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна щільність теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, $q_{\text{ном}} = 760 \text{ Вт/м}^2$;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – температурний напір, який дорівнює різниці півсум температур теплоносія на вході та виході опалювального приладу і температури у приміщенні:

$$\Delta t_{\text{ср}} = [0,5 \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) - t_{\text{н}}] = [0,5 \cdot (95 - 70) - 18] = 64,5^\circ\text{C};$$

$G_{\text{пр}}$ – дійсна витрата води в опалювальному приладі, за технічними характеристиками приладу, складає $G_{\text{пр}} = 0,015 \text{ кг/с}$;

n, p – експериментальні значення показників ступеню, відповідно 0,3 та 0,02;

$C_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує схему приєднання опалювального приладу до трубопроводу, $C_{\text{пр}} = 1,04$.

Тепловий потік приладу $Q_{\text{приб}}$, пропорційний площі його нагрівальної поверхні, визначається з формули:

$$Q_{\text{приб}} = q_{\text{пр}} \cdot F_p, \text{ Вт}$$

Звідси розрахункова площа F_p опалювального приладу:

$$F_p = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = \frac{110714}{742,5} \cdot 1,01 \cdot 1,02 = 153,6 \text{ м}^2$$

де β_1, β_2 – коефіцієнти, що враховують додаткові фактори, що впливають на тепловіддачу, відповідно 1,01 і 1,02.

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$Q_{\text{пр}}$ – тепловіддача опалювального приладу в приміщенні, визначається за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{со}} - 0,9Q_{\text{тр}} = 142034 - 0,9 \cdot 34800 = 110714 \text{ Вт}$$

де $Q_{\text{со}}$ – необхідна потужність системи опалення;

$Q_{\text{тр}}$ – сумарна тепловіддача відкрито прокладених у межах приміщення стояків, підводок, до яких безпосередньо приєднаний опалювальний прилад (коефіцієнт 0,9 враховує частку теплового потоку від теплопроводів, корисну для підтримання температури повітря у приміщенні).

На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять:

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}} = 135 \cdot 16 + 160 \cdot 204 = 34800 \text{ Вт}$$

При цьому використовують таблиці довідників, де наведені значення $q_{\text{в}}$, $q_{\text{г}}$ – тепловіддачі 1м вертикально і горизонтально розташованих труб, Вт/м², виходячи з їх діаметра та різниці температур ($t_{\text{г}} - t_{\text{с}}$);

$l_{\text{в}}$, $l_{\text{г}}$ – довжина вертикальних і горизонтальних теплопроводів у межах приміщення, м.

В якості опалювальних приладів в приміщеннях торговельно-розважального центру установлюємо радіатори PURMO фірми Retting Heating.

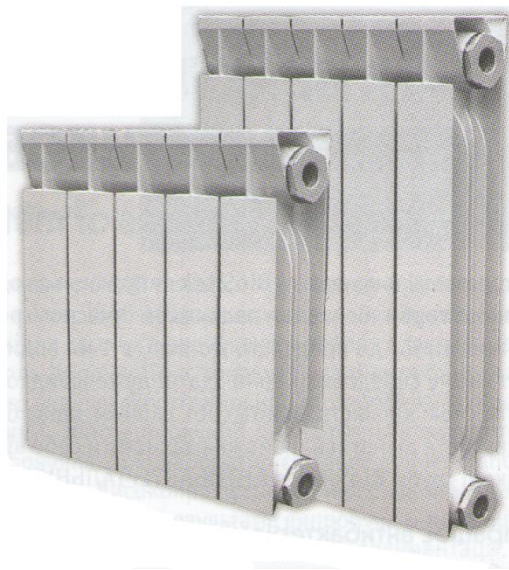


Рис.3.1 Радіатори PURMO фірми Retting Heating

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункова кількість секцій радіатора визначається за формулою:

$$N_p = \frac{F_p \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3} = \frac{153,6 \cdot 1,12}{0,5 \cdot 1} = 344$$

де f_1 – площа поверхні нагрівання однієї секції для радіатора PURMO фірми Retting Heating, $f_1 = 0,5 \text{ м}^2$;

β_3 – коефіцієнт, що враховує кількість секцій в одному радіаторі, від 3 до 15 приймається $\beta_3 = 1$;

β_4 – коефіцієнт, що враховує спосіб установки радіатора в приміщенні, приймається 1,12.

Переваги радіаторів PURMO фірми Retting Heating:

- біметалеві, виконані за передовими світовими технологіями;
- сталеві регістерні, спеціально для великих будівельних проєктів.
- придатні для встановлення в будь-яких будинках: житлових, громадських, виробничих, у тому числі висотних;
- витримують робочий тиск до 18 атм, а також динамічні стрибки тиску до 25 атм;
- не поступаються конкурентним зразкам, а за міцністю і теплотехнічними показниками перевершують більшість з них;
- не потребують спеціальної підготовки води;
- характеризуються незначним гідравлічним опором. Термін експлуатації радіаторів складає не менше 40 років, гарантія – 5 років.

Оригінальність конструкції біметалевого радіатора полягає в тому, що він складається з міцного і стійкого до електрохімічної корозії сталевого трубопровідного каркасу, оребреного зовні високоякісним алюмінієвим сплавом методом лиття під високим тиском. При цьому утворюється монолітне з'єднання, що виключає можливість контакту алюмінію з водою, а отже й корозії. Фірма Retting Heating гарантує стійкість конструкції до різких наднормативних стрибків тиску в

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

системі протягом всього терміну експлуатації радіаторів, чого не витримує жоден алюмінієвий або чавунний виріб.

Радіатори PURMO від фірми Retting Heating адаптовані до будь-яких систем опалення житлових і виробничих приміщень з робочим тиском у системі до 18атм. Ці радіатори не потребують спеціальної підготовки теплоносія (очищення води, коригування значення рН тощо), на відміну від аналогів.

Радіатори PURMO можна монтувати як в одно-, так і двотрубних системах центрального опалення. Тип радіаторів характеризується універсальністю приєднання до системи. Без спеціальних комплектів для приєднання можна виконувати як нижнє, так і бокове підключення радіатора у багатьох варіантах: верх-низ із правого боку, верх-низ із лівого боку, правий верх – лівий низ, лівий верх – правий низ, низ-низ із обох боків. Ці радіатори стандартно обладнуються термостатичними регуляторами фірм Heimeier або Oventrop з регульованою попередньою установкою.

З метою найбільш рівномірного обігріву приміщень торговельно-розважального центру приймаємо загальну кількість радіаторів 69 шт. для кожного поверху по 23 шт., кількість секцій у кожному радіаторі 5 шт.

3.2. Гідравлічний розрахунок газопроводу низького тиску

Гідравлічний розрахунок газопроводу виконано виходячи з умови максимального використання розрахункового перепаду тиску. Тиск газу приймаємо за умови забезпечення стійкої роботи системи автоматики і газових приладів.

Послідовність розрахунку мережі низького тиску:

1. Визначаємо загальну витрату газу водогрійними котлами «Колві» КТ DUO100T:

$$Q = q_e \cdot n = 10,8 \cdot 2 = 21,6 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $q_e = 10,8 \text{ м}^3/\text{год}$ – витрата газу одним агрегатом;

$n = 2$ – кількість агрегатів.

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2. Визначаємо діаметр газопроводу на розрахунковій ділянці:

$$d = 0,036238 \sqrt{\frac{Q \cdot (273 + t^0)}{P_m \cdot V}}, \text{ см,}$$

де $t = 20^\circ\text{C}$ – температура газу;

$P_m = P_{\text{атм}} + P_{\Gamma} = 0,101325 + 0,005 = 0,106325 \text{ МПа}$ – тиск газу (абсолютний) на розрахунковій ділянці газопроводу низького тиску;

$V = 7 \text{ м/с}$ – швидкість газу для газопроводу низького тиску.

$$d = 0,036238 \sqrt{\frac{21,6 \cdot (273 + 20)}{0,106325 \cdot 7}} = 3,34 \text{ см}$$

Приймаємо $d_y = 40 \text{ мм}$, $D_{\text{н}} = 48 \times 3,5 \text{ мм}$.

3. Визначаємо число Рейнольдса:

$$\text{Re} = 0,0354 \frac{Q}{d \cdot \nu},$$

де $d = 4 \text{ см}$ – діаметр газопроводу на розрахунковій ділянці;

$\nu = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості газу.

$$\text{Re} = 0,0354 \frac{21,6}{4 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6}} = 13367,83.$$

Так як $\text{Re} > 4000$, то режим руху газу в газопроводі розрахункової ділянки – турбулентний.

4. В залежності від Re падіння тиску в газопроводах визначається:

$$H = 69(n/d + 1922 \cdot (\nu \cdot d/Q))^{0,25} \cdot Q^2/d^5 \cdot \rho \cdot l =$$

$$= 69(0,01/0,4 + 1922 \cdot (14,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4/21,6))^{0,25} \cdot 21,6^2/0,4^5 \cdot 0,73 \cdot 61,6 = 160,5 \text{ Па,}$$

де l – розрахункова довжина газопроводу, що визначається за формулою:

$$l = l_1 + l_d \cdot \sum \xi = 61,6 \text{ м}$$

де $l_1 = 22 \text{ м}$ – фактична довжина газопроводу;

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

l_d – еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, втрати тиску на якій дорівнюють втратам тиску в місцевому опорі зі значенням коефіцієнту 1.

$$l_d = d/11 \cdot (n/d + 1922 \cdot (v \cdot d/Q))^{0.25} =$$

$$= 0,4/11(0,01/0,4 + 1922 \cdot (14,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4/21,6))^{0.25} = 0,027 \text{ м.}$$

де $n = 0,01$ – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні стінки сталевих труб;

$\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ – густина газу.

Таблиця 3.1

Гідравлічні опори

Тип гідравлічного опору	Кількість	Значення ξ	$\sum \xi$
$\perp$ кут	8	0,15	1,2
$\perp$ трійник	1	0,15	0,15
Прохідний кран	4	3,5	14,0
Лічильник	1	2,5	2,5
фільтр	1	0,6	0,6
$\sum \xi$			18,45

Витрати становлять $160,5 < 300 \text{ Па}$ – розрахунок виконано вірно, отже для розрахункової ділянки газопроводу низького тиску приймаємо сталеву водогазопровідну трубу марки В: труба 48х3,5 ДСТУ 8943:2019.

3.3. Гідравлічний розрахунок системи холодного водопостачання

Ділянка 1 – 2

1. Максимальна секундна витрата холодної води на розрахунковій ділянці мережі g^c л/с:

$$g^c = 5g_0^c \cdot \alpha^c,$$

де g_0^c – секундна витрата холодної води, приймається $g_0^c = 0,2 \text{ л/с}$;

α^c – коефіцієнт від загального числа приладів N на розрахунковій ділянці, він знаходиться відповідно [7], мережі та ймовірності їх дії.

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p^c

$$p^c = \frac{g_{hr,u}^c \cdot U}{g_0^c \cdot N \cdot 3600},$$

де $g_{hr,u}^c$ норма витрати холодної води, л споживачем в час найбільшого споживання, яка приймається відповідно додатку 3 [7], $g_{hr,u}^c = 270$ л/с;

$U=2$ – кількість споживачів води, чел.;

$N=2$ – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці, шт.;

$$p^c = \frac{270 \cdot 2}{0,2 \cdot 2 \cdot 3600} = 0,375$$

Коефіцієнт α^c [7], $\alpha^c = 0,4$

$$g^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g^c по [7] вибираємо діаметр водопроводу d , мм, керуючись тим щоб швидкість руху води була економічно доцільною, яку прийнято вважати 0,9...1,2 л/с. Максимальна швидкість руху води в магістралях на стояках внутрішнього водопроводу не повинна перевищувати 3 л/с.

Для того, щоб зменшити сумарні витрати напору $H_{l,tot}$ на ділянці 1 – 2 приймаємо: $v = 0,65$ л/с; $d = 32$ мм.

Після вибору v та d знаходимо витрату напору на 1 м труби 1000*i*, мм:

$$1000i = 32,2 \text{ мм}$$

3. Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l = 0,0322 \cdot 25,5 = 0,82 \text{ м,}$$

де $i = 0,0322$ – витрата напору на 1 м труби, м;

$l = 25,5$ - довжина ділянки 1 – 2, м.

4. Сумарні витрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 1–2, м:

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$H_{l, tot} = H_l(1 + K_l),$$

де $K_l = 0,3$ - коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 1–2;

$$H_{l, tot} = 0,0322 \cdot (1 + 0,3) = 1,07 \text{ м}$$

5. Сумарні витрати тиску на ділянці 1 – 2, кПа:

$$H_{l, tot} = 1,07 \cdot 9,81 = 10,482 \text{ кПа}$$

1 м вод. ст. = 9,81 кПа.

Ділянка 3–4

1. Максимальна секундна витрата холодної води на розрахунковій ділянці мережі, g^c , л/с:

$$g^c = 5g_0^c \cdot \alpha^c,$$

$$g_0^c = 0,2$$

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p^c :

$$p^c = \frac{g_{hr, u}^c \cdot U}{g_0^c \cdot N \cdot 3600}$$

$$p^c = \frac{270 \cdot 5}{0,2 \cdot 5 \cdot 3600} = 0,375$$

Коефіцієнт $\alpha^c = 0,58$ (додаток 4 [7]):

$$g^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,58 = 0,58 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g^c по додатку 2 [7] вибираємо діаметр водопроводу d , мм, керуючись тим щоб швидкість руху води була економічно доцільною, яку прийнято вважати 0,9...1,2 л/с. Максимальна швидкість руху води в магістралях на стояках внутрішнього водопроводу не повинна перевищувати 3 л/с.

Для того, щоб зменшити сумарні витрати напору $H_{l, tot}$ на ділянці 3–4 приймаємо: $v = 1,155 \text{ л/с}$; $d = 25 \text{ мм}$.

Після вибору v та d знаходимо витрату напору на 1 м труби 1000і, мм:

$$1000i = 136,9 \text{ мм}.$$

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3. Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l,$$

де i – витрата напору на 1 м труби, м; $i = 0,1369$;

l – довжина ділянки 3–4, $l = 5,3$ м.

$$H_l = 0,1369 \cdot 5,3 = 0,726 \text{ м.}$$

4. Сумарні витрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 3 – 4, м:

$$H_{l, \text{tot}} = H_l (1 + K_l),$$

де K_l коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 3–4, $K_l = 0,3$

$$H_{l, \text{tot}} = 0,726 \cdot (1 + 0,3) = 0,94 \text{ м.}$$

5. Сумарні витрати тиску на ділянці 1 – 2 кПа:

$$H_{l \text{ tot}} = 0,94 \cdot 9,81 = 9,25 \text{ кПа.}$$

Ділянка 5 – 6

1. Максимальна секундна витрата холодної води на розрахунковій ділянці мережі g^c л/с:

$$g^c = 5g_0^c \cdot \alpha^c,$$

$$g_0^c = 0,2$$

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p^c :

$$p^c = \frac{g_{hr, u}^c \cdot U}{g_0^c \cdot N \cdot 3600}$$

$$p^c = \frac{270 \cdot 3}{0,2 \cdot 3 \cdot 3600} = 0,375$$

Коефіцієнт $\alpha^c = 0,4$ (додаток 4 [7]):

$$g^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g^c по додатку 2 [7] вибираємо діаметр водопроводу d , мм, керуючись тим щоб швидкість руху води була економічно доцільною, яку прийнято

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вважати 0,9 ... 1,2 л/с. Максимальна швидкість руху води в магістралях на стояках внутрішнього водопроводу не повинна перевищувати 3 л/с.

Для зменшення сумарних витрат напору $H_{l, tot}$ на ділянці 5–6 приймаємо:
 $v = 1,155$ л/с; $d = 25$ мм.

Після вибору v та d знаходимо витрату напору на 1 м труби $1000i$, мм:

$$1000i = 136,9 \text{ мм.}$$

3. Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l,$$

де $i = 0,1369$ – витрата напору на 1 м труби, м;

$l = 7,1$ м – довжина ділянки 5 – 6.

$$H_l = 0,1369 \cdot 7,1 = 0,972 \text{ м}$$

4. Сумарні витрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 5 – 6, м:

$$H_{l, tot} = H_l(1 + K_l),$$

де $K_l = 0,3$ коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 5 – 6;

$$H_{l, tot} = 0,972 \cdot (1 + 0,3) = 1,26 \text{ м.}$$

5. Сумарні витрати тиску на ділянці 1 – 2 кПа:

$$H_{l, tot} = 1,26 \cdot 9,81 = 12,4 \text{ кПа.}$$

Мінімальний вільний напір в мережі водопроводу ділянки при максимальному господарсько-питному водоспоживанню на введенні в споруду торговельно-розважального центру над поверхнею землі приймається 20 м при триповерховій забудові [7].

Визначаємо з аксонометричної схеми гідростатичний напір: $H_g = 8$ м.

Максимальний вільний напір санітарно-технічного приладу H_g , м приймаємо згідно додатку 2 [7]: $H_g = 2$ м.

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарні витрати напору у внутрішній системі холодного водопостачання дорівнюють:

$H_g + \Sigma H_{l, tot} = 14,58 \text{ м} \leq 18 \text{ м}$, тобто вільний напір ($H_g = 2 \text{ м}$) приладів забезпечується.

Діаметри трубопроводів, що підводять холодну воду до санітарно-технічних приладів, на ділянці приймаємо згідно додатку 2 [7]: $d = 10 \text{ мм}$.

3.4. Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання

Ділянка 1 – 2

1. Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці мережі g^h л/с:

$$g^h = 5g_0^h \cdot \alpha^h,$$

де g_0^h – секундна витрата гарячої води, водорозбірним краном відповідно [7],

$$g_0^h = 0,2 \text{ л/с}$$

α^h – коефіцієнт від загального числа приладів N на розрахунковій ділянці, він знаходиться відповідно додатку 4 [7], мережі та ймовірності їх дії p^h .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p^h

$$p^h = \frac{g_{hr, u}^h \cdot U}{g_0^h \cdot N \cdot 3600},$$

де $g_{hr, u}^h$ норма витрати гарячої води, л споживачем в час найбільшого споживання, яка приймається відповідно додатку 3 [7], $g_{hr, u}^h = 270 \text{ л/с}$;

$U=1$ – кількість споживачів води, чол.;

$N=2$ – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці, шт.;

$$p^h = \frac{270 \cdot 1}{0,2 \cdot 2 \cdot 3600} = 0,19$$

Коефіцієнт $\alpha^h = 0,4$ (додаток 4 [7])

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$g^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g^h по додатку 2 [7] вибираємо діаметр водопроводу d , мм, керуючись тим, щоб швидкість руху води була економічно доцільною, яку прийнято вважати 0,9... 1,2 л/с. Максимальна швидкість руху води в магістралях на стояках внутрішнього водопроводу не повинна перевищувати 3 л/с.

Для зменшення сумарних витрат напору $H_{l, tot}$ на ділянці 1 – 2 приймаємо:

$$v = 1,94 \text{ л/с}; d = 20 \text{ мм.}$$

Після вибору v та d знаходимо витрату напору на 1 м труби 1000*i*, мм:

$$1000i = 519 \text{ мм.}$$

3. Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l,$$

де $i = 0,519$ – витрата напору на 1 м труби, м;

$l = 6$ – довжина ділянки 1 – 2, м.

$$H_l = 0,519 \cdot 6 = 3,116 \text{ м.}$$

4. Сумарні витрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 1 – 2, м:

$$H_{l, tot} = H_l (1 + K_l),$$

де $K_l = 0,3$ – коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 1 – 2;

$$H_{l, tot} = 3,116 \cdot (1 + 0,3) = 4,05 \text{ м.}$$

5. Сумарні витрати тиску на ділянці 1 – 2 кПа:

$$H_{l, tot} = 4,05 \cdot 9,81 = 39,74 \text{ кПа.}$$

Мінімальний вільний напір в мережі водопроводу при максимальному господарсько-питному водоспоживанню на введенні в споруду ТРЦ над поверхнею землі приймається 20 м при триповерховій забудові [7].

Визначаємо з аксонометричної схеми гідростатичний напір: $H_g = 8 \text{ м.}$

Максимальний вільний напір санітарно-технічного приладу H_f , м приймаємо згідно додатку 2 [7]: $H_g = 2 \text{ м.}$

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарні витрати напору у внутрішній системі гарячого водопостачання до-рівнюють:

$H_g + \Sigma H_{l, tot} = 14,55 \text{ м} \leq 18 \text{ м}$, тобто вільний напір ($H_g = 2 \text{ м}$) приладів за-безпечується.

Діаметри трубопроводів, що підводять гарячу воду до санітарно-технічних приладів, на ділянці приймаємо згідно додатку 2 [7] $d = 10 \text{ мм}$.

3.5. Гідравлічний розрахунок самопливної внутрішньої каналізації

Ділянка 1 – 2

1. Максимальна секундна витрата стічних вод на розрахунковій ділянці мережі g_k л/с:

$$g_k = 5g_{0k} \cdot \alpha,$$

де g_{0k} – секундна витрата стічних вод після диктуючого приладу (унітазу зі змивним бачком) яка знаходиться за табл. [10], $g_{0k} = 1,6 \text{ л/с}$.

α – коефіцієнт, який знаходиться з додатку 4 [10], в залежності від загального числа приладів N_n на розрахунковій ділянці та ймовірності їх дії p_k , яка знаходиться відповідно [10].

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p_k :

$$p_k = \frac{Q_r \cdot U}{3600 \cdot g_{0k} \cdot N_n},$$

де $Q_r = 500 \text{ л}$ - норма витрати стічних вод, л споживачем в час найбільшого споживання, яка приймається відповідно додатку 3 [10];

$U=4$ – кількість споживачів води, чол.;

$N_n = 4$ – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці, шт.;

$$p_k = \frac{500 \cdot 4}{3600 \cdot 1,6 \cdot 4} = 0,087$$

Коефіцієнт $\alpha = 0,58$ [10]

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо в якості матеріалу для ділянки 1 – 2 каналізаційного трубопроводу санітарних приміщень ТРЦ пластмасову трубу $d = 100$ мм за табл. [10].

$$g_k = 5 \cdot 1,6 \cdot 0,58 = 4,64 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g_k та d по номограмі [10] знаходимо наповнення трубопроводу h/d , та швидкість руху стічних вод v , перевіряємо виконання умови $v \sqrt{\frac{h}{d}} \geq 0,5$:

$$h/d = 0,5$$

$$v = 0,5 \text{ м/с}$$

$$0,5 \sqrt{0,5} = 0,35 \leq 0,5$$

Знаходимо нахил магістрального каналізаційного трубопроводу, i :

$$i = \frac{\lambda'_o \cdot V_{cp}^{B_o}}{2 \cdot g \cdot 4 \cdot R},$$

де i – нахил трубопроводу

λ'_o – коефіцієнт тертя по довжині безнапірного трубопроводу визначається за формулою:

$$\lambda'_o = 0,258 \cdot \lg \frac{V_t}{V_{2o}} - 2,066 = 0,258 \cdot \lg \frac{1,01 \cdot 10^{-6}}{1,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05} - 2,066 = -1,73,$$

Приймаємо $\lambda'_o = 1,73$

$$\lambda_o = \lg \lambda'_o = 0,2381$$

V_{cp} – середня швидкість течії рідини, м/с

B_o – параметр, що визначається за формулою:

$$B_o = 3 - \frac{7,3979 + \lg O_p}{\lg \frac{V_{cp} \cdot O_p}{V_t}} = 3 - \frac{7,3979 + \lg 0,1}{\lg \frac{0,5 \cdot 0,1}{1,01 \cdot 10^{-6}}} = 1,6375,$$

$$i = \frac{0,238 \cdot 0,5^{1,6375}}{2 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,1} = 0,0098$$

Приймаємо нахил на ділянці 1 – 2 рівним 0,01.

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ділянка 3 – 4

$$p_k = \frac{500 \cdot 3}{3600 \cdot 0,8 \cdot 3} = 0,174$$

$$\alpha = 0,4$$

Для каналізаційного трубопроводу санітарних приміщень ділянки 3–4 приймаємо пластмасову трубу $d = 50$ мм за табл. [10].

$$g_k = 5 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g_k та d по номограмі [10] знаходимо наповнення трубопроводу

h/d , та швидкість руху стічних вод v , перевіряємо виконання умови $v \sqrt{\frac{h}{d}} \geq 0,5$:

$$h/d = 0,5$$

$$v = 0,6 \text{ м/с}$$

$$0,6 \sqrt{0,5} = 0,42 \leq 0,5$$

Знаходимо нахил магістрального каналізаційного трубопроводу, i :

$$i = \frac{\lambda'_\phi \cdot V_{cp}^{B_\phi}}{2 \cdot g \cdot 4 \cdot R},$$

де i – нахил трубопроводу

λ'_ϕ – коефіцієнт тертя по довжині безнапірного трубопроводу визначається за формулою:

$$\lambda'_\phi = 0,258 \cdot \lg \frac{V_t}{V_{2\omega}} - 2,066 = 0,258 \cdot \lg \frac{1,01 \cdot 10^{-6}}{1,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05} - 2,066 = -1,73,$$

$$\text{Приймаємо } \lambda'_\phi = 1,73$$

$$\lambda_\phi = \lg \lambda'_\phi = 0,2381$$

V_{cp} – середня швидкість течії рідини, м/с;

B_ϕ – параметр, що визначається за формулою:

$$B_\phi = 3 - \frac{7,3979 + \lg O_p}{\lg \frac{V_{cp} \cdot O_p}{V_t}} = 3 - \frac{7,3979 + \lg 0,1}{\lg \frac{0,6 \cdot 0,1}{1,01 \cdot 10^{-6}}} = 1,6598,$$

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$i = \frac{0,238 \cdot 0,6^{1,6598}}{2 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,1} = 0,013.$$

Приймаємо нахил на ділянці 3 – 4 рівним 0,02.

Ділянка 5 – 6

1. Максимальна секундна витрата стічних вод на розрахунковій ділянці мережі g_k л/с:

$$g_k = 5g_{0k} \cdot \alpha,$$

де g_{0k} – секундна витрата стічних вод після диктуючого приладу (унітазу зі змивним бачком), яка знаходиться за табл. [10], $g_{0k} = 1,6$ л/с.

α – коефіцієнт, який знаходиться відповідно додатку 4 [10], в залежності від загального числа приладів N_n на розрахунковій ділянці та ймовірності їх дії p_k , яка знаходиться відповідно [10].

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p_k :

$$p_k = \frac{Q_r \cdot U}{3600 \cdot g_{0k} \cdot N_n},$$

де Q_r норма витрати стічних вод, л споживачем в час найбільшого споживання, яка приймається відповідно додатку 3 [10], $Q_r = 500$ л;

$U=4$ – кількість споживачів води, чел.;

$N_n=4$ – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці, шт.;

$$p_k = \frac{500 \cdot 4}{3600 \cdot 1,6 \cdot 4} = 0,087$$

Коефіцієнт $\alpha = 0,58$ [10]

Для каналізаційного трубопроводу санітарних приміщень ділянки 5–6 приймаємо пластмасову трубу $d = 100$ мм за табл. [10].

$$g_k = 5 \cdot 1,6 \cdot 0,58 = 4,64 \text{ л/с}$$

2. Згідно з g_k та d по номограмі [10] знаходимо наповнення трубопроводу

h/d , та швидкість руху стічних вод v , перевіряємо виконання умови $v \sqrt{\frac{h}{d}} \geq 0,5$:

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$h/d = 0,5$$

$$v = 0,4 \text{ м/с}$$

$$0,4\sqrt{0,5} = 0,28 \leq 0,5$$

Знаходимо нахил магістрального каналізаційного трубопроводу, i :

$$i = \frac{\lambda'_\sigma \cdot V_{cp}^{B_\sigma}}{2 \cdot g \cdot 4 \cdot R},$$

де i – нахил трубопроводу

λ'_σ – коефіцієнт тертя по довжині безнапірного трубопроводу визначається за формулою:

$$\lambda'_\sigma = 0,258 \cdot \lg \frac{V_t}{V_{2\sigma}} - 2,066 = 0,258 \cdot \lg \frac{1,01 \cdot 10^{-6}}{1,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05} - 2,066 = -1,73,$$

Приймаємо $\lambda'_\sigma = 1,73$

$$\lambda_\sigma = \lg \lambda'_\sigma = 0,2381$$

V_{cp} – середня швидкість течії рідини, м/с

B_σ – параметр, що визначається за формулою:

$$B_\sigma = 3 - \frac{7,3979 + \lg O_p}{\lg \frac{V_{cp} \cdot O_p}{V_t}} = 3 - \frac{7,3979 + \lg 0,1}{\lg \frac{0,4 \cdot 0,1}{1,01 \cdot 10^{-6}}} = 1,6085,$$

$$i = \frac{0,238 \cdot 0,4^{1,6085}}{2 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,1} = 0,0035$$

Приймаємо нахил на ділянці 5 – 6 рівним 0,01.

Висновки за розділом

Проведений розрахунок системи водяного опалення для приміщень торговельно-розважального центру, обрано радіатори PURMO фірми Retting Heating, розрахована їх кількість для кожного поверху будівлі.

Виконано гідравлічні розрахунки газопроводу, холодного, гарячого водопостачання та самопливної внутрішньої каналізації. Обрані діаметри труб та матеріал трубопроводів.

					ВКР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Дослідницький розділ	Літ.	Арк.
Студент		Юдін С.С.					Аркушів
Керівник		Шаповалов ЮО					
Консульт.						НУК	

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Дослідження систем протиобмерзання

4.1. План дослідження та визначення проблеми

Процес дослідження можливо поділити на наступні етапи (див. креслення):

1. Встановлення проблеми та визначення її наслідків.
2. Дослідження явища. Вивчення механізму утворення криги.
3. Визначення факторів, які впливають на утворення криги.
4. Аналіз існуючих методів вирішення проблеми. Вибір раціонального варіанту.

Атмосферні опади у вигляді дощу, потрапляючи на дах, як правило безпешкодно видаляються з нього через існуючу систему організованого водостоку. Сніг, потрапляючи на дах, не видаляється і внаслідок перекристалізації і вологонакопичення його вага поступово збільшується, і відбувається його ущільнення. Під впливом атмосферного тепла і власного тепловиділення будівлі через покрівлю відбувається плавлення снігу і перетворення його на воду. При відсутності можливості відводу утвореної води і при падінні температури нижче нульової позначки вона замерзає і перетворюється на кригу. Через різні теплофізичні характеристики снігу і льоду швидкість їх плавлення істотно відрізняється.

Вода може періодично замерзати і відтаювати, при цьому відбувається збільшення крижаних пробок і бурульок. Коливання температури від $(+3...+5)^{\circ}\text{C}$ вдень до $(-6...-10)^{\circ}\text{C}$ вночі створюють найбільш сприятливі умови для утворення криги.

Поверхні снігу і льоду зазвичай відбивають більшу частину сонячного випромінювання, але при виникненні навіть незначного нальоту бруду різко збільшується коефіцієнт поглинання. Крім того, сонячна радіація активно нагріває оголені ділянки покрівлі, і плавлення відбувається з внутрішньої (нижньої) частини шару снігу. Через це у весняний період утворення криги йде більш інтенсивно.

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Наслідки утворення криги та бурульок на даху:

- може стати загрозою життю і здоров'ю людей;
- в результаті механічних пошкоджень та накопичення води на окремих ділянках, викликати протікання і привести до зниження руйнування покрівлі;
- сніжно-крижана маса чинить на покрівлю значне навантаження і при великому скупченні снігу її вага здатна обвалити дах.

4.2 Типи дахів будівель та їх елементи, що забезпечують організований водостік з даху

Холодний дах не обігрівається і не ізолюється від зовнішнього середовища тому температура повітря на горищі майже не відрізняється від зовнішньої. Теплий дах на відміну від холодного включає шар теплоізоляційного матеріалу (насипного, легкобетонного, плитного тощо), завдяки якому в приміщеннях, розташованих безпосередньо під дахом (горищних або житлових), можна створити необхідну плюсову температуру.

Дахи бувають з горищем і без нього. Безгорищні дахи називають сполученими, оскільки ця конструкція одночасно є і дахом і перекриттям над житловими або службовими (у випадку громадських будівель) приміщеннями. Одним із видів сполученого даху є дах мансардного поверху.

Всі перераховані вище дахи можуть бути скатними і плоскими.

Скатні дахи можуть бути односкатними, двоскатними, чотирискатними і більш складної конструкції. В нижній частині кожного ската розташовуються водоприймальні жолоби або лотки. Жолоби і лотки виконуються з ухилом в бік воронки водостічної труби, куди вони повинні направити потік води. Скатні дахи частіше виконують із зовнішніми водостічними трубами, але бувають і з внутрішнім водостоком. Нижня частина покрівлі, що виходить за габарити зовнішніх стін, називається звісом, а її нижня кромка - крапельником. На скатних дахах складної

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

конфігурації в місцях сполучення двох різних поверхонь утворюється своєрідний жолоб, званий "ендова". Елементи скатної покрівлі показані на рис.4.1.

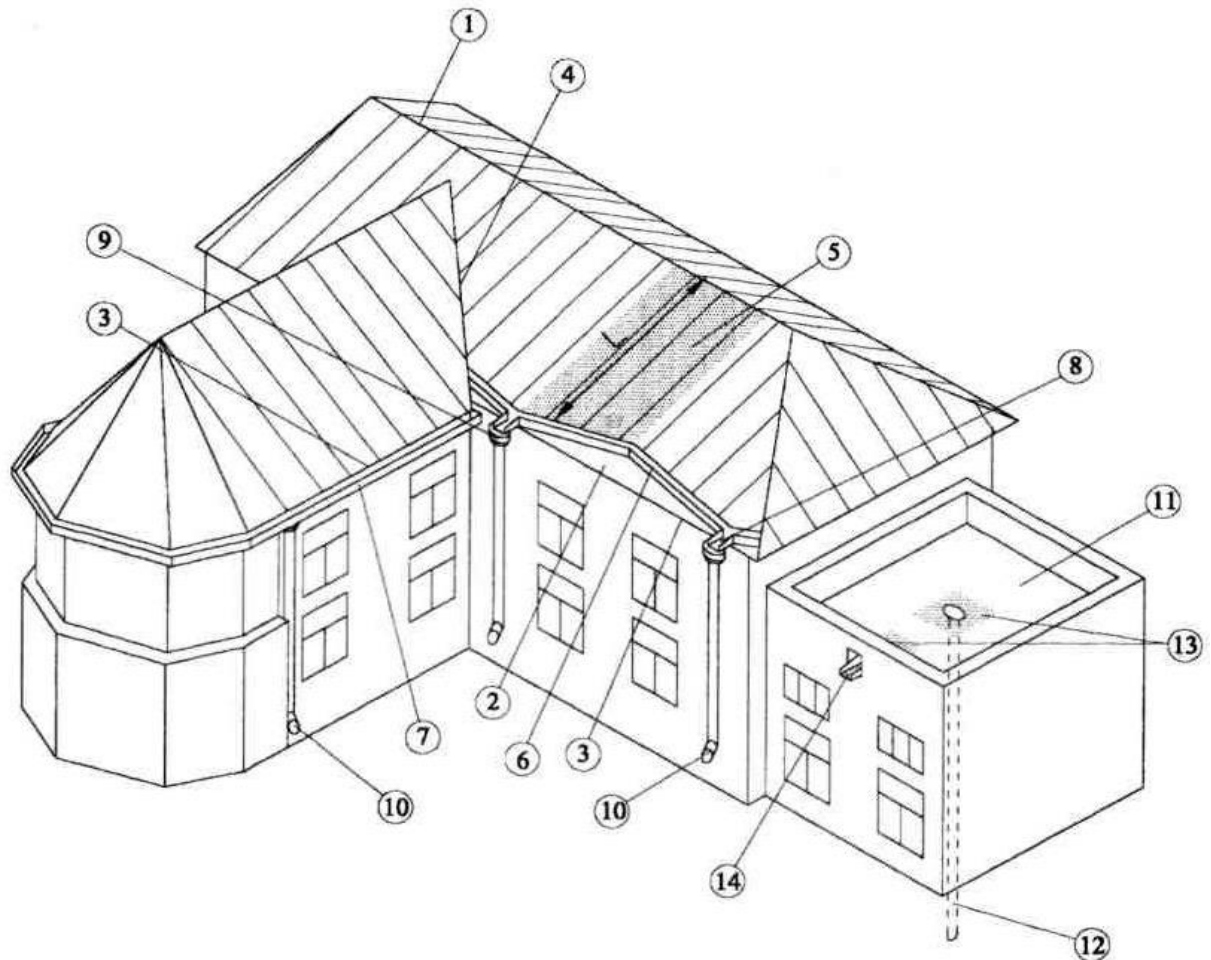


Рис. 4.1 Схема скатної та плоскої крівлі з елементами організованого водостоку

1- вершина скатної крівлі, 2 - звіс, 3 - крапельник, 4 - ендова,
5 - площа водозбору жолоба, 6 - водозбірний жолоб, 7 - водозбірний лоток,
8 - направляючий лоток, 9 - воронка, 10 - водостічна труба, 11 - плоска крівля,
12 - внутрішній водостік, 13 - площа вхідного обігріву, 14 - водомет

Плоскі дахи, як правило, виконуються з внутрішніми водостоками, розташованими в центральній частині будівлі. Несучими конструкціями плоскої покрівлі найчастіше є збірні залізобетонні конструкції - покрівельні плити та лотки, вкриті різними рулонними бітумно-полімерними матеріалами. Рух води до прий-

мальної воронки внутрішнього водостоку по покрівельним плитам і лоткам організовано за рахунок виконання плит і лотків з нахилом (по плиті у бік лотка, а по лотку в сторону воронки) 1...3%.

З зовнішніх сторін по периметру зовнішніх стін над покрівлею височіє парапет, що виключає можливість потрапляння води та утворення криги і бурульок на зовнішніх стінах. Схема плану плоскої покрівлі теж показана на рис.4.1.

4.3. Дослідження механізму утворення криги

Сніг, потрапляючи на покрівлю, прогріту сонцем і теплом, яке виходить від нижніх приміщень, тоне, стікає вниз на холодну частину покрівлі – звів і водовідведення (рис. 4.2). На цих ділянках подача тепла знизу припиняється і відбувається утворення криги.

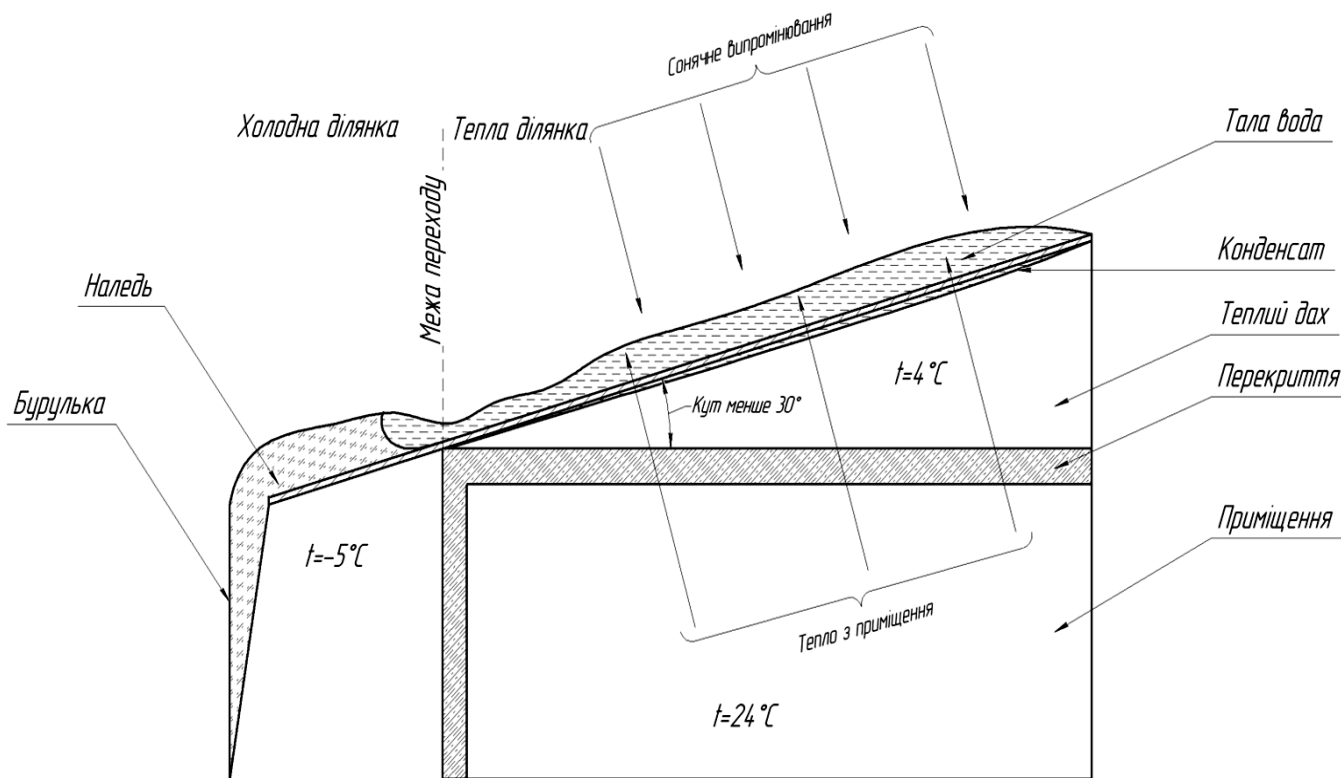


Рис. 4.2 Механізм утворення криги на даху

Кордон переходу між теплою і холодною частинами даху сприяє скупченню талої води, яка може проникати через стик захисного покриття і гідроізоляційного шару в дерев'яну або бетонну основу. Також при неутепленому горищному просторі на кроквах, балках та інших конструкціях утворюється конденсат. Перераховані дії сприяють гниттю дерев'яних деталей або руйнування залізобетонних конструкцій, великі бурульки сприяють деформації жолобів.

Таким чином, можна назвати наступні основні причини утворення криги:

1. Неправильна організація утеплення і вентиляції горищного простору. При відсутності утеплення і вентиляцію горищного простору основна частка тепловтрат із приміщення відбувається через стельове перекриття.

2. Нестандартна геометрія даху. Складна конструкція даху, з розжолобками (внутрішній кут) або у вигляді веж, створює застійні снігові зони зі своїми тепловими межами. Тому будівлі бажано оснащувати класичними різновидами дахів (одно-, дво-, чотирьохскатними) з кутом нахилу ската не менше 30°.

3. Різкі коливання температур. Якщо зимовий період протікає з різкими коливаннями температур (з мінусової до плюсової і назад), то сніг дуже швидко перетворюється на воду, а потім в кригу.

4.4. Аналіз засобів захисту даху від криги

Для запобігання утворенню криги на даху та її видалення використовують наступні способи.

4.4.1 Механічний спосіб очищення покрівлі

Механічний спосіб полягає у прибиранні снігу, криги і бурульок компаніями, що спеціалізуються на промисловому альпінізмі. Перед початком робіт на даху позначають точки кріплення, найчастіше ними виступають повітроводи.

Якщо прибирання на даній покрівлі планують проводити регулярно, тоді уздовж коника встановлюють стаціонарний трос.

Професіонали, що займаються очищенням дахів, у своєму розпорядженні мають набір інструментів і використовують його в залежності від виду покриття. Наприклад, коли дах виконана з металочерепиці, застосовують спеціальної конструкції штовхачі для снігу, які пристосовані під її профіль. Якщо прибирання снігу з даху проводиться на інших видах покрівлі, тоді користуються лопатами, мають прогумовану або дерев'яну лопату, а для сколювання примерзлих крижаних брил – спеціальними тупими молотками.

Дані роботи відносяться до категорії небезпечних, бо можуть призвести до наступних негативних наслідків:

- травмування людини, що виконує прибирання покрівлі;
- заподіяння шкоди перехожим або майна, яке знаходиться у безпосередній близькості до буівлі;
- пошкодження елементів водостоку або покрівельного покриття.

4.4.2 Раціональне проектування покрівлі

1. Створення ефекту «холодного» даху. Дах вважається «теплим», якщо сніг на ньому починає танути при -10°C . За рахунок утеплення і вентиляції горіщного простору припиняється нагрів верхнього перекриття від кімнат. Сніг лежить на полотні не тоне і не перетворюється в брили льоду.

При цьому, якщо правильно провести проектування, істотно збільшиться термін служби даху, знизяться витрати на опалення приміщення, зменшиться інтенсивність кригоутворення.

2. Організація самоочищення поверхні. Покрівлі з кутом нахилу більше 30° градусів вважаються такими, що самоочищаються. Зимові опади на них довго не затримуються і практично відразу скочуються в низ. Але ринви і труби все од-

но, без спеціального покриття або примусового обігріву, будуть покриватися льодом.

4.4.3 Нанесення спеціальних покриттів

Міцне зчеплення криги і снігу з матеріалом покрівлі забезпечується за рахунок хорошої змочуваності зазначених компонентів. Для зниження адгезії, дах і водостоки можуть бути оброблені гідрофобним складом, що дозволить краплях води, сніжинкам, під дією сили тяжіння і вітру, вільно стікати з поверхні. Подібне рішення не може запобігти появі криги, але забезпечує швидке її танення при циклічному процесі замерзання-відтаювання, при цьому не формуються бурульки і брили.

Гідрофобні композиції наносять на металеві, бетонні та інші поверхні за допомогою спеціального розпилювача, валика або пензлика. При цьому поверхня повинна бути сухою і чистою, очищеною від іржі, масляних або жирних плям. Проводять роботи по нанесенню складу в теплу пору року, оскільки процес застигання здійснюється при температурі вище 5 °С. Покриття, що складається з гідрофобної композиції, значно знижує адгезійну міцність криги з покрівельної поверхнею.

Властивості засобів, що запобігають обмерзанню:

- володіють гідроізоляційними і антикорозійними властивостями;
- зберігають свої фізико-механічні властивості при зміні температурного режиму в широкому діапазоні;
- екологічно безпечні;
- стійкі до впливу УФ – випромінювання і до атмосферних опадів;
- відрізняються підвищеною міцністю та еластичністю.

4.4.4 Технічний спосіб очищення покрівлі за допомогою систем обігріву

4.4.4.1 Загальні відомості

Технічний спосіб передбачає використання для очищення дахів сучасних технологічних рішень та розробок. Найбільше розповсюдження наразі отримали системи обігріву повітря.

Примусовий обігрів верхній частині будівлі є найбільш ефективним способом боротьби з обмерзанням. Основним нагрівальним елементом системи протиобмерзання покрівлі електрокабелі. Їх прокладають в тих місцях, де зазвичай утворюється лід – по краю покрівлі, в водоприймальних водостічних жолобах і трубах конструкцій. Тепло, яке виділяється кабелем не дозволяє утворитися льодяним пробка.

Протиобмерзальні обігрівальні системи для дахів визнані ефективними. Вони запобігають утворенню на даху криги, бурульок та закупорки пристроїв (жолоба, зовнішніх і внутрішніх водостоків та інше), які забирають воду з даху. Недоліком цієї системи є висока вартість компонентів і монтажних робіт, а також додаткова витрата електроенергії. В основному обігрів покрівлі встановлюється на промислових спорудах для безпеки персоналу і в індивідуальних архітектурних спорудах з систематичним обмерзанням даху і водостоків.

Температурний діапазон роботи системи сніготанення зазвичай становить $+2 \dots -10^{\circ}\text{C}$. Однак, часто трапляється, що й при $+2^{\circ}\text{C}$ після мокрого снігу з дощем і вітром утворюється крига. Хоча в природі сніг не тоне вже при 0°C , на покрівлі ситуація трохи інша. Дах, навіть спроектований та утеплений за всіма правилами, все-таки пропускає тепло. І сніг на даху може підтаювати і при нижчій температурі повітря.

Для кожного індивідуального об'єкта потрібна спеціально розрахована та запроектована система протиобмерзання, технічне рішення якої буде залежати від

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

типу даху (скатних, плоский, зовнішні або внутрішні водостоки), його розмірів та конфігурації, типу покрівельних матеріалів та інших факторів.

4.4.4.2 Нагрівальні кабелі систем протиобмерзання

Кабелі, які забезпечують протиобмерзання дахів, повинні мати:

- високу механічну міцність (це стосується кабелю і його оболонки);
- стійкість до дії ультрафіолетового випромінювання і атмосферних опадів;
- високоякісну ізоляцію і металеве обплетення.

Кріпильні елементи необхідно встановлювати так, щоб окремі нитки нагрівального кабелю в трубах не перетиналися і не скручувалися в клубки.

У системах протиобмерзання використовують резистивні або саморегулюючі кабелі.

Резистивний кабель має постійний опір по всій довжині. Основний недолік цього обладнання полягає в тому, що на покрівлі в різних точках, де прокладена мережа, спостерігаються різні зовнішні умови. Так в одному місці може лежати опале листя, а в цей час інша ділянка кабелю буде прикрита снігом. Відповідно в першому випадку система буде марно грітися, витрачаючи чимало енергії. Є у резистивного кабелю ще один недолік – він має строго певну довжину, так що при його прокладанні виникають деякі труднощі.

Саморегулюючий кабель. На сьогоднішній день ця продукція є найбільш затребуваною при створенні систем протиобмерзання дахів, особливо водостоків і країв покрівлі. Саморегулюючі кабелі змінюють кількість тепла, що виділяється ними в залежності від стану поверхні. Вони можуть мати різну довжину, а нарізку відрізків потрібного розміру дозволяється проводити в процесі монтажу системи.

Недоліком цього виду кабелю є його висока вартість, яка в 4-6 разів вище ніж резистивного. Незважаючи на це споживачі використовують саморегулюючі кабелі, оскільки витрати на них протягом найближчого часу неодмінно окупляться за рахунок економного споживання електроенергії.

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.4.4.3 Регулювання роботи системи протиобмерзання

Для економного витрачання електроенергії система протиобмерзання повинна бути оснащена датчиками і пускорегулюючими пристроями, що включають нагрівальний кабель тільки при наявності певних умов (опаді і температура повітря), при яких може утворитися крига.

Робота обладнання, що забезпечує протиобмерзання дахів, необхідна тільки з наступом відлиги. Якщо на вулиці стоїть морозна погода, воно відключається, оскільки:

- коли температура опускається нижче мінус 15 °С, випадання опадів у вигляді снігу відбувається рідко;
- танення снігової маси в сильний мороз не відбувається, а відповідно не утворюється криги;
- робота системи виявляється марною, а вона споживає велику кількість електроенергії.

Таким чином, при температурі нижче мінус 10°С робота систем обігріву не потрібна, і її відключають.

Найпростіший варіант управління системою протиобмерзання - *ручний*, коли домовласник, оцінивши обстановку на даху, вирішує, включати систему чи ні. Системи на ручному управлінні - це найбільш доступний за ціною варіант. Хоча така первинна економія згодом може обернутися додатковими витратами, наприклад, при настанні різкого нічного заморозку після тривалої відлиги. Систему протиобмерзання в таких випадках включають вже після того, як все покрито льодом. Але нагрівальні кабелі не розраховані на те, щоб топiti замерзлу воду, їх завдання - запобігати появі криги. В таких ситуаціях система протиобмерзання в боротьбі з бурульками не допоможе.

Системи протиобмерзання середньої цінової категорії зазвичай забезпечені терморегуляторами з виносними датчиками, які відстежують температуру на вулиці і включаються при заданих параметрах. Це системи з *автоматичним управ-*

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

лінням, які можуть "прочитувати" погодні умови, запускати обігрів і відключатися після виконання завдання. При цьому забезпечується найбільш ефективний режим споживання електроенергії: мінімум витрат для досягнення якнайкращого результату.

Окрім ручних і автоматичних систем контролю і управління розроблені цілі *метеостанції* - це складні терморегулятори, які відстежують декілька параметрів: температуру, вологість, наявність опадів і талої води. Метеостанція включає і відключає окремі ділянки системи.

Застосування саморегульованого нагрівального кабелю, який включається при пониженні температури нижче встановленої і, відповідно, вимикається при її підвищенні, – ще один спосіб автоматизації процесу. Такі системи також повністю відключаються при дуже сильному морозі або різкому потеплінні.

4.4.4.4 Захист кабелю від механічних пошкоджень

На поверхні покрівлі протягом зими накопичується сніг, який, танучи й ущільнюючись, до весни утворює сніжно-крижаний пласт. При сталій плюсовій температурі повітря такий пласт сповзає цілком, спричиняючи серйозну небезпеку для покрівельних конструкцій і людей, які проходять вниз. Таким чином, запобігання механічним пошкодженням нагрівального кабелю є завданням захисту від сповзання сніжно-крижаних мас.

Основний спосіб захисту – встановлення потужного сніговідбійника перед кабельними доріжками. Конструкція сніговідбійника має бути пов'язана з силовими елементами даху, і розробляється під конкретну конструкцію покрівлі.

На дахах із жолобами настінного типу зазвичай сам жолоб виконує функцію сніговідбійника (якщо він має досить міцну конструкцію). При цьому необхідно захистити нагрівальний кабель, закривши його листами металу, аналогічними до матеріалу покрівлі.

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки за розділом

Утворення криги та бурульок на даху будівель відбувається, коли тала вода, що утворилася внаслідок танення снігу (під впливом тепла будівлі та атмосферного тепла), не має можливості відведення і замерзає при падінні температури нижче нуля.

Наслідки утворення криги включають загрозу життю та здоров'ю людей, пошкодження та руйнування покрівлі, а також ризик обвалення даху через значне навантаження сніжно-крижаної маси.

Досліджено чотири основні методи захисту від обмерзання:

Механічний спосіб очищення.

Рациональне проектування покрівлі: включає створення ефекту «холодного» даху (за рахунок утеплення та вентиляції горища для припинення нагріву верхнього перекриття) та організацію самоочищення поверхні.

Нанесення спеціальних покриттів: використання гідрофобних складів для зниження адгезії криги та снігу з матеріалом покрівлі. Це не запобігає появі криги, але прискорює її танення при циклічному процесі замерзання-відтаювання.

Технічний спосіб за допомогою систем обігріву: найбільш ефективний спосіб боротьби з обмерзанням, який використовує електрокабелі (резистивні або саморегулюючі), прокладені в місцях утворення криги.

Проаналізувавши можливі варіанти виконання систем протиобмерзання, обираємо для торговельно-розважального центру встановлення системи обігріву елементів даху та системи водовідведення.

					ВКР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Конструкторський розділ	Літ.	Арк.
Студент		Юдін С.С.					Аркушів
Керівник		Шаповалов ЮО					
Консульт.						НУК	

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

5.1. Розробка принципового рішення і вибір комплектуючих елементів системи протиобмерзання

Ще на стадії проєктування можна уникнути багатьох неприємностей, пов'язаних із процесом кригоутворення на покрівлях і звести до мінімуму витрати на систему протиобмерзання. Правильне проєктування покрівлі з урахуванням її особливостей та природних умов регіону, де використовуватимуть систему протиобмерзання, дасть змогу запобігти обледенінню дахів і водостоків.

Тому першим кроком для облаштування системи протиобмерзання завжди є раціональне проєктування покрівлі, яке включає:

- створення ефекту "холодного даху" з системою його вентиляції зовнішнім повітрям і утеплення стелі приміщень;
- забезпечення самоочищення поверхні від снігу, шляхом розміщення її під кутом більшим 30° до горизонту.

Недоліком такого підходу є те, що його неможливо впровадити у всіх покрівлях, що проєктуються. Тому основним способом боротьби зі снігом, що випав, і обмерзанням покрівлі буде примусовий обігрів верхньої частини будівлі електрокабелями.

Для забезпечення вільного руху води на всьому шляху її видалення з покрівлі нагрівальні кабелі слід встановлювати:

- 1) на скатному даху з зовнішніми водостоками:
 - в лотках і жолобах;
 - в приймальних воронках водостічних труб і поряд з ними;
 - в ендовах;
 - на звісах і крапельниках;
 - у водостічних трубах по всій висоті;

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- в приймальних колодязях зливової каналізації на глибину можливого замерзання води у випадках розташування колодязя поруч з водостічною трубою.

2) на плоскому даху з внутрішнім водостоком:

- на ділянках даху, що прилягають до лотка;
- в лотках;
- на ділянці даху, що примикає до воронки;
- у воронки водостічної труби;
- у верхній частині водостічної труби на глибині можливого замерзання води;
- на майданчику крівлі розміром 1×1 м поруч з водометом.

Крім нагрівальних кабелів в системі протиобмерзання будуть застосовані силові та керуючі кабелі; датчики температури, повітря, атмосферних опадів і води; керуюче обладнання; сінговідбійники, вироби та деталі для кріплення на даху всіх елементів системи.

Для уникнення невиправданої витрати електроенергії система за допомогою керуючого обладнання (терморегулятора) і датчиків автоматично включається при певному поєднанні зовнішніх умов: температури зовнішнього повітря в діапазоні від +5°C до - 10°C, наявності опадів і води на відповідних елементах покрівлі. Також система автоматично вимикається, якщо одна з цих умов не виконується.

Для нагріву ділянок покрівлі, де потрібно не допустити утворення криги і видалити воду, застосовуються різні нагрівальні кабелі потужністю 25...30 Вт/м з температурою нагріву 60...130°C. Всі кабелі, які застосовуються досить довговічні за рахунок багатошарової ізоляції, яка захищає кабель від вологи, механічних пошкоджень і ультрафіолетових випромінювань. Нагрівальні кабелі броньовані, при цьому броня не тільки захищає кабель від механічних ушкоджень, але й перерозподіляє тепло, що допомагає позбутися локальних перегрівів. У системах протиобмерзання застосовуються резистивні кабелі, які незалежно від зовнішніх умов виділяють незмінну кількість тепла, і кабелі саморегулюючі, у яких кількість тепла, що виділяється, залежить від температури навколишнього середовища.

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для систем протиобмерзання використовуються кабелі вітчизняного та закордонного виробництва. Оскільки резистивні кабелі розраховані на певну сумарну потужність з урахуванням всієї довжини кабелю, вони випускаються окремими секціями різної довжини, при цьому, нагрівальна жила в кожній секції розрахована так, щоб потужність на 1 п м становила 25...30 Вт.

В даний час випускаються наступні вітчизняні резистивні кабелі:

ТДОВ з однією нагрівальною жилою секцією довжиною 34, 39, 52, 62 і 72м.

ТСОВ з однією нагрівальною жилою секцією довжиною 37, 43, 57, 68 та 82м.

ТСБВ з двома нагрівальними жилами секціями довжиною 14, 21, 27 і 36м.

Ці нагрівальні кабелі розраховані на напругу 220 В. Випускаються аналогічні кабелі для напруги 380 В.

Саморегулюючі кабелі типу FSLE (Фрістол Лайт екстра) розраховані на напругу 220 В. Цей кабель може надрізатись на будь-які довжини, що відповідають довжині обігріваного елемента або ділянки покрівлі.

Вітчизняні нагрівальні кабелі та інші комплектуючі елементи систем протиобмерзання випускає ТОВ "ССТ", наведені в тексті кабелі КІМА поставляються фірмою КІМА (Швеція).

В якості прикладу закордонних нагрівальних кабелів можна навести резистивний кабель КІМА Armor Д потужністю 28 Вт/м, який поставляється секціями довжиною 10,3; 13,5; 18,3; 22,8; 27; 33; 40,5; 47,5 ; 56,6; 63,5; 72,5; 91; 135,5; 147; 181М і КІМА Armor Strong потужністю 30 Вт/м, що поставляється секціями 43, 53, 67, 83, 100 і 133 м, а також саморегулюючих кабелів КІМА К-3 потужністю 38Вт/м при 0°C і 17 Вт/м при +4°C.

Саморегулюючі нагрівальні кабелі мають наступні переваги перед резистивними кабелями:

- нагрівальні елементи саморегулюючого кабелю автоматично змінюють тепловиділення в залежності від температури повітря та вологості - тепловиділення

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зменшуються при підвищенні температури і зменшення вологості навколишнього середовища:

- секції кабелю можуть мати будь-яку довжину, що дозволяє створювати більш ефективні схеми розкладки нагрівальних кабелів на елементах покрівлі;
- кабелі не перегріваються навіть при перетині один з одним, що підвищує надійність і безпеку системи;
- секція кабелю завжди підключається з одного боку, завдяки чому можна скоротити кількість живлячих холодних кабелів.

До недоліків саморегулюючих кабелів відноситься їх вартість, приблизно в 4 рази перевищує вартість резистивних кабелів.

Силові холодні кабелі, які підводять струм, разом з нагрівальними кабелями розміщуються на даху теж броньовані та захищені від ультрафіолетових випромінювань. Розподільні та керуючі кабелі підбираються з тих, що є у продажу і відповідають розрахунковим параметрам відповідних ділянок системи, а також умовам їх експлуатації.

У системах протиобмерзання застосовуються датчики, розподільне та управляюче обладнання, в тому числі багатофункціональні контролери РТ200Е ТЕПЛОСКАТ і РТ007S, датчики температури ТСТ01 і ТСТ05, датчик опадів ТСП01, датчик води ТSW01 та інше обладнання, а також зарубіжне - наприклад терморегулятор Термостат DTR 3102 (Німеччина) з датчиками температури і вологості.

Терморегулятори налаштовані так, що нагрівальні кабелі включаються автоматично тільки якщо температура зовнішнього повітря знаходиться в заданому робочому діапазоні температур. Практика показала, що для систем протиобмерзання робочим діапазоном є температура від мінус 10°C до плюс 5°C. Включення системи відбувається, коли датчик опадів покаже їх наявність або датчик води, покаже наявність води в лотках та прийомних воронках водостоків. Відключення системи відбувається, коли датчики води показують її відсутність.

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для кріплення на даху елементів системи протиобмерзання випускаються відповідні кріпильні деталі: металеві затискачі, різноманітні кронштейни, смуги, накладки та інші деталі. Для цієї ж мети застосовуються монтажні стрічки з оцинкованої сталі і мідні. Крім того, для монтажу системи потрібна шафа управління, розподільні та розпаячні коробки.

5.2. Розробка системи протиобмерзання

5.2.1. Вихідні данні

При розробці системи протиобмерзання необхідно провести аналіз можливих місць скупчення води та утворення криги.

На підставі наявних креслень, фотографій і вимірів, виконаних на об'єкті, водостічна система підрозділяється на характерні елементи. Для кожної ділянки в залежності від її розмірів, форми і найбільш зручного розподілу потужностей по групах підраховується загальна кількість і типи кабельних нагрівальних секцій.

Розрахунок потужності та необхідної кількості нагрівальних кабелів для окремих елементів водостічної системи має свої особливості.

Покрівля ТРЦ має як скатні так і пологі ділянки з внутрішнім водостоком. Відвід води зі скатних ділянок здійснюється за допомогою водостічних жолобів у воронку внутрішнього водостоку(ВВ).

Обігрів плоских ділянок крівлі здійснюється навкруги воронок і зон перед водостічними трубами площею приблизно 1 м^2 .

Загальні характеристики обігріваємих зон наведені нижче.

Площа зони на плоскій крівлі, що обігрівається: $S=11\text{ м}^2$.

Довжина: жолобів $L=37\text{ м}$; водостічних труб $L=12\text{ м}$;

кількість водостічних труб – 4 шт.; кількість водостічних воронок – 7 шт.

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для розробки системи протиобмерзання застосовується саморегулюючий кабель марки HeatTrace 23FSLe2-CT.

Кабель 23FSLe2-CT є двожилиним екранованим, що забезпечує додаткову безпеку (захист від електромагнітного випромінювання та механічних пошкоджень). Має високу максимальну робочу температуру у вимкненому стані (+85°C) і мінімальну температуру для монтажу (-40°C), що говорить про його надійність в суворих зимових умовах. Для відкритого монтажу на даху, де є прямий вплив сонця, краще вибрати моделі з УФ-стійкою зовнішньою оболонкою (наприклад, HeatTrace GT2).

5.2.2. Розрахунок довжини кабелю в водостічних трубах

У водостічних трубах (рис. 5.1) номінальна питома потужність саморегулюючих і резистивних нагрівальних кабелів при відсутності води коливається від 20 до 60 Вт/м. Вона залежить від довжини і діаметра труби. При застосуванні саморегулюючих кабелів, здатних збільшити тепловіддачу при наявності води в 1,6...1,8 разів, ефективність роботи системи різко зростає.

У загальному випадку витрати кабелю (L , м) для водостічних труб визначаються за формулами:

$L_{\text{каб}} = \text{висота будівлі} \times 1,05 \text{ (5\% запас)} + 1,5 \text{ м (обігрів нижньої частини)} + 1 \text{ м (вигин труби)} + 1,5 \text{ м (обігрів верхньої частини - петля, воронка)} - \text{з монтажними кінцями.}$

Для труб з водостічними воронками у верхній частині:

$$L_{\text{каб}} = (12\text{м} \cdot 1,05 + 1,5\text{м} + 1\text{м} + 1,5\text{м}) \cdot 4 = 66,4 \text{ м}$$

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

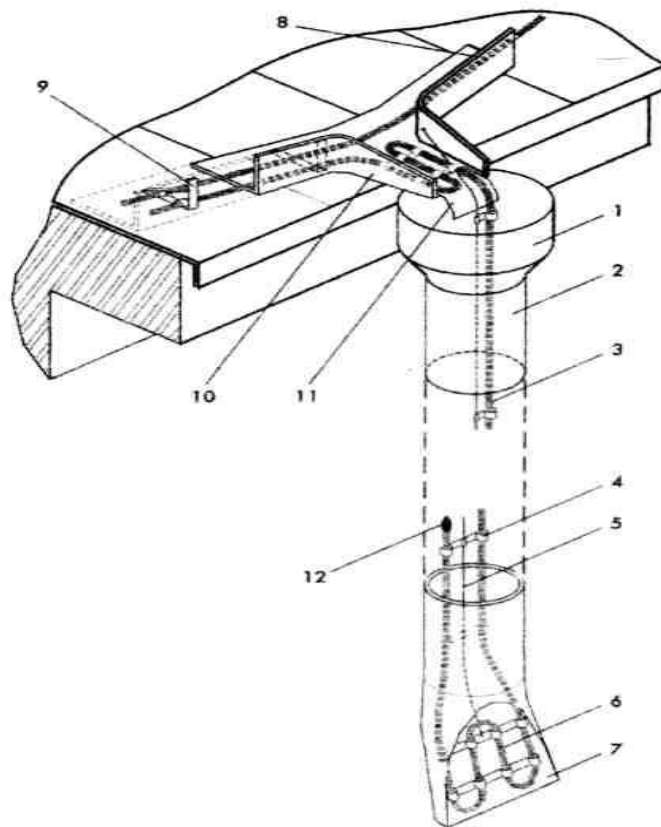


Рис. 5.1 Обігрів водостічної труби великого діаметру та жолобу

1 - водоприймальна воронка; 2 - водостічна труба; 3 - нагрівальний кабель;
 4 - кріпильний затискач; 5 - трос; 6 - відмет; 7 - посилений обігрів відмету,
 8 - водозбірний жолоб; 9 - кронштейн, що кріпить кабель до жолобу;
 10 - направляючий лоток; 11 - поворотний елемент, який забезпечує
 плавний вигиб кабелю; 12 - кінцева муфта

5.2.3. Розрахунок довжини кабелю в жолобі (лотку)

При обігріві водостічних жолобів і лотків (рис 5.2) лінійна номінальна потужність нагрівального кабелю залежить від площі водозбору, що лежить вище цих жолобів, і визначається через площу водозбору, що припадає на 1 м жолобу (лотка). Якщо площа водозбору менше 5 м^2 , то потужність обігріву може не перевищувати 20 Вт/м лотка, для чого достатньо однієї нитки кабелю. Збільшення

площі водозбору до 25м² і більше вимагає підвищення питомої потужності нагрівальних кабелів до 50 Вт/м жолоба (лотка), і відповідно двох ниток кабелю.

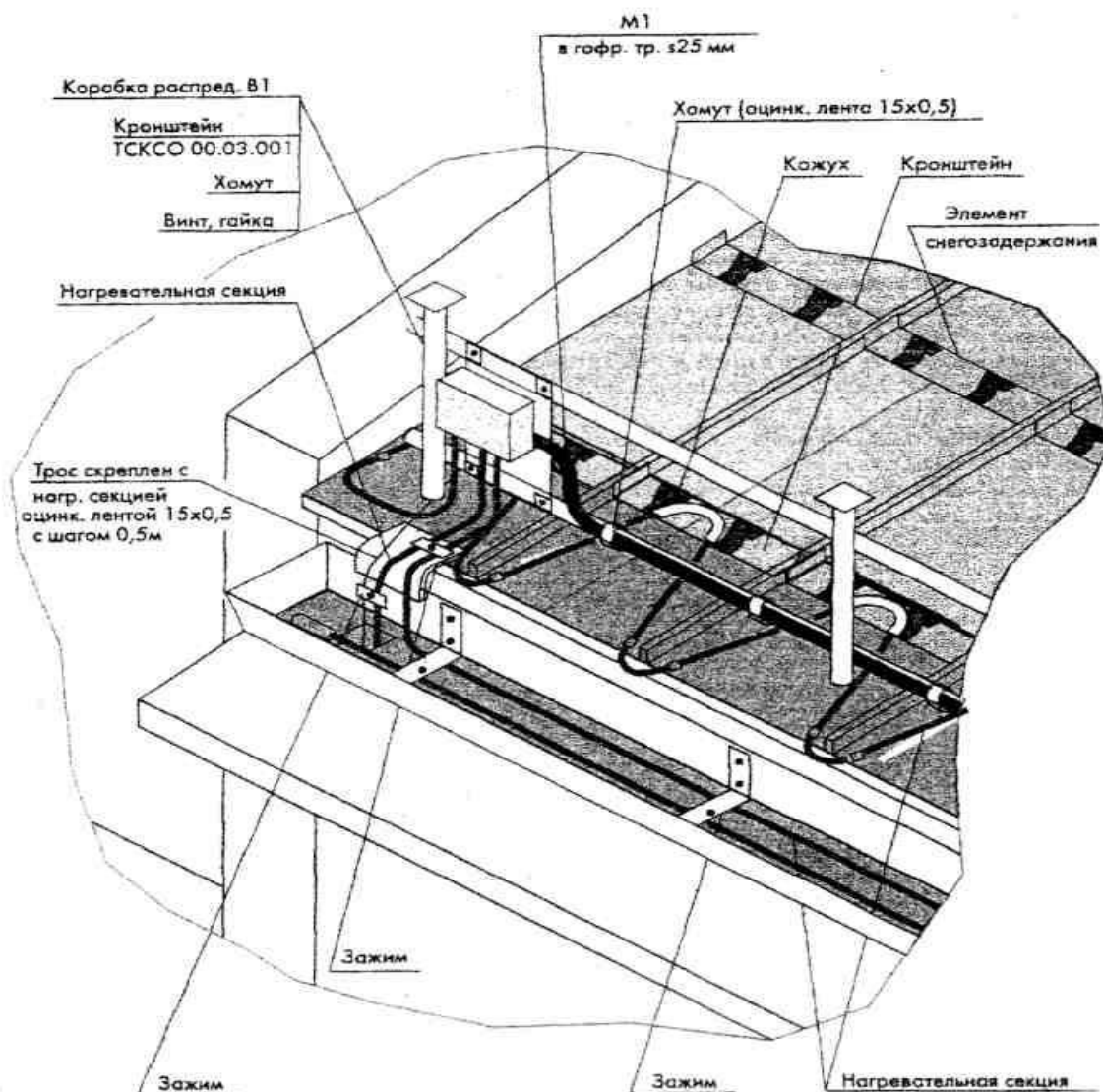


Рис. 5.2 Обігрів карнизу та водозбірного лотка

У загальному випадку витрата кабелю (L , м) для жолоба (лотка) визначається за формулами:

$$L_{\text{каб}} = L_{\text{жолоба}} \times 1,05 \text{ (5\% запас)} \times N \text{ ниток} + 1 - \text{без монтажних кінців.}$$

Для жолобів ($L_{\text{жолоба}} = 37 \text{ м}$) число ниток кабелю приймаємо рівним 2.

В даному разі приймаємо секції без монтажних кінців:

$$L_{\text{каб}} = 37 \times 1,05 \times 2 + 1 = 78,4 \text{ м}$$

Нагрівальні секції з холодними кінцями застосовуються в тих випадках, коли немає можливості або не допускається встановлювати розподільні коробки поблизу нагрівальних секцій.

Для обігріву покрівлі за парапетів необхідно приймати потужність кабелів на 30% більше, ніж для жолоба, так як парапети виконують роль направляючих жолоби, але одночасно вони сприяють накопиченню снігу і криги.

5.2.4. Розрахунок довжини кабелю на плоских ділянках крівлі навколо воронок

При обігріві зон навколо воронки і під водостічними трубами кабель укладають змійкою із шагом 100 мм на площу приблизно 1м², при цьому нагрівальна секція довжиною близько 1-2 м опускається у внутрішню частину воронки. Застосовується секція без монтажних кінців:

$$L_{\text{каб}} = (13 \text{ м} \times 1,05 + 2 \text{ м} + 1 \text{ м}) \times 11 \text{ шт.} = 183,2 \text{ м}$$

Сумарні витрати кабелю.

$$L_{\text{сум}} = 66,4 + 78,4 + 183,2 = 328,0 \text{ м.}$$

Розподіл нагрівального кабелю на секції

Для зниження загального числа нагрівальних секцій доцільно однією секцією обігрівати кілька зон. В даному разі 4 секції виконані по схемі жолоб-труба, 4 секції об'єднують під водостоком і навколо воронки. Для зручності розкладки нагрівальних секцій зручно починати навпроти примикання водостічної труби до лотки.

Наша система розбита на 11 секцій, які приведені в таблиці 5.1.

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Секції системи протиобмерзання

№ секції	Маркування секції	Довжина секції, м
CH1	23-ССБЄ2-15	15
CH2	23-ССБЄ2-9	9
CH3	23-ССБЄ2-9	9
CH4	23-ССБЄ2-32	32
CH5	23-ССБЄ2-32	32
CH6	23-ССБЄ2-32	32
CH7	23-ССБЄ2-32	32
CH8	23-ССБЄ2-35	35
CH9	23-ССБЄ2-35	35
CH10	23-ССБЄ2-35	35
CH11	23-ССБЄ2-35	35

Вибір шафи керування.

Зробимо розрахунок пускового струму для кожної нагрівальної секції, приведеної в таблиці 5.1:

$$I_{\text{пуск } 1} = L_1 \times K / 220 = 15 \times 60 / 220 = 4,09 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 2} = L_2 \times K / 220 = 9 \times 60 / 220 = 2,45 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 3} = L_3 \times K / 220 = 9 \times 60 / 220 = 2,45 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 4} = L_4 \times K / 220 = 32 \times 60 / 220 = 8,73 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 5} = L_5 \times K / 220 = 32 \times 60 / 220 = 8,73 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 6} = L_6 \times K / 220 = 32 \times 60 / 220 = 8,73 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 7} = L_7 \times K / 220 = 32 \times 60 / 220 = 8,73 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 8} = L_8 \times K / 220 = 35 \times 60 / 220 = 9,55 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 9} = L_9 \times K / 220 = 35 \times 60 / 220 = 9,55 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск } 10} = L_{10} \times K / 220 = 35 \times 60 / 220 = 9,55 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск } 11} = L_{11} \times K / 220 = 35 \times 60 / 220 = 9,55 \text{ A}$$

Так як $I_{\text{пуск}} > 32 \text{ A}$, формуємо 3 фази. Далі розбиваємо отримані цифри на три приблизно рівні частини.

Отримаємо:

$$\text{фаза А: } 4,09 + 2,45 + 2,45 + 8,73 + 9,55 = 27,27 \text{ A}$$

$$\text{фаза В: } 8,73 + 8,73 + 9,55 = 27,01 \text{ A}$$

$$\text{фаза С: } 8,73 + 9,55 + 9,55 = 27,83 \text{ A}$$

Різниця між максимально навантаженою (27,83 А) і мінімально навантаженою (27,01 А) фазами складає близько 3%, що відповідає вимогам. По максимально навантаженій шафі обираємо уставку захисного автомата із запасом. Пусковий струм складає 28 А, відповідно, уставка захисного автомата – 40 А.

З врахуванням системи автоматичного керування, обираємо шафу керування: ШУ-ТС-3-40-200 з регулятором РТ200Е.

Робоча потужність на будівлю:

$$P_{\text{ном}} = L_{\text{сум}} \cdot 23 = 328 \cdot 23 = 7,5 \text{ кВт}$$

Встановлена потужність на будівлю:

$$P_{\text{уст}} = K \cdot P_{\text{ном}} = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{ кВт}$$

5.3. Основні вимоги до монтажу системи протиобмерзання та введення її в експлуатацію

Монтаж системи протиобмерзання повинна виконувати спеціалізована організація, яка має ліцензію на проведення електромонтажних робіт.

Монтаж системи протиобмерзання слід виконувати у відповідності до затвердженого в установленому порядку проектом цієї системи і з урахуванням ви-

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

мог БНіП 3.05.06-85 Електротехнічні пристрої. Монтаж нагрівальних кабелів допускається здійснювати при температурі навколишнього повітря не нижче -15°C .

Монтаж системи, як правило, доцільно починати з установки шафи управління (ШУ), розподільних коробок і датчиків. Все обладнання системи варто встановлювати в місцях, передбачених проєктом. При цьому всі датчики встановлюють у місцях, зручних для обслуговування, крім того, датчик температури встановлюють так, щоб виключити вплив на нього прямої сонячної радіації та тепла, що виділяється будівлею; датчик опадів - у місці, де повністю виключені будь-які перешкоди для потрапляння на датчик опадів; датчики води встановлюють у найбільш ймовірних місцях появи талої води.

Після встановлення обладнання монтується розводка силових і керуючих кабелів з їх захистом і фіксацією на елементах покрівлі та пристроях, передбачених проєктом. Прокладені кабелі слід продзвонити і виміряти опір ізоляції силових кабелів з записом результатів вимірювань в типовому протоколі.

Далі здійснюється монтаж секцій нагрівальних кабелів на відповідних ділянках покрівлі. В процесі монтажу в окремих місцях потрібно згинати кабель під різними кутами. При цьому слід мати на увазі, що мінімально допустимі радіуси вигинів кабелю наступні:

- для саморегулюючих кабелів - 35 мм;
- для кабелів з металевою оплітки - 80 мм;
- для кабелів броньованих - 120 мм.

При монтажі електричних кабелів для забезпечення цілісності покрівлі та більш зручного і безпечного виконання робіт доцільний ряд технологічних операцій (відповідна зачистка кінців секцій кабелю, намотка на кабель у місцях установки затисків 2-3 шарів х/б ізоляції, установка затисків або монтажних стрічок, фіксаторів, планок або кронштейнів і т. п.) виконувати не на даху, а на землі, на горищі або в іншому зручному місці. В результаті для виконання на даху повинні залишитися технологічні операції по укладанню кабелів в робоче положення і

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

з'єднання кріпильних деталей, вже встановлених на кабелях, з покрівлею витяжними заклепками або саморізами. Якщо попередню підготовку кабелів з необхідною точністю виконати неможливо, ряд підготовчих операцій доведеться робити «по-місця», на даху.

Після закінчення монтажу нагрівальних кабелів, включаючи закладення решти кабелів в розподільну коробку, заміряється опір всіх секцій і їх ізоляції. Результати замірів оформлюються у типовому протоколі.

Для різних ділянок покрівлі застосовуються свої, відповідно формі даної ділянки (лотка, звісу і т. п.) кріпильні деталі.

Для кріплення нагрівального кабелю в водостічній трубі часто використовуються підвіски його на металевому тросів, а в нижній частині водостічної труби для захисту від механічних ушкоджень встановлюються захисні кожуха.

Монтаж системи протиобмерзання на даху з м'якою покрівлею, виконаної з рулонних матеріалів (руберойду на бітумної мастики, скловата, філізола та ін.), відрізняється способом кріплення елементів системи (кабелів, датчиків) безпосередньо до даху. При цьому елементи системи розкладаються і закріплюються на спеціальній основі, яка може бути виготовлена з металевої сітки, оцинкованого листа або з матеріалу типу Полікров, закріплених на даху клей-мастикою.

Коли система повністю змонтована, перевіряється опір ізоляції секцій нагрівальних кабелів, мінімальний опір якої повинен бути 10 МОм/м і продзвонювати тестером силові та керуючі кабелі. При передачі системи в експлуатацію за участю замовника проводять пробне включення системи протиобмерзання відповідно до інструкції з її експлуатації. Включення відбувається, коли температура зовнішнього повітря знаходиться в робочому діапазоні, на який налаштований терморегулятор. Система повинна залишатися включеною не менше 1 години, після чого слід заміряти струм кожної секції. Автоматика системи перевіряється або при наявності опадів, або поливанням водою датчиків води та опадів. Відповідно до інструкції з експлуатації терморегулятор його працездатність перевіряється шляхом виведення $T_{\min}$ і $T_{\max}$ так, щоб температура повітря була поза цього діапа-

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зону. Після чого знову встановити потрібний робочий діапазон температур терморегулятор. При позитивному результаті перевірки працездатності системи з участю замовника складається акт приймання-здачі системи в експлуатацію.

Перед початком сезонної експлуатації системи необхідно очистити дах, та особливо ділянки, де розташовані нагрівальні кабелі, воронки та водостічні труби, а також датчики, від сміття і пилу м'якими щітками з водою.

Система включається обслуговуючим персоналом при зниженні температури повітря нижче $+5^{\circ}\text{C}$ і вимикається при стійкому підвищенні температури повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$, у проміжку між включенням і включенням система працює в автоматичному режимі.

Для забезпечення нормальної експлуатації системи необхідно раз на квартал оглядати і виконувати профілактику обладнання системи, у тому числі:

- підтяжку клемних і гвинтових електричних з'єднань;
- контроль роботи ПЗВ (пристрій захисного відключення).

Ці роботи слід виконувати при повному знятті напруги живлення.

Обслуговування системи має здійснюватися електриками, що мають допуск на роботи з електроустановками до 1000 В відповідно до ПЕЕП, і ПТБ при експлуатації Е У споживачем.

5.4. Висновки

Існуюча практика експлуатації систем протиобмерзання свідчить про їх працездатність та ефективність.

На більшості об'єктів в системах протиобмерзання застосовані саморегулюючих нагрівальні кабелі, в окремих системах саморегулюючі кабелі встановлені тільки в водостічних трубах, а в лотках - резистивні.

Для більшості об'єктів діапазон температур для роботи системи протиобмерзання встановлюється від $+5^{\circ}\text{C}$ до -10°C , що забезпечує ефективну роботу системи в автоматичному режимі. Є приклади, коли система працює не в автоматич-

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ному режимі, а керується черговим електриком, в обов'язок якого входить ця робота. При цьому для цієї системи робочий діапазон температур прийнятий від +5°C до -5 ° C.

Керівниками служб експлуатації зазначається, що для нормальної роботи системи повинні бути очищені від сміття всі шляхи видалення води з покрівлі, періодично очищатися від сміття і пилу датчики та інше електрообладнання, там де можливі механічні пошкодження кабелю масою сповзають снігу слід влаштовувати спеціальні бар'єри.

					ВКР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241мх.06.06.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Заклучний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Юдін С.С.										
Керівник	Шаповалов ЮО										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ

У кваліфікаційній роботі виконана модернізація систем життєзабезпечення торговельно-розважального центру площею 2тис. м² з дослідженням системи протиобмерзання.

Розроблені системи життєзабезпечення, що створюють нормальні та комфортні умови для працівників та відвідувачів ТРЦ.

Проведено розрахунки: теплового балансу будівлі, системи водяного опалення, газопостачання дахової котельні, гідравлічні розрахунки систем холодного, гарячого водопостачання і каналізації.

Проведене дослідження типів систем протиобмерзання. Проаналізувавши можливі варіанти виконання систем протиобмерзання, обираємо для розважально-торговельного комплексу встановлення системи обігріву елементів даху та системи водовідведення.

Для розробки системи протиобмерзання застосовується саморегулюючий кабель марки HeatTrace 23FSLe2-CT, який змінює свою потужність на кожній ділянці в залежності від температури навколишнього середовища. Це критично важливо для дахів та водостоків, де можуть бути самоперетини кабелю, або де він може бути заблокований сміттям чи листям (у водостоках). У цих місцях потужність автоматично знижується, виключаючи ризик перегріву і пошкодження як самого кабелю, так і елементів покрівлі.

Кабель споживає електроенергію лише там, де це необхідно (холодніші ділянки), що веде до зниження загального споживання електроенергії порівняно з резистивними кабелями, які завжди працюють на повну потужність.

Вибрані комплектуючі елементи та розроблена система протиобмерзання. Така система для водостоків покрівлі служить запобіганню утворення криги і скупчування снігу в зимовий час на кромці дахів і в жолобах. Використання нагрівального кабелю в системах захисту покрівлі, водостічних труб, жолобів і воронки захищає від утворення бурульок, оберігає водостічні труби від пошко-

					ВКР.144.6241мх.06.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

джень, а дах будівлі від руйнування. Також використання кабелю помітно знижує витрати на ремонт та запобігає травмуванню пішоходів.

Розглянуті основні положення по монтажу системи протиобмерзання та введення її в експлуатацію.

Вивчення досвіду експлуатації систем протиобмерзання надало важливі зауваження для нормальної роботи системи на об'єкті.

					ВКР.144.6241мх.06.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf.

2. Глушко Ю.Ю. Опалення. Навчальний посібник. 2019 рік. Автор-упорядник: Глушко Ю.Ю., над навчальним посібником також працювали: Безпалько Н.О., Боброва Т.Б., Високос С.М., Гусєв П.С., Заседатєлев І.В., Лебєдєв С.О., Сашко В.О., Семироз М.В., Терещенко Т.М., Черниш В.В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf>

3. Гузик Д.В., Федяй Б.М. Сучасні системи вентиляції. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 312 с.

4. ДБН В.2.5.-77:2014. Котельні. [Електронний ресурс]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59086

5. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82086

6. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47699

7. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54058

8. ДБН В.2.5-64-2012 Внутрішній водопровід і каналізація. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848

9. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

10. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54057

11. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037.

12. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціювання громадських об'єктів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.

13. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики en 15251:2007, idt [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.mathcentre.com.ua / download/dstu_en_15251-2011.pdf](http://www.mathcentre.com.ua/download/dstu_en_15251-2011.pdf)

14. ДСТУ-Н Б В 1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://finance.smr.gov.ua/ files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf](https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf)

15. Дубровська В.В. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання : навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 116 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/ bitstream/123456789/28250/1/teplovenavantagenya.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28250/1/teplovenavantagenya.pdf)

16. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди») : навч. посібник. Київ : Кондор, 2007. 244 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf

17. НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60957

18. НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77162

19. Сашко В.О. Труби та арматура : навч. посібник. 2019. Автори-упорядники: Сашко В.О., Терещенко Т.М. Над навчальним посібником також

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

працювали: Безпалько Н.О., Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Пеховка М.В., Черниш В.В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/3trubi-ta-armatura.pdf>

20. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С. А. Проектування систем водяного опалення : навч. посіб. Миколаїв : НУК, 2010. 68 с.

21. Теплотехнічні процеси та установки : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр» [Електронний ресурс] / укладач Шаповалов Ю.О. : НУК. Електронні текстові дані (1 файл: 6.3 Мбайт). Миколаїв : НУК, 2021. 60 с.

22. Авраменко Ю.О., Лещенко М.В., Магас Н.М. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель : посібник. Полтава : ПП «Аст-рая», 2017. 238 с.

					ВКР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		