Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві

**Магістерська кваліфікаційна робота на тему:**

# ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Виконав здобувач 2 курсу, групи ТГ-24м
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
_____ Блеянюк А.О.
*(прізвище та ініціали)*
Керівник к.т.н., доцент кафедри ІСБ
_____ Ободянська О.І.
*(прізвище та ініціали)*
«10» грудня 2025 р.
Опонент к.т.н., доцент кафедри БМГА
_____ Хороша О.І.
*(прізвище та ініціали)*
«12» грудня 2025р.

**Допущено до захисту**
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Рятушняк Г.С.
_____
*(прізвище та ініціали)*
«15» 10 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

**« ЗАТВЕРДЖУЮ»**
**Завідувач кафедри ІСБ**
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
(підпис)
« 25 » вересня 2025 р.

# З А В Д А Н Н Я
# НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Блеянюка Артема Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ІСБ Ободянська О.І.
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "24" вересня 2025 року № 313
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02 грудня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні креслення будівлі. Проєктна документація на будівництво, результати обстеження будівлі, технічні характеристики огороджувальних конструкцій будівлі, термічний опір стін не менше $R_{ст}$=4,0 м$^2$·°С/Вт. Систему опалення розробити у відповідності до діючих нормативних вимог. Відомі конструктивні рішення систем забезпечення мікроклімату, наукові дослідження в напрямку енергозберігаючих технологій в системі опалення, наукові публікації.
4. Зміст текстової частини Вступ, аналітичний огляд та техніко-економічне обгрунтування системи опалення будівель ювелірного виробництва, теоретичне та практичне обгрунтування основних параметрів і характеристик системи опалення, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, заходи з енергозбереження та охорони довкілля, техніко-економічні показники, загальний висновок, перелік використаних джерел, додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакати з результатами наукової частини роботи – дослідження сучасних енергоефективних технологій систем опалення для виробничих та офісних приміщень ювелірного виробництваа. Креслення: схеми розміщення елементів системи опалення на планах поверхів будівлі. Аксонометричні схеми системи опалення. Календарний план влаштування системи опалення, графіки рухи робітників, машин та механізмів, ТЕП. Монтажні креслення та вузли системи опалення.

6. Консультанти розділів

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Аналітичний огляд та техніко-економічне обгрунтування систем опалення будівель ювелірного виробництва | Ободянськ О.І. к.т.н., доцент | 25.09.2025 | 01.10.2025 |
| Теоретичне та практичне обгрунтування основних параметрів і характеристик системи опалення | Ободянськ О.І. к.т.н., доцент | 02.10.2025 | 10.10.2025 |
| Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень | Ободянськ О.І. к.т.н., доцент | 11.10.2025 | 24.10.2025 |
| Заходи з енергозбереження та охорони довкілля | Ободянськ О.І. к.т.н., доцент | 25.10.2025 | 03.11.2025 |
| Техніко-економічні показники проєктних рішень | Лялюк О. Г. к.т.н., доцент | 04.11.2025 | 14.11.2025 |

7. Дата видачі завдання 25.09.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Складання завдання та змісту до МКР | 25.09.2025 | виконано |
| 2 | Аналітичний огляд та техніко-економічне обгрунтування систем опалення будівель ювелірного виробництва | 01.10.2025 | виконано |
| 3 | Теоретичне та практичне обгрунтування основних параметрів і характеристик системи опалення | 10.10.2025 | виконано |
| 4 | Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень | 24.10.2025 | виконано |
| 5 | Заходи з енергозбереження та охорони довкілля | 03.11.2025 | виконано |
| 6 | Техніко-економічні показники проєктних рішень | 14.11.2025 | виконано |
| 7 | Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації | 28.11.2025 | виконано |
| 8 | Попередній захист | 02.12.2025 | виконано |
| 9 | Виправлення зауважень | 04.12.2025 | виконано |
| 10 | Рецензування | 10.12.2025 | виконано |
| 11 | Захист МКР | 17.12.2025 | виконано |

**Магістрант** _____ (підпис) Блеянюк А.О. (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** _____ (підпис) Ободянська О.І. (прізвище та ініціали)

# АНОТАЦІЯ

УДК 697.1:621.577:620.9

Блеянюк А.О. Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма – Теплогазопостачання і вентиляція. Вінниця: ВНТУ, 2025, 111 с.

На укр, мові. Бібліогр.: 41 назв; табл. 31.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з п’яти розділів: аналітичний огляд та техніко-економічне обгрунтування системи опалення будівель ювелірного виробництва, теоретичне та практичне обгрунтування основних параметрів і характеристик системи опалення, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, заходи з енергозбереження та охорони довкілля, техніко – економічні показники проєктних рішень.

Графічна частина містить аксонометричні схеми системи опалення, плани поверхів з нанесенням елементів системи опалення, побудовано календарний план з графіками руху робітників та графіками руху машин і механізмів, вузлові креслення.

Графічна частина складається з 7 креслень.

Ключові слова: енергоефективність, система опалення, ювелірне виробництво, тепловтрати, гідравлічний режим, газовий котел, мікроклімат, термічний опір.

# ABSTRACT

Bleianiuk A.O. Energy-efficient heating system for jewelry production facilities. Master’s qualification thesis on specialty 192 – construction and civil engineering, educational and professional program – heat and gas supply and ventilation. Vinnytsia: VNTU, 2025, 111 p.

In the Ukrainian language. Bibliography: 41 titles; table 31.

The master's qualification work consists of five sections: analytical review and feasibility study of the heating system of jewelry production buildings, theoretical and practical justification of the main parameters and characteristics of the heating system, organizational and technological support for the implementation of design solutions, energy saving and environmental protection measures, technical and economic indicators of design solutions.

The graphic part contains axonometric diagrams of the heating system, surface plans with the application of heating system elements, a calendar plan with worker movement schedules and machine and mechanism movement schedules, and nodal drawings.

The graphic part consists of 7 drawings.

Keywords: energy efficiency, heating system, jewelry production, heat loss, hydraulic mode, gas boiler, microclimate, thermal resistance.

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА……... 10
1.1 Особливості будівель ювелірного виробництва та їх вплив на теплотехнічні рішення ….……..…….. 10
1.2 Нормативні вимоги до систем опалення виробничих будівель ……..... 12
1.3 Аналіз наявних та перспективних систем опалення для виробничих будівель …… 14
1.4 Енергоефективні рішення в системах опалення для будівель ювелірного виробництва …...……...…… 16
1.5 Обґрунтування вибору радіаторної системи опалення …….. 19
1.6 Характеристика та обґрунтування вибору нагрівальних приладів …… 21
1.7 Розміщення та характеристика теплових пунктів ……..... 23
1.8 Обґрунтування вибору джерела теплопостачання…….. 24
1.9 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи опалення…… 26
Висновки до розділу 1……. 28
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ..…… 30
2.1 Вихідні дані для проєктування…….. 30
2.2 Вибір параметрів зовнішнього повітря……. 30
2.3 Теплотехнічний розрахунок огороджуючих конструкцій будівлі…… 31
2.4 Моделювання процесу визначення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкції……..……... 37
2.5 Тепловий розрахунок опалювальних приладів……... 42
2.6 Моделювання гідравлічного режиму трубопроводів системи опалення……. 43
2.7 Підбір та характеристика основного обладнання системи опалення ……. 49
Висновки до розділу 2…….. 52
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……... 53
3.1 Аналіз конструктивних особливостей об’єкту, що підлягає монтажу…. 53
3.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та

виробів, складання відомостей ……..……..…… 54
3.3 Визначення складу та об’ємів робіт …….. 58
3.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань, розрахунок енергоресурсів …….. 63
3.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт ……..…… 69
3.6 Визначення складу бригад…….. 74
3.7 Розрахунок техніко-економічні показників календарного плану ……. 75
3.8 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт …..…….. 76
3.9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях …….. 78
Висновки до розділу 3…….. 82
4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ……. 83
4.1 Загальні положення……. 83
4.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин при спалюванні природного газу……...……. 84
4.3 Заходи по зменшенню забруднення атмосфери…….. 86
4.4 Розрахунок величини плати від забруднення атмосфери…….. 87
4.5 Енергетичний паспорт будинку……. 88
Висновки до розділу 4…….. 96
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……. 97
Висновки до розділу 5 ……. 104
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК……. 105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 107
Додаток А Технічне завдання (обов’язковий)…….….. 112
Додаток Б Висновок про перевірку МКР на плагіат (обов’язковий)……...…. 116
Додаток В. Теплотехнічний розрахунок приміщень будівлі (довідниковий).. 117

# ВСТУП

Дана магістерська кваліфікаційна робота передбачає розроблення варіанту системи опалення приміщень ювелірного виробництва в м. Вінниця.

**Актуальність роботи.** Енергоефективність – це інноваційні, технічні, технологічні та організаційні рішення, які спрямовано на зниження енергоспоживання побудованих об’єктів. Ефективне використання енергії є одним з основних показників економічного, наукового та соціально-культурного розвитку країни. Організація раціонального енергоспоживання з найменшим негативним впливом на навколишнє середовище є актуальним завданням сучасного суспільства. Проблема високого енергоспоживання та необхідності підвищення енергоефективності має особливе значення для промислового сектору України, де рівень енергоспоживання є особливо високим. Тому важливим є впровадження заходів з підвищення енергоефективності будівель і споруд. Використання енергоефективних технологій при новому будівництві та реконструкції дозволяє зменшити споживання теплової енергії та енергоносіїв, а також забезпечити необхідний мікроклімат та теплові умови в будівлях.

Система опалення влаштовується автономною. Джерелом теплопостачання є теплові пункти на двох поверхах з індивідуальними котлами, що дає змогу створювати автономний температурний режим для даної будівлі, незалежно від мережі централізованого опалення, а також значно зменшує втрати тепла при транспортуванні теплоносія. Застосування автономної системи дає можливість регулювати споживання тепла, а відповідно і витрати на опалення, що разом із зниженням тепловтрат дає змогу зменшити річне споживання газу.

**Метою роботи** є створення комплексу науково обґрунтованих енергоефективних рішень для проєктування систем опалення, що забезпечують комфортні умови мікроклімату в приміщеннях різного функціонального призначення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі:**

- оцінити доцільність впровадження енергоефективних опалювальних систем для стабілізації параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях;

- розробити обґрунтований варіантний вибір матеріалів і комплектуючого обладнання, спрямований на забезпечення безперебійної роботи системи опалення та створення умов для її якісного технічного обслуговування в процесі експлуатації;

- розробити й науково обґрунтувати оптимальний варіант проєктного рішення з організації системи опалення, враховуючи технічні, енергоефективні та експлуатаційні вимоги;

- змоделювати розрахунок тепловтрат в приміщеннях ювелірного втробництва;

- змоделювати гідравлічний режим системи опалення;

- за результатами гідравлічного розрахунку підібрати оптимальні параметри трубопроводів та приладів системи опалення;

- розробити організаційно-технологічні рішення з монтажу системи;

- дослідити питання техніки безпеки під час виконання монтажних робіт;

- впровадити заходи із енергозбереження та охорони довкілля;

- розрахувати техніко-економічні показники проєктних рішень.

**Об’єкт дослідження**: енергоефективна система опалення для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату приміщень ювелірного виробництва.

**Предмет дослідження:** теплотехнічні процеси, що визначають подачу та розподіл теплової енергії у приміщеннях ювелірного виробництва.

**Методи дослідження** ґрунтуються на системному підході до вибору енергоефективних рішень для створення нормативного мікроклімату, обґрунтуванні основних та режимних параметрів систем теплозабезпечення, а також на використанні математичного моделювання процесів тепломасообміну відповідно до законів теплофізики та гідравліки.

**Новизна одержаних результатів.** Виконано теоретичне обґрунтування ефективності впровадження енергозберігаючої системи опалення для

забезпечення нормативних показників мікроклімату у виробничих приміщеннях та підвищення енергоефективності будівлі.

**Практичне значення.** Запропоновані конструктивно-технологічні рішення системи опалення забезпечують можливість створення та стабільного підтримання мікроклімату приміщень у межах заданих нормативних параметрів.

**Апробація та публікації.** Основні положення і результати досліджень доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» (2025) [7].

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Особливості будівель ювелірного виробництва та їх вплив на теплотехнічні рішення

Будівлі ювелірного виробництва належать до спеціалізованих промислових об’єктів, у яких процеси виготовлення виробів з дорогоцінних металів та каменів вимагають підтримання стабільного та контрольованого мікроклімату. На відміну від типових промислових будівель, такі об’єкти мають значно складнішу внутрішню структуру, поєднуючи виробничі, офісні та побутові приміщення, що суттєво впливає на прийняття теплотехнічних і проєктних рішень. Правильне зонування та вибір системи опалення є ключовими для забезпечення енергоефективності та безпеки технологічних процесів.

Першою особливістю є функціональне зонування будівлі. Виробничі приміщення ювелірних підприємств характеризуються підвищеними тепловиділеннями, пов’язаними з використанням печей, паяльного та плавильного обладнання, верстатів і іншої технологічної техніки. Попри наявні теплові надлишки, для таких приміщень важливим залишається підтримання постійної, помірної температури, оскільки коливання можуть негативно впливати на точність технологічних операцій, які часто виконуються вручну. Тому система опалення повинна забезпечувати рівномірний розподіл тепла, швидку реакцію на зміну теплових навантажень і можливість зонального регулювання.

У побутових приміщеннях – роздягальнях, санвузлах, кімнатах відпочинку персоналу – мікрокліматичні вимоги часто є вищими, ніж у виробничих. Тут необхідно забезпечити комфортні умови, оскільки персонал проводить значну частину часу поза робочими зонами. Підтримання стабільної температури в цих зонах досягається за допомогою ефективних радіаторних

систем, які здатні працювати без значних теплових втрат та забезпечувати оптимальний рівень тепла при мінімальних витратах енергії [1].

Офісні приміщення ювелірного підприємства за своїми теплотехнічними характеристиками наближені до адміністративних будівель. Тут важливу роль відіграє теплова інерційність і можливість точного регулювання температури, що особливо актуально в умовах коливань зовнішньої температури, характерних для кліматичних умов м. Вінниці. Офісна робота передбачає тривале перебування персоналу, тому надмірний перегрів чи недостатній обігрів можуть знижувати продуктивність праці. Для таких приміщень доцільним є використання високоефективних алюмінієвих радіаторів, які забезпечують швидкий прогрів та підвищену тепловіддачу.

Ще одним важливим аспектом є вимоги до мікроклімату та стабільності температури. В ювелірному виробництві температура впливає не лише на комфорт, а й на точність технологічних операцій: наприклад, на властивості металів і сплавів під час обробки. Навіть незначні перепади можуть призвести до деформації виробів або зміни їх фізико-механічних характеристик. У зв’язку з цим система опалення повинна виключати різкі стрибки температури, мати автоматизоване управління та гарантувати рівномірний розподіл тепла в межах кожної зони.

Підвищені вимоги до безпеки є однією з найважливіших характеристик будівель ювелірного виробництва. Опалювальна система повинна бути максимально надійною, з мінімальною ймовірністю аварій, оскільки будь-яке пошкодження мереж або обладнання може призвести як до зупинки виробництва, так і до втрати дорогоцінної сировини. У таких будівлях зазвичай встановлюють системи опалення з примусовою циркуляцією теплоносія, що забезпечує стабільний тиск, відсутність застійних зон та ефективну подачу тепла навіть у періоди пікових навантажень. Для безпеки важливо також передбачати можливість зонового відключення опалення у випадку аварій або регламентних робіт.

Таким чином, специфіка будівель ювелірного виробництва визначає необхідність комплексного підходу до вибору системи опалення, яка повинна відповідати вимогам технологічної стабільності, енергоефективності та безпеки. Розуміння особливостей функціонального зонування та мікрокліматичних умов дає можливість обґрунтовано приймати теплотехнічні рішення і забезпечувати ефективну роботу будівлі в умовах сучасних вимог до енергоощадності [2].

## 1.2 Нормативні вимоги до систем опалення виробничих будівель

Проєктування систем опалення для будівель ювелірного виробництва повинно здійснюватися з урахуванням сучасної нормативної бази, яка визначає вимоги до мікроклімату, теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, параметрів теплоносія та безпеки експлуатації. Основними документами, що регламентують даний процес, є ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» та ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Їх дотримання забезпечує створення комфортних та безпечних умов праці, а також оптимальний рівень енергоефективності системи [9, 17].

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-67:2013, система опалення виробничих будівель повинна забезпечувати підтримання нормативних параметрів мікроклімату відповідно до категорії приміщення та характеру трудового процесу. Для виробничих приміщень ювелірного профілю, де персонал виконує точні та тривалі ручні операції, необхідно забезпечити температуру у межах 16 – 18 °С, що відповідає роботам середньої інтенсивності з високими вимогами до точності. Допускається короткочасне відхилення температури не більше ніж на ±2 °С. Особливо важливо уникати різких перепадів температури, оскільки технологічні процеси обробки металів і дорогоцінного каміння чутливі до мікрокліматичних змін [9].

Вимоги до офісних приміщень, згідно з ДБН та державними санітарними нормами, передбачають підтримання температури на рівні 20–22 °С у холодний період року. Такі умови забезпечують комфорт для працівників, які виконують

малорухливу роботу, та сприяють стабільній продуктивності праці. Важливим показником є також відносна вологість, що повинна становити 40 – 60 % для більшості адміністративних приміщень.

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 визначає кліматичні параметри для розрахунку тепловтрат будівель, що є базовим етапом для вибору системи опалення. Для м. Вінниці характерна розрахункова температура зовнішнього повітря –22 °С, що враховується при визначенні потужності котлів, підборі радіаторів і розрахунку теплових навантажень. Документ також регламентує норми теплоізоляції огороджувальних конструкцій, що забезпечує зниження тепловтрат і, відповідно, зменшення експлуатаційних витрат [17].

Однією з ключових вимог ДБН В.2.5-67:2013 є забезпечення ефективного та рівномірного розподілу тепла у приміщенні. Це досягається шляхом раціонального розташування опалювальних приладів під вікнами або вздовж зовнішніх стін, що сприяє компенсації холодного повітря, яке надходить через світлопрозорі огородження. Крім того, норматив передбачає можливість зонального регулювання температури, що особливо важливо для будівель зі складним функціональним зонуванням, таких як ювелірні виробництва [9].

Норми також регламентують допустимі параметри теплоносія. Для систем водяного опалення з примусовою циркуляцією максимальний тиск не повинен перевищувати 3 МПа, а температура теплоносія зазвичай знаходиться в межах 70 – 95 °С, залежно від типу системи та заданих параметрів. Це узгоджується з характеристиками газових котлів Vaillant, обраних для опалення будівлі ювелірного виробництва, що працюють саме в умовах таких температурно-технічних режимів [3, 6].

Важливим аспектом є вимоги щодо енергоефективності та автоматизації. ДБН визначає, що сучасні системи опалення повинні бути оснащені засобами автоматики для регулювання роботи котлів, насосів і радіаторних терморегуляторів залежно від температури зовнішнього повітря та умов у приміщеннях. Це забезпечує зниження споживання природного газу та підвищує

стабільність мікроклімату, що є критичним для технологічних процесів ювелірного виробництва.

Таким чином, нормативні документи встановлюють комплекс вимог, що визначають параметри мікроклімату, умови проєктування та експлуатації систем опалення виробничих і офісних зон. Дотримання цих норм є необхідною умовою створення енергоефективної, надійної та безпечної системи теплопостачання будівлі ювелірного виробництва, що відповідає сучасним вимогам та технологічним потребам галузі.

## 1.3 Аналіз наявних та перспективних систем опалення для виробничих будівель

Вибір оптимальної системи опалення для виробничих будівель визначається специфікою технологічних процесів, вимогами до мікроклімату та критеріями енергоефективності. Сучасні промислові об’єкти потребують систем, здатних підтримувати стабільну температуру, рівномірний розподіл тепла та мінімізувати витрати енергоресурсів. Розглянемо основні типи систем опалення та їхні характеристики з точки зору застосування у виробничих будівлях.

**Водяне радіаторне опалення**

Водяне радіаторне опалення є найпоширенішим видом теплопостачання в виробничих та офісних приміщеннях. Воно забезпечує рівномірний прогрів приміщень та високий комфорт для персоналу. Основні переваги такої системи полягають у простоті монтажу, можливості зонального регулювання температури та сумісності з різними джерелами тепла, включно з конденсаційними котлами, газовими або електричними агрегатами. Недоліком є велика інертність системи – швидко змінити температуру в приміщенні складно, що іноді обмежує її застосування у залах з високою динамікою теплового навантаження. Для підвищення енергоефективності сучасні системи обладнуються терморегулюючими клапанами та циркуляційними насосами із

змінною частотою обертання, що дозволяє оптимізувати витрати енергії залежно від реального теплового навантаження [3].

**Повітряне опалення**

Повітряні системи опалення застосовуються у виробничих приміщеннях з великими об’ємами або високими стелями. Вони передбачають нагрів припливного повітря, яке рівномірно розподіляється по приміщенню через повітроводи та дифузори. Такі системи мають низку переваг: швидке досягнення заданої температури, можливість інтеграції з вентиляцією та кондиціюванням, а також просте використання альтернативних джерел енергії. Однак вони часто характеризуються підвищеними втратами тепла через повітропроводи та нижчим рівнем локального комфорту, що потребує ретельного розрахунку швидкостей повітря та зонування приміщень [4].

**Панельні системи опалення**

Панельні системи, включно з підлоговим, настінним та стельовим опаленням, дозволяють забезпечити рівномірне прогрівання приміщень із мінімальними конвективними потоками. У виробничих будівлях вони можуть застосовуватися для створення комфортних умов у зонах високої концентрації персоналу або в офісних приміщеннях. Панельні системи відзначаються високим коефіцієнтом корисної дії, низьким енергоспоживанням та можливістю поєднання з низькотемпературними джерелами тепла, включаючи теплові насоси [2].

**Теплові насоси та комбіновані рішення**

Перспективним напрямом є застосування теплових насосів, які дозволяють значно скоротити споживання традиційних енергоресурсів, використовуючи енергію зовнішнього повітря, ґрунту або води. Такі системи ефективні для об’єктів із стабільним тепловим навантаженням і можуть поєднуватися з іншими джерелами тепла у комбінованих схемах. Наприклад, частина опалення може здійснюватися тепловим насосом, а пікові навантаження покривати котлами. Комбіновані системи дозволяють оптимізувати витрати

палива та забезпечити гнучкість управління мікрокліматом у різних зонах виробничих приміщень [5].

**Порівняння систем за енергоефективністю**

За показником енергоефективності та вартості експлуатації водяне радіаторне опалення залишається традиційно ефективним рішенням для більшості виробничих будівель. Повітряні системи забезпечують швидкий прогрів та інтеграцію з вентиляцією, проте потребують додаткових заходів щодо тепловтрат і комфортності. Панельні системи дозволяють максимально використовувати низькотемпературні джерела тепла та зменшують конвективні втрати, що робить їх ефективними для зон з персоналом. Теплові насоси та комбіновані системи забезпечують найвищий рівень енергоефективності за рахунок використання відновлюваних джерел і інтеграції з іншими джерелами тепла, проте потребують значних початкових інвестицій і складнішого управління.

Таким чином, вибір системи опалення для виробничих будівель повинен базуватися на поєднанні критеріїв енергоефективності, вимог до мікроклімату, специфіки технологічних процесів та економічної доцільності. У перспективі комбіновані рішення та інтеграція відновлюваних джерел енергії стають найбільш перспективним напрямом для забезпечення стабільного, економного та екологічно безпечного опалення виробничих приміщень [7].

## 1.4 Енергоефективні рішення в системах опалення для будівель ювелірного виробництва

Енергоефективність систем опалення в будівлях ювелірного виробництва має важливе значення, оскільки такі об’єкти поєднують теплові режими різних типів приміщень – виробничих, офісних та побутових. Крім того, у ювелірному виробництві присутні технологічні процеси, чутливі до коливань температури та вологості, що вимагає забезпечення стабільного мікроклімату та оптимізації споживання енергоресурсів. Сучасний підхід до проєктування систем опалення

формується не лише технічними факторами, але й вимогами державної політики енергоефективності. Прийняття в 2021 році Закону України «Про енергоефективність» та впровадження з 2025 року стандартів nZEB (будівель із майже нульовим енергоспоживанням) визначили нові вимоги до теплотехнічних рішень у промислових та виробничих будівлях.

Одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності є удосконалення огороджувальних конструкцій будівлі. Використання теплоізоляційних матеріалів із низькою теплопровідністю, багатокамерних віконних систем, повітронепроникних стиків та енергоефективних дверних блоків дозволяє істотно зменшити тепловтрати крізь зовнішні конструкції. Вимоги до мінімального опору теплопередачі встановлюються чинними будівельними нормами та узгоджуються з європейськими підходами відповідно до Національного плану підвищення енергоефективності. Для виробничих будівель, де важливо забезпечити стабільні температурні умови, такі заходи є критично необхідними, оскільки вони знижують навантаження на систему опалення та підвищують її загальну ефективність.

Другим важливим аспектом є застосування сучасних приладів та обладнання систем опалення, орієнтованих на максимальну ефективність. Енергоефективні котли, радіатори з підвищеною тепловіддачею, низькотемпературні системи, автоматичне регулювання потужності та використання конденсаційних технологій у теплогенераторах дозволяють істотно знизити витрати палива. Закон України «Про енергоефективність» встановлює вимоги до енергетичної сертифікації будівель, що стимулює використання обладнання з підвищеним ККД. Крім того, великі підприємства, відповідно до закону, зобов’язані проходити енергоаудит або впроваджувати системи енергоменеджменту, що сприяє оптимізації режимів роботи теплотехнічного обладнання [8].

Особливу роль відіграє впровадження систем автоматизації та диспетчеризації. Використання погодозалежного регулювання, терморегуляторів на приладах опалення, датчиків присутності,

автоматизованого контролю температури та графіків роботи обладнання дозволяє підтримувати мікроклімат в оптимальних межах і зменшити непродуктивне споживання енергоресурсів. У державних програмах енергоефективності до 2027 року передбачено стимули для впровадження систем енергетичного моніторингу та автоматизації у комунальних і промислових будівлях, що робить такі рішення пріоритетними. Це також сприяє стабільності температурних режимів, що важливо для ювелірних технологій – механічної обробки, термообробки, пайки та контролю якості.

Одним із напрямів підвищення енергоефективності є використання відновлюваних джерел енергії або вторинних теплових ресурсів. З огляду на впровадження стандартів nZEB, нові та модернізовані будівлі мають забезпечувати часткове покриття потреб у теплі за рахунок відновлюваних джерел. У виробничих об’єктах доцільно інтегрувати теплові насоси, сонячні колектори, системи рекуперації тепла вентиляційного повітря. Такі рішення дозволяють підвищити загальний ККД систем теплопостачання, зменшити залежність від природного газу та виконати вимоги державної політики енергозбереження.

Важливо також оптимізувати систему розподілу тепла в будівлі. Гідравлічне балансування, правильний підбір діаметрів трубопроводів, використання енергоощадних насосів, адаптивне регулювання циркуляції та зонування системи опалення дозволяють уникнути нерівномірності прогрівання приміщень. З 2026 року органи місцевого самоврядування повинні мати локальні енергетичні плани (LEP), що стимулює переходити до сучасних схем теплопостачання з автоматизованим та зональним керуванням для оптимізації енергоспоживання у виробничих об’єктах.

Таким чином, енергоефективні рішення в системах опалення будівель ювелірного виробництва формуються під впливом як технічних вимог виробництва, так і державної політики України у сфері енергозбереження. Сучасні ізоляційні матеріали, високоефективне обладнання, автоматизовані системи управління та відновлювані джерела теплової енергії дозволяють

забезпечити стабільність технологічних процесів, зменшити тепловтрати та гарантувати економічно обґрунтовану експлуатацію будівель відповідно до чинних законів і програм енергоефективності.

### 1.5 Обґрунтування вибору радіаторної системи опалення

При проєктуванні систем опалення для виробничих будівель ювелірного виробництва ключовим завданням є забезпечення стабільного та рівномірного прогріву приміщень різного функціонального призначення – виробничих цехів, офісних та побутових зон. У цьому контексті радіаторна система опалення є найбільш ефективним і доцільним варіантом, особливо у будівлях із індивідуальними тепловими пунктами.

Радіаторне опалення забезпечує ряд переваг, які роблять його оптимальним для умов ювелірного виробництва. По-перше, воно дозволяє створити комфортний температурний режим у всіх типах приміщень завдяки можливості зонального регулювання тепловіддачі окремих радіаторів. Це важливо, оскільки виробничі цехи та офісні зони мають різні теплові навантаження та вимоги до мікроклімату. Радіатори з високою тепловіддачею, зокрема алюмінієві та сталеві секційні, дозволяють ефективно передавати тепло у приміщення, зменшуючи потребу в надмірному підігріві теплоносія та, відповідно, знижуючи витрати енергії [1, 3].

По-друге, радіаторна система легко інтегрується з індивідуальними тепловими пунктами, які забезпечують автономний контроль теплопостачання для різних поверхів або зон будівлі. Така конфігурація дозволяє регулювати подачу тепла залежно від потреб конкретного приміщення, що особливо актуально для ювелірних цехів, де точне підтримання температурного режиму впливає на якість виробничих процесів, таких як пайка, полірування або механічна обробка металів. Індивідуальні теплові пункти також забезпечують економію енергоресурсів, оскільки дозволяють скоригувати теплове навантаження без потреби підігрівати всю будівлю одночасно [2].

Ще однією важливою особливістю є можливість організації примусової циркуляції теплоносія. Використання насосного обладнання забезпечує рівномірний рух гарячої води по всіх стояках і гілках системи, що дозволяє уникнути нерівномірного прогріву приміщень і підвищити стабільність температурного режиму. Примусова циркуляція особливо критична для ювелірних цехів, де відхилення температури навіть на кілька градусів може негативно вплинути на технологічні процеси та якість готової продукції. Крім того, насосне забезпечення дозволяє працювати з довшими магістралями та багаторівневими схемами розподілу тепла, що характерно для багатоповерхових виробничих будівель [7].

Радіаторні системи також відзначаються високим рівнем енергоефективності при поєднанні з сучасними джерелами тепла. Використання конденсаційних котлів, теплових насосів або комбінованих схем забезпечує максимальне використання теплової енергії та зменшує споживання газу чи електроенергії. Автоматизовані терморегулятори та погодозалежне керування дозволяють підтримувати оптимальну температуру в різних зонах, мінімізуючи перевитрати теплової енергії та забезпечуючи економічно обґрунтовану експлуатацію системи.

Серед інших переваг радіаторної системи варто відзначити простоту монтажу та обслуговування. Сучасні радіатори мають компактну конструкцію, різні типорозміри та можливість інтеграції з іншими видами опалення, що дозволяє адаптувати систему під конкретні архітектурні та технологічні умови будівлі. Крім того, при правильному балансуванні та гідравлічному розрахунку система забезпечує стабільну роботу без надмірного шуму та коливань тиску.

Таким чином, вибір радіаторної системи опалення для виробничих будівель ювелірного виробництва обґрунтований з точки зору технічної ефективності, енергоощадності та технологічної безпеки. Поєднання індивідуальних теплових пунктів, примусової циркуляції теплоносія та сучасного обладнання дозволяє забезпечити стабільний мікроклімат, знизити енергоспоживання та підтримувати високу якість виробничих процесів.

Радіаторне опалення залишається оптимальним вибором для об’єктів з багаторівневими планувальними схемами та високими вимогами до точності підтримання температурного режиму.

### 1.6 Характеристика та обґрунтування вибору нагрівальних приладів

Вибір нагрівальних приладів є одним із ключових факторів забезпечення ефективного та економічного опалення будівель ювелірного виробництва. Оптимальні прилади повинні забезпечувати стабільний мікроклімат, високу тепловіддачу та відповідати специфічним вимогам до функціональних зон приміщень — офісних, виробничих та побутових. Для реалізації цих завдань у проєкті обрано два типи радіаторів: алюмінієві секційні Radena для офісних зон та сталеві радіатори KORADO типу VK10 для побутових приміщень.

**Алюмінієві секційні радіатори Radena для офісних зон**

Алюмінієві радіатори Radena (Італія) відзначаються високою тепловіддачею, яка на 15–25% перевищує аналогічні чавунні прилади. Завдяки легкій конструкції та модульності секцій, вони дозволяють гнучко підбирати необхідну потужність для кожного приміщення. Високий коефіцієнт теплопередачі забезпечує швидкий прогрів повітря в офісних зонах, створюючи комфортний мікроклімат для персоналу. Крім того, алюмінієві радіатори відзначаються корозійною стійкістю та тривалим терміном служби, що робить їх надійним рішенням для багатоповерхових будівель із індивідуальними тепловими пунктами. Сучасний дизайн Radena дозволяє інтегрувати прилади в інтер’єр офісних приміщень без порушення естетики, що також важливо для престижних виробничих об’єктів [1].

**Радіатори KORADO типу VK10 для побутових приміщень**

Для побутових зон та допоміжних приміщень вибір припав на сталеві панельні радіатори KORADO типу VK10 500. Ці прилади характеризуються високою надійністю та простотою обслуговування. Сталеві радіатори забезпечують рівномірний прогрів повітря, відрізняються низькою інерційністю

та здатні швидко адаптуватися до змін теплового навантаження. Вони мають тривалий термін служби та стійкість до гідроударів, що забезпечує безперебійну експлуатацію побутових приміщень, де комфорт персоналу є важливим фактором. Крім того, панельна конструкція VK10 дозволяє легко інтегрувати регулювальні пристрої та терморегулятори, що сприяє економії енергії [2].

**Порівняння характеристик**

Порівнюючи обидва типи радіаторів, можна виділити кілька ключових аспектів:

- Тепловіддача: алюмінієві Radena мають вищу тепловіддачу та швидше реагують на зміни температури, що робить їх оптимальними для офісних зон із постійною присутністю персоналу. Сталеві KORADO відрізняються рівномірним, але більш повільним прогріванням, що підходить для побутових приміщень з меншими вимогами до швидкості нагріву.
- Надійність та термін служби: обидва типи радіаторів мають тривалий ресурс, проте алюмінієві прилади потребують контролю за якістю теплоносія через можливу корозію при неправильній експлуатації, тоді як сталеві радіатори більш стійкі до гідроударів та забрудненої води.
- Дизайн та інтеграція: Radena пропонують більшу варіативність оформлення, що важливо для офісних зон, тоді як KORADO більш утилітарні та функціональні для технічних або побутових приміщень.

**Вплив вибору приладів на економію енергії**

Використання радіаторів із високою тепловіддачею та можливістю точного регулювання температури безпосередньо впливає на економію енергії. Алюмінієві Radena дозволяють зменшити час прогріву приміщення та оптимізувати роботу котлів, що знижує споживання палива. Сталеві KORADO у поєднанні з терморегуляторами та зональним управлінням забезпечують підтримання комфортної температури з мінімальними перевитратами. Разом ці рішення дозволяють створити систему опалення, яка відповідає технічним і економічним вимогам сучасних виробничих будівель ювелірного профілю [3].

## 1.7 Розміщення та характеристика теплових пунктів

Теплові пункти є ключовими елементами системи опалення виробничих будівель, оскільки забезпечують перетворення та подачу теплової енергії від джерела до кінцевих споживачів, підтримуючи необхідний температурний режим у всіх функціональних зонах. Вирішальним фактором ефективності системи є правильне розташування теплових пунктів та організація магістральних трубопроводів, що дозволяє оптимізувати розподіл тепла і знизити втрати енергії.

У багатоповерхових виробничих будівлях ювелірного профілю обґрунтованим є розташування теплових пунктів на першому та четвертому поверхах. Розміщення на першому поверсі дозволяє ефективно обслуговувати нижні виробничі та побутові приміщення, забезпечуючи короткі магістралі подачі та зворотного трубопроводу, що зменшує гідравлічні втрати та підвищує ККД системи. Тепловий пункт на четвертому поверсі обслуговує верхні офісні та виробничі зони, дозволяючи рівномірно розподілити теплове навантаження та забезпечити стабільну температуру без значних перепадів між поверхами. Така схема розташування дозволяє організувати систему зонального регулювання, що критично важливо для підтримки комфортного мікроклімату та економного використання енергії [11].

Схеми подачі та зворотного трубопроводу вибираються з урахуванням принципу прямого та зворотного потоку, що забезпечує рівномірний нагрів усіх приладів опалення та зменшує гідравлічний опір. Для багатоповерхових систем доцільним є застосування стоякової схеми з горизонтальними розподільчими магістралями на поверхах, що дозволяє підключати радіатори з мінімальними втратами тепла та забезпечує гідравлічне балансування системи. Використання колекторів та розподільних вузлів забезпечує точне регулювання подачі теплоносія до окремих приміщень, підвищуючи ефективність опалення та комфортність мікроклімату.

Особлива увага приділяється вимогам до безпеки та доступності теплових пунктів. Вони повинні бути обладнані системами захисту від підвищеного тиску, перегріву та аварійного відключення, а також мати легкий доступ для технічного обслуговування. Важливим є розташування теплообмінників, насосів та арматури у зоні, де забезпечено достатній простір для ремонту та заміни обладнання, що підвищує надійність системи та зменшує ризик аварій. Доступність теплових пунктів також важлива для швидкого реагування у разі непередбачених ситуацій, що гарантує безперебійну роботу системи опалення та безпеку персоналу.

Таким чином, обґрунтоване розташування теплових пунктів на першому та четвертому поверхах у поєднанні з грамотно спроєктованими схемами подачі та зворотного трубопроводу дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тепла, стабільний мікроклімат у всіх зонах будівлі та ефективне використання енергоресурсів. Дотримання вимог безпеки, доступності та можливості обслуговування підвищує надійність експлуатації системи і забезпечує її економічну доцільність на тривалий термін.

### 1.8 Обґрунтування вибору джерела теплопостачання

Вибір джерела теплопостачання є одним із найважливіших етапів проєктування системи опалення виробничих будівель ювелірного профілю. Він визначає ефективність роботи всієї системи, економічну доцільність експлуатації та здатність забезпечувати стабільний мікроклімат у приміщеннях різного функціонального призначення. Для багатоповерхової будівлі ювелірного виробництва оптимальним рішенням стало застосування двох газових котлів Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H потужністю 36 кВт кожен. Такий вибір обґрунтований як технічно, так і економічно, з урахуванням специфіки об’єкта та вимог до стабільного теплопостачання.

По-перше, двокотлова схема забезпечує надійність та резервування системи. Кожен котел обслуговує два поверхи, що дозволяє рівномірно

розподілити теплове навантаження та уникнути перевантаження окремого агрегату. У разі планового обслуговування або аварійної зупинки одного котла другий продовжує забезпечувати опалення необхідних приміщень, що підвищує експлуатаційну надійність системи та гарантує безперервність роботи виробничих і офісних зон. Така схема також дозволяє оптимально регулювати потужність залежно від теплового навантаження на кожен поверх, знижуючи енергоспоживання у періоди часткової завантаженості будівлі.

По-друге, котли Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H відзначаються високою ефективністю та надійністю. Вони оснащені сучасною автоматикою, яка забезпечує точний контроль температури теплоносія, оптимальне споживання газу та інтеграцію з системами зонального регулювання. Використання конденсаційних технологій дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) до 93–94%, що значно перевищує показники традиційних водогрійних котлів. Високий ККД котлів забезпечує максимальне використання теплової енергії палива, зменшуючи теплові втрати та витрати на експлуатацію системи. Крім того, котли мають низький рівень шкідливих викидів та відповідають сучасним екологічним стандартам, що важливо для промислових об’єктів у містах.

Особливу увагу приділено відповідності котлів вимогам до тиску та умовам примусової циркуляції теплоносія. Котли Vaillant серії VUW INT спроєктовані для роботи при тиску в мережі до 3 МПа, що дозволяє ефективно обслуговувати багатоповерхові будівлі та забезпечувати стабільну подачу теплоносія до всіх радіаторів. Примусова циркуляція є необхідною умовою для підтримання рівномірного розподілу тепла, особливо у виробничих приміщеннях з різними тепловими навантаженнями та високими вимогами до точності підтримання температури. Насоси циркуляційної системи забезпечують стабільний рух води по стояках і магістралях, усуваючи ризик нерівномірного прогріву поверхів та зниження комфорту для персоналу.

Вибір газових котлів також обумовлений економічними факторами. Природний газ є доступним та відносно недорогим видом палива в Україні, а

сучасні конденсаційні котли дозволяють значно знизити витрати на опалення у порівнянні з електричними або традиційними водогрійними агрегатами. Автоматизація роботи котлів забезпечує гнучке регулювання потужності залежно від погодних умов і фактичного теплового навантаження, що сприяє додатковій економії енергоресурсів.

Таким чином, обґрунтований вибір двох котлів Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H по 36 кВт кожен забезпечує надійність, стабільність і високий ККД системи опалення багатоповерхової будівлі ювелірного виробництва. Розподіл навантаження між котлами, відповідність вимогам до тиску та організація примусової циркуляції гарантують рівномірний прогрів всіх приміщень, економію енергії та безперервність теплопостачання, що є критично важливим для підтримання технологічних процесів та комфортного мікроклімату у виробничих і офісних зонах.

## 1.9 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи опалення

Обґрунтування вибору системи опалення для виробничих будівель ювелірного профілю включає комплексний аналіз технічних та економічних аспектів, порівняння з альтернативними рішеннями та оцінку енергоефективності обраної схеми. Основною метою є визначення оптимальної системи, яка забезпечує стабільний мікроклімат, економне використання енергоресурсів і надійність експлуатації.

Для багатоповерхових виробничих об’єктів можливі кілька основних варіантів опалення [12]:

1. Електричне опалення: забезпечує швидкий прогрів приміщень і точне регулювання температури, однак має високі експлуатаційні витрати через дорожнечу електроенергії. Крім того, електричні прилади обмежені у потужності та вимагають посиленої електропідводки, що підвищує капітальні витрати.

2. Теплові насоси: забезпечують високий рівень енергоефективності за рахунок використання відновлюваних джерел енергії. Вони здатні значно

зменшити витрати на опалення, проте початкові інвестиції досить високі, а ефективність залежить від умов зовнішнього середовища і типу будівлі. Для об’єктів з багаторівневою плануванням та великими виробничими залами інтеграція теплового насоса може вимагати складного проєктування та комбінованих схем опалення.

3. Повітряне опалення: ефективне для приміщень із великим об’ємом та високими стелями, дозволяє швидко регулювати температуру, але характеризується підвищеними втратами тепла через повітропроводи і низьким рівнем локального комфорту, що потребує додаткових витрат на контроль температури та зонування.

Обрана водяна радіаторна система опалення з двома газовими котлами Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H по 36 кВт поєднує переваги стабільного та рівномірного прогріву приміщень, можливість зонального регулювання та економічну ефективність. Вона забезпечує оптимальну інтеграцію з індивідуальними тепловими пунктами, дозволяє підтримувати примусову циркуляцію теплоносія і відповідає вимогам до тиску в мережі до 3 МПа.

Вибрана система характеризується високим ККД, можливістю зонального регулювання та оптимальним балансом між потужністю котлів і потребами приміщень. Використання сучасних радіаторів з високою тепловіддачею та систем автоматизації дозволяє підтримувати задану температуру без перевитрат палива. Примусова циркуляція теплоносія забезпечує рівномірний прогрів та мінімальні гідравлічні втрати, що також підвищує енергоефективність системи.

Порівняльний аналіз показав, що водяна радіаторна система з газовими котлами є оптимальним рішенням за комплексом критеріїв «витрати – ефективність – надійність». Вона поєднує економічну експлуатацію, стабільну роботу у багаторівневих виробничих приміщеннях, високий ККД котлів та можливість інтеграції з системами автоматичного регулювання. Використання цієї системи дозволяє забезпечити комфортний мікроклімат для персоналу,

стабільність температурних режимів у виробничих процесах і досягти значної економії енергоресурсів порівняно з альтернативними варіантами [11].

**Висновки до розділу 1**

1. Ювелірні виробничі будівлі характеризуються специфічними технологічними процесами, які потребують підтримки стабільного мікроклімату, оптимальної температури та вологості. Це визначає необхідність застосування високоефективних систем опалення та вентиляції, які здатні забезпечити рівномірний розподіл тепла у всіх робочих приміщеннях та зонах підвищеної чутливості обладнання.

2. Дотримання державних будівельних норм та стандартів (ДБН, ДСТУ) є обов’язковою умовою для забезпечення безпеки працівників і збереження технологічного обладнання. Вибір системи опалення та її параметрів повинен враховувати встановлені межі температурних режимів, допустимі тепловтрати та вимоги до енергоефективності, що дозволяє запобігти перевитраті енергоресурсів і підвищити надійність експлуатації.

3. Сучасні водяні системи опалення залишаються основним рішенням для промислових будівель завдяки простоті конструкції та ефективності при централізованому теплопостачанні. Перспективними напрямами є застосування теплових насосів, конденсаційних котлів та комбінованих систем, які дозволяють значно підвищити енергоефективність, знизити витрати газу та електроенергії, а також забезпечити можливість адаптації системи під змінні теплові навантаження.

4. Для оптимізації енергоспоживання доцільно застосовувати сучасні теплоізоляційні матеріали, радіатори з високим коефіцієнтом тепловіддачі та автоматизоване управління подачею тепла. Також ефективним рішенням є зональне регулювання температури відповідно до потреб конкретних виробничих ділянок, що дозволяє суттєво скоротити тепловтрати та зменшити експлуатаційні витрати без зниження комфорту та безпеки умов праці.

5. Радіаторна система з примусовою циркуляцією води забезпечує рівномірний розподіл тепла по всіх приміщеннях, дозволяє легко регулювати температуру окремих зон та підвищує ефективність використання енергії. Така система є надійною, проста у монтажі та обслуговуванні, що робить її оптимальним варіантом для будівель із постійним тепловим навантаженням.

6. Використання сталевих і алюмінієвих радіаторів обґрунтоване їх високою тепловіддачею, механічною міцністю та довговічністю. Вибір конкретного типу радіаторів та їх потужності здійснювався з урахуванням площі приміщень, теплових втрат та технологічних особливостей виробничих ділянок, що забезпечує надійність та економічність системи.

7. Раціональне розташування теплових пунктів дозволяє забезпечити рівномірну подачу тепла до всіх зон будівлі та підтримувати гідравлічний баланс у системі. Встановлення теплових пунктів у легкодоступних місцях забезпечує оперативне обслуговування, контроль температури та тиску, а також скорочує втрати тепла під час транспортування теплоносія, підвищуючи ефективність роботи системи в цілому.

8. Використання газових котлів Vaillant із резервним джерелом тепла забезпечує стабільність та безперервність теплопостачання виробничих приміщень. Високий ККД котлів дозволяє економно використовувати енергоресурси, а можливість резервування гарантує надійність системи навіть у разі відключення основного джерела, що важливо для підтримки безперервного технологічного процесу.

9. Проведений техніко-економічний аналіз підтвердив оптимальність обраної системи опалення за параметрами ефективності, вартості монтажу та експлуатаційних витрат. Система забезпечує необхідний мікроклімат у приміщеннях, економію енергоресурсів, зручність у керуванні та обслуговуванні, а також відповідає всім сучасним нормативним вимогам, що робить її доцільною для впровадження у виробничих будівлях ювелірного профілю.

# 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

## 2.1 Вихідні дані для проєктування

В якості об’єкта для проєктування вибрана чотирьохповерхова будівля ювелірного виробництва у м. Вінниця, в якій передбачається радіаторне опалення від теплових пунктів розміщених на першому і четвертому поверхах. Освітлення в приміщеннях суміщене.

Так як м. Вінниця знаходиться в І кліматичному районі [18], то для огороджуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, перекриттів) використовують певні опори теплопередачі $R_o$, що наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Опори теплопередач захисних конструкцій $м^2 {}^oС/Вт$

| Найменування | Значення опору теплопередачі, $R_o$, $м^2 {}^o С/Вт$ |
|---|---|
| Зовнішня стіна | 4,0 |
| Підлога | 5,0 |
| Перекриття | 6,0 |
| Вікно подвійне металопластикове | 0,9 |
| Двері | 0,7 |

## 2.2 Вибір параметрів зовнішнього повітря

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаються в залежності від положення об’єкту будівництва для холодного періоду року. Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря проводиться для холодного періоду – температура для найхолоднішої п’ятиденки забезпеченістю 0,92. Тривалість опалювального періоду – 187 діб. Всі дані зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри зовнішнього повітря [13]

| Період року | tз, $^0$C | φ, % | $\upsilon_B$, м/с |
|---|---|---|---|
| Холодний | -21 | 85 | 3,9 |

## 2.3 Теплотехнічний розрахунок огороджуючих конструкцій будівлі

Кінцевою метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнта теплопередачі окремих огороджувальних конструкцій будинку.

Виходячи із $R_0$ підбираємо товщину шарів матеріалів для кожної огороджувальної конструкції. Кожна огороджувальна конструкція, як правило, повинна складатися з несучого шару матеріалу (цегли, залізобетонної плити перекриття) і шару утеплювача [20].

Термічний опір підібраної огороджувальної конструкції $R_0^ф$ повинен бути не менше від $R_0$ , тобто повинна виконуватися умова: $R_0^ф \geq R_0$. Для цього необхідно розрахувати товщину шарів матеріалу і підібрати відповідну товщину шару утеплювачу.

Параметри внутрішнього повітря вибираємо для кожного приміщення і періоду року в залежності від категорії важкості робіт з урахуванням забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов [16]. Розрахункові параметри внутрішнього повітря наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри внутрішнього повітря

| Приміщення | Категорія робіт | Період року | Допустимі | | | Розрахункові | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $t_в, °C$ | $\varphi, \%$ | $\upsilon, \frac{м}{с}$ | $t_в, °C$ | $\varphi, \%$ | $\upsilon, \frac{м}{с}$ |
| Офіс | Легкі (Іа) | Теплий | 23-25 | 75 | 0,2 | 23 | 60 | 0,1 |
| | | Холод. | 22-24 | 75 | 0,1 | 22 | 60 | 0,1 |
| Майстерня | Легкі (Іб) | Теплий | 22 | 75 | 0,3 | 22 | 60 | 0,2 |
| | | Холод. | 21-23 | 75 | 0,2 | 21 | 60 | 0,1 |

### 2.3.1 Теплотехнічний розрахунок теплопередачі зовнішніх стін першого типу

Кінцевою метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнту теплопередачі окремих огороджуючих конструкцій будинку.

Необхідний термічний опір огородження $R_0^n = 4\,м^2 \cdot {}^0\,C/Вт$. Виходячи із $R_0^n$ підбирають конструкцію (товщину шарів матеріалів) кожного огородження окремо.

Виконаємо розрахунок опору теплопередачі зовнішніх стін будівлі та підберемо оптимальну товщину утеплювача. В якості утеплювача використаємо базальтові мінераловатні плити Rockwool, яка має наступні теплотехнічні характеристики: коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{ут}$=0,041 Вт/м·°С, коефіцієнт теплозасвоєння S=0,61 Вт/(м·°С), коефіцієнт паропроникності μ=0,41 мг/(м·год·Па).

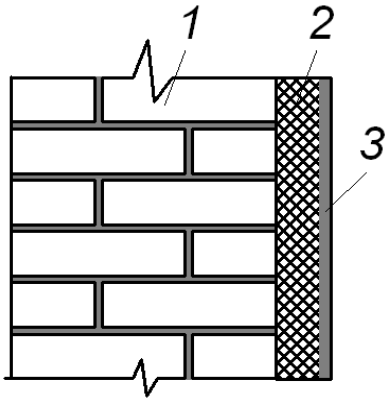



Рисунок 2.1 – Схема для розрахунку коефіцієнта теплопередачі зовнішньої стіни першого типу: 1 – цегла глиняна звичайна; 2 – теплоізоляція (мінеральна вата); 3 – штукатурка 15 мм

Теплофізичні характеристики матеріалів зовнішньої стіни першого типу:
1 – цегла глиняна звичайна: $\delta_1$ = 0,380 м; $\lambda_1$ = 0,81 Вт/(м · °С);
2 – плити із мінвати: $\lambda_2$ = 0,041 Вт/(м · °С);
3 – штукатурки з вапняно-піщаного розчину: $\delta_3$ = 0,015 м; $\lambda_3$ = 0,697 Вт/(м · °С).

Виходячи з умови $R_0 \le R_0^{ф} = 4$ м$^{2o}$С/Вт знаходимо необхідний термічний опір утеплювача [20]:

$$R_{ут} = R_0 - \left[\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_з}\right] = \\ = 4 - (0{,}115 + 0{,}38/0{,}81 + 0{,}015/0{,}697 + 0{,}043) = \\ = 3{,}61\left(\frac{м^2 \cdot {}^{o}C}{Вт}\right). \quad (2.1)$$

В якості утеплювача приймаємо плити із мінвати з $\lambda = 0{,}045$ Вт/м$^{o}$С, тоді необхідна його товщина:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 3{,}61 \cdot 0{,}041 = 0{,}14(м). \quad (2.2)$$

Приймаємо товщину шару утеплювача 0,15 м.

Перерахуємо необхідний термічний опір для стіни із шаром утеплювачу товщиною 0,15 м:

$R_0^{ф} = 0{,}115 + 0{,}38/0{,}81 + 0{,}15/0{,}041 + 0{,}015/0{,}697 + 0{,}043 = 4{,}31$ (м$^{2o}$С/Вт).

Тоді коефіцієнт теплопередачі для зовнішньої стіни першого типу становитиме:

$$К = 1 / 4{,}31 = 0{,}23(Вт/м^{2o}С).$$

### 2.3.2 Теплотехнічний розрахунок теплопередачі зовнішніх стін другого типу

Виконаємо розрахунок опору теплопередачі зовнішньої стіни другого типу, яка конструктивно виконана з таких матеріалів: 1 – внутрішня штукатурка; 2 – термоблок 250 мм, який заповнений бетоном на керамзитовому піску – 3; 4 – теплоізоляція (мінераловатні плити Rockwool типу FASROCK); 5 – гідроізоляція; 6 – сайдинг.

Теплофізичні характеристики матеріалів зовнішньої стіни другого типу:

1 – штукатурка з вапняно-піщаного розчину: $\delta_1 = 0{,}015$ м; $\lambda = 0{,}697$ Вт/(м · °С);

2 – термоблок (дві стінки по 50 мм): $\delta_2 = 2 \cdot 0{,}050 = 0{,}10$ м, $\lambda_2 = 0{,}043$ Вт/(м·°С);

3 – бетоном на керамзитовому піску): $\delta_3$=0,25-0,10=0,15 м, $\lambda_3$=0,52 Вт/(м·°С);

4 – мінераловатні плити: $\lambda_4$ = 0,041 Вт/(м · °С).

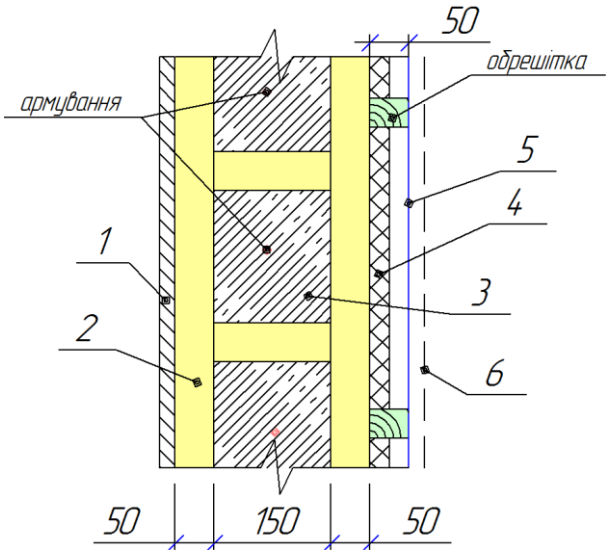



Рисунок 2.2 – Схема для розрахунку коефіцієнта теплопередачі стіни другого типу

Виходячи з умови $R_0 \le R_0^{ф}$ = 4 м$^{2o}$С/Вт знаходимо необхідний термічний опір утеплювача:

$$R_{ут} = R_0 - \left[\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_з}\right] =$$
$$= 4 - (0{,}115 + 0{,}015/0{,}697 + 0{,}1/0{,}043 + 0{,}15/0{,}52 + 0{,}043) = \quad (2.3)$$
$$= 1{,}21\left(\frac{м^2 \cdot {}^{o}C}{Вт}\right).$$

Необхідна товщина шару утеплювача [6]:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 1{,}21 \cdot 0{,}041 = 0{,}049(м). \quad (2.4)$$

Приймаємо товщину шару утеплювача 0,05 м.

Перерахуємо необхідний термічний опір для стіни із шаром утеплювачу товщиною 0,05 м:

$R_0^{ф}$ = 0,115+0,015/0,697+0,1/0,043+0,15/0,52+0,05/0,041+0,043 =

= 4,1(м$^{2o}$С/Вт).

Тоді коефіцієнт теплопередачі для зовнішньої стіни другого типу становитиме:

$$К = 1 / 4,1 = 0,24(Вт/м^{2o}С).$$

### 2.3.3 Підбір вікон та дверей

Через негерметичність вікон та дверей приміщення втрачає до 50% тепла. Щоб запобігти цьому, рекомендовано утеплення та герметизація щілин вікон та дверей по периметру. Найкраще для цього підходить поліуританова піна. В даному проєкті застосовано дерев'яні вікна з потрійним склінням «Terminus», фактичне значення опору теплопередачі яких становить $R_0$=1 м$^2$ $^0$С/Вт.

Фактичний термічний опір більший за нормативний, тобто 1>0,9, то вимога вважається виконаною.

Коефіцієнт теплопередачі вікна: k= 1/ $R_0$ = 1/1 = 1 (м$^2$ $^0$С/Вт).

### 2.3.4 Теплотехнічний розрахунок теплопередачі покриття

Рисунок 2.3 – Схема для розрахунку коефіцієнта теплопередачі мансардної покрівлі

Теплофізичні характеристики матеріалів покрівлі:

1 – підшивний матеріал (гіпсокартонні листи): $\delta_1$=0,025 м, $\lambda_1$=0,21 (м$^2$ $^0$С/Вт);

2 – пароізоляція (захищає утеплювач від зволоження проникаючими із приміщення водяними парами) – оскільки вона не впливає на термічний опір перекриття то її в розрахунок не враховуємо;

3 – утеплювач (мінеральна вата): $\lambda_{ут}$=0,04 Вт/(м·°К);

4 – гідроізоляція: $\delta_4$=0,003 м, $\lambda_4$=0,17 Вт/(м ·°К);

5 – так, як між гідроізоляцією і покривним матеріалом є провітрюваний прошарок, наявність якого забезпечує обрешітка, то термічний опір покривного матеріалу в розрахунку не враховуємо. Виходячи з умови $R_0 \le R_0^{ф} = 6$ м$^2$°С/Вт знаходимо необхідний термічний опір утеплювача:

$$\begin{aligned} R_{ут} &= R_0 - \left[\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_з}\right] = \\ &= 6 - (0{,}115 + 0{,}025/0{,}21 + 0{,}003/0{,}17 + 0{,}043) = \\ &= 5{,}71\left(\frac{м^2 \cdot {}^{o}C}{Вт}\right). \end{aligned} \tag{2.5}$$

В якості утеплювача плити із мінвати з $\lambda$ = 0,04 Вт/м°С, тоді необхідна його товщина:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 5{,}71 \cdot 0{,}04 = 0{,}23(м). \tag{2.6}$$

Приймаємо товщину шару утеплювача 0,25 м.

Перерахуємо необхідний термічний опір для перекриття із шаром утеплювачу товщиною 0,25 м:

$R_0^{ф}$ = 0,115 + 0,025/0,21 + 0,25/0,041 + 0,003/0,17 + 0,043 = 6,39 (м$^2$°С/Вт).

Тоді коефіцієнт теплопередачі для перекриття становитиме:

К = 1 / 6,39 = 0,16(Вт/м$^2$°С).

### 2.3.5 Теплотехнічний розрахунок перекриття

Проведемо розрахунок термічного опору підлоги, конструкція якої представлена на рис. 2.4.

Виберемо теплотехнічні показники кожного шару підлоги (рис.2.4):

1. керамічна плитка на клейовому розчині: $\delta_1$=0,01 м, $\lambda_1$=0,33 Вт/(м К);
2. цементно-піщана стяжка: $\delta_2$=0,025 м, $\lambda_2$=0,93 Вт/(м К);
3. утеплювач з пінополістиролу: $\delta_3$=0,1 м, $\lambda_3$=0,044 Вт/( м$^2$·К);
4. гідроізоляція з руберойду: $\delta_4$=0,003 м, $\lambda_4$=0,17 Вт/(м К);
5. піщана підсипка: $\delta_5$=0,05 м, $\lambda_5$=0,58 Вт/(м К);
6. підсипка з керамзиту: $\delta_6$=0,35м, $\lambda_6$=0,14 Вт/(м К).

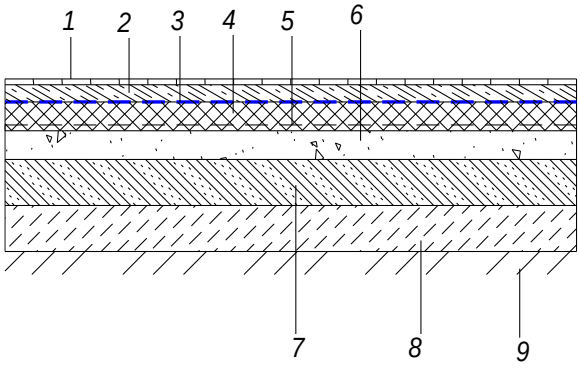



Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку коефіцієнта теплопередачі підлоги першого поверху: 1 – покриття полу (керамічна плитка на клейовому розчині); 2 – цементно-піщана стяжка; 3 – армування; 4 – утеплювач; 5 – гідроізоляція; 6 – піщана підсипка; 7 – підсипка з керамзиту; 8 – щебнева підсипка; 9 – ґрунт.

Загальний термічний опір підлоги:

$$R_{ут} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} =$$
$$= 0{,}01/0{,}33 + 0{,}025/0{,}93 + 0{,}1/0{,}044 + 0{,}003/0{,}17 + 0{,}05/0{,}58 + 0{,}35/0{,}14 =$$
$$= 5{,}1\left(\frac{м^2 \cdot {}^{o}C}{Вт}\right). \qquad (2.7)$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги становитиме: k=1/ $R_0$=1/5,1=0,2($\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^{0}C}$).

## 2.4 Моделювання процесу визначення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкції

Система опалення повинна компенсувати теплові втрати через огородження будівлі, втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке

поступає через відчинені двері, прорізі, щілини притворів і на відчинені зимою двері.

Втрати тепла через огородження, що відділяють опалювані приміщення від зовнішнього повітря або від неопалюваних приміщень знаходять тільки при різниці розрахункової температури повітря більше 5°С.

Детальний підрахунок теплових втрат виконуємо для приміщень всіх поверхів, а також сходинкової клітки.

Загальні тепловтрати $Q_з$ складаються з: $Q_г$ – головних тепловтрат (тепловтрат через зовнішні огороджуючи конструкції); $Q_в$ – тепловтрат на нагрівання припливного повітря; $Q_{пд}$ – тепловтрат через підлогу на ґрунті першого поверху [20].

$$Q_з = Q_г + Q_в + Q_{пд} \tag{2.8}$$

Розрахунок теплових втрат виконуємо з точністю до 5 Вт по окремих приміщеннях. Розрахункові трансмісійні втрати тепла через окремі огороджувальні конструкції чи їх частини площею *F* визначають по формулі**:**

$$Q_{т.в} = \frac{1}{R_0}(t_в - t_5)\cdot n \cdot F \cdot \eta = K(t_в - t_5)\cdot n \cdot F \cdot \eta\text{,} \tag{2.9}$$

де $t_в$ – розрахункова температура всередині приміщення;

$t_5$ – розрахункова температура найбільш холодних 5 діб;

$n$ – коефіцієнт, що враховує зменшення різниці температур;

$\eta$ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати:

$$\eta = (1 + \Sigma\beta)\text{,} \tag{2.10}$$

$\frac{1}{R_0} = K$ – коефіцієнт тепловіддачі, згідно розрахунків.

Коефіцієнт $\eta$ враховує ряд додаткових тепловтрат: орієнтація приміщень по відношенню до сторін світу, обдування вітром, на розрахункову температуру зовнішнього повітря, на підігрів холодного повітря, що потрапляє через зовнішні двері. Термічні опори зовнішніх огороджуючи конструкцій та підлоги приймаємо згідно розрахунку. Розрахунок тепловтрат ведемо в табличній формі та зводимо у додаток В. Приміщення номеруємо на планах починаючи з першого поверху – №101, 102, 103, тощо. Умовне позначення огороджувальних

конструкцій в таблиці: ЗС – зовнішня стіна; ВТ – вікно з трійним склінням; СТ – стеля; ПІД – підлога; ДО – двері одинарні. Орієнтація: ЗХ –захід; ПН – північ; ПД – південь; СХ – схід.

Коефіцієнти теплопередачі *K* для підлоги, що розташована на ґрунті, визначають по умовним термічним опорам для окремих зон підлоги. Для розрахунку втрат теплоти через підлогу на ґрунті використовують спрощену методику. Поверхню підлоги ділимо на смуги шириною 2 м, які паралельні зовнішнім стінам (рис.2.5). Смуга, яка ближча до зовнішньої стіни, являється зоною *I*, наступні дві смуги будуть зонами *II* і *III*, а інша поверхня підлоги буде зоною *IV*. Тепловтрати кожної зони розраховують по формулі (2.27), приймаючи *n*=1. Умовні опори теплопередачі для підлоги приймаємо [20]:

$$R^{I}_{н.п} = 2{,}15\ \frac{м^2 \cdot ^{o}C}{Вт};\ \ R^{II}_{н.п} = 4{,}3\ \frac{м^2 \cdot ^{o}C}{Вт};\ R^{III}_{н.п} = 8{,}6\ \frac{м^2 \cdot ^{o}C}{Вт};\ R^{IV}_{н.п} = 14{,}2\ \frac{м^2 \cdot ^{o}C}{Вт}.$$

Розраховуючи площу ділянки зони *I*, враховуємо, що поверхня ділянки примикає до зовнішнього кута та має збільшені тепловтрати, тому її площу враховуємо двічі. Розрахунки тепловтрат через підлогу першого поверху зводимо в табл. 2.4.

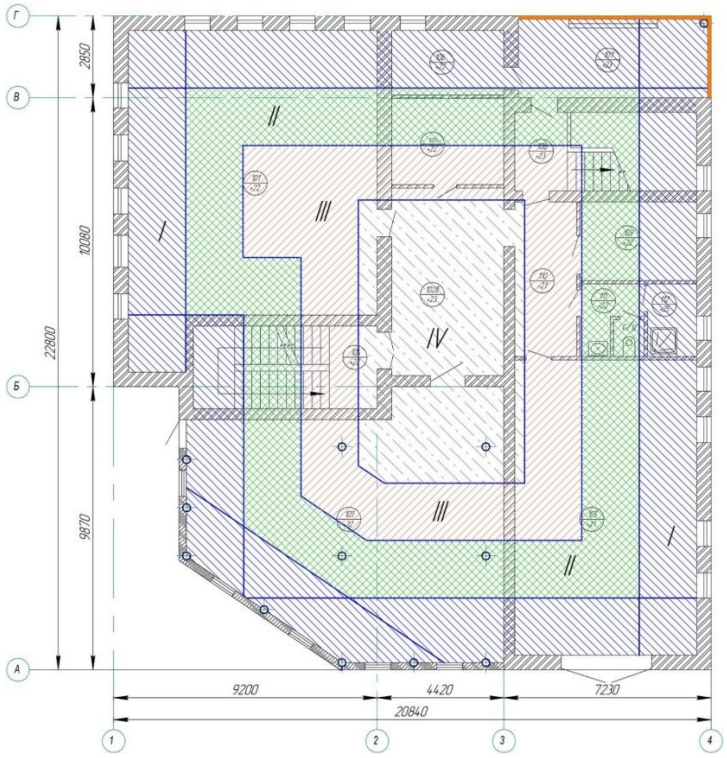



Рисунок 2.5 – Схема розбивка підлоги 1-го поверху на зони

Таблиця 2.4 – Розрахунок тепловтрат через підлогу першого поверху

| № п/п | $t_{в}$ , °C | $t_{5}$, °C | № зони | $R_{зони}$, (м²°C)/Вт | $R_{підл}$, (м²°C)/Вт | ∑ R, (м²°C)/Вт | $F_{зони}$, м² | $Q_{пд}$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 20 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 46,36 | 655,434 |
| | 20 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 29,72 | 241,291 |
| | 20 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 22,17 | 97,216 |
| 101 | 20 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 1,88 | 5,16968 |
| | | | | | | | | 999,1 |
| 102 | 17 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 0 | 0 |
| | 17 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 6,29 | 47,3307 |
| | 17 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 8,33 | 33,8545 |
| | 17 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 26,99 | 68,7874 |
| | | | | | | | | 149,973 |
| 103 | 20 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 40,76 | 576,262 |
| | 20 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 23,85 | 193,634 |
| | 20 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 17,204 | 75,44 |
| | 20 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 16,285 | 44,781 |
| | | | | | | | | 890,117 |
| 104 | 16 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 5,47 | 69,7897 |
| | 16 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 5,85 | 42,8614 |
| | 16 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 5,863 | 23,2012 |
| | 16 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 7,088 | 17,5893 |
| | | | | | | | | 153,441 |
| 105 | 14 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 35,21 | 424,948 |
| | 14 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 23,239 | 161,062 |
| | 14 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 15,266 | 57,1455 |
| | 14 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 1,65 | 3,87324 |
| | | | | | | | | 647,029 |
| 106 | 20 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 8,375 | 118,405 |
| | 20 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 1,574 | 12,779 |
| | 20 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0 | 0 |
| | 20 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 131,184 |
| 107 | 16 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 18,82 | 240,117 |
| | 16 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 4,27 | 31,2851 |
| | 16 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0 | 0 |
| | 16 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 271,402 |
| 108 | 16 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 5,541 | 70,6955 |
| | 16 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 7,04 | 51,5802 |
| | 16 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 4,583 | 18,1359 |
| | 16 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 140,412 |

Продовження таблиці 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109 | 20 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 4,7 | 66,4483 |
| | 20 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 4,7 | 38,1584 |
| | 20 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0,07 | 0,30695 |
| | 20 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 104,914 |
| 110 | 17 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 0 | 0 |
| | 17 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 0 | 0 |
| | 17 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 8,324 | 33,8302 |
| | 17 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 1,09 | 2,778 |
| | | | | | | | | 36,6082 |
| 111 | 20 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 0,16 | 2,26207 |
| | 20 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 2,962 | 24,0479 |
| | 20 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0,223 | 0,97786 |
| | 20 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 27,2879 |
| 112 | 25 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 3,474 | 55,1048 |
| | 25 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 0 | 0 |
| | 25 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0 | 0 |
| | 25 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 55,1048 |
| 113 | 18 | -21 | 1 | 2,15 | 0,75 | 2,9 | 0,21 | 3,33103 |
| | 18 | -21 | 2 | 4,3 | 0,75 | 5,05 | 0,92 | 8,3802 |
| | 18 | -21 | 3 | 8,6 | 0,75 | 9,35 | 0 | 0 |
| | 18 | -21 | 4 | 14,16 | 0,75 | 14,91 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 11,7112 |

Розрахунок тепловтрат ведемо в табличній формі та зводимо у таблицю в додаток В.

Приміщення номеруємо на планах починаючи з першого поверху – №101, 102, 103, тощо.

## 2.5 Тепловий розрахунок опалювальних приладів

Для обігріву офісних приміщень приймаємо алюмінієві секційні радіатори марки “Global Vox R” модель 500, тепловіддача яких на 15 – 25% більша, ніж у традиційних чавунних. Для обігріву побутових приміщень приймемо радіатори KORADO типу VK10 500 [24].

Технічні характеристики радіаторів наведені в табл. 2.6, 2.7 та 2.8.

Таблиця 2.6 – Характеристики секції радіатора Global Vox R

| Модель | Висота, мм | Глибина, мм | Ширина, мм | Міжосьова відстань, мм | Ємність, л | Вага, кг | Фактор | Теплові ддача $\Delta 70^{o}C$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Global Vox 500 | 590 | 95 | 80 | 500 | 0,46 | 1,45 | 1,329 | 197 |

Таблиця 2.7 – Основні технічні параметри радіаторів Korado (тип 22)

| | |
|---|---|
| Висота H , мм | 500 |
| $Q_{n}$ , кВт/м | 1447 |
| n [-] | 1,3260 |
| Загальна маса $M_{T,}$ кг/м | 30,33 |
| Обєм води $V_{T}$, л/м | 5,1 |
| Питома поверхня $S_{T,}$ $м^2$/м | 6,5 |
| Коефіцієнт протока $A_{T,}$ $м^2$ | $1,0 \cdot 10^{-4}$ |
| Коефіцієнт місцевого опору | 8,5 |

Таблиця 2.8 – Характеристика радіаторів Korado

| Тип радіатора | Висота | Довжина | Загальна маса радіатора, кг | Поверхня теплопередачі | Об'єм води |
|---|---|---|---|---|---|
| KORADO 22 | 500 | 900 | 37,063 | 7,6 | 6,11 |
| | 500 | 800 | 24,71 | 5,06 | 4,07 |
| | 500 | 700 | 21,62 | 4,43 | 3,56 |
| | 500 | 600 | 18,53 | 3,8 | 3,05 |
| | 500 | 500 | 15,44 | 3,17 | 2,55 |
| | 500 | 400 | 12,35 | 2,53 | 2,04 |

Кількість секцій в радіаторі обчислюється за формулою [6]:

$$n = Q_n / q_{секц}, \quad (2.11)$$

де $Q_n$ – розрахункове теплове навантаження приладу, Вт;

$q_{секц}$ – тепловіддача однієї секції, Вт.

Тепловіддача однієї секції при температурному напорі в 50 °К становить 128 Вт. Якщо температурній напір відмінний від 50 °К виконуємо перерахунок тепловіддачі однієї секції за формулою, Вт:

$$q_{секц.} = q_{50}\left(\frac{\Delta t}{50}\right)^n \quad (2.12)$$

де n=1,329 фактор-коефіцієнт.

Результати заносимо в таблицю в додатку В.

## 2.6 Моделювання гідравлічного режиму трубопроводів системи опалення

Гідравлічний розрахунок зводиться до визначення оптимальних діаметрів трубопроводів на кожній ділянці циркуляційних кілець.

Розрахунок починається із головного циркуляційного кільця, яке проходить через найбільш віддалений опалювальний прилад. Вибране циркуляційне кільце ділиться на ділянки. Через кожну ділянку протікає постійна кількість води, а межі ділянок знаходяться в точках зміни потужності потоку.

Для попереднього підбору діаметра труб на ділянках розрахункового циркуляційного кільця необхідно знати витрати води на ділянці G, кг/год і допустиму питому середню втрату тиску на 1м за рахунок тертя $R_д$, Па/м.

Витрати води визначаються за виразом: [14, 21]

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{4.187\left(t_г - t_o\right)}, \quad (2.13)$$

де Q – теплове навантаження ділянки циркуляційного кільця, Вт;

$t_г$ – температура гарячої води, $^0$C;

$t_o$ – температура охолодженої води, $^0$C.

Для даної системи приймаємо сталеві труби (для прокладання стояків) та металопластикові труби (для розводки по приміщенням) орієнтуючись на витрату та швидкість руху води на ділянці (G, кг/год, V, м/с), з номограм визначаємо діаметр трубопроводу, питомі витрати тиску від тертя на 1 м і динамічний тиск, які заносимо до таблиці 2.9, після цього визначають втрати тиску від тертя на ділянці.

Втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z=\Sigma\xi \cdot p_д, \qquad (2.14)$$

де $\xi$ – коефіцієнт місцевого опору, визначається з каталогів виробників фасонних частин;

$p_д$ – динамічний тиск.

Потім визначають дійсні сумарні втрати тиску в циркуляційному кільці і порівнюють з розрахунковим циркуляційним тиском.

Дані розрахунку зводимо в таблиці 2.9 та 2.10.

Таблиця 2.9 – Гідравлічний розрахунок трубопроводів

| Головне циркуляційне кільце | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер ділянки | Теплове навантаження Q, Вт | Витрата теплоносія G, кг/год | Довжина ділянки *l*, м | d, мм | V, м/с | R, Па/м | R*l*, Па | ∑ζ | Z, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0–1 | 36098 | 1547,057 | 2,35 | 32 | 0,5466 | 280 | 658 | 2,5 | 365,291 |
| 1–2 | 17176 | 736,114 | 2,6 | 32 | 0,2600 | 115 | 299 | 2 | 66,1618 |
| 2–3 | 14531 | 622,757 | 1,2 | 26 | 0,3333 | 225 | 270 | 3 | 162,986 |
| 3–4 | 13964 | 598,457 | 1,65 | 26 | 0,3203 | 210 | 346,5 | 1 | 50,1717 |
| 4–5 | 13664 | 585,6 | 1,9 | 26 | 0,3134 | 190 | 361 | 1,5 | 72,0577 |
| 5–6 | 12855,2 | 550,937 | 2,3 | 26 | 0,2948 | 175 | 402,5 | 2 | 85,0408 |
| 6–7 | 10387 | 445,157 | 6,77 | 26 | 0,2382 | 125 | 846,25 | 2,5 | 69,4001 |
| 7–8 | 6839,2 | 293,109 | 13,4 | 20 | 0,2651 | 150 | 2010 | 4,5 | 154,680 |
| 8–9 | 5815,2 | 249,222 | 5,74 | 18 | 0,2783 | 210 | 1205,4 | 1,5 | 56,8151 |
| 9–10 | 4791,2 | 205,337 | 3,67 | 18 | 0,2293 | 150 | 550,5 | 1,5 | 38,5676 |
| 10–11 | 3767,2 | 161,451 | 4,66 | 16 | 0,2281 | 190 | 885,4 | 3 | 76,3856 |

Продовження таблиці 2.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11–12 | 2615,2 | 112,08 | 3,68 | 16 | 0,1584 | 100 | 368 | 1,5 | 18,4057 |
| 12–13 | 1591,2 | 68,194 | 3,68 | 14 | 0,1258 | 150 | 552 | 1,5 | 11,6241 |
| 13–14 | 567,2 | 24,308 | 5,16 | 14 | 0,0448 | 24 | 123,84 | 4,5 | 4,43104 |
| 15–16 | 567,2 | 24,308 | 5,16 | 14 | 0,0448 | 24 | 123,84 | 4,5 | 4,43104 |
| 16–17 | 1591,2 | 68,195 | 3,68 | 14 | 0,1258 | 150 | 552 | 1,5 | 11,6241 |
| 17–18 | 2615,2 | 112,08 | 3,68 | 16 | 0,1584 | 100 | 368 | 1,5 | 18,4057 |
| 18–19 | 3767,2 | 161,451 | 4,66 | 16 | 0,2281 | 190 | 885,4 | 3 | 76,3856 |
| 19–20 | 4791,2 | 205,337 | 3,67 | 18 | 0,2304 | 150 | 550,5 | 1,5 | 38,5676 |
| 20–21 | 5815,2 | 249,227 | 5,74 | 18 | 0,2783 | 210 | 1205,4 | 4,5 | 170,445 |
| 21–22 | 6839,2 | 293,108 | 13,4 | 20 | 0,2651 | 150 | 2010 | 2,5 | 85,9337 |
| 22–23 | 10387 | 445,158 | 6,77 | 26 | 0,2382 | 125 | 846,25 | 2,5 | 69,4001 |
| 23–24 | 12855,2 | 550,933 | 2,3 | 26 | 0,2948 | 175 | 402,5 | 2 | 85,0408 |
| 24–25 | 13664 | 585,65 | 1,9 | 26 | 0,3134 | 190 | 361 | 1,5 | 72,0587 |
| 25–26 | 13964 | 598,457 | 1,65 | 26 | 0,3203 | 210 | 346,5 | 1 | 50,1717 |
| 26–27 | 14531 | 622,753 | 1,2 | 26 | 0,3333 | 225 | 270 | 3 | 162,986 |
| 27–28 | 17176 | 736,114 | 2,6 | 32 | 0,2600 | 115 | 299 | 2 | 66,1618 |
| 28–0 | 36098 | 1547,057 | 2,35 | 32 | 0,5466 | 280 | 658 | 2,5 | 365,291 |
| | | | | ∑=117,52 | | | ∑=17756,8 | | ∑=2508,9 |
| Відгалуження | | | | | | | | | |
| 7–52 | 3547,8 | 152,048571 | 10,99 | 16 | 0,214898 | 170 | 1868,3 | 5 | 112,9124 |
| 52–53 | 2890,8 | 123,891429 | 2,5 | 16 | 0,175102 | 120 | 300 | 1 | 14,99303 |
| 53–54 | 1576,8 | 67,5771429 | 3,29 | 14 | 0,124748 | 145 | 477,05 | 3 | 22,82946 |
| 54–55 | 1576,8 | 67,5771429 | 3,29 | 14 | 0,124748 | 145 | 477,05 | 2 | 15,21964 |
| 55–56 | 788,4 | 33,7885714 | 3,1 | 14 | 0,062374 | 40 | 124 | 2 | 3,80491 |
| | | 12399,5657 | | | | | | | |
| 57–58 | 788,4 | 33,7885714 | 3,1 | 14 | 0,062374 | 40 | 124 | 2 | 3,80491 |
| 58–59 | 1576,8 | 67,5771429 | 3,29 | 14 | 0,124748 | 145 | 477,05 | 2 | 15,21964 |
| 59–60 | 1576,8 | 67,5771429 | 3,29 | 14 | 0,124748 | 145 | 477,05 | 3 | 22,82946 |
| 60–61 | 2890,8 | 123,891429 | 2,5 | 16 | 0,175102 | 120 | 300 | 1 | 14,99303 |
| 61–22 | 3547,8 | 152,048571 | 10,99 | 16 | 0,214898 | 170 | 1868,3 | 5 | 112,9124 |
| | | | ∑=46,34 | | | | ∑=6492,8 | ∑=339,5 | |
| 6–80 | 2468,25 | 105,782143 | 1,32 | 16 | 0,149507 | 90 | 118,8 | 2 | 21,86058 |
| 80–81 | 1792 | 76,8 | 5,44 | 14 | 0,141773 | 160 | 870,4 | 1,5 | 14,74309 |

Продовження таблиці 2.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 81–82 | 896 | 38,4 | 5,5 | 14 | 0,070887 | 55 | 302,5 | 2,5 | 6,142952 |
| 83–84 | 896 | 38,4 | 5,5 | 14 | 0,070887 | 55 | 302,5 | 2,5 | 6,142952 |
| 84–85 | 1792 | 76,8 | 5,44 | 14 | 0,141773 | 160 | 870,4 | 1,5 | 14,74309 |
| 85–23 | 2468,25 | 105,782143 | 1,32 | 16 | 0,149507 | 90 | 118,8 | 2 | 21,86058 |
| ∑=24,52 | | | | | | ∑=2583,4 | | ∑=85,5 | |
| 2–92 | 2645 | 113,357143 | 0,65 | 16 | 0,160213 | 110 | 71,5 | 1,5 | 18,82764 |
| 92–93 | 1936 | 82,9714286 | 4 | 14 | 0,153166 | 180 | 720 | 3 | 34,41542 |
| 93–94 | 968 | 41,4857143 | 1,9 | 14 | 0,076583 | 55 | 104,5 | 1,5 | 4,301928 |
| | | | | | | | 0 | | |
| 95–96 | 968 | 41,4857143 | 1,9 | 14 | 0,076583 | 55 | 104,5 | 1,5 | 4,301928 |
| 96–97 | 1936 | 82,9714286 | 4 | 14 | 0,000927 | 180 | 720 | 3 | 0,001259 |
| 97–27 | 2645 | 113,357143 | 0,65 | 16 | 0,160213 | 110 | 71,5 | 1,5 | 18,82764 |
| ∑=13,1 | | | | | | ∑=1792 | | ∑=80,7 | |

Порівнюємо втрати тиску в головному циркуляційному кільці та у відгалуженнях малих циркуляційних кілець:

Відгалуження №1

$$\frac{\mathrm{R}_{після.під} - R_{відгал}}{\mathrm{R}_{піс.підкл}} \cdot 100 = \frac{(151,439) - (147,44)}{(151,439)} \cdot 100 = 2,6\% \quad (2.15)$$

Так як різниця тисків не перевищує норму 10% то не має необхідності у збалансуванні відгалуження.

Відгалуження №2

$$\frac{\mathrm{R}_{піс.під} - R_{вдгал3}}{\mathrm{R}_{піс.під}} \cdot 100 = \frac{298,19 - 217,69}{298,19} \cdot 100 = 30\% \quad (2.16)$$

Так як різниця тисків перевищує норму 10% для збалансування системи встановлюємо на відгалуженні балансувальний клапан Danfoss марки AV-QM. Пропускна здатність якого Kv=0,18 м$^3$/год ступінь відкритості 85%

Відгалуження №3

$$\frac{\mathrm{R}_{піс.пд} - R_{відгал1}}{\mathrm{R}_{піс.підк}} \cdot 100 = \frac{324,18 - 291,16}{324,18} \cdot 100 = 11\% \quad (2.17)$$

Так як різниця тисків перевищує норму 10% для збалансування системи встановлюємо на відгалуження балансувальний клапан Danfoss марки AV-QM. Пропускна здатність якого Kv=0,12 м$^3$/год ступінь відкритості 30% [23].

Таблиця 2.10 – Гідравлічний розрахунок трубопроводів

| Головне циркуляційне кільце | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Но-мер ділянки | Теплове наванта ження Q, Вт | Витрата теплоносія G, кг/год | Довжина ділянки *l*, м | d, мм | V, м/с | R, Па/м | R*l*, Па | ∑ζ | Z, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0–1 | 36098 | 1547,05714 | 2,35 | 32 | 0,5466 | 280 | 658 | 1 | 146,116 |
| 1–29 | 18922 | 810,942857 | 1 | 32 | 0,2865 | 115 | 115 | 2 | 80,2966 |
| 29–30 | 15945 | 683,357143 | 4,62 | 26 | 0,3657 | 260 | 1201,2 | 2 | 130,833 |
| 30–31 | 15055 | 645,214286 | 1,65 | 26 | 0,345 | 240 | 396 | 1 | 58,3178 |
| 31–32 | 12735 | 545,785714 | 4 | 26 | 0,2921 | 170 | 680 | 2 | 83,457 |
| 32–33 | 12485 | 535,071429 | 2,7 | 26 | 0,2863 | 165 | 445,5 | 2 | 80,2134 |
| 33–34 | 7365 | 315,642857 | 14,43 | 20 | 0,2855 | 160 | 2308,8 | 2,5 | 99,6549 |
| 34–35 | 6725 | 288,214286 | 5,74 | 20 | 0,2607 | 150 | 861 | 2,5 | 83,0879 |
| 35–36 | 5445 | 233,357143 | 3,67 | 18 | 0,2605 | 190 | 697,3 | 1,5 | 49,8115 |
| 36–37 | 4165 | 178,5 | 4,66 | 18 | 0,1993 | 110 | 512,6 | 1,5 | 29,1450 |
| 37–38 | 3269 | 140,1 | 3,68 | 16 | 0,1980 | 110 | 404,8 | 1,5 | 28,7590 |
| 38–39 | 1989 | 85,2428571 | 3,68 | 14 | 0,1573 | 200 | 736 | 1,5 | 18,1627 |
| 39–40 | 709 | 30,3857143 | 5,16 | 14 | 0,0560 | 35 | 180,6 | 1,5 | 2,30783 |
| 41–42 | 709 | 30,3857143 | 5,16 | 14 | 0,0560 | 35 | 180,6 | 1,5 | 2,30783 |
| 42–43 | 1989 | 85,2428571 | 3,68 | 14 | 0,1573 | 200 | 736 | 1,5 | 18,1627 |
| 43–44 | 3269 | 140,1 | 3,68 | 16 | 0,1980 | 110 | 404,8 | 1,5 | 28,7590 |
| 44–45 | 4165 | 178,5 | 4,66 | 18 | 0,1993 | 110 | 512,6 | 1,5 | 29,1450 |
| 45–46 | 5445 | 233,357143 | 3,67 | 18 | 0,2605 | 190 | 697,3 | 1,5 | 49,8115 |
| 46–47 | 6725 | 288,214286 | 5,74 | 20 | 0,2607 | 150 | 861 | 2,5 | 83,0879 |
| 47–48 | 7365 | 315,642857 | 14,43 | 20 | 0,2855 | 160 | 2308,8 | 2,5 | 99,6549 |
| 48–32б | 12485 | 535,071429 | 2,7 | 26 | 0,2863 | 165 | 445,5 | 2 | 80,2134 |
| 32б–49 | 12735 | 545,785714 | 4 | 26 | 0,2921 | 170 | 680 | 2 | 83,4579 |
| 49–50 | 15055 | 645,214286 | 1,65 | 26 | 0,3453 | 240 | 396 | 1 | 58,3178 |

Продовження таблиці 2.10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50–51 | 15945 | 683,357143 | 4,62 | 26 | 0,3657 | 260 | 1201,2 | 2 | 130,833 |
| 51–28 | 18922 | 810,942857 | 1 | 32 | 0,2865 | 115 | 115 | 2 | 80,2966 |
| 28–0 | 36098 | 1547,05714 | 2,35 | 32 | 0,5466 | 280 | 658 | 1 | 146,116 |
| | | | ∑=114,68 | | ∑=18393,6 | | ∑=1780,33 | | |
| Відгалуження | | | | | | | | | |
| 37–62 | 2320 | 99,42857 | 1,04 | 16 | 0,1405 | 260 | 270,4 | 2 | 19,31 |
| 62–63 | 1740 | 74,57143 | 1,75 | 14 | 0,1377 | 160 | 280 | 1 | 9,267 |
| 63–64 | 1160 | 49,71429 | 3,63 | 14 | 0,0918 | 80 | 290,4 | 1 | 4,118 |
| 64–65 | 580 | 24,85714 | 1,8 | 14 | 0,0459 | 26 | 46,8 | 1 | 1,03 |
| 66–67 | 580 | 24,85714 | 1,8 | 14 | 0,0459 | 26 | 46,8 | 1 | 1,03 |
| 67–68 | 1160 | 49,71429 | 3,63 | 14 | 0,0918 | 80 | 290,4 | 1 | 4,118 |
| 68–69 | 1740 | 74,57143 | 1,75 | 14 | 0,1377 | 160 | 280 | 1 | 9,267 |
| 69–49 | 2320 | 99,42857 | 1,04 | 16 | 0,1405 | 260 | 270,4 | 2 | 19,31 |
| | | | ∑=16,44 | | | | ∑=1775,2 | | ∑=67,46 |
| 33–70 | 5120 | 219,4286 | 12,2 | 18 | 0,245 | 170 | 2074 | 5 | 146,8 |
| 70–71 | 4096 | 175,5429 | 2,5 | 16 | 0,2481 | 210 | 525 | 1 | 30,1 |
| 71–72 | 3072 | 131,6571 | 3,29 | 16 | 0,1861 | 135 | 444,15 | 3 | 50,79 |
| 72–73 | 2048 | 87,77143 | 3,29 | 14 | 0,162 | 205 | 674,45 | 2 | 25,68 |
| 73–74 | 1024 | 43,88571 | 3,1 | 14 | 0,081 | 65 | 201,5 | 2 | 6,419 |
| | | | | | | | | | |
| 75=76 | 1024 | 43,88571 | 3,1 | 14 | 0,081 | 65 | 201,5 | 2 | 6,419 |
| 76=77 | 2048 | 87,77143 | 3,29 | 14 | 0,162 | 205 | 674,45 | 2 | 25,68 |
| 77=78 | 3072 | 131,6571 | 3,29 | 16 | 0,1861 | 135 | 444,15 | 3 | 50,79 |
| 78=79 | 4096 | 175,5429 | 2,5 | 16 | 0,2481 | 210 | 525 | 1 | 30,1 |
| 79=48 | 5120 | 219,4286 | 12,2 | 18 | 0,245 | 170 | 2074 | 5 | 146,8 |
| | | | ∑=48,76 | | | | ∑=7838,2 | | ∑=519,6 |
| 29–86 | 2977 | 127,5857 | 0,65 | 16 | 0,1803 | 135 | 87,75 | 1,5 | 23,85 |
| 86–87 | 2127 | 91,15714 | 4 | 14 | 0,1683 | 210 | 840 | 3 | 41,54 |
| 87–88 | 992,6 | 42,54 | 1,9 | 14 | 0,0785 | 60 | 114 | 1,5 | 4,523 |
| 89–90 | 992,6 | 42,54 | 1,9 | 14 | 0,0785 | 60 | 114 | 1,5 | 4,523 |
| 90–91 | 2127 | 91,15714 | 4 | 14 | 0,1683 | 210 | 840 | 3 | 41,54 |
| 91–51 | 2977 | 127,5857 | 0,65 | 16 | 0,1803 | 135 | 87,75 | 1,5 | 23,85 |
| | | | ∑=13,1 | | | | ∑=2083,5 | | ∑=139,8 |

Порівнюємо втрати тиску в головному циркуляційному кільці та у відгалуженнях малих циркуляційних кілець:

Відгалуження №4

$$\frac{R_{після.під} - R_{відгал}}{R_{піс.підкл}} \cdot 100 = \frac{(306,0) - (224,17)}{(306,0)} \cdot 100 = 26,7\% \quad (2.18)$$

Так як різниця тисків перевищує норму 10% для збалансування системи встановлюємо на стояк №11 балансувальний клапан Danfoss марки AV-QM. Пропускна здатність якого Kv=0,102 м$^3$/год ступінь відкритості 60%

Відгалуження №5

$$\frac{R_{піс.під} - R_{вдгал3}}{R_{піс.під}} \cdot 100 = \frac{293,13 - 171,41}{293,13} \cdot 100 = 41,5\% \quad (2.19)$$

Так як різниця тисків перевищує норму 10% для збалансування системи встановлюємо на відгалуженні балансувальний клапан Danfoss марки AV-QM. Пропускна здатність якого Kv=0,225 м$^3$/год ступінь відкритості 55%

Відгалуження №6

$$\frac{R_{піс.пд} - R_{відгал1}}{R_{піс.підк}} \cdot 100 = \frac{336,64 - 339,44}{336,64} \cdot 100 = 1\% \quad (2.20)$$

Так як різниця тисків не перевищує норму 10% то не має необхідності у збалансуванні відгалуження.

При гідравлічному розрахунку визначили швидкості течії і діаметри труб. Оскільки, запас циркуляційного тиску $\Delta_{зап}$ знаходиться в межах 5-10%, то розрахунок на цьому закінчується.

## 2.7 Підбір та характеристика основного обладнання системи опалення

Після визначення загальних тепловтрат будівлі було встановлено, що для даних опалюваних приміщень слід використовувати два котла Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H потужністю 36 кВт, кожен з яких буде обслуговувати по два поверхи. Котел опалювальний водогрійний Vaillant 362-5 використовується для опалення приміщень, які обладнані системою опалення з примусовою

циркуляцією теплоносія з тиском в мережі теплоносія до 3 МПа. Вид палива – природній газ. Технічна характеристика котлів наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики котла Vaillant 362-5

| Найменування параметра | Одиниці виміру | Значення |
|---|---|---|
| Номінальна теплова потужність | кВт | 37 |
| Номінальна теплопродуктивність, ±10% | кВт | 35 |
| Номінальний тиск газу | мбар | 30 |
| Максимальна витрата газу при t = 20ºС, $P_{атм}$ = 760 мм.рт.ст. | $м^3$/год | 4,7 |
| Коефіцієнт корисної дії, не менше | % | 91 |
| Робочий тиск теплоносія, не більше | бар | 3 |
| Максимальна температура теплоносія, не більше | ºС | 85 |
| Діапазон регулювання температури теплоносія на виході з модуля, не менше | ºС | 50-85 |
| Підключення повітроводу/газоходу | мм | 80/125 |
| Температура продуктів згорання на виході (макс) | ºС | 70 |
| Пряме і зворотнє підключення | мм | 25 |
| Підключення газу | мм | 15 |
| Електромережа | В/Гц | 230/50 |
| Габаритні розміри: | | |
| висота | мм | 800 |
| ширина | мм | 480 |
| глубина | мм | 450 |
| Вага | кг | 40 |
| Тип захисту | | IP X4 D |

Котли Vaillant 362-5 мають таке оснащення: електронне запалювання; м’який старт; плавне регулювання потужності; захист від замороження; функція антициклювання; захист насосу; резерв датчика температури гарячого водопостачання; байпас; гідравлічно керований трьохходовий клапан; автодіагностика; дисплей; можливість під’єднаного бойлера гарячого водопостачання, виносний татчик зовнішньої температури.

Циркуляційний насос підбираємо за необхідним циркуляційним тиском в системі $P_д$ = 5863 Па = 5,9 кПа та необхідною продуктивністю системи Q = 4,6 м$^3$/год. Приймаємо до встановлення циркуляційний насос моделі Wilo Star-RS 25/7. Технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристики насоса Wilo Stratos MAXO D 32/0.5 10G

| Найменування параметра | Одиниці виміру | Значення |
|---|---|---|
| Максимальний робочий тиск | кПа | 7 |
| Розрахунковий робочий тиск | кПа | 5,9 |
| Максимальна подача | м$^3$/год | 5 |
| Розрахункова подача | м$^3$/год | 4,6 |
| Температура рідини, що перекачується, в межах | ºС | -10-:- +110 |
| Максимальна потужність агрегату | Вт | 120 |
| Кількість обертів робочого колеса | об/хв | 2810 |
| Міжосьова відстань | мм | 250 |
| Коефіцієнт корисної дії | % | 82 |
| Рівень шуму, не більше | dB | 35 |
| Максимальний експлуатаційний тиск | бар | 10 |

На радіаторах системи опалення, які мають найбільшу потужність (якщо кількість радіаторів в приміщенні більше 1, встановлені терморегулювальні головки фірми Danfoss. Технічні характеристики терморегулювальної головки наведені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики терморегулюючих вентилів Danfoss

| Найменування параметра | Одиниці виміру | Значення |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Максимальний робочий тиск | МПа | 1,0 |
| Випробувальний тиск | МПа | 1,5 |
| Максимальний перепад тиску | МПа | 0,1 |
| Номінальний перепад тиску | МПа | 0,01 |

Продовження таблиці 2.13

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Максимальна витрата | кг/год | 1500 |
| Номінальна витрата | кг/год | 200 |
| Максимальна робоча температура | ºС | +110 |
| Максимальна температура регулювання | ºС | +30 |
| Мінімальна температура регулювання | ºС | +5 |
| Номінальна температура регулювання | ºС | +20 |
| Максимальна температура термоголовки | ºС | +50 |
| Наробка на відмову (при ручному регулюванні) | цикл | 8000 |

**Висновки до розділу 2**

В даному розділі пояснювальної записки було запроєктовано варіант системи опалення ювелірного підприємства в м. Вінниця.

За результатами теплотехнічного розрахунку було підібрано два газових котла Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5 H потужністю 36 кВт кожен.

Виконано моделювання гідравлічного режиму системи опалення в ході якого були визначені втрати тиску в системі. За необхідним циркуляційним тиском в системі $P_д$ =0,43 МПа ≈ 4,3 м в.с. та необхідною продуктивністю системи Q = 4,6 м$^3$/год прийнято до встановлення циркуляційний насос моделі Wilo Star-RS 25/7.

Розраховано необхідну кількість секцій опалювальних приладів. Для обігріву приміщень прийнято біметалеві секційні радіатори марки “Global Vox”.

# 3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

## 3.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту, що підлягає монтажу

В даному розділі розроблено технологія монтажу системи опалення офісних та виробничих приміщень ювелірного підприємства в м. Вінниця.

Система опалення передбачена двохтрубна з горизонтальними гілками трубопроводів. Стояки системи виконані з металевих водогазопровідних труб та розміщені в сантехнічних нішах. На кожному поверсі в місцях підключення гілок опалення до стояків встановлюються ручні балансувальні клапани фірми "HERZ", та за попереднім регулюванням підтримують на ньому заданий перепад тиску. Розвідні трубопроводи та підключення до радіаторів виконані з металопластикових труб типу PEX-AL-PEX фірми «Valtec». Трубопровід закріплюється до стіни за допомогою трубних кріплень типу «кліпса» з кроком який визначається згідно діаметра умовного проходу: 15 мм. – 2,5 м.; 20 мм – 3 м.; 25 мм – 3,5 м.

Для обігріву офісних приміщень та виробничих дільниць приймаємо алюмінієві секційні радіатори марки "Global Vox R" модель 500 (Італія), тепловіддача яких на 15 – 25% більша, ніж у традиційних чавунних. Для обігріву побутових приміщень приймемо радіатори KORADO типу VK11.

Регулювання теплопередачі нагрівальних приладів здійснюється за допомогою радіаторних терморегуляторів RTD-N фірми «Danfos».

Для можливості вимикання окремого радіатора та з метою здійснення ремонтно-профілактичних робіт передбачено встановлення на виході із радіатора запірного клапану типу RLV Danfos.

Монтажні положення трубопроводів [25]:

1) осі трубопроводів повинні бути паралельні площинам будівельних конструкцій;

2) відстань від осі неізольованого трубопроводу до поверхні стіни приймають такою, що дорівнює половині діаметра труби з допустимим відхилення ±5 мм.;

3) підводи до опалювальних приладів виконують з нахилом в напрямку руху теплоносія. Нахил приймають 5-10 мм на всю довжину підводу;

4) підводи прикріпляють до стін, якщо їх довжина перевищує 1,5 м;

6) нагрівальні прилади встановлюють на кронштейнах.

Система опалення складається з:

1) опалювальних приладів: радіаторів фірми Korado моделі 500 [24];

2) вузол підключення Danfoss RLV-KB прямий [23];

3) термостатичних елементів «Danfos RTD-3640»;

4) обв'язка котлів та стояки системи виконані з сталевих водогазопровідних труб ($d_y$=25 мм, $d_y$=32 мм);

5) горизонтальні гілки опалення поверхів – із труб металопластикових з антидифузним захистом (d 26x3; d 20x3; d 16x3);

6) котлів газових з закритою камерою згорання фірми Vaillant.

## 3.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Для того щоб забезпечити ефективну роботу робітників потрібно забезпечити їх необхідними основними і допоміжними матеріалами, відомості потреби в яких наведено в таблиці 3.1 і таблиці 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1 – Відомість потреби в основних матеріалах

| № п/п | Найменування | Од.вим. | Кількість | Маса од.,кг | Маса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Трубопроводи | | | | | |
| 1 | Труби сталеві водо-газопровідні $d_y$ 32 мм | м | 36 | 3,09 | 111,3 |

Продовження таблиці 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Те ж $d_y$ 25 мм | м | 20 | 1,57 | 31,4 |
| 3 | Труби металополімерні PEX-AL-PEX «VALTEC» ∅26×3 мм | м | 141 | 0,3 | 42,32 |
| 3 | Те ж ∅ 20×2 мм | м | 283,4 | 0,25 | 70,94 |
| 5 | Те ж ∅16×2 мм | м | 318,3 | 0,2 | 63,42 |
| Фасонні частини і фітинги | | | | | |
| 6 | Муфта перехідна «VALTEC» G1¼ х G3/4 | шт | 4 | 0,145 | 0,58 |
| 7 | Трійники «VALTEC» ввв G1 ½ | шт | 6 | 0,551 | 3,31 |
| 8 | Те ж G1 ¼ | шт | 8 | 0,459 | 3,67 |
| 9 | Те ж G 1 | шт. | 6 | 0,262 | 1,57 |
| 10 | Те ж G 3/4 | шт. | 6 | 0,136 | 0,816 |
| 11 | Трійник обжимний «VALTEC» 16х16х16 мм | шт. | 30 | 0,15 | 4,5 |
| 12 | Те ж 20х16х16 мм | шт. | 26 | 0,235 | 6,11 |
| 13 | Те ж 20х16х20 мм | шт. | 56 | 0,258 | 14,45 |
| 14 | Те ж 26х16х26 мм | шт. | 16 | 0,325 | 5,2 |
| 15 | Те ж 26х16х20 мм | шт. | 8 | 0,28 | 2,24 |
| 16 | Ніпель «VALTEC» G 1 ½ | шт | 6 | 0,136 | 0,82 |
| 17 | Те ж G1 ¼ | шт | 10 | 0,14 | 1,4 |
| 18 | Ніпель перехідний «VALTEC» G1 ¼ х G1 | шт | 8 | 0,145 | 1,16 |
| 19 | Те ж G1 х G3/4 | шт | 10 | 0,084 | 0,84 |
| 20 | Те ж G3/4 х G1/2 | шт | 4 | 0,043 | 0,172 |
| 21 | З'єднання пряме обжимне / вн. різьба «VALTEC» 16 х G3/4 | шт | 156 | 0,106 | 16,536 |
| 22 | З'єднання пряме обжимне / зов. різьба «VALTEC» 26 х G3/4 | шт | 15 | 0,151 | 2,27 |
| 23 | Те ж 20 х G3/4 | шт | 14 | 0,126 | 1,77 |
| 24 | Те ж 20 х G1/2 | шт | 18 | 0,106 | 1,908 |
| 25 | Те ж 16 х G3/4 | шт | 12 | 0,106 | 1,27 |
| 26 | Те ж 16 х G3/4 | шт | 20 | 0,071 | 1,42 |

Продовження таблиці 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Кріплення трубопроводів | | | | | |
| 27 | Металевий хомут G1 ¼ | шт | 30 | 0,125 | 21,76 |
| 28 | Те ж G1/2 | шт | 10 | 0,085 | 0,85 |
| 29 | Фіксатори пластмасові «VALTEC» | шт | 214 | 0,023 | 4,93 |
| Арматура на трубопроводах | | | | | |
| 30 | Кран кульовий «VALTEC» G1 ¼ | шт | 20 | 0,711 | 14,22 |
| 31 | Те ж G1 | шт | 10 | 0,429 | 4,29 |
| 32 | Те ж G3/4 | шт | 10 | 0,76 | 7,6 |
| 33 | Те ж 16 х G1/2 | шт | 6 | 0,186 | 1,12 |
| 34 | Запірно-регулювальний вентиль«HERZ» | шт | 1 | 0,650 | 0,650 |
| 35 | Те ж G3/4 | шт | 9 | 0,396 | 3,56 |
| 36 | Вузол нижнього підключення з бай- пасом VT 355 «VALTEC» | шт | 77 | 0,39 | 31,98 |
| 37 | Регулятор перепаду тику«HERZ» | шт | 2 | 0,812 | 1,624 |
| Контрольно-вимірювальні прилади | | | | | |
| 38 | Термоманометр Solomon | шт | 4 | 0,812 | 3,25 |
| Прокладочні матеріали | | | | | |
| 39 | Азбест шнуровий | кг | 3,5 | - | — |
| 40 | Стрічка ФУМ шириною 10,15мм | м | 1058 | - | — |
| 41 | Комплект монтажний (Паста 20 г. + льон) «VALTEC» | шт | 10 | 0,040 | 0,4 |
| Обладнання системи опалення | | | | | |
| 42 | Котел газовий «Vaillant» turbo TEC PLUS 362-5 | шт | 2 | 38 | 76 |
| 43 | Радіатори секційні 500х90х80 мм «Global Vox» | шт. секц. | 559 | 1,44 | 804,96 |
| 44 | Радіатори сталеві KORADO VK11 500х1000х50 | шт. | 4 | 8,33 | 33,32 |
| 45 | Автоматичний повітровідвідний клапан «VALTEC»VT 502 | шт | 2 | 0,161 | 0,322 |
| 46 | Терморегулюючий клапан «Danfoss» | шт | 70 | 0,2 | 14 |
| 47 | Ізолювальні трубки із вспіненого поліети-лену D 28/9мм | м | 15 | – | – |
| 48 | Насос Wilo | шт | 2 | 15 | 30 |

Маса основних матеріалів для системи опалення буде 1453 кг.

Таблиця 3.2 – Відомість потреби в допоміжних матеріалах [33]

| № п/п | Шифр ресурсу | Найменування матеріалу | Одиниці виміру | Кількість | Маса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 111-0663 | Ацетилен розчинений технічний, марка А | т | 0,00232 | 2,32 |
| 2 | 111-0324 | Кисень технічний газоподібний | $м^3$ | 1,878 | 1,878 |
| 3 | 111-0384 | Білила густотерті цинкові МА-011-1 | т | 0,00233 | 2,33 |
| 4 | 111-0807 | Дріт зварочний легований, діаметр 4 мм | т | 0,00268 | 2,68 |
| 5 | 111-1522 | Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А | т | 0,00312 | 3,12 |
| 6 | 111-1668 | Оліфа натуральна | кг | 0,856 | 0,856 |
| 7 | За проєктом | Анкер М8-12/55/5 | т | 0,000232 | 0,232 |
| 8 | 1630-115 | Кронштейни для радіаторів сталевих | комплект | 4 | 1,32 |
| 9 | За проєктом | Кронштейни для секційних радіаторів діаметр 6 мм, довжина180 мм | т | 0,0153 | 15,3 |
| 10 | | Дюбелі з каліброва-ною головкою D6-10/55/5 | кг | 0,85 | 0,85 |
| 11 | 111-1483 | Шурупи з напівкруглою голов-кою, діаметр стержня 6 мм, довжина 50 мм | т | 0,00124 | 1,24 |
| 12 | 130-0040 | Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм | т | 0,000604 | 0,604 |

Маса допоміжних матеріалів – 48 кг.

### 3.3 Визначення складу та об’ємів робіт

Склад робіт системи опалення [33]:

1. Доставлення деталей і обладнання до місця монтажу;
2. Пробивання отворів;
3. Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 25х2,5 м.;
4. Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 32х3 мм;
5. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 26х3мм;
6. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 20х2 мм;
7. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 16х2 мм;
8. Ізоляція трубопроводів циліндрами із спіненого поліетилену;
9. Монтаж радіаторів;
10. Встановлення розширювальних баків;
11. Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 25 мм;
12. Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 50 мм;
13. Монтаж індивідуальних газових котлів;
14. Встановлення фільтрів;
15. Встановлення допоміжних циркуляційних насосів;
16. Монтаж панелі керування та підключення до електромережі приладів;
17. Гідравлічне випробування трубопроводів системи;
18. Фарбування металевих трубопроводів;
19. Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу.

Визначення об’ємів робіт на монтаж системи опалення

1. Доставка деталей і обладнання до місяця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага всіх деталей 2,114 т.

Приймаємо об’єм V=2,114.

2. Пробивання отворів складається з таких робіт:

- розмічування місць пробивання;

- пробивання отворів.

Одиниці вимірювання 100 шт.

Загальна кількість отворів 42 шт.

Приймаємо об’єм V=0,42.

3. Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 25х2,5 м:

- розмічування;
- встановлення і замоноличення кріплень;
- прокладання трубопроводів з готових вузлів.

Одиниці вимірювання 100 м.

Довжина трубопроводу 20 м.

Приймаємо об’єм V=0,2.

4. Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 32х3 мм. складається з таких робіт:

- розмітка місць встановлення кріплень;
- прокладання трубопроводів з готових вузлів або окремих деталей на зварюванні з підтриманням при прихвадці;
- вивірювання трубопроводів.

Одиниці вимірювання 100 м.

Довжина трубопроводу 36 м.

Приймаємо об’єм V=0,36.

5. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 26х3мм. складається з таких робіт:

- розмітка трубопроводів і їх перерізка;
- збирання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин;
- прокладання трубопроводу з його одночасним вивірюванням;
- встановлення кріплень.

Одиниці вимірювання 100 м.

Довжина трубопроводу 141 м.

Приймаємо об’єм V=1,41.

6. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 20х2 мм. Склад робіт та одиниці вимірювання аналогічні.

Довжина трубопроводу 283 м.

Приймаємо об’єм V=2,83.

7. Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 16х2 мм. Склад робіт та одиниці вимірювання аналогічні.

Довжина трубопроводу 318 м.

Приймаємо об’єм V=3,18.

8. Ізоляція трубопроводів циліндрами із вспіненого поліетилену складається з таких робіт:

- встановлення виробів на поверхню, що ізолюється, з підгоном за місцем;
- кріплення виробів на трубопроводах бандажем;
- примазувння швів мастикою.

Одиниці вимірювання 10 м.

Довжина трубопроводу що ізолюється 40,3 м.

Приймаємо об’єм V=0,403.

9. Монтаж радіаторів:

- складання приладів з окремих секцій за допомогою ніпелів;
- піднімання і навішування приладів на кронштейн;
- кріплення приладів з вивірюванням по рівню і відвісу.

Одиниці вимірювання 100 кВт.

Загальна потужність 72 кВт.

Приймаємо об’єм V=0,72.

10. Встановлення розширювальних баків:

- встановлення кріплень;
- навішування розширювального баку з одночасним вивірюванням;
- підключення Ду трупопроводу.

Одиниці вимірювання шт.

Кількість розширювальних баків 2.

Приймаємо об’єм V=2.

11. Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 25 мм:

- встановити кран на лінію трубопроводу;
- з’єднати різьбові з’єднання за допомогою муфт і накидних гайок.

Одиниці вимірювання шт.

Загальна кількість кульових кранів діаметром до 25мм – 89 шт.

Приймаємо об’єм V=89.

12. Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 50 мм:

- встановити кран на лінію трубопроводу;
- з’єднати різьбові з’єднання за допомогою муфт і накидних гайок.

Одиниці вимірювання шт.

Загальна кількість кульових кранів діаметром до 50 мм – 46 шт.

Приймаємо об’єм V=46.

13. Монтаж індивідуальних газових котлів:

- розмітка та монтаж стінової консолі;
- навішування кодла на стінову консоль;
- підключення опалювального контуру, контуру ГВП;
- підключення газу.

Одиниці вимірювання шт.

Кількість газових котлів – 2 шт.

Приймаємо об’єм V=2.

14. Встановлення фільтрів:

- встановити фільтрів на лінію трубопроводу;
- з’єднати різьбові з’єднання за допомогою муфт і накидних гайок.

Одиниці вимірювання шт.

Кількість приладів – 4 шт.

Приймаємо об’єм V=4.

15. Встановлення допоміжних циркуляційних насосів:

- встановити насос на лінію трубопроводу;
- з’єднати різьбові з’єднання за допомогою муфт і накидних гайок.

Одиниці вимірювання шт.

Кількість насосів – 2 шт.

Приймаємо об’єм V=2.

16. Монтаж панелі керування та підключення до електромережі приладів.

Одиниці вимірювання шт.

Кількість панелей – 2 шт.

Приймаємо об’єм V=2.

17. Гідравлічне випробування трубопроводів системи. Виконують в такій послідовності:

- зовнішній огляд трубопроводу;
- приєднання гідравлічного пресу;
- перевірка окремих частин системи;
- огляд трубопроводу з відміткою дефектних місць;
- спуск води з трубопроводу і усунення дефектів;
- повторне наповнення системи в цілому до заданого тиску;
- огляд і перевірка системи, зниження тиску і усунення дефектів;
- здача системи;
- спуск води з системи;
- зняття заглушок, манометра і від’єднання пресу.

Одиниці вимірювання 100 м.

Довжина трубопроводів, що випробовуються – 798 м.

Приймаємо об’єм V=79,8.

18. Фарбування металевих трубопроводів:

- приготування суміші;
- фарбування поверхонь.

Одиниці вимірювання 100 м$^2$.

Площа поверхні труб – 51,7 м$^2$.

Приймаємо об’єм V=0,517.

19. Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу.

Одиниці вимірювання 1 т.

Загальна маса допоміжного обладнання 0,6 т.

Приймаємо об’єм V=0,6.

## 3.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань, розрахунок енергоресурсів

### 3.4.1 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань

Труби, повітропроводи, деталі конструкції та обладнання для системи опалення та вентиляції завозимо автомобілем Mersedes Benz 208. Технічні характеристики якого наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомобіля Mersedes Benz 208 [29]

| Найменування | Одиниця виміру | Значення |
|---|---|---|
| Вантажепід'ємність | кг | 3500 |
| Вантажна висота | мм | 2400 |
| Найбільша швидкість | км/год | 95 |
| Габарити | мм | 5400×2300×2880 |
| Витрата палива | л/100км | 12 |
| Маса | кг | 8000 |

Після завершення будівництва допоміжне обладнання, інструменти та ін. потрібно вивести автомобілем ГАЗ – 3302 «Газель», оскільки залишений об'єм приладдя є меншим ніж на початку будівництва, що дозволяє використати менш габаритний і більш економічний автотранспорт. Технічні характеристики ГАЗ-3302 наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики автомобіля ГАЗ-3302 [29]

| Найменування | Одиниця виміру | Значення |
|---|---|---|
| Вантажепід'ємність | кг | 1500 |
| Вантажна висота | мм | 1060 |
| Найбільша швидкість | км/год | 115 |
| Габарити | мм | 5140×2066×2570 |
| Витрата палива | л/100км | 9,5 |
| Маса | кг | 3500 |

Для піднімання необхідного обладнання використовуємо кран на автомобільному ходу КС – 6471, технічні характеристики якого наведено в табл.3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики крану КС – 6471 [30]

| Найменування | Одиниця виміру | Значення |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Вантажепід'ємність | т | 10 |
| Довжина стріли | м | 27 |
| Виліт стріли | м | 22 |
| Швидкість піднімання вантажу | м/хв | 6 |
| Витрата палива | л/100км | 14 |
| Висота підйому | м | 25,5 |

Для зварювання сталевих труб використати зварювальний апарат Invertec V160-S фірми Lincoln Electric, технічні характеристики якого наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики зварювального апарату Invertec [31]

| Найменування | Одиниця виміру | Значення |
|---|---|---|
| Витрата електроенегії | кВт | 3,4 – 4 |
| Сила струму | А | 22,5 |
| Маса | кг | 10,5 |

Для випробування трубопроводів використати компресорну станцію, ЕПКУ-0,4/7-150 виробника Dalgakiran [32] її технічні характеристики наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики компресорної станції ЕПКУ-0,4/7-150

| Найменування | Одиниця виміру | Значення |
|---|---|---|
| Продуктивність | $м^3$/год | 24 |
| Робочий тиск | кг с/$см^2$ (МПа) | 4 (0,4) |
| Розміри | мм | 1230×454×770 |
| Маса | кг | 135 |
| Витрата електроенергії | кВт | 4,2 |

Отвори для встановлення кронштейнів виконують за допомогою ударної дрилі Bosch GSB 16 RE, її характеристики: Тип патрона – швидкозажимний. Кількість швидкостей роботи – 2. Живлення від мережі – 220 В/50Гц. Діаметр патрона – 1,5 – 13 мм. Макс. кількість ударів на хвилину 47600 уд / хв. Макс. число оборотів холостого ходу 3000 об / хв. Споживана потужність 750 Вт. Макс. діаметр свердління (дерево) 40 мм. Макс. діаметр свердління (метал) 16 мм. Макс. діаметр свердління (бетон) 22 мм. Режими роботи – свердління, свердління з ударом, робота в стійці свердлильного верстата, можливість реверсу. Пристосування – додаткова рукоятка, обмежувач глибини свердління, блокування кнопки включення. Маса 2,2 кг.

Отвори в стінах та перекриттях для прокладання через них трубопроводів виконати за допомогою перфоратора Bosch GBH 7-46 DE з такими робочими характеристиками: Потужність 1350 Вт. Патрон – SDS-Max. Можливість реверсу. Швидкозажимний патрон. Маса 8,2 кг.

Для нарізання різьби використовується електричний різьбонарізний клуп фірми Ridgid, модель 600. Його технічна характеристика: Потужність електродвигуна 1020 Вт. Мережа 230 В або 115 В, 25-60 Гц. Потужний важільний вимикач з пружинним поверненням і запобіжник від випадкового вмикання. Передаюча головка представлена редуктором з прямозубою циліндричною черв’ячною передачею. Корпус редуктора – алюмінієвий. Частота обертання шпинделя – 32 об/хв. Діапазон нарізних трубних різьб 1/8" – 2". Маса 5,5 кг (електропривід).

Для обрізання та обробки зварних з’єднань стальних трубопроводів використати болгарку BOSCH GWS 14-125 CI-V, яка має наступні технічні характеристики: Потужність – 1400 Вт. Частота холостого ходу 11000 об/хв. Діаметр робочого диску – 125 мм. Шпиндель – М 14х2. Маса 1,8 кг.

При монтажі металополімерних труб використовувати лише спеціалізовані монтажні інструменти. Обрізання труб виконувати лише труборізом або ножицями для різки пластикових та метало пластикових труб. В іншому випадку, при використанні інших підручних пристосувань для обрізки труб, значно погіршиться

якість фітингових з'єднань. Перед монтажем край труби який був відрізаний потрібно зачистити за допомогою калібратора. Згинання труб виконувати лише застосовуючи спеціальний згинальний пристрій або використовувати внутрішній чи зовнішній пружинний кондуктор. Згинання труб іншими методами забороняється. Рекомендовано використовувати вище згадувані пристрої фірми VALTEC.

Відомість потреби в обладнанні зведемо в таблицю 3.8

Таблиця 3.8 – Відомість потреби в обладнані [31, 32]

| № п/п | Найменування | Од. вим. | Кількість | Маса од.,кг | Маса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Зварювальний апарат «Lincoln Electric» Invertec V160-S | шт | 1 | 10,5 | 10,5 |
| 2 | Компресорна станція ЕПКУ-0,4/7-150 | шт | 2 | 135 | 270 |
| 3 | Електродриль ударна «Bosch» GSB 16 | шт | 9 | 2,2 | 13,2 |
| 4 | Перфоратор «Bosch» GBH 7-46 DE | шт | 4 | 8,2 | 32,8 |
| 5 | Болгарка «Bosch» GWS 14-125 CI - V | шт | 1 | 1,8 | 1,8 |
| 6 | Електричний різьбонарізний клуп, «Ridgid» модель 600 | шт | 1 | 5,5 | 5,5 |
| | | | | Маса обладнання | 374 кг |

Таблиця 3.9 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи опалення

| Найменування | Кількість | Маса од кг | Маса кг |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ключ гайковий двухсторонній | | | |
| 17х19 мм | 1 | 0,68 | 0,68 |
| 19х22 мм | 1 | 0,53 | 0,53 |
| 12х14 мм | 1 | 0,4 | 0,4 |
| 12х10 мм | 1 | 0,23 | 0,23 |
| Плоскогубці комбіновані | 2 | 0,43 | 0,86 |
| Викрутки | 2 | 0,13 | 0,26 |

Продовження таблиці 3.9

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Молоток слюсарний | 1 | 2,00 | 2 |
| Зубило слюсарне довжиною 200 мм | 1 | 3,75 | 3,75 |
| Молоток гумовий | 1 | 1,25 | 1,25 |
| Стрічка вимірювальна, 20 м | 1 | 0,23 | 0,23 |
| Рівень металевий | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Висок | 1 | 0,50 | 0,5 |
| Набір пружинних кондукторів «VALTEC» внутрішній<br>зовнішній | 1<br>1 | 1,8<br>1,35 | 1,8<br>1,35 |
| Труборіз для металополімерних труб «VALTEC» VTm 397 | 1 | 0,6 | 0,6 |
| Ящик переносний для інструменту | 1 | 3,75 | 3,75 |
| Калібратор «VALTEC» | 2 | 0,18 | 0,36 |

Маса набору інструментів та пристосувань для монтажників системи – 19,3 кг. Таких наборів потрібно 9, маса всіх наборів складе 173,7 кг.

Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт наведений в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт

| Найменування | Один виміру | Кількість | Маса од., кг | Маса кг |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 1,25 | 5 |
| Пальник комбінований ГС-3 | шт | 1 | 5 | 5 |
| Різак ацетиленовий РЗР –50 | шт | 1 | 8 | 8 |
| Редуктор ацетиленовий | шт | 1 | 15 | 15 |
| Редуктор кисневий | шт | 1 | 10 | 10 |
| Плоскогубці комбіновані | шт | 2 | 1,5 | 3 |
| Молоток слюсарний, 800г | шт | 2 | 1,25 | 2,5 |
| Рашпіль круглий | шт | 2 | 0,25 | 0,5 |
| Щітка сталева | шт | 2 | 0,5 | 1 |
| Електротримач пружинний ЕД - 2 (500 А) | шт | 1 | 2,3 | 2,3 |
| Дріт для електродугової зварки, переріз 40 мм$^2$ | м | 15 | 1,45 | 21,75 |

Маса інструментів та пристосувань для зварювальних робіт – 75 кг.

Загальна маса інструментів і обладнання для монтажу системи опалення буде 613 кг.

Загальна маса матеріалів і обладнання для монтажу системи опалення буде 2114 кг

### 3.4.2 Розрахунок енергоресурсів

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [27]:

$$E = P \times \tau \times k \text{ (кВт·год)}, \quad (3.1)$$

де $P$ – потужність приладу чи механізму, кВт;

$\tau$ – термін роботи приладу, год;

$к$ – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрата електроенергії різьбонарізним пристроєм :

$$E_1 = 1{,}02 \cdot 1{,}75 \cdot 8 \cdot 0{,}2 = 2{,}86 \text{ (кВт год)}, \quad (3.2)$$

Витрата електроенергії зварювальним апаратом Invertec V160-S:

$$E_2 = 4 \cdot 1{,}75 \cdot 8 \cdot 0{,}4 = 44{,}8 \text{ (кВт год)}. \quad (3.3)$$

Витрата електроенергії ударної дрилі Bosch GSB 16 RE:

$$E_3 = 0{,}75 \cdot 19{,}5 \cdot 8 \cdot 0{,}75 = 87{,}75 \text{ (кВт год)}. \quad (3.4)$$

Витрата електроенергії компресорною станцією ЕПКУ-0,4/7-150:

$$E_4 = 4{,}2 \cdot 0{,}75 \cdot 8 \cdot 0{,}8 = 20{,}16 \text{ (кВт год)}. \quad (3.5)$$

Витрата електроенергії перфоратором Bosch GBH 7-46 DE:

$$E_5 = 1{,}35 \cdot 1{,}5 \cdot 8 \cdot 0{,}85 = 13{,}8 \text{ (кВт год)}. \quad (3.6)$$

Витрата електроенергії болгаркою BOSCH GWS 14-125 CI-V:

$$E_6 = 1{,}4 \cdot 1{,}75 \cdot 8 \cdot 0{,}5 = 9{,}8 \text{ (кВт год)}. \quad (3.7)$$

Сумарні витрати електроенергії становлять:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 =$$

$$= 2{,}86 + 44{,}8 + 87{,}75 \cdot 9 + 20{,}16 \cdot 2 + 13{,}8 \cdot 4 + 9{,}8 = 942{,}77 \text{ (кВт год)}. \quad (3.8)$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів: відстань 30 км, кількість ходок n = 1, витрата пального Q = 12 (л)/100(км).

Необхідна кількість пального для доставки матеріалів та обладнання визначається за формулою:

$$Q = G \cdot 2n \cdot l \quad (3.9)$$

Q = 0,12 · 1 · 2 · 30=7,2 (л).

Витрата пального для вивезення матеріалів та виробів: відстань 30 км, кількість ходок n = 1, витрата пального Q = 9,5 (л)/100(км).

Необхідна кількість пального для вивезення матеріалів та обладнання визначається за формулою:

Q = 0,095 · 1 · 2 · 30=5,7 (л).

### 3.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою [28]:

$$Q = \frac{H_ч \cdot V}{8 \cdot n \cdot k} \text{ (люд – дні)}, \quad (3.10)$$

де $H_ч$ – норма часу;

$k$ – поправочний коефіцієнт;

n– кількість змін.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n \cdot k}, \quad (3.11)$$

де $n$ – кількість робітників, люд;

$k$ – коефіцієнт перевиконання.

Трудомісткість монтажних робіт при влаштуванні системи опалення.

1) Доставка деталей і обладнання до місця монтажу

Об’єм: 2,114

Норма час: $H_{В\,Р}$ = 2,1 люд-год.

Трудомісткість Q = 2,1 · 2,114 / 1,15 = 3,86 (люд-год).

Склад бригади: водій кат. С – 1 люд.

монтажник 3р. – 1 люд.

Т = 3,86 / 8/2 = 0,24 (дня).

2) Пробивання отворів

Об’єм: 0,42

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 123,42 люд-год.

Трудомісткість Q = 123,42 · 0,42 / 1,15 = 45,08 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 3 р. – 2 люд. Бригади 2.

Т = 45,08 / 4/ 8 = 1,41 (дня).

3) Прокладання трубопроводів опалення з сталевих труб dy=32 мм.

Об’єм: 0,36

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 48,71 люд-год.

Трудомісткість Q = 48,71 · 0,36 /1,15 = 15,24 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. –1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд.

Т = 15,24 / 8/2 = 1 (день).

5) Прокладання трубопроводів опалення з сталевих труб dy 25 мм.

Об’єм: 0,2

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 48,71 люд-год.

Трудомісткість Q = 48,71 · 0,2 / 1,15 = 8,47 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд.

Т = 8,47 / 8 / 2 = 0,53 (дня).

6) Прокладання трубопроводів опалення із металополімерних труб d 26х3 мм.

Об’єм: 1,41

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 211,56 люд-год.

Трудомісткість Q = 1,41 · 211,56 /1,15 = 259,39 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд.

Бригади 5.

Т = 259,39 / 8 / 2 / 5 = 3,24 (дня).

7) Прокладання трубопроводів опалення із металополімерних труб d 20х2 мм.

Об’єм: 2,83

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 268,96 люд-год.

Трудомісткість Q = 2,83 · 268,96 / 1,15 = 662,8 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригади 5.

Т = 662,8/ 8 / 2 / 5 = 8,5 (дня).

8) Прокладання трубопроводів опалення із металополімерних труб d 16х2 мм.

Об’єм: 3,183

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 268,96 люд-год.

Трудомісткість Q = 3,183 · 268,96 / 1,15 = 744,4 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригади 5.

Т = 744,4 / 8 / 2 / 5 = 7,75 (дня).

9) Ізоляція трубопроводів циліндрами із вспіненого поліетилену.

Об’єм: 4,03

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 3,36 люд-год;

Трудомісткість Q = 4,03 · 3,36 /1,15 = 11,77 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригади 1.

Т = 11,77 / 8 / 2 = 0,74 (дня).

10) Монтаж радіаторів

Об’єм: 0,72

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 96,92 люд-год.

Трудомісткість Q =0,72 · 96,92 / 1,15 = 60,68 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Т = 60,68 /8 / 2 = 3,79 (дня).

11) Встановлення розширювальних баків.

Об’єм: 2

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 5,95 люд-год.

Трудомісткість Q = 2 · 5,95/1,15 = 10,35 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригади 1.

Т = 10,35 / 8 / 2 = 0,65 (дня).

12) Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 25 мм.

Об’єм: 89

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 2,41 люд-год.

Трудомісткість Q = 89 · 2,41 / 1,15 = 186,5 (люд-год);

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригади 2.

Т = 186,5 / 8 / 2 / 2 = 5,83 (дня).

13) Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 50 мм.

Об’єм: 46

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 2,41 люд-год.

Трудомісткість Q = 46 · 2,41 / 1,15 = 96,4 (люд-год);

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 1.

Т = 96,4 / 8 / 2 = 6,03 (дня).

14) Монтаж індивідуальних газових котлів

Об’єм: 2

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 36,24 люд-год.

Трудомісткість Q = 2 · 36,24 / 1,15 = 63,03 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 1.

Т = 63,03 / 8 / 2 = 3,94 (дня).

15) Встановлення фільтрів.

Об’єм: 4

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 4,33 люд-год.

Трудомісткість Q = 4 · 4,33 / 1,15 = 15,06 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 1.

Т = 11,9 / 8 / 2 = 0,74 (дня).

16) Встановлення допоміжних циркуляційних насосів.

Об’єм: 2

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 21,32 люд-год.

Трудомісткість Q =2 · 21,32/ 1,15 = 37,08 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. - 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 2.

Т = 37,08 / 8 / 2 / 2 = 1,16 (дня).

17) Монтаж панелі керування та підключення до ел.мережі приладів

Об’єм: 2

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 10,33 люд-год.

Трудомісткість Q = 2 · 10,33 / 1,15 = 17,97 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. –ж 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 1.

Т = 17,97 / 8 / 2 = 1,12 (дня).

18) Гідравлічне випробування трубопроводів системи.

Об’єм: 8,08

Норма часу : $Н_{В\ Р}$ = 8,22 люд-год.

Трудомісткість Q = 8,08 · 8,22 / 1,15 = 57,04 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 5 р. – 1 люд .

Бригад 6.

Т = 57,04 / 8 / 2 /6 = 0,59 (дня).

19) Фарбування металевих трубопроводів

Об’єм: 0,51

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 2,35 люд-год.

Трудомісткість Q = 2,35 · 0,51 / 1,15 = 1,04 (люд-год).

Склад бригади: монтажник 4 р. – 1 люд;

монтажник 3 р. – 1 люд .

Бригада 1.

Т = 1,04 / 8 / 2 = 0,07 (дня).

20) Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу.

Об’єм: 0,7

Норма часу: $Н_{В\ Р}$ = 2,1 люд-год.

Трудомісткість Q = 0,7 · 2,1 / 1,15 = 1,28 (люд-год).

Склад ланки: водій кат С – 1 люд;

монтажник 3р. – 1 люд.

Т = 1,28 / 8 / 2 ≈ 0,25 (дня).

На основі визначеної трудомісткості і тривалості робіт, складено календарний графік монтажу системи опалення (див. аркуш 7) та розраховано його техніко-економічні показники.

### 3.6 Визначення складу бригад

До початку монтажно-збірних робіт керівник монтажної ділянки повинен перевірити: знання правил техніки безпеки працівниками, наявність відповідних ресурсів, наявність приладів, які забезпечують безпечні умови праці, особливо при роботі на висоті, наявність дипломів у працівників, прав на управління механізмами.

Для виконання будь-яких санітарно-технічних робіт встановлюються ліміти трудових витрат яким відповідають певні грошові кошти. Для виконання певного об’єму робіт створюються бригади кваліфікованих робітників-спеціалістів своєї справи, які виконують дану роботу за певний час. Їх кількість визначається відповідно до об’єму виконання робіт і строків її здачі. Складаються спеціальні графіки по виконанню робіт.

Основними показниками плану для бригади є [27, 28]:

1. Об’єм робіт на місяць в фізичних вимірниках і в грошовому з розбивкою по об’єктам робіт.

2. Витрата матеріалів у вигляді лімітно-забірної картки з вказаним їх кількістю, ціни.

3. Акордовий наряд завдань, що складається при проєктуванні виробництва робіт по об’єкту і системі.

Чисельність одночасної роботи бригад досягає від 1 до 9 бригад.

### 3.7 Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану

1. Загальний строк будівництва:

$$T_{заг.}=22,5 \text{ (дні)}. \quad (3.12)$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{заг.}= 296 \text{ (люд/дні)}. \quad (3.13)$$

3. Середня чисельність робочих:

$$R_{сер.} = Q_{заг.}/ T_{заг.} = 296/22,5= 14 \text{ (робітників)}. \quad (3.14)$$

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{max.}=18 \text{ (робітників)}. \quad (3.15)$$

5. Надлишкова трудомісткість:

$$Q_{надл.}=2\cdot 9,5+2\cdot 1,25=21,5 \text{ (люд/дні)} \quad (3.16)$$

6. Встановлені терміни будівництва :

$$T_{вст} = 12,5 \text{ (дні)} \quad (3.17)$$

7. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

$$\alpha_1 = R_{сер.} / R_{max} \quad (3.18)$$

$\alpha_1 = 14/18=0,78$

8. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевтратам:

$$\alpha_2 = Q_{надл.}/Q_{заг.} \quad (3.19)$$

$\alpha_2 =21,5/296=0,073$

9. Коефіцієнт, який характеризує використання часу робочих протягом будівництва:

$$\alpha_3 = T_{вст}/T_{заг.} \quad (3.20)$$

$\alpha_3 =12,5/22,5=0,56$

### 3.8 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт

Роботи з монтажу систем опалення повинні виконуватись відповідно до ПВР і бути погодженими з загально будівельними та іншими спеціальними роботами.

Всі працівники повинні пройти інструктаж по техніці безпеки по 8 - 10 годинній програмі.

Переносний електрифікований інструмент повинен бути надійно заземленим, а в неробочий час знеструмленим. Забороняється тримати інструмент за живильний провід, виконувати роботу з металевих переносних драбин, працювати під дощем, вести роботу з риштувань без огорожі, доторкатись до деталей що обертаються, залишати інструмент без нагляду [34].

Механізми повинні бути правильно встановлені і підключені до електромережі у відповідності з діючими правилами техніки безпеки. Після підключення до електромережі механізм треба ввімкнути та мінімальний режим та перевірити на холостому ході роботу механізму. До роботи з механізмами допускаються особи, що вивчили його конструкцію, прийоми роботи, правила техніки безпеки та безпечної роботи.

До виконання газозварювальних робіт допускаються особи, відповідної кваліфікації. Якщо газозварювальник мав перерву в роботі, більшу від трьох місяців, або перейшов з іншого підприємства, він повинен пред’явити довідку про те, що він пройшов повторну перевірку знань і отримав дозвіл. Газозварювальник має право працювати тільки на закріпленому за ним газогенераторі.

Газові балони необхідно зберігати в металевих шафах. Балони потрібно оберігати від механічних пошкоджень і ударів, тому що це може викликати вибух.

Перед початком газового зварювання необхідно перевірити: міцність і герметичність приєднання газових рукавів до пальника і редуктора; наявність води в гідрозатворі до рівня пробки, а також щільність приєднання шланга до затвора, справність пальника і редуктора.

Робочі місця і підходи до них повинні бути добре освітленими. Якщо робочі місця розташовані над землею або перекриттям, вищим за 1 м, їх потрібно огороджувати. Отвори в перекриттях, до яких можливий доступ людей, повинні бути закриті суцільним міцним настилом або мати загорожу з бортовими дошками по всьому периметру. Робітники, які  працюють на будівельному майданчику, де можливе падіння предметів, повинні мати захисні шоломи. Для переміщення вантажів, маса яких більша за 50 кг, а також для підняття вантажів на висоту, більшу за 3 м, обов'язковим є механізоване виконання навантажувально-розвантажувальних робіт [26].

Забороняється тримати ввімкнений інструмент за живильний провід, виконувати роботу з металевих переносних драбин, працювати під дощем, вести роботу з риштувань без огорожі, доторкатись до обертальних деталей, залишати інструмент без нагляду.

В особливо небезпечних приміщеннях (внутрішні об'єми баків, великогабаритні повітропроводи, камери кондиціонерів тощо) допускається працювати електрифікованим інструментом з напругою живлення, не вищою за 42 В, обов'язково використовуючи діелектричні рукавиці і килимки. Робітник, що працює, повинен страхуватись іншим робітником, який перебуває за межами місткості.

Для виконання монтажних робіт на висоті потрібно використовувати тільки інвентарні риштування та інші пристрої. Настили риштувань повинні мати рівну поверхню із зазорами між дошками, не більшими за 10 мм. Якщо настил розташований вище за 1 м від поверхні землі або перекриття, то необхідно влаштовувати огорожу у вигляді стійок з поруччям, висота яких не менша, ніж 1 м від настилу. На стійках щільно до настилу прикріпляють бортову дошку, висота якої не менша, ніж 15 см, яка запобігає падінню інструментів і дрібних деталей.

Риштування висотою до 4 м приймає в експлуатацію тільки виконавець робіт, а вище за 4 м- спеціальна комісія за актом. Якщо використовують металеві драбини, їхня висота повинна забезпечити робітникові можливість виконання роботи стоячи на сходинці на відстані, не меншій, ніж 1 м від верхнього кінця драбини; робітник повинен закріпитись карабіном монтажного пояса до надійних елементів будівельних конструкцій. Нижні кінці приставних драбин повинні мати опори у вигляді гострих шипів або гумових наконечників, верхні - бути закріпленими до міцних конструкцій.

### 3.9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

При виконанні монтажних робіт системи опалення виконуються наступні роботи [33]:

- розмічування місць прокладання трубопроводів;
- прокладання трубопроводів;
- встановлення опалювальних приладів;
- встановлення циркуляційних насосів,
- встановлення запірної та регулюючої арматури;
- ізоляція трубопроводів.

На будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи опалення будівлі, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [35, 36, 37, 38].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук;

вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно фіброгенної дії (нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Організація робочих місць має бути такою, щоб забезпечувала вимоги до виконання робіт. Під час виконання будівельно-монтажних робіт та при експлуатації електромереж та устаткування повинні виконуватись вимоги пожежної безпеки відповідно до: Закону України «Про пожежну безпеку»; НАПБ А 01.001-2014 «Правил пожежної безпеки в Україні»; ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва»; ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)».

Згідно ДБН А.3.2-2-2009 проходи на робочих місцях і до робочих місць повинні відповідати таким вимогам: ширина одиночних проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути не менше ніж 0,6 м, а висота таких проходів у просвіті – не менше ніж 1,8 м. Робочі місця і проходи до них, розташовані на висоті більше ніж 1,3 м і на відстані менше ніж 2,0 м від межі перепаду по висоті, повинні бути огороджені захисними огорожами, конструкції яких визначаються в ПВР [37].

По вимогам ДБН А.3.2-2-2009 місця збирання і монтажу системи, а також робоча зона повинні бути звільнені від сторонніх предметів, очищенні від будівельного сміття та мати хороші підходи і освітлення. Не можна допускати до місця виконання робіт сторонніх осіб.

Для прес-з’єднань використовується електричний прес POWER E фірми Rems, дане обладання повинно бути заземлено або занулено, а в неробочий час знеструмлено. Під час робіт необхідно слідкувати за заземленням електричного пресу. З’єднання в підвішаному стані не допускається. Робоче місце монтажника повинно мати добру вентиляцію, бути захищене від атмосферних опадів і сильного вітру.

В зв’язку з відсутністю постійних робочих місць при виконанні монтажу системи опалення  необхідно розробити загальні вимоги щодо організації робочих місць. Інструмент завжди повинен бути в справному стані і відповідати вимогам безпеки. До роботи з пневматичним і електричним інструментом допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і інструктаж по охороні праці.

Приєднувати і від’єднувати шланги пневмо-інструментів потрібно тільки після виключення подачі повітря, а включати подачу повітря необхідно після того, як пнемо-інструмент поставлений в робоче положення.

Ручним пнемо-інструментом необхідно працювати в антивібраційних рукавицях. Для попередження віброзахворювань необхідно систематично приймати гідропроцедури під наглядом медперсоналу і дотримуватись установленого режиму робочого часу. В цілях безпеки важливо користуватися запобіжними засобами (щитками, екранами) при всіх роботах, котрі супроводжуються відлітання осколків, стружки, іскри, пилу.

Гострі кромки і краї повинні зачищатися. Обрізки металу необхідно складати в ящики. Прибирати з робочого місця дрібні металеві відходи дозволяється тільки щіткою.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правил улаштування електроустановок (наказ від 21.07.2017 No 476 Міністерство енергетики та вугільної промисловості України), НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.32.

В будинку використовується трифазна чотири провідна електромережа з глухозаземленим нульовим проводом. Величина напруги 380х220 В (фазна напруга (фаза – "0") – 220 В, а міжфазна лінійна (фаза–фаза) – 380 В).

Технічні рішення щодо запобігання електротравматизму від контакту з нормально струмоведучими елементами обладнання [38]:

1) огородження струмопровідних частин обладнання, оберігати ізоляцію струмоведучих елементів від механічних та термічних пошкоджень, попереджувальні таблички та знаки в місцях небезпеки, заземлення всіх корпусів електрообладнання;

2) при експлуатації дотримуватися правил технічної безпеки електричної установки споживачем, проводити лише при вимкненому обладнанні, блокування в електрообладнанні;

3) дотримуватись правил техніки безпеки при користуванні електроінструмента, використовувати лише справний електроінструмент, струмоведучі частини повинні буди надійно ізольовані.

В процесі монтажу системи опалення 9-поверхового житлового будинку в місті Вінниця можуть виникати виробничі випромінювання різного походження. Основними джерелами таких випромінювань можуть бути:

- випромінювання від освітлення: використання штучного освітлення, такого як люмінесцентні лампи або світлодіоди, може створювати електромагнітне випромінювання. Зазвичай рівень випромінювання від освітлення є безпечним, але тривала експозиція на яскраве світло може викликати напругу очей або незручність;

- хімічні випромінювання: у деяких випадках, будівельні матеріали або речовини, використовувані на будівництві, можуть виділяти хімічні речовини або пари, які можуть бути шкідливими для здоров’я людини. Наприклад, розчинники, фарби, клеї, ізоляційні матеріали та інші хімічні речовини можуть виділяти токсичні пари або пил, які потрібно контролювати ізоляцією та вентиляцією робочих приміщень.

Для забезпечення безпеки роботи монтажників необхідно дотримуватись відповідних норм і правил, що стосуються випромінювання та забезпечення

безпечних робочих умов. Рекомендується проводити оцінку ризиків і використовувати заходи безпеки, такі як використання засобів індивідуального захисту (спеціальні окуляри або навушники), а також забезпечити належну вентиляцію та повітряні фільтри для контролю хімічних випромінювань.

**Висновки до розділу 3**

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розроблено технологію монтажу системи опалення приміщень ювелірного виробництва в м. Вінниця

В результаті розроблення проєкту визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, визначено склад та об’єм робіт, обрано методи виконання робіт, підібрані необхідні машини і механізми для виконання монтажних робіт, визначено трудомісткість монтажних робіт, на основі якої складено календарний графік виконання робіт, загальної тривалості робіт та складу бригад, також виконано техніко-економічні розрахунки, в якому визначено загальну трудомісткість – 296 люд/дні та тривалість виконання робіт – 22,5 днів.

# 4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

## 4.1 Загальні положення

В данному дипломному проєкті запроєктовано систему опалення будівлі ювелірного виробництва в м. Вінниця.

Будівля розташована в мікрорайоні Вишенька по вул. Політехнічна. Будівля має 4-ри поверхи загальною площею 1530 м$^2$ і висотою 16,14 м., та загальним корисним об'ємом 5631 м$^3$. Ділянка будівництва межує з житловими будинками. Будівля складається з офісних, виробничих та побутових приміщень.

Джерелом теплопостачання використано два індивідуальних теплових пункти кожен з яких обслуговує по два поверхи будівлі. В тепловому пункті встановлено газовий котел Vaillant turboTEC plus VUW INT 362-5.Загальна теплова потужність системи опалення становить 74 кВт.

В якості палива в даних котлах використовується природній газ, характеристики якого наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Середній склад і характеристики природного газу [19]

| Склад газу, % за об'ємом | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $N_2$ | $H_2S$ | $CO_2$ | Теплота спалювання Q, КДж/м$^3$ | Густина кг/м$^3$ при t=0$^o$C |
| 96 | 0,5 | 0,2 | 0,04 | 3 | - | 0,2 | 33500 | 0,7 |

Підібрані котли обладнанні запатентованою системою регулювання подачі повітря для оптимальної роботи, електричним запалюванням, системою контролю температури за допомогою давачів. З кожного котельного агрегату виступає горловина димоходу. В котлах влаштована система контролю тяги димової труби, яка базується на використанні запобіжного термостату спалювання, що забезпечує миттєве відключення модуля нагріву у випадку недостатньої тяги.

Через огороджувальні конструкції в атмосферу надходить значний обсяг тепла, що призводить до теплового забруднення атмосфери. Щоб запобігти тепловому забрудненню використовуються теплоізоляційні матеріали, що дозволяє значно зменшити теплові втрати будівлі.

В якості розрахункових параметрів зовнішнього повітря для холодного періоду року для системи опалення будинків приймають параметри Б.

Відповідно до нормативних норм України використовувати стіни з монолітної цегляної кладки неефективно. Тому раціональним способом утеплення стін повинно стати використання шару з ефективного утеплювача.

При будівництві нових будинків теплоізоляційний шар з мінеральної вати, пористої пластмаси або інших утеплювачів розташовують всередині стінової конструкції. В таких випадках використовують кладку, яка складається з двох повздовжніх стін розташованих на відстані у дві цеглини одна від іншої, які з'єднані конструктивними зв'язками. Для запобігання просіданню утеплювача висота безперервного ізоляційного шару має бути не більше одного метру.

## 4.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин при спалюванні природного газу

Котел turboTEC plus VUW INT 362-5 фірми «Vaillant» – 2 шт., з наступними характеристиками:

- номінальна теплова потужність – 37 кВт;
- вид палива – природній газ;
- витрата палива в рік складає – 5,36 тис. м$^3$;
- максимальна витрата палива за годину – 4,7 м$^3$/год.

Валовий викид забруднюючих речовин визначається за формулою [22]:

$$E_i = 10^{-6} * k_i * B_i * Q^r{}_i, \quad (4.1)$$

де $Ei$ – валовий викид забруднюючих речовин, т;

$k_i$ – показник емісії (викиду) забруднюючих речовин, г/ГДж;

$B_i$ – витрата палива за проміжок часу, т (5.22);

$Q_i^r$ – нижча теплота згорання палива, МДж/кг (5.23).

$$B_i = B_v * p_n \ , \tag{4.2}$$

де $B_v$ – витрати палива, тис.м$^3$;

$p_n$ – густина, $p_n$ = 0,723 кг/нм$^3$ [23];

$$Bi = 10{,}719 \cdot 0{,}723 = 7{,}75 \text{ (т/рік)},$$

$$Bi = 4{,}7 \cdot 0{,}723 = 3{,}398 \text{ (кг/год)} = 0{,}94 \text{ (г/с)};$$

$Q_{iv}$ – нижча теплота згорання палива, $Q_{iv}$ = 33,08 МДж/нм$^3$;

$$Q_i^r = Q_{iv} / p_n, \tag{4.3}$$

$$Q_i^v = 33{,}08/0{,}723 = 45{,}75 \text{ (МДж/кг)}.$$

Розрахунок викиду оксиду вуглецю

Показник емісії оксиду вуглецю $K_{co}$ = 80 (г/ГДж), отже валовий викид забруднюючих речовин становить:

$$E_{co} = 10^{-6} \cdot 80 \cdot 7{,}75 \cdot 45{,}75 = 0{,}00284 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{co} = 0{,}00017 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок викиду діоксиду азоту

Показник емісії діоксиду азоту $K_{NO2}$ = 70 (г/ГДж);

$$E_{NO2} = 10^{-6} \cdot 70 \cdot 7{,}75 \cdot 45{,}75 = 0{,}025 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{NO2} = 0{,}0015 \text{ (г/с)};$$

Розрахунок викидів парникових газів та важких металів

Розрахунок викидів вуглекислого газу.

$$К_{CO2} = 3{,}67 \cdot К_с \cdot Е_С \ , \tag{4.4}$$

де $Е_С$ – ступінь окислення вуглецю в паливі (для природного газу $Е_С$ = 0,995 г/ГДж);

$К_с$ = 15300 г/ГДж.

$$К_{CO2} = 3{,}67 \cdot 15300 \cdot 0{,}995 = 55870 \text{ (г/ГДж)},$$

$$E_{CO2} = 10^{-6} \cdot 55870 \cdot 7{,}75 \cdot 45{,}75 = 19{,}81 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{CO2} = 10^{-6} \cdot 55870 \cdot 0{,}94 \cdot 45{,}75 = 2{,}4 \text{ (г/с)}.$$

Загальний викид забруднюючих речовин

$$E_{\Sigma} = E_{CO} + E_{NO_2} + E_{CO_2}, \tag{4.5}$$

$$E_{\Sigma} = 0{,}00284 + 0{,}025 + 19{,}81 = 19{,}84 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{\Sigma} = 0{,}00017 + 0{,}0015 + 2{,}4 = 2{,}402 \text{ (г/с)}.$$

### 4.3 Заходи по зменшенню забруднення атмосфери

Для зниження вмісту азоту, що викидається в атмосферу продуктами згоряння необхідно пригнічувати утворення їх в топці агрегатів.

Основними методами зменшення кількості оксидів азоту є: рециркуляція продуктів згоряння в топку, двостадійне спалювання палива, застосування спеціальних пальникових пристроїв, подача води і пари в зону горіння, зниження коефіцієнта надлишку повітря в топці.

Застосування спеціальних пальникових пристроїв, що дозволяють отримати розтягнутий по довжині топкової камери факел, можливо тільки на котлах серії ДЕ, призначених для спалювання мазуту і газу, оскільки вони мають достатню по глибині топкову камеру.

Подача води і пари в зону горіння може використовуватися на котлах невеликої потужності. Проте в даний час відсутні надійні дані про ефективність цього способу. Крім того, введення води або пари може погіршити процес горіння, особливо в топкових камерах невеликого об’єму.

Зниження коефіцієнта надлишку повітря в топці є одним з ефективних заходів по зменшенню викидів оксидів азоту, проте вимагає вдосконалення існуючих пальникових пристроїв. В даний час є досвід роботи енергетичних котлів з коефіцієнтом надлишку повітря в топці 1,02-1,03 при спалюванні природного газу і мазуту.

Розгляд різних способів зниження шкідливих викидів в атмосферу дозволяє рекомендувати наступні заходи при експлуатації промислових і опалювальних котлоагрегатів [3]:

- підтримувати оптимальний коефіцієнт надлишку повітря на виході з топки шляхом наладки режиму горіння, а у разі потреби здійснювати реконструкцію пальникових пристроїв;
- систематично стежити за густиною топкової камери, ліквідовуючи присоси повітря в ній;
- подача води або пари в кількості 5-10% в ядро факела;
- проводити перевірочний розрахунок висоти димової труби відповідно до снітарно-технічних норм;
- визначати вміст оксидів азоту в продуктах згоряння при режимноналагоджувальних випробуваннях.

### 4.4 Розрахунок величини плати від забруднення атмосфери

Величину плати за викиди в атмосферу знаходимо за формулою:

$$N_{ас} = \Sigma (H_{іл} \cdot M_{іл} + К_п H_{іп} M_{іп})К_т, \quad (4.6)$$

де $H_{іл}$ – норматив плати за викиди в атмосферу 1 т забруднюючих речовин в межах ліміту, грн./т; для $NO_2$ – 8000 грн/т; CO – 3000 грн/т;

$M_{іл}$ – маса річного викиду і-тої забруднюючої речовини у межах встановлених норм, т:

$$M_{іл} = 80\% \cdot M_{іп}; \quad (4.7)$$

де $M_{іп}$ – маса річного викиду і-тої забруднюючої речовини понадлімітна, т;

$$M_{іп} = 20\% \cdot M; \quad (4.8)$$

$К_п$ – коефіцієнт кратності плати за понадлімітний викид в атмосферу забруднюючих речовин, який встановлений місцевими організаціями влади, $К_п = 2$;

$$К_п = К_{нас} \cdot К_ф, \quad (4.9)$$

де $К_{нас}$ – коефіцієнт який залежить від чисельності міста, $К_{нас}=1$;

$К_ф$ – коефіцієнт значення міста, $К_ф=1$.

Розрахунок платежів за викиди забруднюючих речовин в атмосферу наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок платежів за викиди забруднюючих речовин в атмосферу

| Назва шкідл. Речов. | Норма-Тив плати, грн./т | Кіль-кість викиду, т/рік | Маса річного викиду, т | | $К_п$ | $К_{нас}$ | $К_ф$ | $К_т$ | Платежі, грн./рік |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $М_{іл}$ | $М_{іп}$ | | | | | |
| CO | 3000 | 4,16 | 3,32 | 0,66 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12480 |
| $NO_2$ | 8000 | 3,68 | 2,94 | 0,58 | 1 | 1 | 1 | 1 | 29440 |
| Σ=41920 грн/рік | | | | | | | | | |

### 4.5 Енергетичний паспорт будинку

Енергетичну ефективність будинку визначають такі показники [39]:

- питомі тепловтрати на опалення будинку за опалювальний період $q_{буд}$, кВт·тод/м$^2$ [кВт·тод/м$^3$];
- загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $K_{буд}$, Вт/(м$^2$·К);
- приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $k_{\Sigma^{пр}}$, Вт/(м$^2$·К);
- умовний коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій будинку, $k_{інф}$, Вт/(м$^2$·К);
- середня кратність повітрообміну за опалювальний період, $n_{об}$, год$^{-1}$;
- коефіцієнт скління фасадів будинку, $m_{ск;}$
- показник компактності будинку, $\Lambda_{кбуд}$.

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{рік}$ визначаються за формулою [3]:

$$Q_{рік}=\left[Q_к-(Q_{вин}+Q_л)\cdot v\cdot \varsigma\right]\cdot \beta_h, \quad (4.10)$$

де $Q_к$ – загальні тепловтрати будинку через огороджувальну оболонку, кВт·год;

$Q_{він\ п}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

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

v – коефіцієнт, що враховує здатність огороджувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі і визначається згідно з ДБН В.2.5 – 24 v=0,8;

$\varsigma$ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення $\varsigma$=0,95;

$\beta_h$ – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, повязане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через радіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювальні приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h$=1,13.

$$Q_{рік}=\left[103,121-(23,846+12,89)\cdot 0,8\cdot 0,95\right]\cdot 1,13=68,45(кВт\cdot год)$$

Розрахункове значення питомих тепловтрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{буд}$, кВт·год/м$^3$ визначаємо за формулою [18]:

$$q_{буд}=\frac{Q_{рік}}{F_h} \quad \text{або} \quad q_{буд}=\frac{Q_{рік}}{V_h}, \quad (4.11)$$

де $Q_{рік}$ – витрати теплової енергії на опалення будинку під час опалювального періоду року, кВт·год;

$F_hV_h$ – відповідно, м$^2$ опалювальна площа і об’єм будинку м$^3$.

$$q=\frac{68450}{1463}=46,78(кВт\cdot год/м^2),\ q=\frac{68450}{4819,6}=14,2(кВт\cdot год/м^3),$$

Отримані значення тепловтрат, відненсених на одиницю площі та на одиницю об’єму заносимо до енергетичного паспорту будинку до таблиці 4.5.

Загальні тепловтрати будинку $Q_к$ кВт·год, визначається за формулою [18]:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{буд} \cdot D_d \cdot F_\Sigma, \quad (4.12)$$

$$Q_k = 0{,}024 \cdot 0{,}75 \cdot 3750 \cdot 1463 = 103{,}121 \text{ (кВт·год)},$$

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

$F_\Sigma$ – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огороджуючих конструкцій м$^2$;

$К_{буд}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоїзоляційної оболонки будинку, Вт/(м$^2$·К), визначається за формулою [3]:

$$K_{буд} = \kappa_{\Sigma пр} + \kappa_{інф}, \quad (4.13)$$

$$К_{буд} = 0{,}23 + 0{,}52 = 0{,}75 \text{ (Вт/(м}^2\text{·К))},$$

де $к_{\Sigma пр}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м$^2$·К), що визначається за формулою [18]:

$$k_{\Sigma пр} = \xi \cdot \frac{\left( \frac{F_{НП}}{R_{\Sigma ПРНП}} + \frac{F_{СП}}{R_{\Sigma ПРСПВ}} + \frac{F_Д}{R_{\Sigma ПРД}} + \frac{F_{ПК}}{R_{\Sigma ПРПК}} + \frac{F_Ц}{R_{\sum ПРЦ}} \right)}{F_\Sigma}, \quad (4.14)$$

$$k_{\Sigma пр} = 1{,}13 \cdot \frac{\left( \frac{3731{,}88}{2{,}5} + \frac{434{,}3}{0{,}5} + \frac{29{,}4}{0{,}44} + \frac{876{,}8}{3{,}3} + \frac{1267{,}3}{3{,}5} \right)}{5808{,}62} = 0{,}23 (Вт/(м^2 \cdot К)),$$

де $\xi$ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, які пов’язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявність кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок, для житлових будинків $\xi$=1,13;

$F_{НП}$, $F_{СП}$, $F_Д$, $F_{КП}$, – площі відповідних стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх дверей та воріт, покриттів, м$^2$;

$R_{\Sigma ПРНП}$, $R_{\Sigma ПРСПВ}$ $R_{\Sigma ПРД}$ $R_{\Sigma ПРПК}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стіни, світлопрорізних конструкцій, зовнішніх дверей, покриттів (горищних перекриттів), (м$^2$·К)/Вт;

$F_\Sigma$ – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огороджуючих конструкцій м$^2$;

$К_{інф}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій дудинку, Вт/(м$^2$·К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, визначається за формулою [18]:

$$\kappa_{інф} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_\Sigma}, \tag{4.15}$$

$$\kappa_{інф} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 24846,8 \cdot 1,25 \cdot 1}{1463,3} = 0,52(Вт/(м^2 \cdot К)),$$

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

с – питома теплоємність повітря, приймаємо 1 кДж/(кг·К);

$n_{об}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год$^{-1}$, що визначається експерементально або приймається згідно з нормами проєктування будинків; згідно з вимогами ДБН В.2.2-15 і складає $n_{об}$= 1 год$^{-1}$;

$v_v$ – коефіцієнт зниження об’єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огороджувальних конструкцій, за відсутності точних даних приймається $v_v$=0,85;

$\gamma_з$ – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м$^3$, визначається за формулою [18]:

$$\gamma_з = \frac{353}{\left[273 + 0,5 \cdot \left(t_в + t_{ОПЗ}\right)\right]}, \tag{4.16}$$

$$\gamma_з = \frac{353}{\left[273 + 0,5\left(21 + (-1,1)\right)\right]} = 1,25(кг/м^3),$$

де $t_в$ – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків, °С, що визначається в залежності від призначення будинку згідно з [3];

$t_{ОПЗ}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С [2];

$\eta$ – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огороджувальних конструкціях, $\eta$ =0,7 [40].

При цьому коефіцієнті $\eta$ приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку.

Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період $n_{об}$ год$^{-1}$, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою [18]:

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{L_v \cdot n_v}{168}\right) + \left(\frac{P_{інф} \cdot \eta \cdot n_{інф}}{168 \cdot \gamma_з}\right)\right]}{\upsilon_v \cdot V_h}, \quad (4.17)$$

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{41900 \cdot 120}{168}\right) + \left(\frac{2048,8 \cdot 0,7 \cdot 0,48}{168 \cdot 1,25}\right)\right]}{0,85 \cdot 4819,6} = 0,2(год^{-1}),$$

де $L_v$ – кількість припливного повітря в будинок, м$^3$/год;

168 – кількість годин у тижні;

$P_{інф}$ – кількість повітря, що інфільтрується в будинок через огороджувальні конструкції (нещільність світлопрорізних конструкцій та дверей), в неробочий час, розраховується за формулою [18]:

$$P_{інф} = 0,5 \cdot \upsilon_v \cdot V_h = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 4819,6 = 2048,8(кг / год),$$

де $n_{інф}$ – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, $Q_{ВНП}$, кВт, визначаються за формулою [18]:

$$Q_{ВНП} = \chi_1 \cdot q_{ВНП} \cdot z_{ОП} \cdot F_1, \quad (4.18)$$

$$Q_{ВНП} = 0,024 \cdot 10 \cdot 116 \cdot 1460 = 23,846(кВт),$$

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

$q_{ВНП}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м$^2$ житлової площі будівлі або розрахункової площі громадського будинку, Вт/м$^2$, $q_{ВНП}$= 10 Вт/м$^2$;

$z_{оп}$ – тривалість опалювального періоду, що визначається згідно;

$F_1$ – для житлових будинків площа житлових приміщень і кухонь, для громадських будинків – розрахункова площа, що визначається згідно методикою визначення геометричних показників.

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих на чотири напрямки сторін світу – північ (Пн), схід (Сх), південь (Пд), захід (Зх) або за проміжними напрямками ( північ – захід (ПнЗ), північний – схід (ПнС), південий – схід (ПдС), південий – захід (ПдЗ), визначається за формулою [18]:

$$Q_в = \zeta_{\beta 1}\varepsilon_\beta (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_З I_З), \tag{4.19}$$

$$Q_в = 0,8 \cdot 0,48 \cdot (165,8 \cdot 147 + 3,948 \cdot 212 + 221,1 \cdot 348 + 1,974 \cdot 217) =$$
$$= 12,893(кВт \cdot год),$$

де $\xi_{\beta 1}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно для світлопрорізних заповнень вікон і зенітних ліхтарів, що приймаються за паспортними данними відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку [18]: $I_{Пн}$=147 кВт·год/м$^2$, $I_C$=212 кВт·год/м$^2$, $I_{Пд}$=348 кВт·год/м$^2$, $I_З$=217 кВт·год/м$^2$.

Показник компактності будинку $\Delta_{к.\ буд,}$ ,визначається за формулою [18]:

$$\Delta_{к.буд} = \frac{F_\Sigma}{V_h}, \tag{4.20}$$

$$\Delta_{к.буд} = \frac{1530}{4819,6} = 0,32.$$

Значення питомих тепловтрат на опалення за опалювальний період $q_{буд}$ визначається згідно ДБН В.2.6-31 і порівнюється з нормативним значенням $E_{max}$.

Різниця в % розрахункового значення питомих тепловитрат, $q_{буд}$, від максимального допустимого значення, $E_{max}$ [18]:

$$\frac{46,78 - 94}{94} \cdot 100\% = -50,2\%.$$

Отже, за енергетичною ефективністю будівля відноситься до класу А.

Основні теплотехнічні та енергетичні показники наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Загальна інформація

| | |
|---|---|
| Дата заповнення (рік, місяць, число) | 24.11.25 |
| Адреса будинку | м. Вінниця, вул. Політехнічна, 7 |
| Розробник проєкту | Блеянюк А.О. |
| Адреса і телефон розробника | ВНТУ |
| Шифр проєкту будинку | 08-13.МКР.001.00.000 ОВ |
| Рік будівництва | 2025 |

Таблиця 4.4 – Розрахункові параметри

| Найменування розрахункових параметрів | Позначення | Одиниця вимірювання | Величина |
|---|---|---|---|
| Розрахункова температура внутрішнього повітря | $t_B$ | °С | 21 |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря | $t_З$ | °С | -21 |
| Розрахункова температура теплого горища | $t_{ВГ}$ | °С | +5 |
| Тривалість опалювального періоду | Z | доба | 189 |
| Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період | $t_{ОПЗ}$ | °С | 8,8 |
| Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду | $D_d$ | °$C$·доба | 3750 |
| Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку | | | |
| Призначення | виробниче | | |
| Розміщення в забудові | | | |
| Типовий проєкт, індивідуальний | індивідуальний проєкт | | |

Таблиця 4.5 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

| Назва показника | Позначення і розмірність показника | Нормативне значення показника | Розрахункове (проєктне) значення показника | Фактичне значення показника |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Геометричні показники** | | | | |
| Загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій будинку | $F_{\sum}$ , м$^2$ | — | 2516 | |

Продовження таблиці 4.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| В тому числі:<br>- стін<br>- вікон і балконних дверей<br>- вітражів<br>- вхідних дверей та воріт<br>- покриття (суміщених)<br>- підлоги по ґрунту | <br>$F_{НП}$, м2<br>$F_{СП}$<br>$F_{СП\ ВТ}$, м2<br>$F_{Д}$, м2<br>$F_{ПК}$, м2<br>$F_{Ц}$, м2 | <br>—<br>—<br>—<br>—<br>—<br>— | <br>824,37<br>86,58<br>187,58<br>27,08<br>213,24<br>383,55 | <br>824,37<br>86,58<br>187,58<br>27,08<br>213,24<br>383,55 |
| Площа опалюваних приміщень | $F_h$, м2 | — | 1455,38 | 1455,38 |
| Опалюваний об'єм | $V_h$, м3 | — | 4819,6 | 4819,6 |
| Коефіцієнт скління фасадів будинку | $m_{СК}$ | | 0,378 | 0,378 |
| Показник компактності будинку | $\Lambda_{К\ буд}$ | 0-0,43 | 0,32 | 0,32 |
| Теплотехнічні та енергетичні показники | | | | |
| Теплотехнічні показники | | | | |
| Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджень<br>- стін<br>- вікон і балконних дверей<br>- вітражів<br>- вхідних дверей, воріт<br>- покриттів | $R_{\sum ПР}$, м²·К/Вт<br>$R_{\sum ПРНТ}$<br>$R_{\sum ПРСПВ}$<br>$R_{\sum ПРСПВТ}$<br>$R_{\sum ПРД}$<br>$R_{\sum ПРЦ}$ | <br>4,0<br>0,9<br>0,7<br>0,9<br>0,7<br>6,0 | <br>4,31<br>1<br>1<br>1<br>1<br>6,39 | <br>—<br><br>—<br>—<br>—<br>—<br>— |
| **Енергетичні показники** | | | | |
| Розрахункові питомі тепловитрати | $q_{буд}$, кВт·год/м², [кВт·год/м³] | | 46,78<br>[14,2] | |
| Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення | $E_{max}$, кВт·год/м², [кВт·год/м³] | | 94<br>[35] | |
| Клас енергетичної ефективності | | | А | |

Продовження таблиці 4.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Відповідність проєкту будинку нормативним вимогам | | відповідає | | |
| Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки | | | 10 | 10 |
| Необхідність доопрацювання проєкту будинку | | доопрацю-вання не потрібне | | |

Таблиця 4.6 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

| Класи енергетичної ефективності | Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{буд}$, від максимально допустимого значення, $E_{max}$ | Рекомендації |
|---|---|---|
| A | Мінус 50 та менше | + |
| B | Від мінус 49 до мінус 10 | |
| C | Від мінус 9 до плюс 5 | |
| D | Від плюс 6 до плюс 25 | |
| E | Від плюс 26 до плюс 75 | |
| F | Від 76 та більше | |

**Висновки до розділу 4**

В даному розділі були прийняті рішення щодо енергозбереження та заходи по охороні довкілля. Розраховано шкідливі викиди від котлоагрегатів. При роботі котлів, що працюють на природньому газі в навколишнє середовище викидаються шкідливі речовини: оксид вуглецю, діоксид азоту, вуглекислий газ. Загальний викид забруднюючих речовин складає 19,84 (т/рік).

Складено енергетичний паспорт будинку, в якому пораховані загальні тепловтрати, площі та об’єми будинку, його енергозберігаючі якості, встановлено клас будинку за енергетичною ефективністю. За результатами розроблення можна зробити висновок, що клас енергетичної ефективності будинку – “А“.

# 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

Для розрахунку вартості дотримувалися вимог Кошторсних норм України «Настанова з визначення вартості будівництва» від 21.03.2024 (редакція із змінами №1, №2, №3, №4) і використовували програму «АВК».

В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати [40].

Вартість матеріальних ресурсів і машино-годин прийнято за регіональними поточними цінами станом на дату складання документації, згідно прайс-листів та усередненими даними Держбуду України.

Локальний кошторис складено на монтаж системи опалення приміщень будівлі ювелірного виробництва (таблиця 5.2). Склад, об’єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у частині 3 даної магістерської кваліфікаціної роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та специфікації (див. розділ 3). Значення основних техніко-економічних показників наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

| Показники | Одиниці вимірювання | Значення |
|---|---|---|
| Кошторисна вартість на влаштування систем вентиляції та кондиціювання | грн | 1482211 |
| Вартість матеріалів, виробів, конструкцій | грн | 939828 |
| Додаткові витрати | грн | 542383 |
| Кошторисна заробітна плата | грн | 380830 |
| Кошторисна трудомісткість | люд.-год. | 2924 |

**Форма № 1**

Будівля ювелірного виробництва в м. Вінниці

# Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
**на опалення**

Основа:
креслення (специфікації ) №

| | | |
|---|---|---|
| Кошторисна вартість | 1482,211 | тис. грн. |
| Кошторисна трудомісткість | 2,924 | тис.люд.-год. |
| Кошторисна заробітна плата | 380,830 | тис. грн. |
| Середній розряд робіт | 4,1 | розряд |

Складений в поточних цінах станом на “18 листопада” 2025 р.

| № п/п | Обґрунтування (шифр норми) | Найменування робіт і витрат | Одиниця виміру | Кількість | Вартість одиниці, грн. | | Загальна вартість, грн. | | | Витрати труда робітників, люд.-год. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Всього | експлуатації машин | Всього | заробітної плати | експлуатації машин | не зайнятих обслуговуваним машин | |
| | | | | | заробітної плати | в тому числі заробітної плати | | | в тому числі заробітної плати | тих, що обслуговують машини | |
| | | | | | | | | | | на одиницю | всього |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | КБ 1-1-1 | Доставлення матеріалів та обладнання до місця монтажу | т | 2,114 | 420,17<br>207,86 | 212,31<br>163,22 | 983 | 486 | 497<br>382 | 2,1<br>1,33 | 4,91<br>3,11 |
| 2 | КБ 46-29-7 | Пробивання отворів | 100шт | 0,42 | 14456,18<br>14456,18 | -<br>- | 6072 | 6072 | -<br>- | 123,42<br>- | 51,84<br>- |
| 3 | КБ 16-6-4 | Прокладання трубопроводів опалення зі стальних водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 32 мм | 100м | 0,36 | 11770,52<br>5910,47 | 23,83<br>5,93 | 4237 | 2128 | 9<br>2 | 48,71<br>0,0482 | 17,54<br>0,02 |
| 4 | КБ 16-6-3 | Прокладання трубопроводів опалення зі стальних водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 25 мм | 100м | 0,2 | 11202,75<br>5910,47 | 23,83<br>5,93 | 2241 | 1182 | 5<br>1 | 48,71<br>0,0482 | 9,74<br>0,01 |
| 5 | КБ 16-14-2 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 26х3мм | 100м | 1,41 | 26356,16<br>26349,80 | -<br>- | 37162 | 37153 | -<br>- | 211,56<br>- | 298,3<br>- |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | КБ 16-14-1 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 20х2мм | 100м | 2,834 | 33503,02<br>33498,97 | -<br>- | 94948 | 94936 | -<br>- | 268,96<br>- | 762,23<br>- |
| 7 | КБ 16-14-1 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 16х2мм | 100м | 3,183 | 33503,02<br>33498,97 | -<br>- | 106640 | 106627 | -<br>- | 268,96<br>- | 856,1<br>- |
| 8 | КБ 26-2-1 | Ізоляція трубопроводів циліндрами із спіненого поліетилену | 10м | 4,03 | 388,77<br>374,77 | -<br>- | 1567 | 1510 | -<br>- | 3,36<br>- | 13,54<br>- |
| 9 | КБ 18-6-2 | Установлення радіаторів | 100кВт | 0,72 | 12056,43<br>11076,99 | -<br>- | 8681 | 7975 | -<br>- | 96,92<br>- | 69,78<br>- |
| 10 | КБ 18-10-1 | Встановлення розширювальних баків | шт | 2 | 712,02<br>705,08 | -<br>- | 1424 | 1410 | -<br>- | 5,95<br>- | 11,9<br>- |
| 11 | КБ 16-15-1 | Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 25 мм | шт | 89 | 298,62<br>288,91 | 4,85<br>1,21 | 26577 | 25713 | 432<br>108 | 2,41<br>0,0098 | 214,49<br>0,87 |
| 12 | КБ 16-15-2 | Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 50 мм | шт | 46 | 302,57<br>288,91 | 8,80<br>2,19 | 13918 | 13290 | 405<br>101 | 2,41<br>0,0178 | 110,86<br>0,82 |
| 13 | КБ 18-1-1 | Установлення котлів | шт | 2 | 4768,22<br>4716,27 | 33,30<br>23,66 | 9536 | 9433 | 67<br>47 | 36,24<br>0,15 | 72,48<br>0,3 |
| 14 | КБ 18-16-1 | Установлення фільтрів | шт | 4 | 565,92<br>513,11 | 10,88<br>2,71 | 2264 | 2052 | 44<br>11 | 4,33<br>0,022 | 17,32<br>0,09 |
| 15 | КБ 18-13-1 | Встановлення допоміжних циркуляційних насосів | шт | 2 | 2580,54<br>2526,42 | -<br>- | 5161 | 5053 | -<br>- | 21,32<br>- | 42,64<br>- |
| 16 | КБ 21-23-1 | Монтаж панелі керування та підключення до електромережі приладів | шт | 2 | 1480,29<br>1306,54 | 36,89<br>9,18 | 2961 | 2613 | 74<br>18 | 10,33<br>0,0746 | 20,66<br>0,15 |
| 17 | КБ 16-29-1 | Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення | 100м | 7,98 | 1236,42<br>1219,68 | 5,78<br>1,74 | 9867 | 9733 | 46<br>14 | 8,22<br>0,015 | 65,6<br>0,12 |
| 18 | КБ 13-26-1 | Фарбування металевих трубопроводів | 100м2 | 0,517 | 888,35<br>323,29 | 15,18<br>5,44 | 459 | 167 | 8<br>3 | 2,35<br>0,0448 | 1,21<br>0,02 |
| 19 | КБ 1-1-1 | Вивезення обладнання | т | 0,5 | 420,17<br>207,86 | 212,31<br>163,22 | 256 | 127 | 129<br>100 | 2,1<br>1,33 | 1,28<br>0,81 |
| 20 | С1630-95 | Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб для газопостачання, діаметр 32 мм | м | 36 | 83,65<br>- | -<br>- | 3011 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | С1630-94 | Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб для газопостачання, діаметр 25 мм | м | 20 | 72,39<br>- | -<br>- | 1448 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 22 | & С130-1199-1 | Труби металополімерні PEX-AL-PEX "VALTEC" 26х3 | м | 141 | 190,00<br>- | -<br>- | 26790 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 23 | & С130-1199-2 | Труби металополімерні PEX-AL-PEX "VALTEC" 20х2 | м | 283,4 | 90,00<br>- | -<br>- | 25506 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 24 | & С130-1199-3 | Труби металополімерні PEX-AL-PEX "VALTEC" 16х2 | м | 318,3 | 53,00<br>- | -<br>- | 16870 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 25 | & С113-2070-1 | Муфта перехідна «VALTEC» G1 1/4" х G3/4 " | шт | 4 | 318,00<br>- | -<br>- | 1272 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 26 | & С113-2070-2 | Трійник «VALTEC» ввв G1 1/2" | шт | 6 | 1035,00<br>- | -<br>- | 6210 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 27 | & С113-2070-3 | Трійник «VALTEC» ввв G1 1/4" | шт | 8 | 880,00<br>- | -<br>- | 7040 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 28 | & С113-2070-4 | Трійник «VALTEC» ввв G1" | шт | 6 | 485,00<br>- | -<br>- | 2910 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 29 | & С113-2070-5 | Трійник «VALTEC» ввв G 3/4" | шт | 6 | 265,00<br>- | -<br>- | 1590 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 30 | & С113-2070-6 | Ніпель «VALTEC» ззз G 1 1/2" | шт | 6 | 302,00<br>- | -<br>- | 1812 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 31 | & С113-2070-7 | Ніпель «VALTEC» зз G 1 1/4" | шт | 10 | 269,00<br>- | -<br>- | 2690 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 32 | & С113-2070-8 | Ніпель перехідний «VALTEC» G1 1/4" х G1" | шт | 8 | 290,00<br>- | -<br>- | 2320 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 33 | & С113-2070-9 | Ніпель перехідний «VALTEC» G 1" х G 3/4" | шт | 10 | 155,00<br>- | -<br>- | 1550 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 34 | & С113-2070-10 | Ніпель перехідний «VALTEC» G 3/4" х G 1/2" | шт | 4 | 84,00<br>- | -<br>- | 336 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 35 | & С113-2070-11 | З'єднання пряме затисне / вн. різьба «VALTEC» 16 х G 3/4 " | шт | 156 | 186,00<br>- | -<br>- | 29016 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 36 | & С113-2070-12 | З'єднання пряме затисне / зовн. різьба «VALTEC» 26 х G 3/4 " | шт | 15 | 311,00<br>- | -<br>- | 4665 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | & С113-2070-13 | З'єднання пряме обжимне / зовн. різьба «VALTEC» 20 х G 3/4 " | шт | 14 | 197,00 | - | 2758 | - | - | - | - |
| 38 | & С113-2070-14 | З'єднання пряме обжимне / зовн. різьба «VALTEC» 20 х G 1/2 " | шт | 18 | 196,00 | - | 3528 | - | - | - | - |
| 39 | & С113-2070-15 | З'єднання пряме обжимне / зовн. різьба «VALTEC» 16 х G 3/4" | шт | 12 | 142,00 | - | 1704 | - | - | - | - |
| 40 | & С113-2070-16 | З'єднання пряме обжимне / зовн. різьба «VALTEC» 16 х G 1/2" | шт | 20 | 118,00 | - | 2360 | - | - | - | - |
| 41 | & С113-2029-1 | Трійник затискний «VALTEC» 16х16х16 мм | шт | 30 | 270,00 | - | 8100 | - | - | - | - |
| 42 | & С113-2029-2 | Трійник затискний «VALTEC» 20х16х16 мм | шт | 26 | 421,00 | - | 10946 | - | - | - | - |
| 43 | & С113-2029-3 | Трійник затискний «VALTEC» 20х16х20 мм | шт | 56 | 475,00 | - | 26600 | - | - | - | - |
| 44 | & С113-2029-4 | Трійник затискний «VALTEC» 26х16х26 мм | шт | 16 | 586,00 | - | 9376 | - | - | - | - |
| 45 | & С113-2029-5 | Трійник затискний «VALTEC» 26х16х20 мм | шт | 8 | 546,00 | - | 4368 | - | - | - | - |
| 46 | & С1630-114-1 | Металевий хомут G 1 1/4" | кг | 30 | 66,00 | - | 1980 | - | - | - | - |
| 47 | & С1630-114-2 | Металевий хомут G 1/2" | кг | 10 | 55,00 | - | 550 | - | - | - | - |
| 48 | & С113-1879-1 | Фіксатори пластмасові "Valtec" | шт | 214 | 12,00 | - | 2568 | - | - | - | - |
| 49 | & С130-1183-3 | Кран кульовий Valtec G 1 1/4" | шт | 20 | 947,00 | - | 18940 | - | - | - | - |
| 50 | & С130-1183-4 | Кран кульовий Valtec G 1" | шт | 10 | 613,00 | - | 6130 | - | - | - | - |
| 51 | & С130-1183-5 | Кран кульовий Valtec G 3/4" | шт | 10 | 435,00 | - | 4350 | - | - | - | - |
| 52 | & С130-1183-6 | Кран кульовий Valtec 16 х G 1/2" | шт | 6 | 285,00 | - | 1710 | - | - | - | - |
| 53 | & С130-1183-7 варіант 1 | Запірно-регулювальний вентиль "HERZ" G 1" | шт | 1 | 2400,00 | - | 2400 | - | - | - | - |
| 54 | & С130-1183-8 | Запірно-регулювальний вентиль "HERZ" G 3/4" | шт | 9 | 1800,00 | - | 16200 | - | - | - | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55 | & С1630-536-20 | Вузол нижнього підключення з байпасом "Valtec" | шт | 77 | 596,00<br>- | -<br>- | 45892 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 56 | & С1630-536-19 | Регулятор перепаду тиску "HERZ" | шт | 2 | 7900,00<br>- | -<br>- | 15800 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 57 | & С1630-113-1 | Термоманометр Solomon | шт | 4 | 414,00<br>- | -<br>- | 1656 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 58 | & С1545-96-1 | Стрічка ФУМ | м | 1058 | 3,50<br>- | -<br>- | 3703 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 59 | С111-23 | Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 1,0-1,5 мм | т | 0,0035 | 114238,37<br>- | -<br>- | 400 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 60 | & С1545-159-1 | Комплект монтажний VALTEC (паста 20г + льон) | шт | 10 | 250,00<br>- | -<br>- | 2500 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 61 | & С130-433-3 | Котел газовий "Vaillant" turboTEC pro PLUS 362- | шт | 2 | 61319,00<br>- | -<br>- | 122638 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 62 | & С130-557-20 | Радіатор секційні 500х90х80мм "Global Vox" | секція | 599 | 580,00<br>- | -<br>- | 347420 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 63 | & С130-557-22 | Радіатор сталевий Korado 500х1000 VK11 | шт | 4 | 5863,00<br>- | -<br>- | 23452 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 64 | & С1630-536-22 | Термостатичний елемент "Danfoss" | шт | 70 | 640,00<br>- | -<br>- | 44800 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 65 | & С1630-1531-1 | Автоматичний повітровідвідний клапан "Valtec" | шт | 2 | 305,00<br>- | -<br>- | 610 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 66 | & С113-2149-1 | Термоізоляція із поліетиленової пінки для труб діам. 28 мм товщиною 9 мм | м | 15 | 29,00<br>- | -<br>- | 435 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 67 | & С130-508-1 | Насос Wilo TOP-SD 32/7 | шт | 2 | 30723,00<br>- | -<br>- | 61446 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| 68 | & С130-10-1 | Бак розширювальний Zilmet CAL-PRO 25 | шт | 2 | 1947,00<br>- | -<br>- | 3894 | - | -<br>- | -<br>- | -<br>- |
| | | Разом прямі витрати по кошторису | | | | | 1269204 | 327660 | 1716<br>787 | | 2642,42<br>6,32 |
| | | Разом будівельні роботи, грн.<br>в тому числі:<br>вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.<br>всього заробітна плата, грн. | | | | | 1269204<br><br>939828<br>328447 | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Загальновиробничі витрати, грн. | | | | | 213007 | | | | |
| | | трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. | | | | | 275,47 | | | | |
| | | заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | | 52383 | | | | |
| | | **Всього будівельні роботи, грн.** | | | | | **1482211** | | | | |
| | | **Всього по кошторису** | | | | | **1482211** | | | | |
| | | **Кошторисна трудомісткість, люд.год.** | | | | | **2924** | | | | |
| | | **Кошторисна заробітна плата, грн.** | | | | | **380830** | | | | |

Склав ________________________
*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Перевірив ________________________
*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

**Висновки до розділу 5**

В даному розділі роботи було визначено основні величини техніко-економічних показників та складено кошторисну документацію у вигляді локальних кошторисів та наведено техніко-економічні показники.

В результаті розрахунку отримано наступні значення: всього витрати по кошторису – 1482211 грн, кошторисна трудомісткість – 2924 люд-год, кошторисна заробітна плата – 380830 грн.

# ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Ювелірні виробничі будівлі висувають підвищені вимоги до стабільності мікроклімату, що зумовлено специфікою технологічних процесів та чутливістю обладнання. Аналіз нормативної бази та сучасних технічних рішень показав, що ефективність системи опалення визначається правильним вибором її типу, дотриманням вимог ДБН і ДСТУ, раціональним розміщенням обладнання та застосуванням енергоощадних технологій. Найбільш доцільним для таких об’єктів є використання водяної системи опалення з примусовою циркуляцією, доповненої високоефективними сталевими або алюмінієвими радіаторами та автоматизованим регулюванням температури. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів і зонального управління теплоподачею дозволяє значно зменшити тепловтрати та забезпечити стабільну роботу системи.

2. Застосування високоефективних газових котлів Vaillant із можливістю резервування гарантує безперервність теплопостачання та високу економічність експлуатації, що особливо важливо для виробництв із постійним тепловим навантаженням. Проведений техніко-економічний аналіз підтвердив, що обрана система відповідає вимогам енергоефективності, забезпечує оптимальні умови праці, є надійною, оціненою за показниками вартості, довговічності та простоти обслуговування. Усі ці фактори свідчать про доцільність впровадження запропонованого рішення в будівлях ювелірного виробництва та підтверджують його відповідність сучасним стандартам проєктування промислових об’єктів.

3. Виконано варіантний вибір конструктивних рішень системи опалення приміщень будівлі ювелірного виробництва, що передбачають наявність сучасного обладнання в залежності від умов створюваного мікроклімату, необхідних компенсація тепловтрат будівель та параметрів зовнішнього повітря та мікроклімату. Проаналізовано умови експлуатації та технічне обслуговування запропонованого проєкту із різними конструктивними складовими.

4. Представлено схеми розміщення елементів системи опалення на планах поверхів (1–2 аркуші), побудовано аксонометричні схеми систем (4–5 аркуші) та виконано розрахунки теплонадходжень в будівлю та змодельовано гідравлічний

режим роботи систем опалення. На основі виконананих гідравлічних розрахунків і визначених теплонадходжень в приміщення було підібрано обладнання систем.

5. Під час виконання організаційно-технологічного забезпечення реалізації проєктних рішень було визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу систем опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складено календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників. Виконано розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт та тривалість виконання монтажних робіт у 22,5 дні (аркуш 7).

6. Розраховано шкідливі викиди від котлоагрегатів. При роботі котлів, що працюють на природньому газі в навколишнє середовище викидаються шкідливі речовини: оксид вуглецю, діоксид азоту, вуглекислий газ. Загальний викид забруднюючих речовин складає 19,84 (т/рік). Складено енергетичний паспорт будинку, в якому пораховані загальні тепловтрати, площі та об’єми будинку, його енергозберігаючі якості, встановлено клас будинку за енергетичною ефективністю. За результатами розроблення можна зробити висновок, що клас енергетичної ефективності будинку – “А“.

7. Виконано розрахунок техніко-економічних показників. Складено локальні кошториси для системи опалення. В результаті розрахунку отримано наступні значення: всього витрати по кошторису – 1482211 грн, кошторисна трудомісткість – 2924 люд-год, кошторисна заробітна плата – 380830 грн.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальчук В.А., Мацєва Т.С. Теплопостачання: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2013. 300 с.

2. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина 1 «Теплові мережі та споруди»): навч. посіб. Київ: Кондор, 2007. 244 с.

3. Клімов Р.О. Конспект лекцій по дисципліні «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 –Теплоенергетика. Кам'янське: ДДТУ, 2016. 102 с

4. Ратушняк Г.С., Попова Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. 136 с.

5. В. Б. Горбань, П. М. Макаренко, О. В. Калініченко, В. І. Аранчій та ін., Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технікотехнологічний та екологічний аспекти: монографія. Полтава: ПП «Астрая», 2019, 312 с.

6. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки. Основні положення. Чинний від 2019-12-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2019. 47 с.

7. Ободянська О. І., Блеянюк А.О. Системи опалення енергоефективних будівель // Енергоефективність в галузях економіки України: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., Вінниця, 2025. Електронне наук. вид. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/view/26277/21667

8. Енергетична стратегія України на період до 2050 року: офіційний текст станом на 21.04.2023 [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text. (lata звернення 19.10.2025).

9. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 232 с.

10. ДСТУ Б А.2.4–41:2009. Система проектної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення. Чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2010. 32 с.

11. А. О. Редько, М. Н. Безродний, М. В. Загорученко, О. Ф. Редько, Г. С. Ратушняк, М. І. Хмельнюк. Низькопотенціальна енергетика. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016, 412 с.

12. ДСТУ EN 16798-1:2022. Енергетична ефективність будівель. Вентиляція будівель. Частина 1. Вхідні параметри внутрішнього середовища для проєктування та оцінювання енергетичної ефективності будівель, що стосуються якості повітря в приміщенні, теплового середовища, освітлення та акустики. (модуль М1-6) (EN 16798-1:2019, IDT). Чинний від 2022-12-28. Вид неофіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 80 с.

13. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Чинний від 2008-10-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 68 с.

14. Панкевич О.Д., Ободянська О.І., Титко О.В. Теплопостачання: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 85 с.

15. Є. А. Бобров. Енергетична безпека держави. Київ: Університет економіки та права, ВНЗ «КРОК», 2013, 306 с.

16. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. Чинний від 2023-03-01. Вид. неофіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 152 с.

17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Чинний від 2011-11-01. Вид. неофіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2010. 123 с.

18. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23 с.

19. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. Чинний від 2020-06-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 109 с.

20. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Будівельна теплофізика: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2004. 119 с.

21. О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. Тепломасообмін. Вінниця: ВНТУ, 2021, 113 с.

22. ДСТУ Б А.2.4-8:2009. Умовні графічні зображення та умовні познаки елементів санітарно-технічних систем. Чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 13 с.

23. Регулююча арматура – Інженерна сантехніка VALTEC. URL: https://valtec.ua/product-category/reguliruyushhaya-armatura-ua (дата звернення: 15.10.2025).

24. Каталог опалювальних приладів Korado. URL: https://korado.in.ua/catalog/korado-z-nizhnim-pidklyuchennyam (дата звернення: 20.10.2025).

25. Слободян Н.М., Панкевич О.Д., Ободянська О.І. Організація та технологія проєктування систем теплогазопостачання та вентиляції : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2016. 110 с.

26. Кінаш Р.І., Жуковський С.С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт : навч. посіб. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.

27. Панкевич О.Д. Організація будівництва : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2007. 86 с.

28. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 46 с.

29. Транспортні засоби. URL: https://www.machineseeker.com.ua/iveco-eurocargo+ml120e18/i-16430701 (дата звернення: 25.10.2025).

30. Лебідка вантажопідйомна URL: http://budmash.ua (дата звернення: 25.10.2025).

31. Зварювальний апарат для ручного дугового зварювання URL: https://nisa-svarka.com.ua/ua/p17285868-svarochnyj-apparat-dlya.html (дата звернення: 25.10.2025).

32. Механізовані інструменти URL: https://leg.co.ua/info/instrumenty-i-mehanizmy/elektricheskie-ruchnye-mashiny-i-porohovoy-instrument-dlya-montazha-sistem-avtomatizacii.html (дата звернення: 30.10.2025).

33. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Опалення - внутрішнє обладнання (Збірник 18) (РЕКНб). Чинний від 2023-02-22. Вид. офіц. Київ: Міністерства розвитку громад та територій України, 2021. 56 с.

34. Ободянська О. І. Пусконалагоджувальні роботи в інженерних системах // LIII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ: матеріали наук.-техн. конф., Вінниця, 2024. Електронне наук. вид. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20526/17023.

35. ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство охорони здоров’я, 1999. 46 с.

36. ДСН 3.3.6.039–99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство охорони здоров’я, 1999. 54 с.

37. ДБН А.3.2-2–2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). Чинний від 2012-04-01. Вид. офіц. Київ: Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 2009. 120 с.

38. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ: Науково-виробниче підприємство «Укренергоналадкавимірювання», 2016. 107 с.

39. Закон України Про енергетичну ефективність будівель. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text (дата звернення: 10.10.2025).

40. Директива Європейського парламенту та Ради 2012/27EU Про енергоефективність: URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text (дата звернення: 05.10.2025).

41. Лялюк. О.Г. Економіка будівництва: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2004. 68с.

112

Додаток А – Технічне завдання
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Затверджено:
Зав. кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
"___" _____ 2025р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на розроблення:

«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА»

Розробив
ст. гр. ТГ-24м _____ Блеянюк А.О.

Керівник
к.т.н., доцент _____ Ободянська О.І.

Вінниця 2025

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування.

Система опалення призначена для створення оптимальних нормативних мікрокліматичних умов, підтримання температурного балансу та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях будівлі ювелірного виробництва.

2. Основа для виконання робіт.

Завдання на МКР затверджено наказом № 313 від «24» вересня 2025 року. Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення виробничої будівлі.

3. Мета та призначення розробки.

Метою розроблення є створення проєктних рішень надійної системи опалення будівлі ювелірного виробництва із застосуванням енергоефективних технологій, що передбачає врахування сучасних технічних засобів автоматичним контролю і регулювання споживання тепла, а відповідно і витрати на опалення, що разом із зниженням тепловтрат дає змогу зменшити річне споживання газу.

Призначення розробки: підтримка температури в приміщеннях на рівні 21°С і 19°С – для виробничих приміщень.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є відомі на цей час конструктивні рішення при проєктуванні системи опалення, а також робочі креслення виробничої будівлі і нормативна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до системи опалення икладено в наступній нормативні літературі:

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

При розробленні системи потрібно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу систем та можливість їх ремонту чи заміни.

7. Вимоги з надійності.

Вимоги по надійності викладені в ДСТУ 3004-95.

Обов'язковими є показники:

7.1. середня наробка обладнання на відмову, яка складає не менше 5 років;

7.2. середній повний строк служби – не менше 20 років;

7.3. оцінку відповідності показників надійності – середню наробку обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом у відповідності ДСТУ 3004-95;

7.4. на вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

8. Ергономічні вимоги:

8.1. розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу з нагляду протягом доби;

8.2. номенклатура і величини антропонометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ДСТУ 3004-95;

8.3. виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань.

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені наступні види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО і ДО повинні по можливості співпадати зі строками обслуговування базового обладнання.

10. Порядок розробки випробування, приймання систем опалення та гарячого водопостачання:

10.1. стадію розробки встановлюють відповідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ДСТУ 9190:2022 «Енергетична

ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

Обов’язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципових схем, конструктивних компоновок та робочих креслень,

- розробка та узгодження програми та методики випробувань,

- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

10.2 Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

10.3 Порядок приймання розробки здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія, яку формує розробник. В склад комісії входять: представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

10.4 Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

10.5 Перелік документів, що представляється на випробування визначаються у програмі випробувань.

10.6 Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення та інструкції з експлуатації розроблених систем опалення.

10.7 Дане технічне завдання може узгоджуватись та доповнюватись в процесі проєктування.

116

Додаток Б – Висновок про перевірку МКР на плагіат

# ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БКР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, факультет БЦЕІ
(кафедра, факультет)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КП1) 11,84 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийнято до захисту.

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Коц В.І., к.т.н., професор каф. ІСБ _____ (підпис)
(прізвище, ініціали, посада)

Ратушняк Г.С., к.т.н., професор каф. ІСБ _____ (підпис)
(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку:

_____ к.т.н., доцент каф. ІСБ Слободян Н.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Ободянська О.І., к.т.н., доцент каф. ІСБ
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____ Блеянюк А.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В – Теплотехнічний розрахунок приміщень будівлі

Таблиця В.1 – Теплотехнічний розрахунок 1-го поверху

| № приміщен | Призначення t | наймен. огород. | орієнтац. | R $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$ | попр.коеф | Δ t °C | h, м | a, м | площа огор. | к $\frac{Вт}{м^2 \cdot °}$ | основні тепл. Вт | орієнт. % | вітер % | висота % | заг.мн. | тепл. на | тепловтр. Вт | ∑ Вт | темп. | потужн. 1 секц. Вт | кільк.сек. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | Торг.вист.з +20 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,45 | 13,35 | 0,27 | 1540,0 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 3739 | 1802 | **5297,7** | 50 | 128 | 41 |
| | | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,93 | 14,79 | 0,27 | 1706,1 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 1911 | | | | |
| | | ВК | Пд | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,8 | 3,24 | 1,96 | 2668,2 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 2988 | | | | |
| 102 | Гардероб +18 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,46 | 13,38 | 0,27 | 154,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 1136 | 180,6 | **1081,65** | 50 | 128 | 8 |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 260,2 | | | | |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 212,3 | | | | |
| 103 | Торг.зала +20 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,8 | 5,40 | 0,27 | 69,71 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | - | 78,1 | **86,3** | - | - | - |
| 104 | А +16 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,99 | 5,97 | 0,27 | 77,07 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | - | 86,3 | **86,3** | - | - | - |
| 105 | Гараж +5 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,55 | 10,65 | 0,27 | 117,01 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | 3555 | 131,0 | **4177,4** | 51 | 131,3 | 32 |
| | | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,82 | 11,46 | 0,27 | 125,90 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 153,6 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 84,71 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 103,3 | | | | |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2,00 | 145,92 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 178,0 | | | | |
| 106 | К. охорони +20 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 1,2 | 3,60 | 0,27 | 39,55 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | 0 | 356,3 | - | - | - | - |
| | | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,29 | 9,87 | 0,27 | 108,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 132,3 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 211,76 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 258,4 | | | | |
| 107 | Тамбур +16 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,26 | 12,78 | 0,27 | 147,43 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 718,6 | 179,9 | **1833,85** | 53 | 138,3 | 13 |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 221,4 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 271,3 | | | | |
| 108 | Б +16 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,76 | 14,28 | 0,27 | 164,73 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 626,6 | 201,0 | **621,81** | 54 | 141,8 | 4 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 203,2 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 260,2 | | | | |

Продовження таблиці В.1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109 | Топкова +16 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,17 | 9,51 | 0,27 | 104,48 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 485,5 | 122,2 | **623,3** | 54 | 141,8 | 1 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2,00 | 145,92 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 170,7 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 184,71 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 99,1 | | | | |
| 110 | Коридор +17 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 3,98 | 11,94 | 0,27 | 37,74 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 0 | 68,0 | - | - | - | - |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 81,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 21,4 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 22,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 71,3 | | | | |
| 111 | С/у +18 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,33 | 12,99 | 0,27 | 149,85 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 725,7 | 182,8 | **716,0** | 52 | 134,8 | 5 |
| | | ЗС | Пн | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 1,5 | 4,50 | 0,27 | 51,91 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 63,3 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 271,3 | | | | |
| 112 | Душова +25 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,59 | 10,77 | 0,27 | 78,32 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 0 | 78,4 | **211,63** | 45 | 111,3 | 2 |
| | | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 1,5 | 4,50 | 0,27 | 49,44 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 55,4 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 11,76 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 47,8 | | | | |

Загальна площа 1-го поверху: 397,49 м$^2$

Загальні втрати 18,1 кВт

Таблиця В.2 – Теплотехнічний розрахунок 2-го поверху

| № примішен | Призначення | наймен. огород. | орієнтац. | R $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$ | попр.коеф | Δ t °C | h, м | a, м | площа огор. | к $\frac{Вт}{м^2 \cdot °}$ | основні тепл. Вт | орієнт. % | вітер % | висота % | заг.мн. | тепл. на | тепловтр. Вт | ∑ Вт | темп. | потужн. 1 секц. Вт | кільк.сек. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 201 | збиральний цех +22 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,45 | 13,35 | 0,27 | 1540,0 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 3739 | 1802 | **5297,7** | 50 | 128 | 41 |
| | | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,93 | 14,79 | 0,27 | 1706,1 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 1911 | | | | |
| | | ВК | Пд | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,8 | 3,24 | 1,96 | 2668,2 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 2988 | | | | |
| 202 | Офіс +20 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,46 | 13,38 | 0,27 | 154,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 1136 | 180,6 | **1081,65** | 50 | 128 | 8 |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 260,2 | | | | |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 212,3 | | | | |
| 203 | Коридор +17 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,8 | 5,40 | 0,27 | 69,71 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | - | 78,1 | **86,3** | - | - | - |
| 204 | Коридор +17 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,99 | 5,97 | 0,27 | 77,07 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | - | 86,3 | **86,3** | - | - | - |
| 205 | Ливарний цех +19 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,55 | 10,65 | 0,27 | 117,01 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | 3555 | 131,0 | **4177,4** | 51 | 131,3 | 32 |
| | | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,82 | 11,46 | 0,27 | 125,90 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 153,6 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 84,71 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 103,3 | | | | |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2,00 | 145,92 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 178,0 | | | | |
| 206 | А +16 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 1,2 | 3,60 | 0,27 | 39,55 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | 0 | 356,3 | - | - | - | - |
| | | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,29 | 9,87 | 0,27 | 108,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 132,3 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 211,76 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 258,4 | | | | |
| 207 | Тамбур +16 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,26 | 12,78 | 0,27 | 147,43 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 718,6 | 179,9 | **1833,85** | 53 | 138,3 | 13 |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 221,4 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 271,3 | | | | |
| 208 | Б +16 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,76 | 14,28 | 0,27 | 164,73 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 626,6 | 201,0 | **621,81** | 54 | 141,8 | 4 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 203,2 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 260,2 | | | | |

Продовження таблиці В.2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 209 | Скл. пр +16 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,17 | 9,51 | 0,27 | 104,48 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 485,5 | 122,2 | **623,3** | 54 | 141,8 | 1 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2,00 | 145,92 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 170,7 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 184,71 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 99,1 | | | | |
| 210 | Коридор +17 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 3,98 | 11,94 | 0,27 | 37,74 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 0 | 68,0 | - | - | - | - |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 81,44 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 21,4 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 22,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 71,3 | | | | |
| 211 | С/у +18 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,33 | 12,99 | 0,27 | 149,85 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 725,7 | 182,8 | **716,0** | 52 | 134,8 | 5 |
| | | ЗС | Пн | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 1,5 | 4,50 | 0,27 | 51,91 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 63,3 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 271,3 | | | | |
| 212 | Душова +25 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,59 | 10,77 | 0,27 | 78,32 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 0 | 78,4 | **211,63** | 45 | 111,3 | 2 |
| | | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 1,5 | 4,50 | 0,27 | 49,44 | 0 | 5 | 7 | 1,12 | | 55,4 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 11,76 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 47,8 | | | | |
| 213 | Гардеробна +18 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,72 | 14,16 | 0,27 | 163,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | 485,2 | 191,1 | **588,9** | 52 | 134,8 | 4 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2,00 | 181,44 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 212,3 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 7 | 1,17 | | 260,2 | | | | |
| 214 | Кімната відпочинку +20 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,21 | 9,63 | 0,27 | 105,80 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | 1750,2 | 129,1 | **1698,4** | 50 | 128 | 13 |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 84,71 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 103,3 | | | | |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2,00 | 145,92 | 10 | 5 | 7 | 1,22 | | 178,0 | | | | |

Загальна площа 2-го поверху: 375,31 м$^2$

Загальні втрати 17,12 кВт

Сума втрат 1-го та 2-го поверхів становить 35,276 кВт

Питомі втрати $q_{пит\ 1+2} = 48,12$ (Вт/м$^2$)

Доцільно встановити на дані поверхи один газовий котел потужністю 36 кВт. Котел встановлюємо в приміщенні 109, об’ємом 26,57 м$^3$, яке відповідає всім вимогам нормативних документів.

Таблиця В.3 – Теплотехнічний розрахунок 3-го поверху

| № приміщеня | Призначення t | наймен. огород. | орієнтац. | R $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$ | попр.коеф. | Δt °C | h, м | a, м | площа огор. $м^2$ | к $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$ | основні тепл. Вт | орієнт. % | вітер % | висота % | заг.мн. | тепл. на вент. Вт | тепловтр. Вт | ∑ Вт | темп. напір | потужн. 1 секц. Вт | кільк.сек. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 301 | Офис +20 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,45 | 13,35 | 0,27 | 154,00 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | 591 | 177,1 | **6108,9** | 50 | 128 | 44 |
| | | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,93 | 14,79 | 0,27 | 170,61 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | | 187,7 | | | | |
| | | ВК | Пд | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,8 | 3,24 | 1,96 | 266,82 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | | 293,5 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 3,82 | 16,88 | 0,29 | 121,80 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 121,8 | | | | |
| 302 | Коридор +17 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,46 | 13,38 | 0,27 | 154,35 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | 770 | 177,5 | **1804,1** | 53 | 138,3 | 13 |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | | 255,7 | | | | |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2 | 181,44 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | | 208,7 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,93 | 4,46 | 21,99 | 0,29 | 158,62 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 158,6 | | | | |
| 303 | Тамбур +16 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,8 | 5,40 | 0,27 | 69,71 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | - | 76,7 | **1931,9** | 54 | 141,8 | 14 |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 47 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 0,29 | 18,16 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 18,2 | | | | |
| 304 | Б +16 | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 40 | 6,4 | 2 | 12,80 | 0,29 | 87,94 | 0 | 0 | 0 | 1 | - | 87,9 | **683,6** | 54 | 141,8 | 5 |
| 305 | А +16 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 47 | 3 | 1,99 | 5,97 | 0,27 | 77,07 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | - | 84,8 | - | - | - | - |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 47 | 1,8 | 2,1 | 3,78 | 0,29 | 30,51 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 30,5 | | | | |
| 306 | Офис +20 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,55 | 10,65 | 0,27 | 117,01 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | 366 | 128,7 | **5128** | 50 | 128 | 40 |
| | | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,82 | 11,46 | 0,27 | 125,90 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 151,1 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 84,71 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 101,6 | | | | |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2 | 145,92 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 175,1 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 40 | 2,92 | 3,76 | 10,98 | 0,29 | 75,43 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 75,4 | | | | |
| 307 | Топкова +16 | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 47 | 2,63 | 1,8 | 4,73 | 0,29 | 38,22 | 0 | 0 | 0 | 1 | 559 | 38,2 | **589,95** | 54 | 141,8 | 4 |
| 308 | Офис +20 | ПР | Пд | 3,49 | 0,6 | 40 | 5,74 | 2 | 11,48 | 0,29 | 78,87 | 0 | 0 | 0 | 1 | 836 | 78,9 | **993,13** | 50 | 128 | 8 |
| 309 | Коридор +17 | ЗС | Пд | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 1,2 | 3,60 | 0,27 | 39,55 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | 325 | 43,5 | **1339,7** | 53 | 138,3 | 10 |
| | | Вк | Сх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,29 | 9,87 | 0,27 | 108,44 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 130,1 | | | | |
| 310 | Кухня +18 | ЗС | Пд | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 1117,6 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | 985 | 254,1 | **2980,1** | 52 | 134,9 | 22 |
| | | ВК | Зх | 3,49 | 0,6 | 40 | 3,29 | 2,96 | 9,74 | 0,29 | 669,1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 66,9 | | | | |

Таблиця В.4 – Теплотехнічний розрахунок 4-го поверху

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 401 | Актова зала +20 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,26 | 12,78 | 0,27 | 14743 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | 758,2 | 176,9 | **4831,0** | 50 | 128 | 38 |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2 | 18144 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 217,7 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 266,8 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 4,52 | 19,98 | 0,29 | 144,12 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 144,1 | | | | |
| 402 | Коридор +17 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 4,76 | 14,28 | 0,27 | 164,73 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | 1562,3 | 189,4 | **2022,1** | 53 | 138 | 12 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2 | 181,44 | 0 | 5 | 5 | 1,1 | | 199,6 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 222,35 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | | 255,7 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 4,76 | 21,04 | 0,29 | 151,77 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 151,8 | | | | |
| 403 | Офіс +20 | ЗС | Зх | 3,64 | 1 | 40 | 3 | 3,17 | 9,51 | 0,27 | 1044,8 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | 2568,2 | 120,2 | **4390,8** | 50 | 128 | 38 |
| | | ЗД | Зх | 0,50 | 1 | 40 | 2,4 | 0,76 | 1,82 | 2 | 145,92 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | | 167,8 | | | | |
| | | ВК | Зх | 0,51 | 1 | 40 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 1,96 | 847,1 | 5 | 5 | 5 | 1,15 | | 97,4 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 40 | 4,42 | 2,92 | 12,91 | 0,29 | 886,7 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 88,7 | | | | |
| 404 | С/у +18 | ЗС | Пд | 3,49 | 0,6 | 40 | 7,8 | 2 | 15,60 | 0,29 | 107,18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 456,3 | 107,2 | **687,1** | 53 | 134,9 | 5 |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 4,52 | 19,98 | 0,29 | 144,12 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 154,3 | | | | |
| 405 | Сховище +16 | ЗС | Пд | 3,49 | 0,6 | 47 | 2,4 | 2 | 4,80 | 0,29 | 1875 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 38,7 | **1247,8** | 54 | 141,8 | 9 |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 3,82 | 16,88 | 0,29 | 121,80 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | |
| 406 | Офіс +20 | ЗС | Сх | 3,64 | 1 | 42 | 3 | 3,98 | 11,94 | 0,27 | 1377,4 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | 1356,2 | 165,3 | **4874,3** | 50 | 128 | 34 |
| | | ЗД | Сх | 0,50 | 1 | 42 | 2,4 | 0,9 | 2,16 | 2 | 181,44 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 217,7 | | | | |
| | | ВК | Сх | 0,51 | 1 | 42 | 1,8 | 1,5 | 2,70 | 1,96 | 985,35 | 10 | 5 | 5 | 1,2 | | 266,8 | | | | |
| | | ПР | - | 3,49 | 0,6 | 42 | 4,42 | 3,82 | 16,88 | 0,29 | 685,80 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 121,8 | | | | |

Загальна площа: 3-го поверху 376,81 м$^2$;

4-го поверху 401,17 м$^2$;

Тепловтрати 3 та 4 поверхів 34562 Вт

Питомі втрати становлять 50,4 Вт/м$^2$

Встановлюємо газовий котел в приміщенні 307 .

# ВІДГУК ОПОНЕНТА
## на магістерську кваліфікаційну роботу
здобувача **Блеянюка Артема Олеговича**
на тему **Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва**

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена актуальному та практично значущому питанню – підвищенню енергоефективності систем опалення у приміщеннях ювелірного виробництва. Тема дослідження є важливою, оскільки мікроклімат у таких приміщеннях безпосередньо впливає як на якість технологічних процесів, так і на умови праці персоналу. З огляду на сучасні вимоги до енергоефективності виробничих будівель, зростання вартості енергоресурсів та необхідність зменшення техногенного впливу на довкілля, обрана тематика є надзвичайно своєчасною.

Автором чітко визначено мету роботи та сформульовано завдання, які послідовно і логічно розкриті у змісті дослідження. Перший розділ роботи містить аналітичний огляд сучасного стану систем опалення виробничих приміщень та визначає особливості мікроклімату ювелірного виробництва. У другому розділі наведено теоретичне та практичне обґрунтування вибору основних параметрів та характеристик енергоефективної системи опалення, що відповідає специфічним технологічним вимогам даного виду виробництва.

Третій розділ присвячений організаційно-технологічному забезпеченню впровадження проектних рішень, що включає планування монтажних процесів і заходи з оптимізації виконання робіт. У четвертому та п'ятому розділах автор детально розглянув заходи з енергозбереження, зменшення екологічного навантаження та провів техніко-економічний аналіз запропонованої системи, що підтверджує її ефективність та доцільність застосування на практиці.

Робота відзначається структурованістю, коректним застосуванням сучасних технічних рішень та здатністю автора обґрунтовувати вибір інженерних систем з позиції економічної, технологічної та екологічної ефективності. Отримані результати мають високу практичну цінність для проєктування систем опалення у виробничих будівлях з підвищеними вимогами до стабільності мікроклімату.

Висновки в роботі є повними та обґрунтованими.

Магістерська кваліфікаційна робота оформлена якісно.

Магістром було дотримано графік виконання роботи.

Усі проектні рішення достатньо обґрунтовані, креслення оформлені згідно норм та стандартів.

**В МКР наявні наступні недоліки:**

1. В графічній частині було б доцільно зобразити монтажний вузол колекторного розподілу.

2. В пояснювальній записні рекомендується розширити аналіз економічної доцільності застосування запропонованих систем для різних кліматичних зон та типів будівель, зокрема у контексті їх вартості та строку окупності.

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано на високому рівні та при відповідному захисті заслуговує на оцінку «В».

Магістр Блеянюк Артем Олегович заслуговує присвоєння кваліфікації магістр зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія будівництва, ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція» .

**Опонент**
кандидат технічних наук,
доцент кафедри БМГА Хороша О.І.

М.П.
Печатка установи, організації опонента

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ * ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ЦИВІЛЬНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ * ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# ВІДГУК

## керівника магістерської кваліфікаційної роботи

здобувача **Блеянюка Артема Олеговича**

на тему **Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва**

У сучасних умовах розвитку промисловості та зростання вимог до енергоефективності особливого значення набувають питання оптимізації систем теплопостачання в виробничих будівлях, де стабільність мікроклімату безпосередньо впливає на якість продукції та ефективність технологічних процесів. Ювелірні підприємства належать до категорії об'єктів зі специфічними умовами виробництва, що потребують точного дотримання температурно-вологісних параметрів у робочих зонах. У таких умовах впровадження інноваційних енергоефективних систем опалення є важливою передумовою підвищення технологічної надійності, енергоощадності та екологічної безпеки підприємства.

Дослідження, виконане здобувачем, є актуальним та практично значущим, оскільки спрямоване на обґрунтування та проєктування індивідуальної системи опалення для будівлі ювелірного виробництва з урахуванням особливостей технологічних процесів та потреб офісних приміщень, обладнаних кондиціонерами. У роботі всебічно розглянуто питання забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в умовах різних теплових навантажень, характерних для виробничих та адміністративних зон будівлі.

У ході дослідження проведено детальний теплотехнічний аналіз будівлі, визначено рівень тепловтрат та обґрунтовано вибір індивідуальної системи теплопостачання на базі двох настінних газових котлів: один – для забезпечення опалення 1–2 поверхів, інший – для 3–4 поверхів. Таке конструкторське рішення забезпечує гнучке керування тепловими потоками, підвищену енергоефективність та надійну роботу системи з можливістю резервування. У роботі наведено аналіз переваг індивідуального теплопостачання для виробничих підприємств та обґрунтовано вибір необхідного обладнання відповідно до нормативних документів.

Здобувач здійснив моделювання теплових процесів у приміщеннях, гідравлічний розрахунок системи опалення, підбір трубопроводів і радіаторного обладнання, а також розробив аксонометричні схеми системи. У роботі представлено заходи з організаційно-технологічного забезпечення виконання монтажних робіт, розглянуто питання енергоощадності, охорони довкілля та безпеки експлуатації системи. Проведено аналіз техніко-економічних показників проєктних рішень, складено необхідну кошторисну документацію.

Для виконання завдань застосовано сучасні програмні засоби САПР, що дало змогу якісно опрацювати проєктну частину та забезпечити високу точність розрахунків. Графічні матеріали виконані відповідно до вимог ЄСКД, є повними, інформативними та коректно оформленими.

Магістерська кваліфікаційна робота здобувача є логічно структурованою, містить чітко сформульовану мету та послідовне її досягнення. Робота характеризується високим рівнем технічного обґрунтування, актуальністю, практичною спрямованістю та відповідає вимогам, що висуваються до магістерських кваліфікаційних робіт.

Матеріали магістерської роботи пройшли апробацію на семінарі кафедри ІСБ та науково-технічній конференції. Здобувач своєчасно виконував навчальний план.

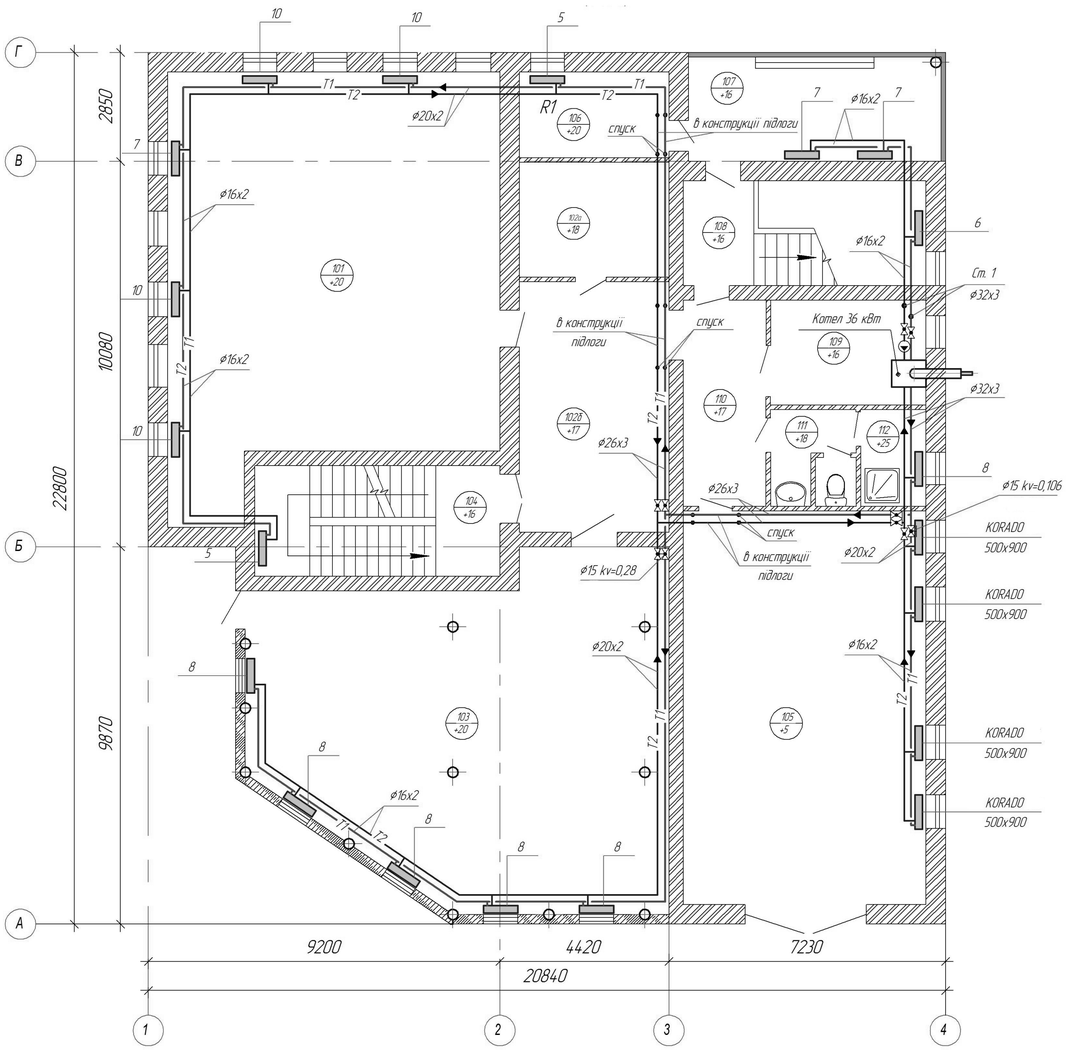
Магістерську кваліфікаційну роботу виконано на високому рівні та при відповідному захисті заслуговує на оцінку «В».

Магістр Блеянюк Артем Олегович заслуговує присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, ОПП «Теплогазопостачання та вентиляція» .

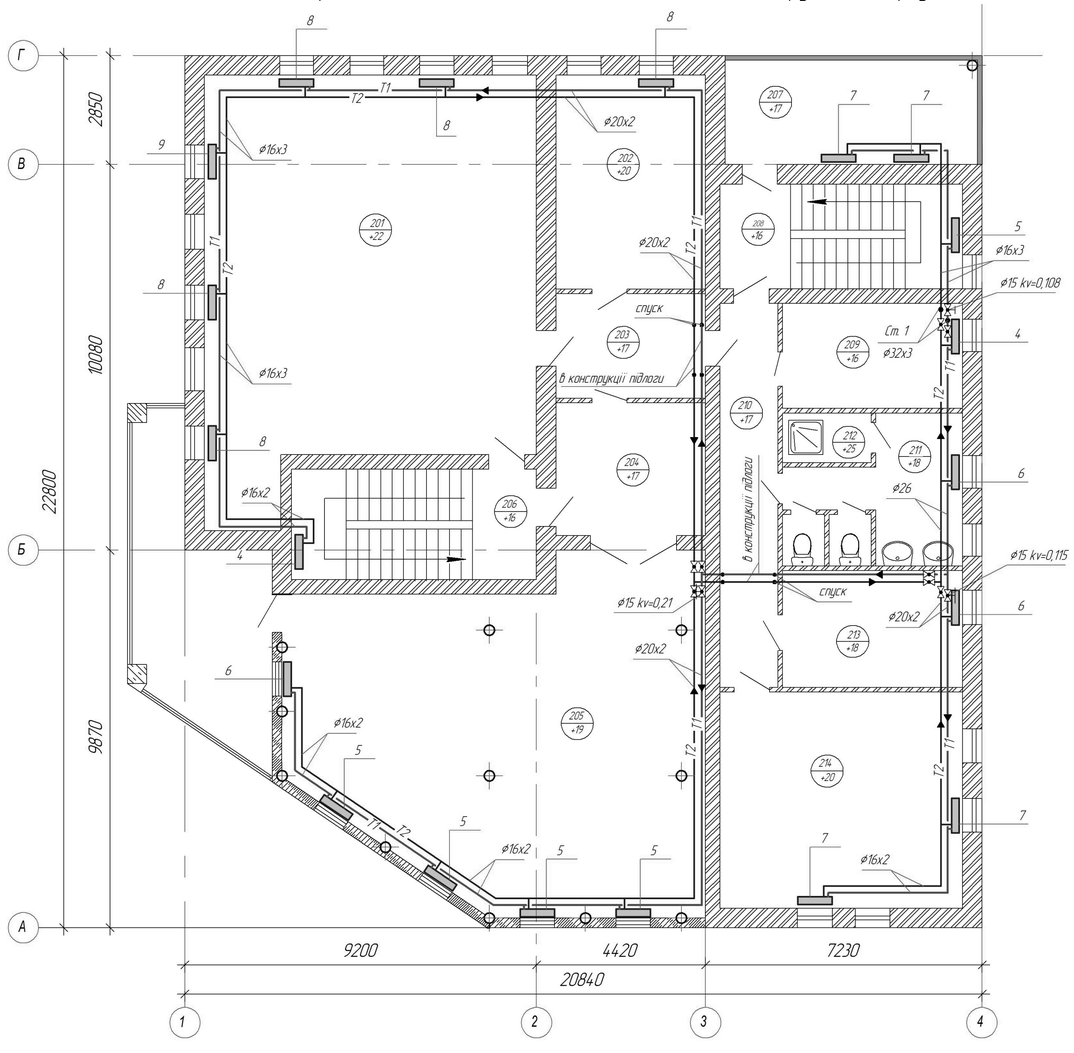
**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**
кандидат технічних наук,
доцент кафедри ІСБ

Ободянська О.І.

## Схема розміщення елементів системи опалення на плані першого поверху




## Схема розміщення елементів системи опалення на плані другого поверху




## Експлікація приміщень першого і другого поверхів

| № п/п | Найменування приміщень | Площа, м² |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | Перший поверх | |
| 101 | Офісне приміщення №1 | 90,09 |
| 102а | Гардероб | 11,75 |
| 102б | Коридор | 25,61 |
| 103 | Торгівельно-виставковий зал | 88,21 |
| 104 | Сходова клітина А | 18,51 |
| 105 | Гараж | 65,27 |
| 106 | Кімната охорони | 9,78 |
| 107 | Хол | 18,03 |
| 108 | Сходова клітина Б | 17,38 |
| 109 | Тепловий пункт №1 | 17,37 |
| 110 | Коридор | 11,15 |
| 111 | Санвузол | 5,39 |
| 112 | Душова | 4,3 |

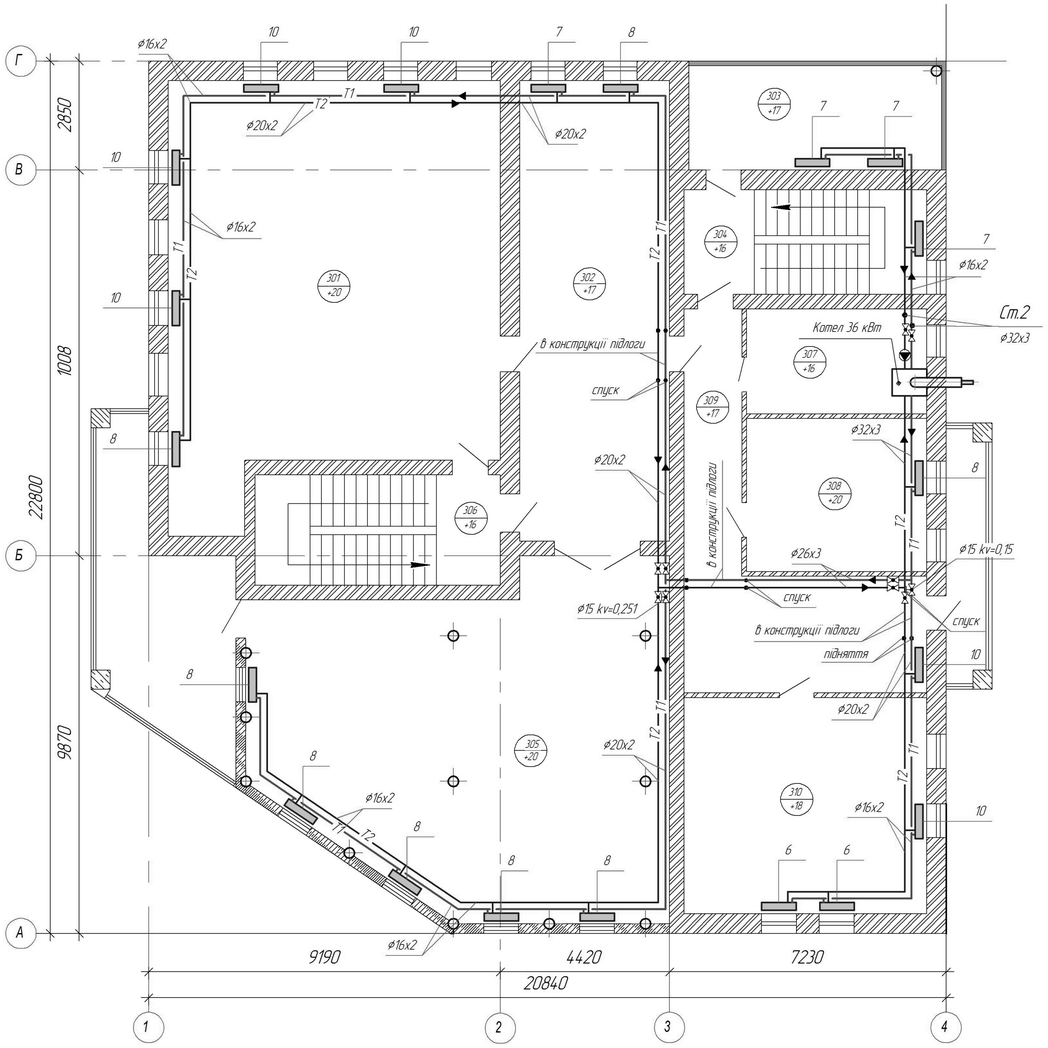
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| | Другий поверх | |
| 201 | Майстерня №1 | 90,09 |
| 202 | Офісне приміщення №2 | 23,51 |
| 203 | Коридор | 6,23 |
| 204 | Приймальня | 16,39 |
| 205 | Офісне приміщення №3 | 88,27 |
| 206 | Сходова клітина А | 18,51 |
| 207 | Кімната відпочинку | 18,03 |
| 208 | Сходова клітина Б | 17,37 |
| 209 | Складське приміщення | 17,38 |
| 210 | Коридор | 15,17 |
| 211 | Вбиральня | 16,03 |
| 212 | Душова | 2,6 |
| 213 | Кухня-їдальня | 14,37 |
| 214 | Кімната відпочинку | 35,85 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08-13.МКР.001.01.000 ОВ |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва |
| Зм. | Кіл.уч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | |
| Розробив | | Блеянюк А.О. | | | 12.2025 | Система опалення |
| Керівник | | Обідянська О.І. | | | 12.2025 | |
| Н. Контроль | | Панкевич О.Д. | | | 12.2025 | Схема розміщення елементів системи опалення на планах першого і другого поверхів, експлікація приміщень першого і другого поверхів |
| Опонент | | Хараша О.І. | | | 12.2025 | |
| Затверд. | | Ратушняк Г.О. | | | 12.2025 | |

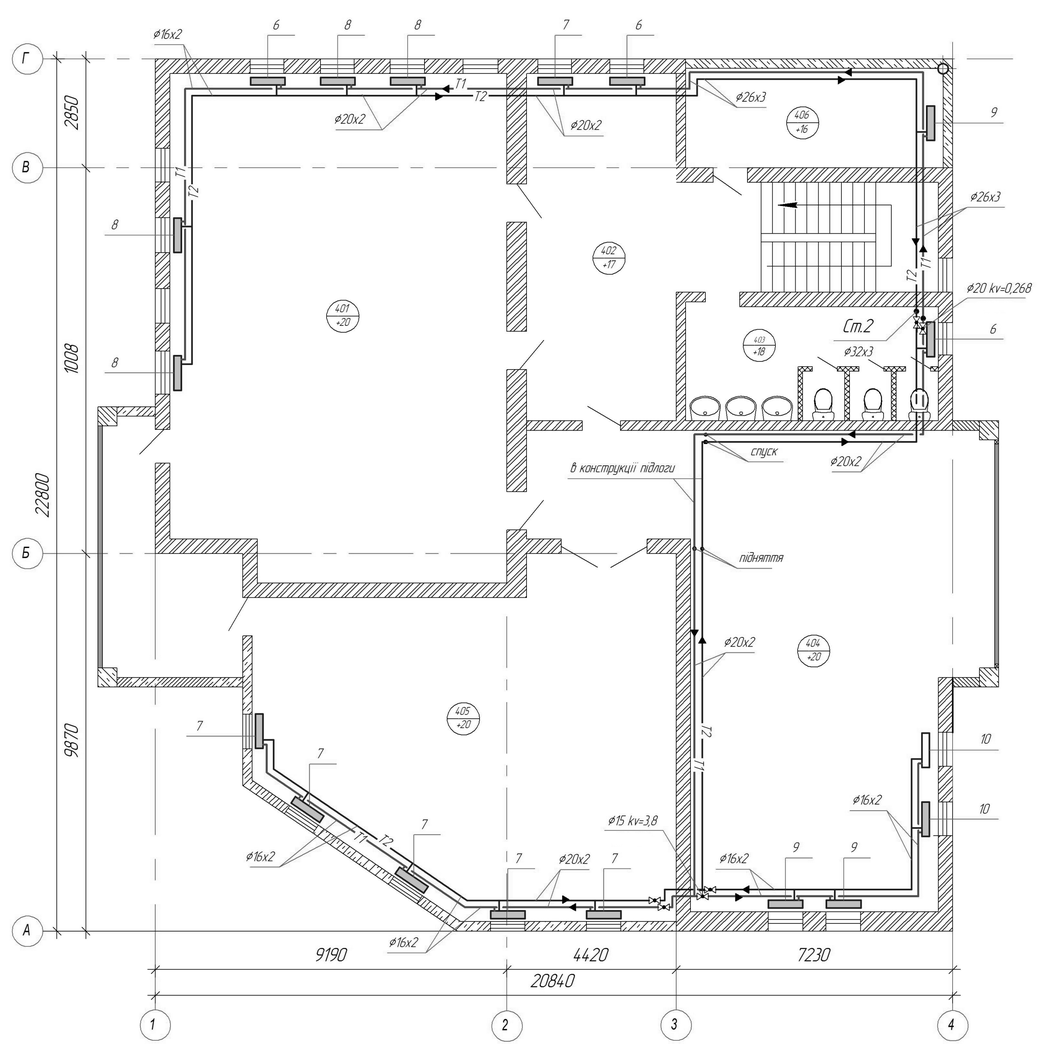
| Стадія | Аркуш | Аркушів |
|---|---|---|
| МКР | 1 | 7 |

ВНТУ, ТГ-24м

## Схема розміщення елементів системи опалення на плані третього поверху




## Схема розміщення елементів системи опалення на плані четвертого поверху



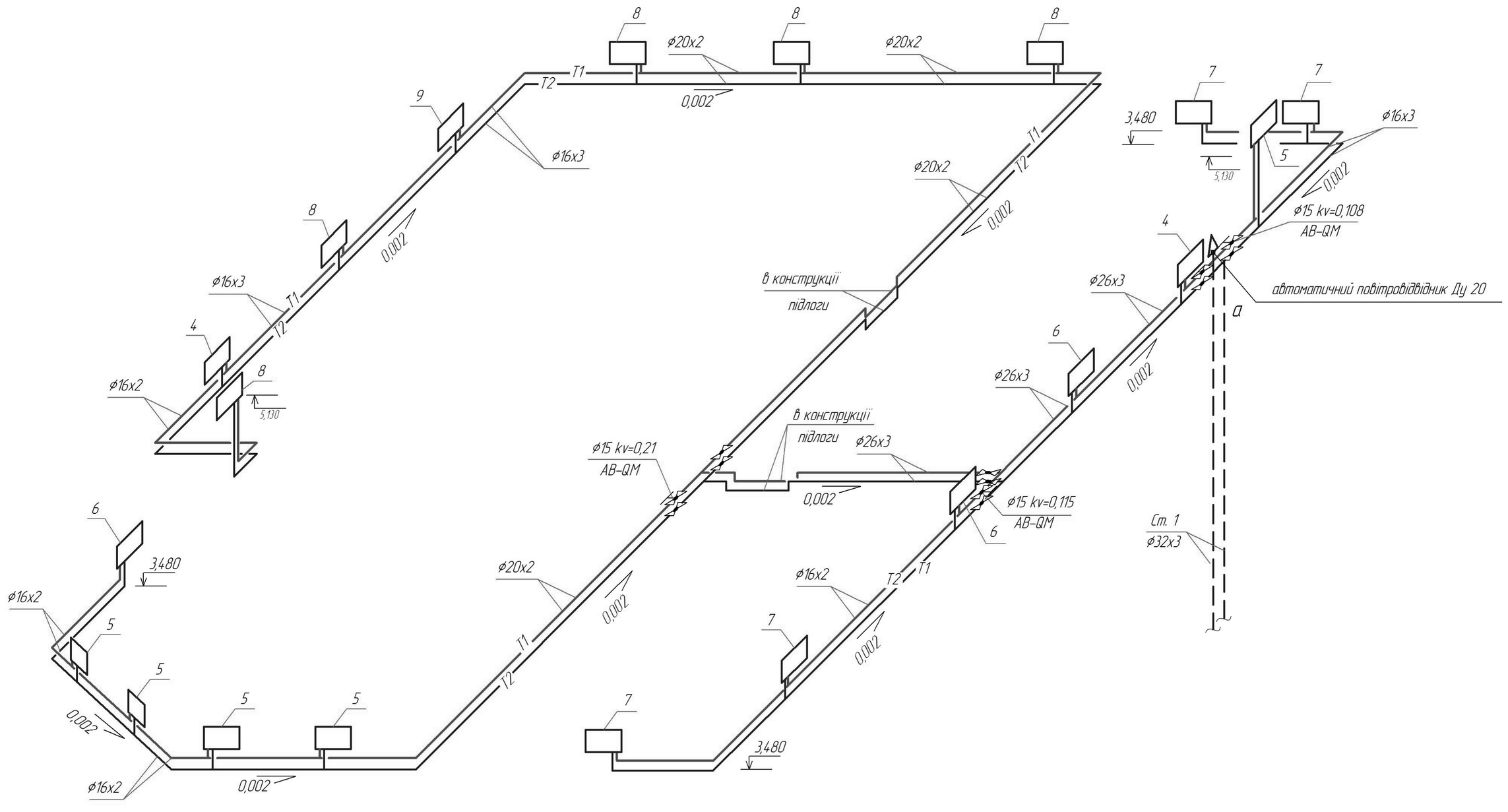

## Експлікація приміщень третього і четвертого поверхів

| № п/п | Найменування приміщень | Площа, м² |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Третій поверх | | |
| 301 | Майстерня №2 | 90,09 |
| 302 | Коридор | 23,51 |
| 303 | Офісне приміщення №4 | 6,23 |
| 304 | Сходова клітина Б | 17,37 |
| 305 | Майстерня №3 | 88,82 |
| 306 | Сходова клітина А | 18,51 |
| 307 | Тепловий пункт №2 | 12,92 |
| 308 | Офісне приміщення №5 | 18,82 |
| 309 | Коридор | 29,91 |
| 310 | Офісне приміщення №6 | 35,85 |

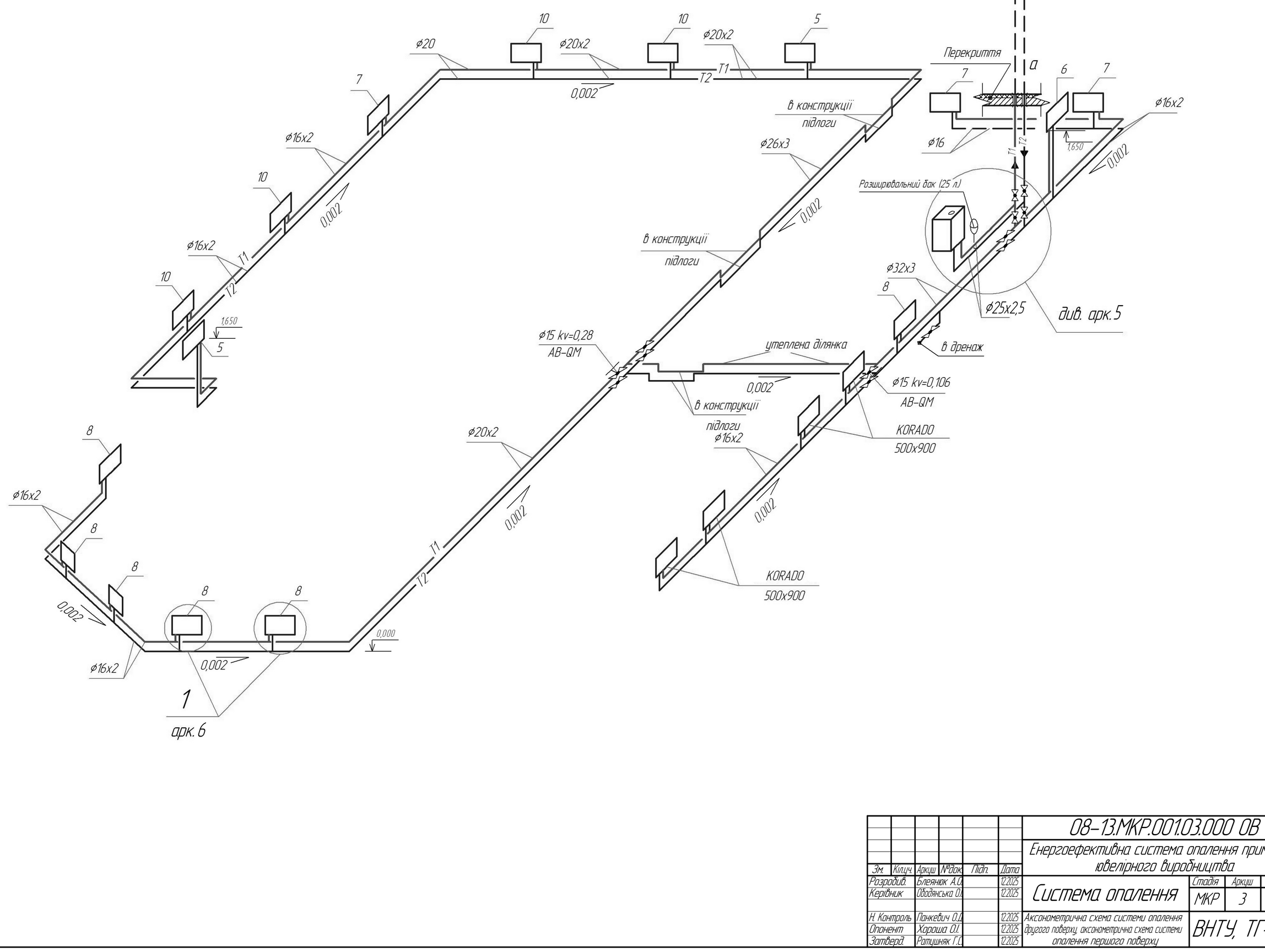
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Четвертий поверх | | |
| 401 | Конференц-зал | 116,36 |
| 402 | Вестибюль | 56,4 |
| 403 | Вбиральня | 19,8 |
| 404 | Конструкторський відділ | 102,89 |
| 405 | Відділ дизайну | 88,25 |
| 406 | Сховище | 17,47 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08-13.МКР.001.02.000 ОВ | |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва | |
| Зм. | Кіл.уч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | | |
| Розробив | | Блеянюк А.О. | | | 12.2025 | Система опалення | Стадія: МКР; Аркуш: 2; Аркушів: 7 |
| Керівник | | Ободянська О.І. | | | 12.2025 | | |
| Н. Контроль | | Понкевич О.Д. | | | 12.2025 | Схема розміщення елементів системи опалення на планах третього і четвертого поверхів, експлікація приміщень третього і четвертого поверхів | ВНТУ, ТГ-24м |
| Опонент | | Хорошо О.І. | | | 12.2025 | | |
| Затверд. | | Ратушняк Г.О. | | | 12.2025 | | |

## Аксонометрична схема системи опалення другого поверху

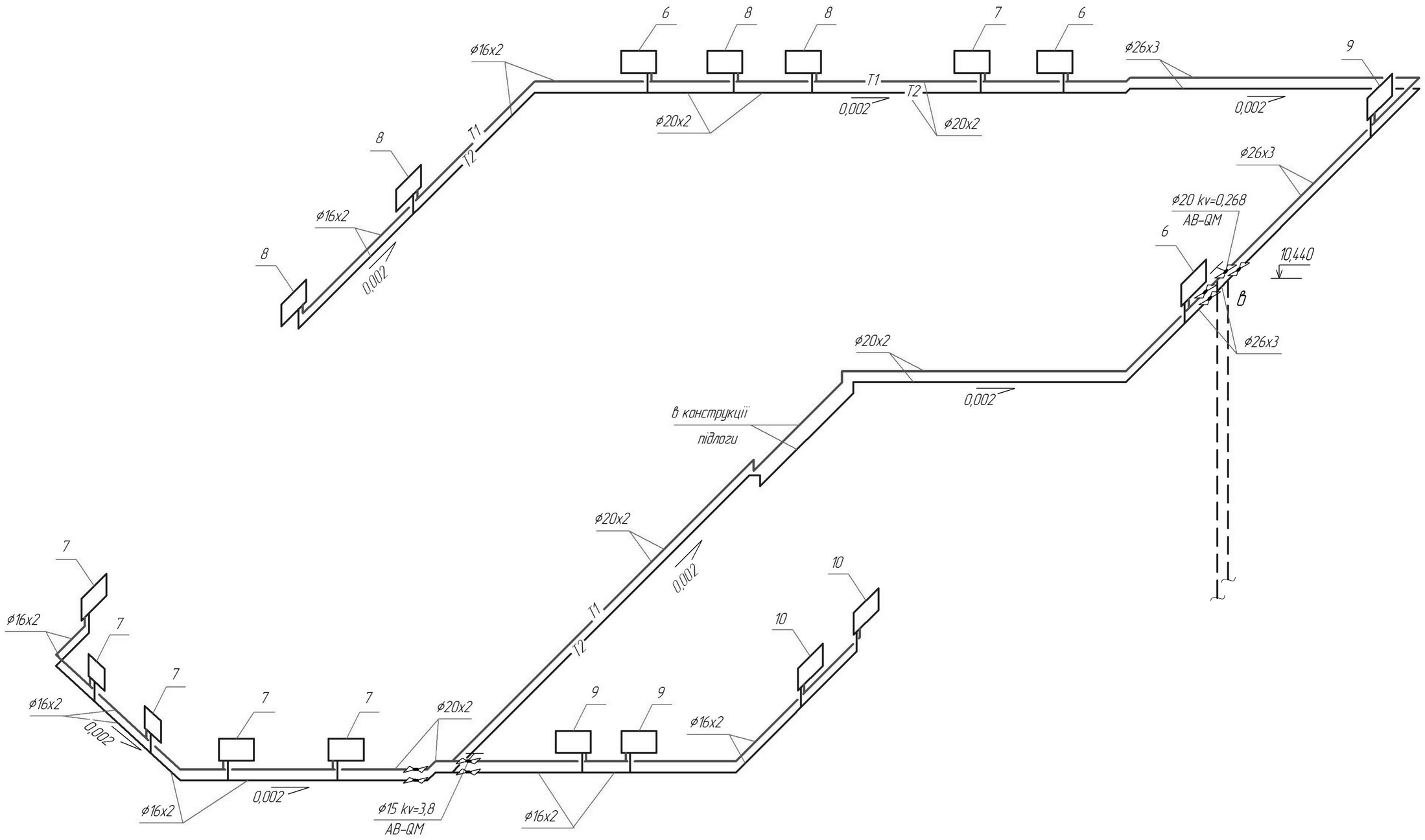



## Аксонометрична схема системи опалення першого поверху

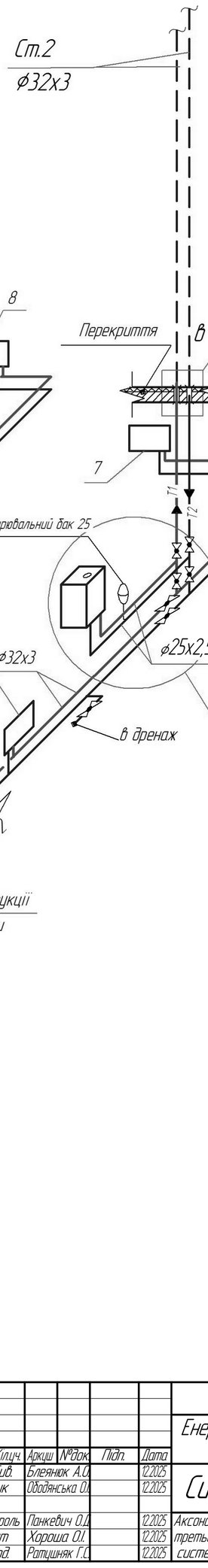



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08-13.МКР.001.03.000 ОВ | |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва | |
| Зм. | Кіл.уч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | | |
| Розробив. | | Блеянюк А.О. | | | 12.2025 | Система опалення | Стадія: МКР; Аркуш: 3; Аркушів: 7 |
| Керівник | | Ободянська О.І. | | | 12.2025 | | |
| Н. Контроль | | Панкевич О.Д. | | | 12.2025 | Аксонометрична схема системи опалення другого поверху, аксонометрична схема системи опалення першого поверху | ВНТУ, ТГ-24м |
| Опонент | | Хороша О.І. | | | 12.2025 | | |
| Затверд. | | Ратушняк Г.С. | | | 12.2025 | | |

## Аксонометрична схема системи опалення четвертого поверху

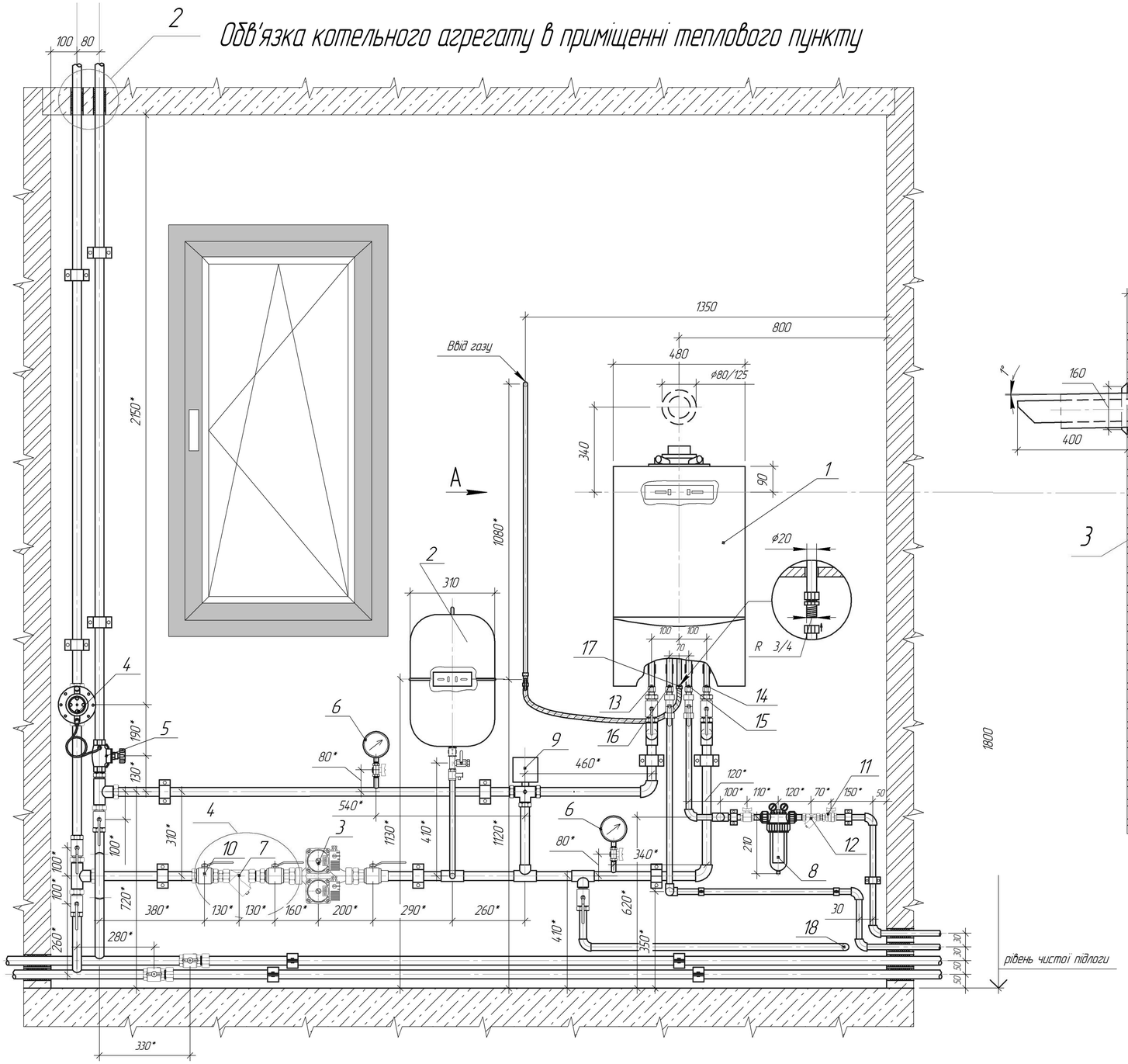



## Аксонометрична схема системи опалення третього поверху

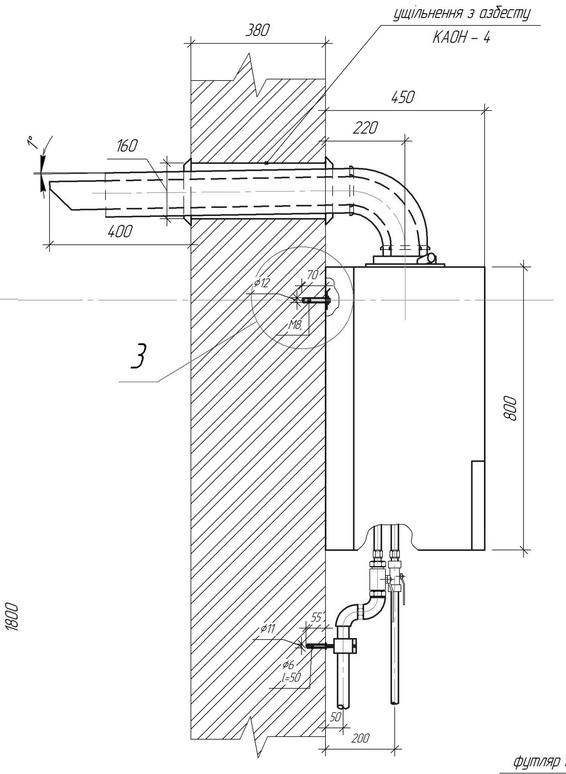



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08-13.МКР.001.04.000 ОВ | |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва | |
| Зм. | Кількч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | | |
| Розробив | | Блеянюк А.О. | | | 12.2025 | Система опалення | Стадія: МКР; Аркуш: 4; Аркушів: 7 |
| Керівник | | Ободянська О.І. | | | 12.2025 | | |
| Н. Контроль | | Панкевич О.Д. | | | 12.2025 | Аксонометрична схема системи опалення третього поверху, аксонометрична схема системи опалення четвертого поверху | ВНТУ, ТГ-24м |
| Опонент | | Хороша О.І. | | | 12.2025 | | |
| Затверд. | | Ратушняк Г.С. | | | 12.2025 | | |

# Обв'язка котельного агрегату в приміщенні теплового пункту

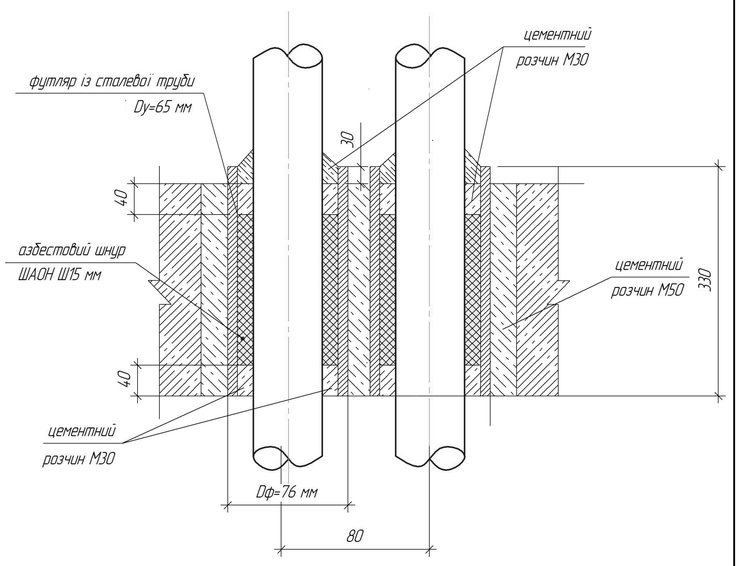



## Вид А



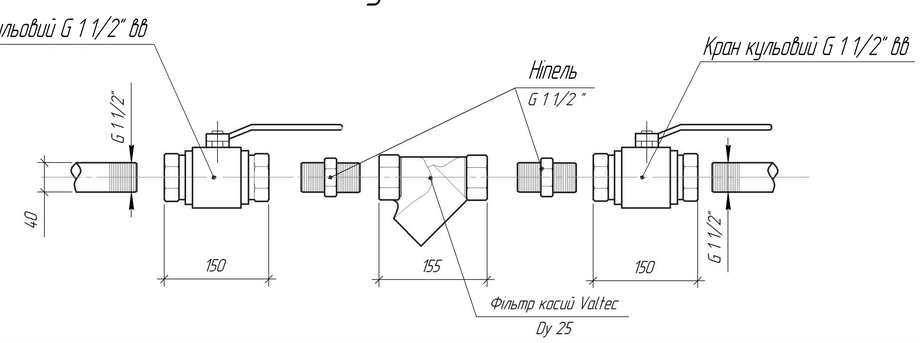

1 – котел газовий Vaillant turboTEC plus
2 – бак розширювальний Zilmet, 25 л
3 – спарений циркуляційний насос Wilo
4 – автоматичний регулятор перепаду тиску HERZ
5 – вентиль запірний
6 – термоманометр
7 – фільтр грубої очистки Valtec G1 1/2'
8 – фільтр поліфосфатний
9 – трьохходовий кран з сервоприводом G1 1/2'
10 – кран кульовий Valtec G1 1/2'
11 – кран кульовий Valtec G1'
12 – фільтр грубої очистки Valtec G1'
13 – підключення подаючої лінії системи опалення
14 – підключення зворотної лінії системи опалення
15 – підключення підживлювальної лінії ГВП
16 – підключення контуру ГВП
17 – підключення газопроводу
18 – підключення підживлювальної лінії системи

## Вузол 2




Примітка:
* – розміри уточнюються при монтажі

## Вузол 3

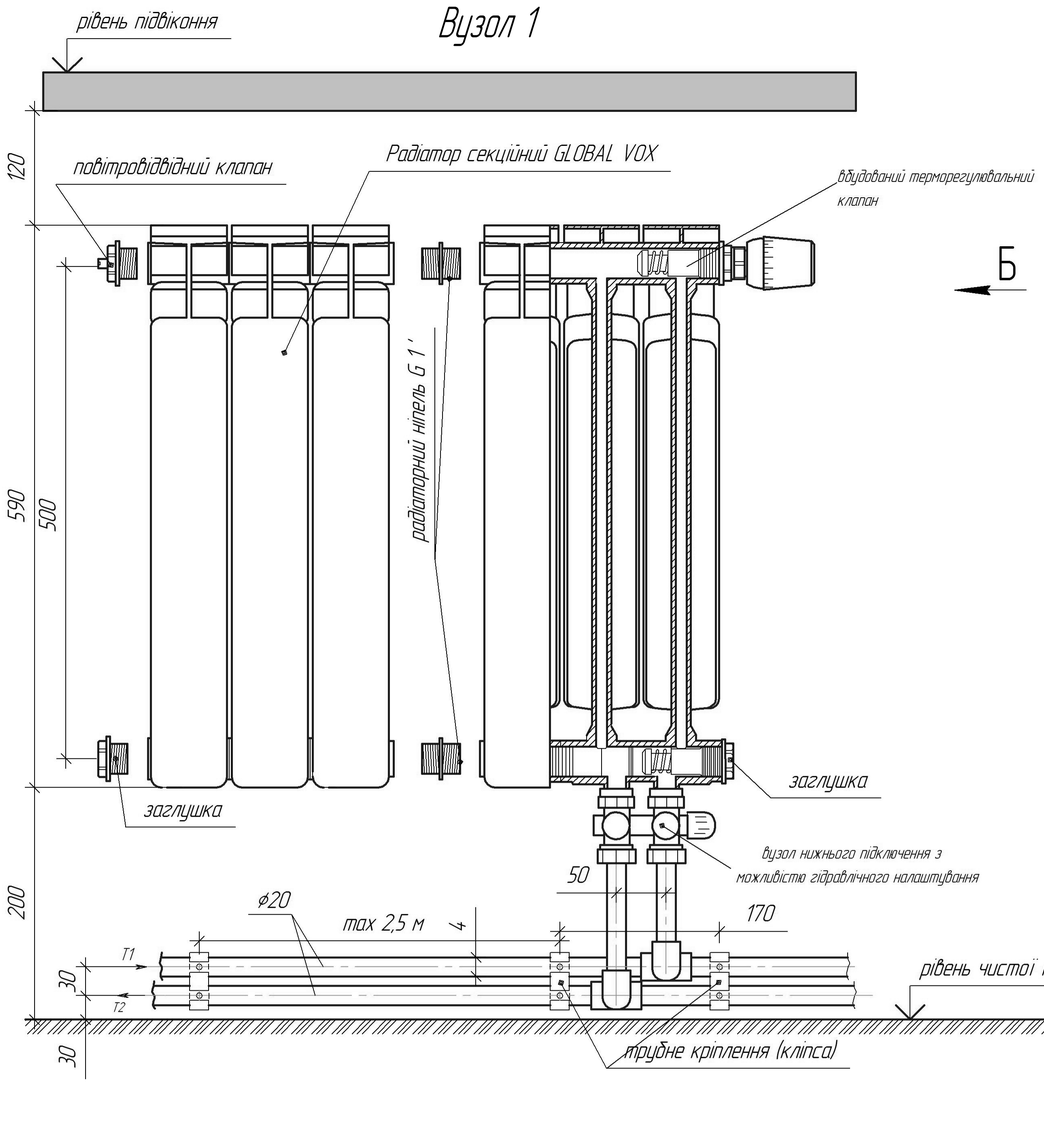



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08-13.МКР.001.05.000 ОВ |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва |
| Зм. | Кіл.уч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | |
| Розробив. | Блеянюк А.О. | | | | 12.2025 | Система опалення |
| Керівник | Ободянська О.І. | | | | 12.2025 | |
| Н. Контроль | Панкевич О.Д. | | | | 12.2025 | Обв'язка котельного агрегату в приміщенні теплового пункту, вид А, вузол 2, вузол 3 |
| Опонент | Хороша О.І. | | | | 12.2025 | |
| Затверд. | Ратушняк Г.С. | | | | 12.2025 | |

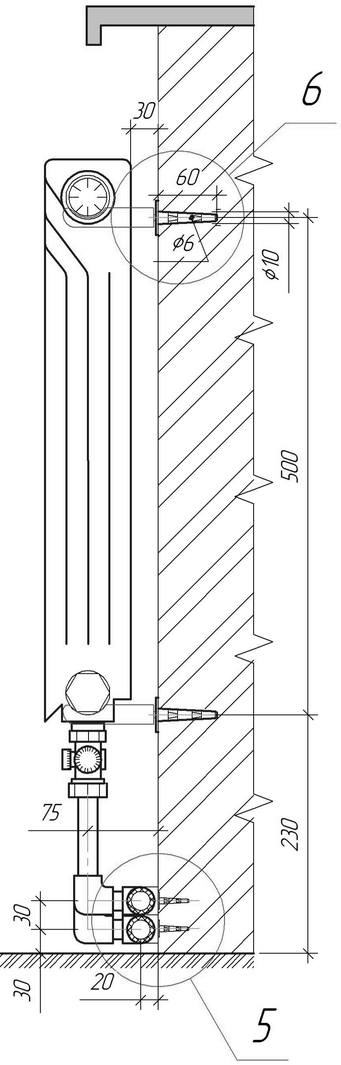
| Стадія | Аркуш | Аркушів |
|---|---|---|
| МКР | 5 | 7 |

ВНТУ, ТГ-24м

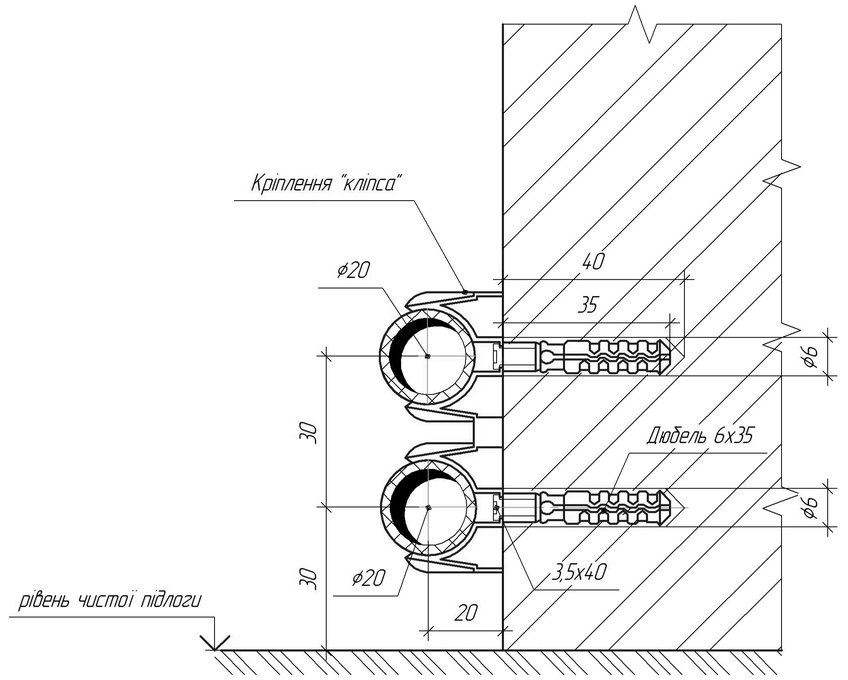
## Вузол 1



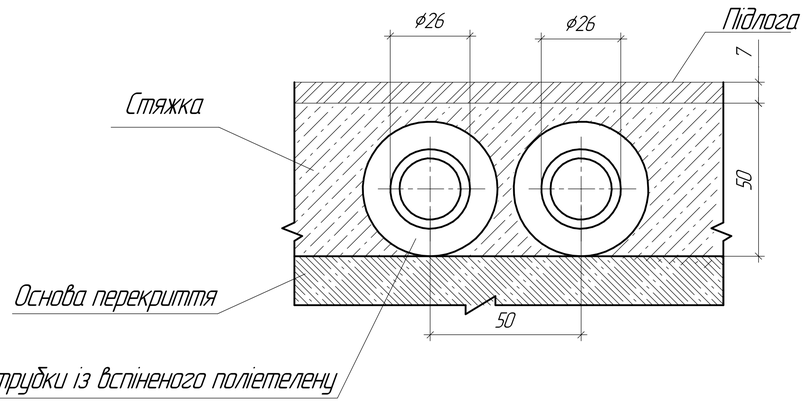

## Вид Б



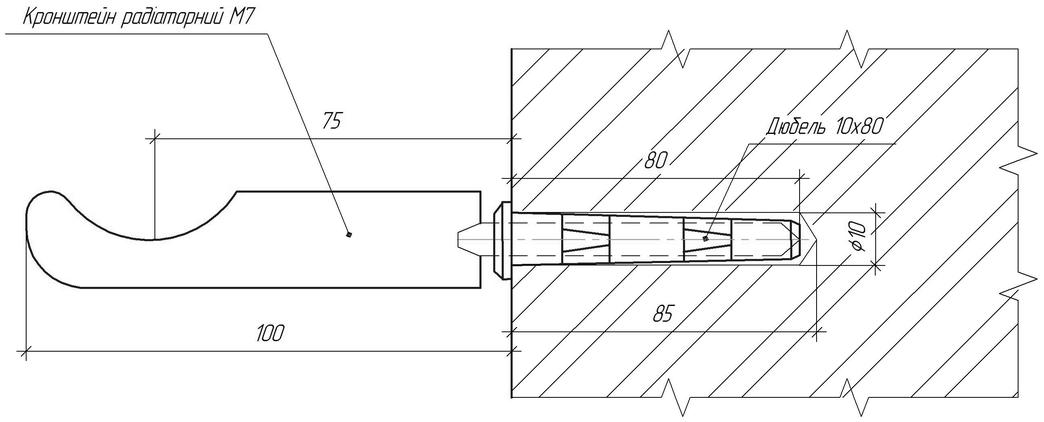

## Вузол 5




## Монтажна схема прокладання трубопроводів в конструкції підлоги



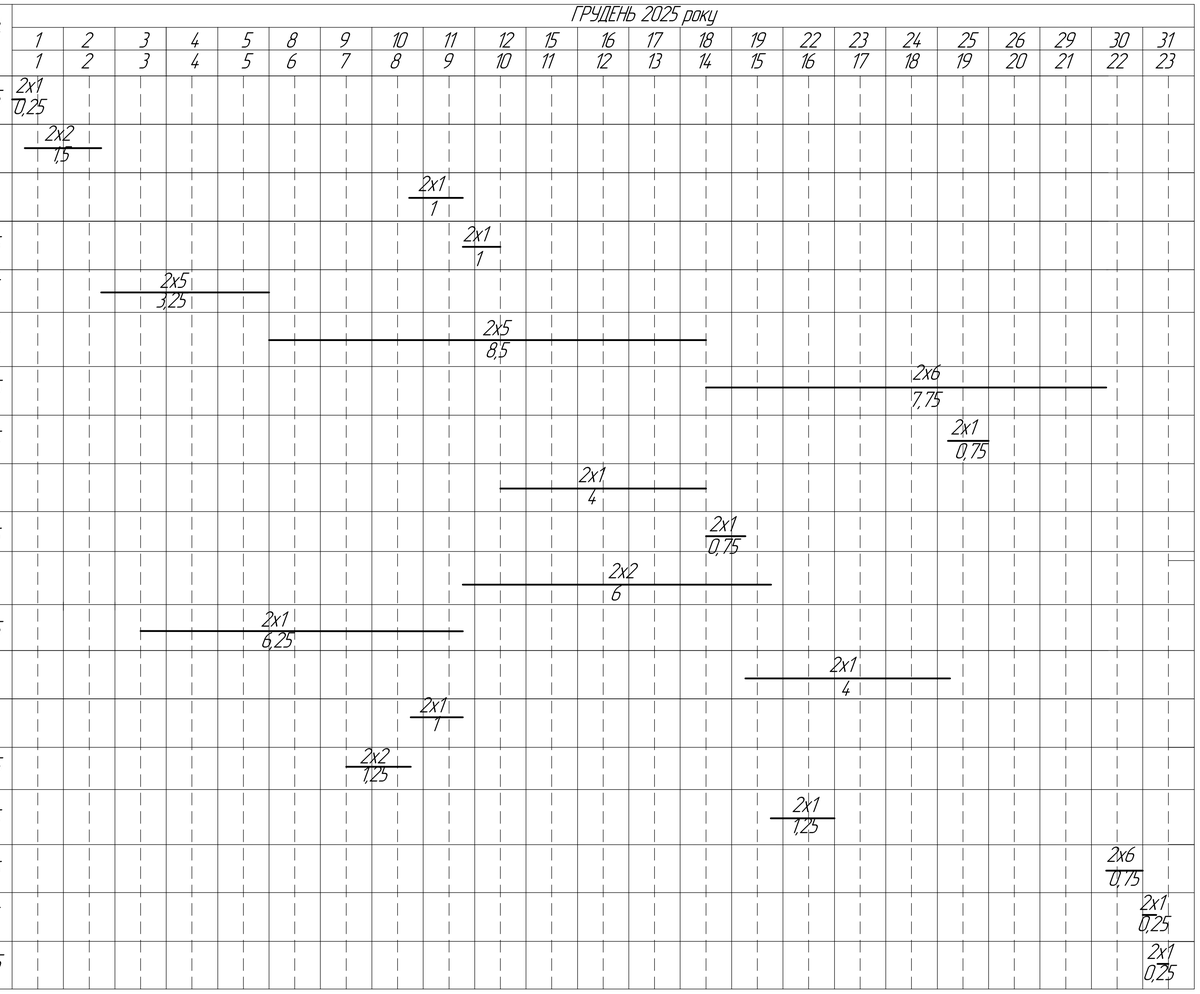

## Вузол 6




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 08–13.МКР.001.06.000 ОВ | |
| | | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва | |
| Зм. | Кільч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата | | |
| Розробив | | Блеянюк А.О. | | | 12.2025 | Система опалення | Стадія: МКР; Аркуш: 6; Аркушів: 7 |
| Керівник | | Оболанська О.І. | | | 12.2025 | | |
| Н. Контроль | | Панкевич О.Д. | | | 12.2025 | Монтажний вузол 1, вид Б, вузол 5, вузол 6, монтажна схема прокладання трубопроводів в конструкції підлоги | ВНТУ, ТГ–24м |
| Опонент | | Харша О.І. | | | 12.2025 | | |
| Затверд. | | Ратушняк Г.О. | | | 12.2025 | | |

# КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВЛАШТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

| Шифр ресурсу | Найменування робіт | Одиниці вимірювання | Об'єми | Норма часу, люд-год | Трудо-місткість, люд-дні | К-ть в бриг. люд | К-ть бриг. | К-ть змін | Трив. дні |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-1-1 | Доставлення деталей і обладнання до місця монтажу | т | 2,114 | 2,1 | 0,5 | 2 | 1 | 1 | 0,25 |
| 46-29-7 | Пробивання отворів | 100 шт | 0,42 | 123,42 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1,5 |
| 16-6-4 | Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 32х3 мм | 100 м | 0,36 | 48,71 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 16-6-3 | Прокладання трубопроводів з стальних труб діаметром 25х2,5 мм | 100 м | 0,2 | 48,71 | 1,5 | 2 | 1 | 1 | 0,75 |
| 16-14-2 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 26х3мм | 100 м | 1,41 | 211,56 | 33 | 2 | 5 | 1 | 3,25 |
| 16-14-1 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 20х2 мм | 100 м | 2,83 | 268,96 | 85 | 2 | 5 | 1 | 8,5 |
| 16-14-1 | Прокладання металополімерних трубопроводів діаметром 16х2 мм | 100 м | 3,18 | 268,96 | 93 | 2 | 6 | 1 | 7,75 |
| 26-2-1 | Ізоляція трубопроводів циліндрами із спіненого поліетилену | 10 м | 4,03 | 3,36 | 1,5 | 2 | 1 | 1 | 0,75 |
| 18-6-2 | Монтаж радіаторів | 100 кВт | 0,72 | 96,92 | 8 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 18-10-1 | Встановлення розширювальних баків | шт | 2 | 5,95 | 1,5 | 2 | 1 | 1 | 0,75 |
| 16-15-1 | Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 25 мм | шт | 89 | 2,41 | 24 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| 16-15-2 | Встановлення кранів кульових на трубопроводах діаметром до 50 мм | шт | 46 | 2,41 | 13 | 2 | 1 | 1 | 6,25 |
| 18-1-1 | Монтаж індивідуальних газових котлів | шт | 2 | 36,24 | 8 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 18-16-1 | Встановлення фільтрів | шт | 4 | 4,33 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 18-13-1 | Встановлення допоміжних циркуляційних насосів | шт | 2 | 21,32 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1,25 |
| 21-23-1 | Монтаж панелі керування та підключення до електромережі приладів | шт | 2 | 10,33 | 2,5 | 2 | 1 | 1 | 1,25 |
| 16-29-1 | Гідравлічне випробування трубопроводів системи | 100 м | 7,98 | 8,22 | 9 | 2 | 6 | 1 | 0,75 |
| 13-26-1 | Фарбування металевих трубопроводів | 100 м$^2$ | 0,51 | 2,35 | 0,5 | 2 | 1 | 1 | 0,25 |
| 1-1-1 | Вивезення матеріалів та обладнання | т | 0,5 | 2,1 | 0,5 | 2 | 1 | 1 | 0,25 |




## Техніко-економічні показники

Тзаг = 22,5 дні;

Qзаг = 296 люд-дні;

Rсер = 14 люд;

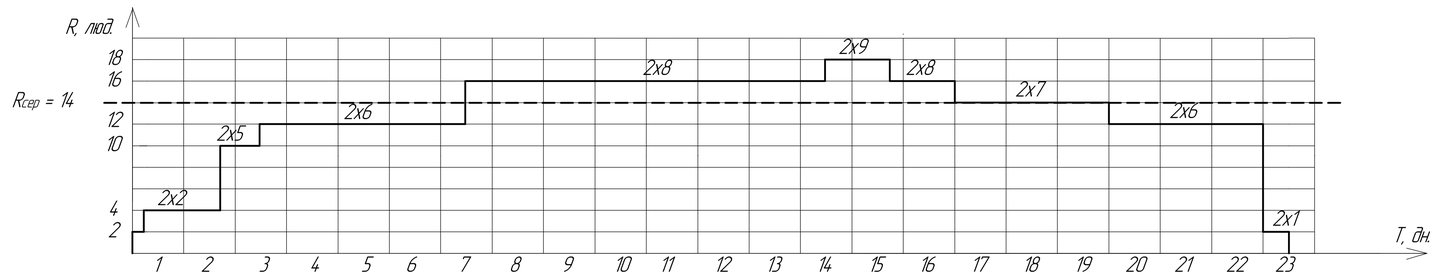
Rmax = 18 люд;

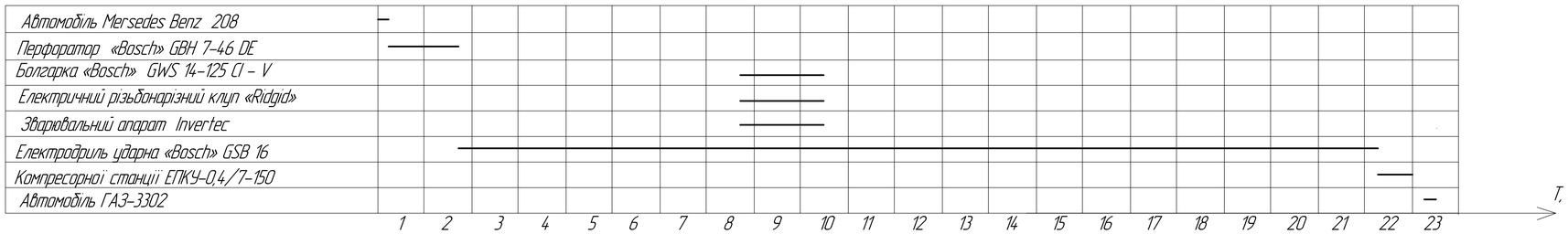
Qнадл = 21,5 люд-дні;

α1 = 0,78

α2 = 0,07

α3 = 0,56




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 08-13.МКР.001.07.000 ОВ |
| | | | | | Енергоефективна система опалення приміщень ювелірного виробництва |
| Зм. | Кільч. | Аркуш | №док. | Підп. | Дата |
| Розробив | | Білеянюк А.О. | | | 12.2025 |
| Керівник | | Ободянська О.І. | | | 12.2025 |
| Н. Контроль | | Панкевич О.Д. | | | 12.2025 |
| Опонент | | Харгіна О.І. | | | 12.2025 |
| Затверд. | | Ратушняк Г.О. | | | 12.2025 |
| Система опалення | | | | Стадія: МКР | Аркуш: 7 / Аркушів: 7 |
| Календарний план влаштування системи опалення, техніко-економічні показники | | | | ВНТУ, ТГ-24м | |