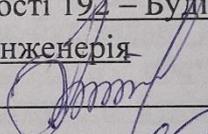


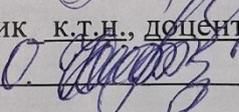
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

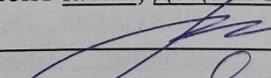
**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ
ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Виконав здобувач 2 курсу, групи ТГ-23мз
спеціальності 192 – Будівництво та
цивільна інженерія


_____ Мельник О.В.
(прізвище та ініціали)

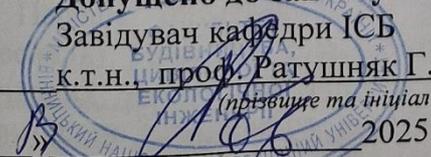
Керівник к.т.н., доцент кафедри ІСБ

_____ Ободянська О.І.
(прізвище та ініціали)

«09» _____ червня 2025 р.

Опонент к.т.н., доцент кафедри БМГА

_____ Кучеренко Л.В.
(прізвище та ініціали)

«13» _____ червня 2025р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.


_____ (прізвище та ініціали)
«06» _____ 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

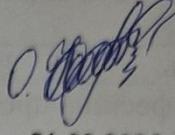
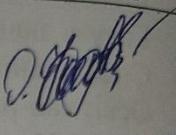
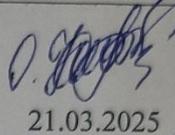
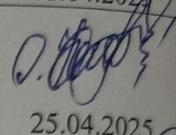
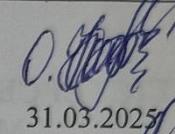
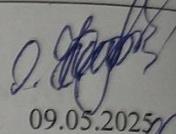
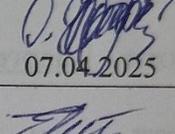
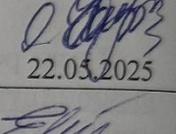
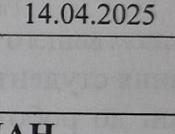
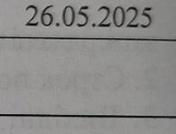
Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна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

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

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
Мельника Олександра Віталійовича

1. Тема роботи Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ІСБ Ободянська О.І.
(прізвище, ім'я, по батькові)
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 26 травня 2025 р.
затверджені наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2025 року № 96
3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні креслення будівлі. Проектна документація на будівництво, результати обстеження будівлі, технічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, термічний опір стін не менше $R_{ст}=4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Система вентиляції – припливно-витяжна з механічним збудженням. Систему вентиляції розробити у відповідності до діючих нормативних вимог. Відомі конструктивні рішення систем забезпечення мікроклімату, наукові дослідження в напрямку енергоефективних технологій в системах вентиляції, наукові публікації.
4. Зміст текстової частини Вступ, аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування системи вентиляції приміщень ювелірного виробництва, теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів і характеристик системи вентиляції, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних 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 технологій систем вентиляції та кондиціонування для промислових приміщень ювелірного виробництва. Креслення: схеми розміщення елементів систем вентиляції та кондиціонування на планах будівлі. Аксонометричні схеми системи вентиляції. Календарний план влаштування системи вентиляції, графіки рухи робітників, машин та механізмів, ТЕП. Монтажні креслення та вузли інженерних систем.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування системи вентиляції приміщень ювелірного виробництва	Ободянськ О.І. к.т.н., доцент	 21.03.2025	 11.04.2025
Теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів і характеристик системи вентиляції	Ободянськ О.І. к.т.н., доцент	 21.03.2025	 25.04.2025
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	Ободянськ О.І. к.т.н., доцент	 31.03.2025	 09.05.2025
Заходи з енергозбереження та охорони довкілля	Ободянськ О.І. к.т.н., доцент	 07.04.2025	 22.05.2025
Техніко-економічні показники проєктних рішень	Лялюк О. Г. к.т.н., доцент	 14.04.2025	 26.05.2025

7. Дата видачі завдання 20.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання завдання та змісту до МКР	21.03.2025	виконано
2	Аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування системи вентиляції приміщень ювелірного виробництва	11.04.2025	виконано
3	Теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів і характеристик системи вентиляції	25.04.2025	виконано
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	09.05.2025	виконано
5	Заходи з енергозбереження та охорони довкілля	22.05.2025	виконано
6	Техніко-економічні показники проєктних рішень	26.05.2025	виконано
7	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації	23.05.2025	виконано
8	Попередній захист	26.05.2025	виконано
9	Виправлення зауважень	09.06.2025	виконано
10	Рецензування	13.06.2025	виконано
11	Захист МКР	17.06.2025	виконано

Магістрант

(підпис)

Мельник О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ободянська О.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 697.92

Мельник О.В. Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма – Теплогазопостачання і вентиляція. Вінниця: ВНТУ, 2025, 101 с.

На укр, мові. Бібліогр.: 44 назв; табл. 25.

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

Графічна частина містить аксонометричні схеми системи вентиляції, плани поверхів з нанесенням елементів систем вентиляції та кондиціонування, побудовано календарні плани з графіками руху робітників та графіками руху машин і механізмів, вузлові креслення.

Графічна частина складається з 9 креслень.

Ключові слова: енергоефективність, система вентиляції, система кондиціонування, промислова будівля, аеродинаміка, організація повітрообміну, кратність, мікроклімат, теплонадходження, спліт-система.

ABSTRACT

Melnyk O.V. Energy-efficient ventilation system for jewelry production premises. Master's qualification thesis on specialty 192 – construction and civil engineering, educational and professional program – heat and gas supply and ventilation. Vinnytsia: VNTU, 2025, 101 p.

In the Ukrainian language. Bibliography: 44 titles; table 25.

The master's thesis consists of five sections: analytical review and feasibility study of the ventilation system for jewelry production premises, theoretical and practical justification of the main parameters and characteristics of the ventilation 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 ventilation system, surface plans with the application of elements of ventilation and air conditioning systems, calendar plans with worker movement schedules and machine and mechanism movement schedules, and nodal drawings.

The graphic part consists of 9 drawings.

Keywords: energy efficiency, ventilation system, air conditioning system, industrial building, aerodynamics, organization of air exchange, multiplicity, microclimate, heat input, split system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	10
1.1 Аналіз сучасних технологій систем вентиляції та кондиціонування для промислових приміщень ювелірного виробництва.....	10
1.2 Особливості та вимоги до систем клімат-контролю в ювелірному виробництві.....	13
1.3 Інноваційні рішення в проєктуванні та монтажу систем клімат- контролю для ювелірного виробництва.....	15
1.4 Порівняння технічних характеристик систем вентиляції та кондиціонування для приміщень ювелірного виробництва.....	17
1.5 Екологічні аспекти та енергоефективність систем клімат-контролю для приміщень ювелірного виробництва.....	20
1.6 Обґрунтування вибору систем вентиляції та кондиціонування.....	22
1.7 Розрахунок величини капіталовкладень в систему кондиціонування	24
1.8 Розрахунок величини капіталовкладень на влаштування системи вентиляції.....	27
Висновки до розділу 1.....	29
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	32
2.1 Вихідні дані для проєктування.....	32
2.2 Вибір параметрів зовнішнього повітря.....	32
2.3 Розрахунок параметрів внутрішнього повітря.....	33
2.4 Визначення теплових надходжень в будівлю.....	33
2.5 Розрахунок повітрообміну місцевих витяжних систем.....	47
2.6 Організація та розрахунок повітрообміну загально обмінної системи.....	49
2.7 Аеродинамічний розрахунок місцевої витяжної системи вентиляції.....	56
2.8 Аеродинамічний розрахунок загальнообмінної системи вентиляції.....	58
Висновки до розділу 2.....	59
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	60

3.1 Аналіз конструктивних особливостей систем вентиляції і кондиціонування, що прийнято до монтажу.....	60
3.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	61
3.3 Визначення складу та об'ємів робіт.....	67
3.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань, розрахунок енергоресурсів.....	69
3.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт.....	73
3.6 Визначення складу бригад.....	75
3.7 Техніко-економічні показники системи вентиляції.....	75
3.8 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт.....	76
Висновки до розділу 3.....	78
4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....	79
4.1 Загальні положення.....	79
4.2 Заходи енергозбереження для системи вентиляції.....	79
4.3 Енергетичний паспорт будинку.....	82
Висновки до розділу 4.....	86
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	87
Висновки до розділу 5	94
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
Додаток А Технічне завдання (обов'язковий).....	102
Додаток Б Висновок про перевірку МКР на плагіат (обов'язковий).....	106
Додаток В. Розрахунок теплонадходжень (довідниковий).....	107
Додатку Г – Розрахунок повітрообміну загальнообмінної системи (довідниковий).....	109
Додаток Д – Розрахунок повітророзподілення приміщень (довідниковий)...	111
Додаток Е – Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції (довідниковий).....	114

ВСТУП

Дана магістерська кваліфікаційна робота передбачає розроблення варіанту системи вентиляції та кондиціонування приміщень ювелірного виробництва в місті Вінниця.

Актуальність роботи. У сучасних умовах розвитку індустріального виробництва та постійного зростання вимог до енергоефективності, питання оптимізації енергоспоживання в системах клімат-контролю набуває особливої ваги. Це стосується і ювелірного виробництва, де точність технологічних процесів та підтримка оптимальних умов в приміщеннях мають критичне значення для забезпечення якості продукції та безпеки працівників.

Енергоефективність систем вентиляції та кондиціонування безпосередньо впливає на зниження витрат енергоресурсів, що є важливим аспектом не тільки для економічної стабільності підприємства, а й для збереження екологічного балансу в умовах обмежених природних ресурсів. Оскільки ювелірне виробництво часто здійснюється в закритих приміщеннях, де використовуються різноманітні хімічні сполуки та інші матеріали, створення і підтримка належних умов для забезпечення довгострокової стабільності процесів виробництва та збереження здоров'я працівників потребує ретельного проєктування та налаштування інженерних систем.

Системи клімат-контролю, зокрема вентиляція та кондиціонування, мають важливе значення для забезпечення оптимальних температурних та вологостних умов, що відповідають вимогам технологічних процесів, а також для комфортного перебування працівників у виробничих приміщеннях. Враховуючи зростаючі вимоги до енергоефективності, дослідження можливостей модернізації та вдосконалення цих систем на підприємствах ювелірної галузі є вкрай актуальним.

Таким чином, розробка енергоефективних інженерних систем клімат-контролю для приміщень ювелірного виробництва дозволить досягти не лише зниження витрат енергії, а й покращення умов роботи, підвищення безпеки та якості кінцевої продукції.

Метою даної роботи є створення ефективно діючих систем вентиляції та кондиціонування, що вирішується економічними та прогресивними шляхами: влаштуванням комбінованої системи для виробничої будівлі ювелірного підприємства у м. Вінниця. В робочих приміщеннях вимагається підтримання заданих параметрів повітря на строго визначеному рівні. Це обумовлює необхідність більш широкого використання в приміщеннях вентиляційних систем з автоматичним керуванням та регулюванням.

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

- оцінити доцільність застосування енергоефективних систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення параметрів мікроклімату виробничих будівель;
- провести варіантний вибір обладнання для найбільш ефективної роботи системи вентиляції із забезпеченням її технічного обслуговування;
- обґрунтувати оптимальний варіант влаштування системи вентиляції;
- змодельовати розрахунок теплонадходжень та тепловиділень в приміщеннях будівлі;
- змодельовати аеродинамічний режим системи вентиляції;
- за результатами аеродинамічного розрахунку підібрати розміри повітропроводів та вентиляційні агрегати;
- розробити організаційно-технологічне 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 – системи вентиляції та кондиціонування для забезпечення нормативних показників мікроклімату приміщень виробничої будівлі.

Предмет дослідження – процеси здійснення повітрообміну в приміщеннях виробничої будівлі.

Наукова цінність одержаних результатів. Досліджено теоретичне обґрунтування доцільності застосування енергоефективних систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення параметрів мікроклімату виробничої будівлі.

Практичне значення. Передбачено конструктивні-технологічні рішення систем вентиляції та кондиціонування, які дають можливість забезпечувати та підтримувати мікроклімат приміщень виробничої будівлі в межах заданих параметри.

Апробація та публікації. Основні положення і результати досліджень доповідалися й обговорювалися на LIV всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2025) [25].

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Аналіз сучасних технологій систем вентиляції та кондиціонування для промислових приміщень ювелірного виробництва

Промислові об'єкти пред'являють особливі вимоги до систем вентиляції та кондиціонування повітря. Це обумовлено необхідністю підтримання безпечних та комфортних умов праці, забезпечення технологічних процесів, а також дотримання санітарно-гігієнічних норм. Основними типами систем, що застосовуються для вентиляції промислових приміщень, є [1, 5, 8, 25]:

- Механічна вентиляція – організовується за допомогою вентиляторів та мережі повітропроводів. Забезпечує подачу свіжого повітря і видалення забрудненого незалежно від погодних умов. Використовується там, де природної вентиляції недостатньо для підтримки нормативних параметрів повітря.
- Природна вентиляція – базується на використанні природних сил: різниці температур, вітрового напору. Забезпечує повітрообмін за допомогою шахт, клапанів та отворів. Основна перевага – енергетична незалежність, але ефективність сильно залежить від зовнішніх умов.
- Комбінована вентиляція – поєднання механічної та природної вентиляції. Дозволяє мінімізувати витрати енергії, підвищуючи надійність і ефективність системи.

Системи кондиціонування для промислових приміщень здатні не тільки охолоджувати або нагрівати повітря, але й забезпечувати його очищення, зволоження чи осушення. Типовими рішеннями є центральні кондиціонери, прецизійні системи кондиціонування, чилери та фанкойли.

Особливої уваги заслуговують системи рекуперації тепла, які дозволяють суттєво скоротити енергоспоживання шляхом передачі тепла від витяжного повітря припливному.

Вибір технологій для вентиляції та кондиціонування в умовах ювелірного виробництва

Ювелірне виробництво має специфічні вимоги до мікроклімату. При обробці дорогоцінних металів та каменів утворюються дрібнодисперсні пилові частинки, газоподібні продукти (наприклад, при пайці) та надлишкове тепло від обладнання.

Основними завданнями систем вентиляції та кондиціонування для ювелірного виробництва є [2, 3, 4]:

- Ефективне видалення пилу та шкідливих домішок. Над робочими місцями встановлюються локальні витяжні пристрої з високоефективною фільтрацією (наприклад, HEPA-фільтрами).
- Підтримання постійної температури в межах комфортних для персоналу значень (20–24 °C), що також критично для точних технологічних операцій.
- Контроль вологості повітря на рівні 40–60 %, що запобігає утворенню конденсату та корозії металів.
- Забезпечення циркуляції повітря без утворення протягів, що важливо для збереження якості виробів.

Технологічно оптимальними для ювелірного виробництва є [10]:

- Центральні системи механічної вентиляції з системами рекуперації тепла.
- Прецизійні кондиціонери для підтримки стабільних параметрів температури та вологості.
- Використання зональної вентиляції (окреме обслуговування чистих і загальних зон).
- Інтеграція систем фільтрації повітря із ступенем очистки до класу HEPA 13-14.

Особливу увагу слід приділити енергетичній ефективності систем, оскільки безперервна робота вентиляції та кондиціонування вимагає значних експлуатаційних витрат.

Для вибору оптимальної системи вентиляції ювелірного виробництва доцільно провести порівняльний аналіз (табл. 1) систем вентиляції.

Таблиця 1.1 – Порівняння механічних, природних та комбінованих систем вентиляції [11]

<i>Параметр</i>	<i>Механічна вентиляція</i>	<i>Природна вентиляція</i>	<i>Комбінована вентиляція</i>
<i>Ефективність повітрообміну</i>	Висока, стабільна	Нестабільна, залежить від погоди	Стабільна при правильній організації
<i>Енерговитрати</i>	Високі	Низькі	Середні
<i>Вартість монтажу</i>	Висока	Низька	Середня
<i>Надійність</i>	Висока (при якісному обладнанні)	Середня (залежить від зовнішніх умов)	Висока
<i>Придатність для ювелірного виробництва</i>	Відповідає вимогам	Недостатня	Може бути використана частково

Механічна вентиляція має явні переваги для ювелірного виробництва завдяки можливості точно контролювати параметри повітря, що є необхідною умовою для забезпечення якості продукції та безпеки працівників. Природна вентиляція не здатна забезпечити необхідні параметри чистоти та стабільності, тому може застосовуватись лише як допоміжний засіб. Комбіновані системи є ефективним компромісом для зниження енергоспоживання, але все одно потребують механічних елементів у критичних зонах.

Таким чином, для приміщень ювелірного виробництва рекомендованим рішенням є використання централізованої механічної вентиляції із зональним кондиціонуванням, інтегрованими системами фільтрації та рекуперацією тепла. Це дозволяє забезпечити необхідний рівень чистоти повітря, температурно-вологісний режим і знизити експлуатаційні витрати.

1.2 Особливості та вимоги до систем клімат-контролю в ювелірному виробництві

Ювелірне виробництво включає широкий спектр технологічних процесів: плавлення металів, лиття, обробку, пайку, полірування, гравіювання та інкрустацію дорогоцінного каміння. Кожен із цих процесів суттєво впливає на параметри повітряного середовища у виробничих приміщеннях.

При плавленні та литті металів виділяється значна кількість тепла, газоподібних домішок та пилу. Обробка та полірування супроводжуються утворенням дрібнодисперсного пилу з металів, сплавів, а також часток абразивних матеріалів. Пайка та гальванічні процеси можуть призводити до випаровування шкідливих речовин (наприклад, флюсів та кислот).

Такі особливості створюють складні умови для мікроклімату [13]:

- локальні підвищення температури повітря;
- зростання концентрації шкідливих речовин і пилу;
- коливання рівня вологості внаслідок технологічних процесів;
- потреба в зональному регулюванні параметрів повітря.

Таким чином, система клімат-контролю у ювелірному виробництві повинна не тільки забезпечувати комфортні умови для персоналу, а й відповідати технологічним вимогам, підтримуючи стабільні параметри мікроклімату на всіх стадіях виробничого процесу.

Вимоги до мікроклімату в ювелірному виробництві [1, 3, 8, 12, 13, 25]:

1. Температурна стабільність (від 18 до 22°C). Температурні коливання можуть впливати на фізико-хімічні властивості дорогоцінних металів, спричиняючи зміну їхньої пластичності та розширення або стискання матеріалів. Висока температура може викликати прискорене випаровування летких сполук, а надмірне охолодження – конденсацію вологи на поверхні металів, що підвищує ризик корозії. Оптимальний діапазон температур (18-22°C) дозволяє підтримувати стабільність технологічних процесів і комфортні умови для працівників.

2. Контроль рівня вологості (40-60%) для запобігання окисленню металів. Дорогоцінні метали, особливо срібло, піддаються окисленню за підвищеної вологості, що може спричинити появу темного нальоту на поверхні виробів. Висока вологість також сприяє корозії допоміжних металів, таких як мідь або латунь, які використовуються у сплавах. Занадто низький рівень вологості може призвести до електростатичного зарядження матеріалів і накопичення пилу, що негативно позначається на якості обробки. Оптимальний діапазон (40-60%) забезпечує захист металів і комфортні умови праці.

3. Фільтрація повітря від пилу та газоподібних домішок. У процесі виробництва ювелірних виробів виділяється дрібнодисперсний металевий пил, залишки полірувальних паст і газоподібні домішки від згоряння газових сумішей або хімічних реакцій. Накопичення цих забруднень не лише впливає на якість продукції, а й створює загрозу для здоров'я працівників. Фільтрація повітря за допомогою систем очищення (HEPA-фільтри, вугільні фільтри тощо) дозволяє підтримувати високу якість повітря, запобігати осіданню пилу на виробах і забезпечувати безпечні умови праці.

4. Регулювання повітрообміну для видалення токсичних парів відпалу та гальванічних процесів. У ювелірному виробництві широко застосовуються гальванічні процеси покриття металів, що супроводжуються виділенням токсичних парів кислот та інших хімічних сполук. Крім того, процес відпалу металів також може супроводжуватися виділенням летких сполук. Без належної вентиляції ці речовини накопичуються у повітрі, що може призводити до подразнення дихальних шляхів працівників та порушення норм безпеки. Організація ефективного повітрообміну (місцева та загальна вентиляція) дозволяє знижувати концентрацію шкідливих речовин та підтримувати безпечний мікроклімат.

Системи вентиляції мають включати локальні витяжні пристрої над робочими місцями, зональну подачу свіжого повітря, а також загальнообмінну вентиляцію. Кондиціонування має забезпечувати не тільки охолодження чи

нагрівання повітря, але й його осушення або зволоження відповідно до сезонних змін.

Також актуальним є використання інтелектуальних систем управління кліматом, які дозволяють автоматично підтримувати задані параметри залежно від умов зовнішнього середовища та навантаження на виробництво.

Таким чином, вентиляція та кондиціонування у ювелірному виробництві мають не лише допоміжний, а стратегічний характер, забезпечуючи не тільки виконання санітарно-гігієнічних норм, а й підвищення загальної якості продукції та довготривалу ефективність виробничих процесів.

1.3 Інноваційні рішення в проєктуванні та монтажу систем клімат-контролю для ювелірного виробництва

У сучасних умовах ювелірне виробництво стає дедалі технологічнішим, що висуває підвищені вимоги до кліматичного середовища приміщень. Стандартні системи вентиляції та кондиціонування вже не завжди можуть ефективно забезпечувати необхідні параметри температури, вологості та чистоти повітря. У зв'язку з цим актуальним є впровадження інноваційних рішень у проєктуванні та монтажу систем клімат-контролю, орієнтованих на підвищення енергоефективності, надійності та гнучкості експлуатації. Основні інноваційні рішення [1, 8, 14, 15, 17]:

1. Інтегровані кліматичні системи на базі розумного управління (BMS). Використання автоматизованих систем керування будівлею (Building Management Systems) дозволяє об'єднати в єдиний комплекс вентиляцію, кондиціонування, опалення та фільтрацію повітря. Такі системи здійснюють:

- моніторинг і регулювання параметрів повітря в режимі реального часу;
- адаптивне управління залежно від змін навантаження на виробництво;
- оптимізацію енергоспоживання завдяки аналітиці даних і алгоритмам машинного навчання.

2. Використання адсорбційних осушувачів та зволожувачів з інтелектуальним керуванням. Ювелірне виробництво вимагає стабільної вологості. Сучасні рішення передбачають установку осушувачів із ротаційними адсорбційними роторами, які мають високу ефективність навіть при низьких температурах. Інтелектуальні зволожувачі забезпечують мінімальне споживання води та енергії за рахунок точного дозування.

3. Системи рекуперації енергії нового покоління. Встановлення вискоелективних теплообмінників (рекуператорів) дозволяє повертати до 80–90 % тепла із витяжного повітря, знижуючи навантаження на системи опалення та кондиціювання. У деяких рішеннях застосовуються гібридні рекуператори, що забезпечують також часткове осушення припливного повітря.

4. Локальні модульні фільтраційно-вентиляційні установки. Для особливо чистих зон створюються компактні локальні установки (Clean Air Modules) із багатоступеневою фільтрацією, які монтуються безпосередньо над робочими місцями. Це дозволяє мінімізувати забруднення повітря у критичних точках без необхідності облаштування повноцінних чистих приміщень.

5. Використання енергозберігаючого обладнання. Установлення інверторних компресорів у кондиціонерах, вентиляторів із регульованою швидкістю обертання (ЕС-вентилятори) та впровадження енергетичних стандартів (наприклад, Європейський стандарт ERP 2018) забезпечує зниження експлуатаційних витрат до 30–40 % у порівнянні зі звичайними системами.

Один із яскравих прикладів успішної реалізації інноваційної системи клімат-контролю можна спостерігати на прикладі ювелірної фабрики «Auroga Jewellery» у Німеччині. Вихідні умови: площа виробничих приміщень: понад 3000 м², наявність технологічних зон з різними вимогами до температури, вологості та класу чистоти, потреба в безперервному підтриманні стабільного мікроклімату протягом року. Проектні рішення було реалізовано через встановлення інтегрованих BMS-систему Siemens Desigo CC для централізованого моніторингу та управління мікрокліматом. Застосовано чилерну установку на основі інверторних компресорів та фанкойли з функцією

регулювання витрати повітря залежно від теплового навантаження. Організовано зони локального клімат-контролю з HEPA-фільтрами класу H14 у найбільш критичних виробничих зонах. Використано систему рекуперації тепла на основі роторних теплообмінників з ККД понад 85 %. Для стабілізації вологості застосовано осушувачі з адсорбційними роторами Munters серії ML. Як результат відбулося скорочення енергоспоживання на 28 % у порівнянні з попередніми системами; забезпечення стабільної температури на рівні $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вологості $50\text{ } \% \pm 5\text{ } \%$ протягом усього року; підвищення якості готової продукції за рахунок зниження кількості виробничих дефектів на 15 %; покращення умов праці для персоналу, що сприяло зниженню плинності кадрів.

1.4 Порівняння технічних характеристик систем вентиляції та кондиціювання для приміщень ювелірного виробництва

Створення та підтримання стабільного мікроклімату у приміщеннях ювелірного виробництва вимагає особливого підходу до вибору систем вентиляції та кондиціювання. Для забезпечення необхідної якості повітря, температурних режимів та вологості важливо ретельно оцінити технічні характеристики обладнання. Основними критеріями порівняння виступають продуктивність, енергоспоживання, ефективність теплообміну, рівень шуму, надійність та вартість експлуатації. Проведемо оцінку технічних характеристик різних типів вентиляційних та кондиціонувальних систем.

1. Продуктивність систем (витрата повітря). Для ювелірного виробництва важливо забезпечити високу кратність обміну повітря (від 5 до 15 обмінів на годину залежно від зони).

Механічна вентиляція зазвичай забезпечує точне регулювання витрати повітря (до $5000\text{ м}^3/\text{год}$ для середніх установок).

Природна вентиляція має нестабільну продуктивність, сильно залежить від погодних умов і рідко перевищує 2–3 кратності обміну.

Комбіновані системи поєднують стабільність механічного приводу і енергоефективність природних потоків.

2. Енергоспоживання. Системи з рекуперацією тепла можуть скоротити енергоспоживання на 30–50 % порівняно із традиційними установками. Кондиціонери з інверторними компресорами мають коефіцієнт енергетичної ефективності (EER) понад 4,5–5,0. Традиційні кондиціонери без інверторного управління споживають більше енергії, особливо при частковому навантаженні.

3. Ефективність роботи. Для систем вентиляції важливим показником є ККД рекуперації (роторні теплообмінники до 85 %). Для кондиціонерів критичним є показник COP (коефіцієнт перетворення тепла), що має перевищувати 4,0 для сучасних промислових моделей.

На основі аналізу сучасного ринку обрано кілька популярних брендів і моделей, що часто використовуються у виробничих об'єктах високої точності, включаючи ювелірні фабрики. Результати аналізу різних марок та моделей вентиляційних і кондиціювальних установок наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння різних марок та моделей вентиляційних і кондиціювальних установок [18]

<i>Параметр</i>	<i>Systemair SAVE VTC</i>	<i>Daikin VRV IV+</i>	<i>Mitsubishi Electric Lossnay</i>	<i>Komfovent Verso Pro 2</i>
1	2	3	4	5
Тип	Вентиляційна установка з рекуперацією	VRV-система кондиціонування	Вентиляція з рекуперацією	Вентиляційна установка з інтелектуальним керуванням
Продуктивність	500–5500 м ³ /год	7–56 кВт охолодження	250–2000 м ³ /год	500–10000 м ³ /год
Ефективність рекуперації	до 85 %	немає (опція додаткової рекуперації)	до 75–80 %	до 90 %
EER/COP	–	EER до 4,7, COP до 5,2	–	–
Особливості	Модульне розширення, ЕС-вентилятори	Змінне навантаження, інтелектуальне керування	Тонка фільтрація, компактність	Великий вибір конфігурацій, енергоефективні технології

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5
Енергоспоживання	низьке завдяки ЕС-двигунам	оптимізоване за рахунок інверторної технології	середнє	дуже низьке
Рівень шуму	35–45 дБА	40–50 дБА	30–40 дБА	35–45 дБА
Ціна (орієнтовна)	середня	висока	середня	висока

З огляду на ряд найважливіших чинників можна зробити наступні висновки в процесі підбору обладнання систем клімат-контролю для приміщень ювелірного виробництва:

1. Для великих виробничих площ оптимальними за співвідношенням продуктивність/енергоспоживання є установки Komfovent Verso Pro 2.

2. Для зони локального кондиціонування або персоналізованого контролю температури вигідніше застосовувати системи типу Daikin VRV IV+.

3. Якщо критично важлива якість рекуперації та мінімізація шуму — хорошим вибором будуть Systemair SAVE VTC та Mitsubishi Electric Lossnay.

Порівняння технічних характеристик різних систем вентиляції та кондиціонування демонструє, що вибір обладнання для ювелірного виробництва повинен базуватися на балансі між енергоспоживанням, стабільністю параметрів повітря, рівнем шуму та можливістю гнучкої адаптації системи під змінні технологічні навантаження. Інноваційні моделі з високим ККД рекуперації, інверторними приводами та інтеграцією в системи управління будівлею (BMS) дозволяють не тільки забезпечити високу якість продукції, але й значно скоротити експлуатаційні витрати підприємства.

1.5 Екологічні аспекти та енергоефективність систем клімат-контролю для приміщень ювелірного виробництва

У сучасних умовах сталого розвитку підприємства ювелірної галузі стикаються з необхідністю інтегрувати принципи енергоефективності та екологічної безпеки у свої виробничі процеси. Системи клімат-контролю, як одні з основних споживачів енергії в промислових будівлях, мають суттєвий вплив на загальний рівень викидів парникових газів і на витрати ресурсів. Тому питання правильного вибору систем вентиляції та кондиціонування є не лише технічним чи економічним, а й екологічним завданням.

Вибір типу кліматичної системи безпосередньо впливає на обсяг споживаної енергії, ефективність її використання та, відповідно, на кількість шкідливих викидів в атмосферу. Основні екологічні фактори включають [5, 19]:

1. Споживання електроенергії: менш енергоефективні системи спричиняють вищі викиди CO₂ через більше навантаження на енергетичну інфраструктуру.

2. Типи холодоагентів: використання холодоагентів з високим потенціалом глобального потепління (GWP), таких як R-410A чи R-407C, значно погіршує екологічний слід виробництва.

3. Втрати тепла та кондиціонованого повітря: неякісна теплоізоляція та невдало підібрані вентиляційні рішення ведуть до додаткових витрат енергії на підтримання стабільних умов.

Інтеграція систем з високоефективною рекуперацією тепла, використання екологічних холодоагентів (наприклад, R-32 або природних холодоагентів, таких як CO₂ та аміак) і впровадження енергоефективного обладнання дозволяє суттєво знизити негативний вплив на довкілля.

За оцінками міжнародних організацій у сфері енергетики, модернізація кліматичних систем із застосуванням сучасних енергоефективних технологій дозволяє зменшити викиди CO₂ на 20–40 % на одиницю виробничої площі. Основні напрями досягнення цього ефекту:

1. Застосування систем рекуперації тепла у вентиляційних установках, що скорочує енергетичні витрати на обігрів припливного повітря.

2. Впровадження інверторних компресорів у кондиціонувальних системах, що дозволяє знизити споживання електроенергії на 30–50 % у порівнянні з традиційними моделями.

3. Автоматизація та зональне управління мікрокліматом, що мінімізує витрати на охолодження та обігрів невикористовуваних ділянок виробництва.

4. Підбір холодоагентів нового покоління з низьким GWP, що мінімізує потенційний шкідливий вплив навіть у разі витоку.

У контексті ювелірного виробництва, де стабільність температури й вологості критична для якості продукції, застосування екологічно безпечних рішень має ще більше значення.

Енергоефективні системи клімат-контролю допомагають підприємствам:

1. Зменшити витрати на електроенергію до 30–50 % за рахунок зниження пікових навантажень і оптимізації роботи обладнання.

2. Подовжити термін служби систем завдяки зниженню експлуатаційного навантаження на основні вузли.

3. Підвищити рівень екологічної відповідальності підприємства, що позитивно впливає на імідж і конкурентоспроможність на ринку.

4. Сприяти сертифікації за міжнародними стандартами екологічної ефективності, такими як ISO 14001 або системами LEED/BREEAM.

Практичні приклади впровадження енергоефективних рішень у виробництвах аналогічного типу свідчать, що за допомогою комбінованих вентиляційних систем із рекуперацією, зонального кондиціонування та інтелектуальних систем керування можливо досягти річної економії електроенергії на рівні 80–150 кВт·год на квадратний метр виробничої площі.

Таким чином, екологічні аспекти та енергоефективність систем клімат-контролю мають стати пріоритетними критеріями при проектуванні та модернізації виробничих об'єктів ювелірної промисловості. Завдяки впровадженню сучасних технологій можна не лише досягти високої якості

продукції, але й істотно скоротити вуглецевий слід підприємства, сприяючи глобальним цілям сталого розвитку.

1.6 Обґрунтування вибору систем вентиляції та кондиціонування

Одним з об'єктів проектування СКП в громадських будівлях є СКП в адміністративних будівлях офісних центрів, невеликих торговельних та виставкових залах, тощо. При цьому у більшості випадків обмежуються установкою декількох кондиціонерів типу мультizonaльної системи VRV Daikin по типових проектах. І якщо для малих будівлі цей спосіб більш менш прийнятний, то для великих офісних приміщень розрахованих на велику кількість людей з декількома залами, та робочими місцями на яких потрібно створити оптимальні умови, він не підходить з ряду причин [1, 4, 9, 19]:

1) Велика вартість обладнання а також легко киплячої рідини якою заповнюється вся система.

2) За допомогою спліт-систем вдається контролювати лише температуру повітря, що не дозволяє підтримувати комфортні умови інших параметрів повітряного середовища, таких як: вологість, швидкість повітря.

3) Оскільки кондиціонери спліт-системи не забезпечують приплив свіжого повітря, а лише охолоджують внутрішнє повітря, виникає необхідність в окремій припливній установці для забезпечення приміщення санітарною нормою припливного повітря (у більшості випадків використовується природна вентиляція).

4) Спліт-система потребує періодичного сервісного обслуговування, що збільшує капітальні витрати на кондиціонери, також вона не відрізняється високою надійністю.

З перелічених вище причин використання спліт-систем для підтримання комфортних параметрів повітряного середовища у великих приміщеннях є не доцільним. Тому виникає проблема пошуку відповідної СКП для цього типу будівлі. У цій роботі зроблена спроба вирішення цієї проблеми на конкретному

прикладі, шляхом проектування багатозональної системи кондиціонування повітря так званої системи чіллер-фанкойл.

В порівнянні із спліт-системами, в яких між холодительною машиною і локальними вузлами циркулює газовий холодоагент, системи чіллер-фанкойл мають наступні переваги:

1. Масштабованість. Кількість фанкойлів (навантажень) на центральну холодительну машину(чіллер) практично обмежена тільки її продуктивністю.

2. Мінімальний об'єм і площа. Система кондиціонування великої будівлі може містити єдиний чіллер, що займає мінімальний об'єм і площу, зберігається зовнішній вигляд фасаду за рахунок відсутності зовнішніх блоків кондиціонерів.

3. Практично не обмежена відстань між чіллером і фанкойлами. Довжина трас може досягати сотень метрів, оскільки при високій теплоємності рідкого теплоносія питомі втрати на погонний метр траси набагато нижчі, ніж в системах з газовим холодоагентом.

4. Вартість розводки. Для зв'язку чіллерів і фанкойла використовуються звичайні водяні труби, замочна арматура і т. п. Балансування водяних труб, тобто вирівнювання тиску і швидкості потоку води між окремими фанкойлами, істотно простіше і дешевше, ніж в газонаповнених системах.

5. Безпека. Потенційно леткі гази(газовий холодоагент) зосереджені в чіллері, що встановлюється, як правило, на відкритому повітрі (на даху або безпосередньо на землі). Аварії трубої розводки усередині будівлі обмежені ризиком затопки, яка може бути зменшена автоматичною замочною арматурою.

6. Чіллери здатні не тільки охолоджувати воду - існують так звані реверсивні чіллери, які, як і побутові спліт-системи здатні нагрівати воду, забираючи тепло з зовнішнього повітря. Такий обігрів у плані витрат на енергоресурси обходиться в середньому в два з половиною - три рази дешевше, ніж звичайний електричний обігрів.

Системи чіллер-фанкойл, в строгому сенсі, не є системами вентиляції – вони охолоджують повітря в кожному приміщенні, що кондиціонує, але ніяк не

впливають на циркуляцію повітря. Тому для забезпечення повітрообміну системи чиллер-фанкойл в даному проєкті дана система кондиціонування комбінується з повітряним (кришною) системами кондиціонування, холодильні машини яких охолоджують зовнішнє повітря і подають його в приміщення по паралельній системі примусової вентиляції.

Так як приміщення підприємства, що проєктується є досить великими тому, для забезпечення рівномірного розподілу по всьому приміщенні планується використати фанкойли касетного типу у поєднанні із загально обмінною вентиляцією яка буде здійснюватись через кришну установку. Повітророзподілення здійснюється через поточні дифузори круглої та прямокутної форми.

1.7 Розрахунок величини капіталовкладень в систему кондиціонування

Можливі різні варіанти технічних рішень системи забезпечення мікроклімату в залежності від призначення будівлі, рівня вимог до мікроклімату, фінансових можливостей замовника, кліматичних характеристик району будівництва. Головний принцип, яким слід керуватись при виборі технічного рішення в процесі проєктування системи вентиляції та кондиціонування повітря - досягнення бажаної мети в економічно доцільних межах. Звідси необхідність порівняння варіантів.

У процесі вибору технічного рішення СКП необхідно враховувати переваги і недоліки окремих варіантів рішень, стосовно особливостей конкретного будинку.

В нашому випадку з багатокімнатної плануванням центрально-місцева система кондиціонування має переваги перед іншими СКП і є прикладом економічного та екологічного рішення.

В даному дипломному проєкті передбачена установка припливно-втяжного агрегату фірми Ventus, продуктивністю по зовнішньому повітрю 42386 м³/год, і місцева система кондиціонування повітря.

При виборі місцевої системи кондиціонування розглянемо два варіанти комплектації обладнання:

Перший варіант (базовий) – мультизональна система VRV Daikin (Variable Refrigerant Volume або змінний витрата холодинного агента), являє собою місцеву систему кондиціонування, у якій до одного зовнішнього блоку підключається декілька внутрішніх - зазвичай від 2 до 9 штук. У нашому випадку до 3 зовнішніх блоків підключається по 5 внутрішніх блоків, і до 2 зовнішніх – 6 внутрішніх.

Другий варіант (проектований) – система чіллер-фанкойл Daikin, являє собою місцеву систему кондиціонування, у якій до одного зовнішнього блоку можна підключати до 30 внутрішніх, що працюють в різних режимах і абсолютно автономно. У нашому випадку до 1 зовнішнього блоку підключається 27 внутрішніх блоків.

Головним фактором, що визначає енергоспоживання і капітальні витрати СКП, є витрати на вироблення одиниці холоду. Тому вважаємо, що варіант 2 є більш економічним при вирішенні задачі створення і підтримки параметрів мікроклімату в приміщенні.

Найменування і вартість основного обладнання мультизональної системи VRV Daikin (варіант 1) наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вартість основного обладнання системи VRV Daikin [31]

№	Назва	Модель	Кіл., шт.	Ціна, грн.	Сумма, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішній блок	RQYQ10P	5	107 675	538 375
2	Внутрішній блок	FWF02AT	3	6 570	19 710
3	Внутрішній блок	FWF03AT	9	11 910	107 190
4	Внутрішній блок	FWF04AT	9	12 594	113 346

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6
5	Внутрішній блок	FWF04AT	2	13 964	27 928
6	Внутрішній блок	FWT02AT	4	3 450	13 800
7	Блок ВР	BPMKS967B3	4	5 311	21 246
8	Пульт управління	BRC1D52	15	821	12 315
Всього:					853 910

Найменування і вартість основного обладнання системи чіллер-фанкойл Daikin (варіант 2) наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вартість основного обладнання системи чіллер-фанкойл

№	Назва	Модель	Кіл., шт.	Ціна, грн.	Сумма, грн.
1	Зовнішній блок	EWAD-120E-SS	1	517 944	517 944
2	Внутрішній блок	TL1.2T	3	5 360	16 080
3	Внутрішній блок	TL2.2T	9	7 230	65 070
4	Внутрішній блок	TL3.2T	9	8 750	78 750
5	Внутрішній блок	TL4.2T	2	10 510	21 020
6	Внутрішній блок	TL6.2T	4	4 150	16 600
8	Пульт управління	BRC1D52	15	821	12 315
Всього:					727 780

Вартість основного обладнання мультизональної системи VRV Daikin дороще на 126 131 грн., отже найбільш доцільним варіантом є 2-варіан система чіллер фанкойл. Також варто зазначити що вартість монтажу 5-ти блоків VRV системи буде набагато більшою за вартість монтажу чіллера, аналогічно це стосується і часу монтажу.

Технічні показники для першого та другого варіантів наведено в табл.1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні показники обладнання

Показники	Одиниця виміру	Варіант №	
		1	2
Холодопродуктивність	кВт	24x5	121
Споживана потужність	кВт	7,36x5	41
Габаритні розміри (ШxВxГ)	мм	(1680x930x765) x 5	2 221 x 3 973 x 1 109
Маса обладнання	кг	256 x 5	1 391
Холодильний агент		R-134a	R-134a
Рекомендована площа	м ²	321 x 5	1 620
Рівень звукового тиску	дБ(А)	86	87
Ел. живлення	Ф/В/Гц	3/400/50	3/400/50

1.8 Розрахунок величини капіталовкладень на влаштування системи вентиляції

Розроблено варіант системи вентиляції виробничої будівлі ювелірного підприємства. Важливою складовою системи вентиляції є мережа розгалужених повітропроводів, тому необхідно обґрунтувати вибір матеріалу, з якого вони виготовлені їх техніко-економічні показники.

Для порівняння візьмемо наступні варіанти:

- повітропроводи з звичайної сталі;
- повітропроводи з оцинкованої сталі;
- повітропроводи з корозійностійкої сталі.

Знайдемо річні приведені затрати за наступною формулою, грн [4]:

$$Z_i = C_i + E_n \cdot K_i \quad (1.1)$$

де C_i - експлуатаційні витрати, грн.;

E_n - коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

K_i - капітальні вкладення, грн.

Експлуатація повітропроводів з звичайної та корозійностійкої сталі включає затрати на періодичне фарбування, очищення тощо. Вони частіше

потребують капітального та поточного ремонту, мають менший строк експлуатації в порівнянні з повітропроводами з оцинкованої сталі [4]:

$$K_i = F \cdot Ц, \quad (1.2)$$

де F – загальна площа повітропроводів, m^2 ,

$Ц$ – ціна $1 m^2$ повітропроводу (згідно поточних цін на листові матеріали $50 \text{ грн}/m^2$).

$$K_i = 772 \cdot 50 = 38600 \text{ (грн)}.$$

Річні приведені затрати для будівництва та експлуатації повітропроводів:

– із звичайної тонколистової сталі [4]:

$$C_n = C_\phi + C_\psi, \quad (1.3)$$

де C_ϕ – річні витрати на фарбування, грн,

C_ψ – річні витрати на чищення, грн.

$$C_n = 3015,4 + 1010,2 = 4025,6 \text{ (грн)},$$

$$З_i = 4025,6 + 0,12 \cdot 38600 = 8658 \text{ (грн)}.$$

– з оцинкованої сталі

$$C_n = 1000 \text{ (грн)},$$

$$З_i = 1000 + 0,12 \cdot 38600 = 5632 \text{ (грн)}.$$

– з корозійностійкої сталі

$$C_n = 1124,4 + 3905 = 5029,4 \text{ (грн)},$$

$$З_i = 5029,4 + 0,12 \cdot 38600 = 9551 \text{ (грн)}.$$

З розрахунку видно, що приведені затрати при встановленні повітропроводів з оцинкованої сталі менші, ніж інші.

Отже, мережа повітропроводів буде змонтована з повітропроводів з оцинкованої сталі.

Величина капіталовкладень на влаштування системи вентиляції

Величина капітальних вкладень на встановлення системи вентиляції складається з вартості встановлення повітропроводів – 76201 грн; вартості вентиляторів та вентиляційних установок – 470600 грн; вартості допоміжного

обладнання – 916990 грн. Отже загальна кошторисна вартість системи вентиляції 1463792 грн.

Вартість проєктних робіт приймаємо 15% від вартості обладнання за даними Державного комітету України з будівництва, архітектури та житлової політики [4]:

$$V_{п.р.} = V_{обл.} \cdot 0,15, \quad (1.4)$$

$V_{обл.}$ – загальна вартість влаштування системи вентиляції.

$$V_{п.р.} = 0,15 \cdot 1463792 = 219569 \text{ (грн).}$$

Вартість пусконаладжувальних робіт і навчання персоналу приймаємо 5% від вартості обладнання [4]:

$$V_{п.} = V_{обл.} \cdot 0,05 \quad (1.5)$$

$$V_{п.} = 0,05 \cdot 916990 = 45850 \text{ (грн).}$$

Вартість монтажу обладнання приймаємо 30% від вартості обладнання [4]:

$$V_{м.} = V_{обл.} \cdot 0,3 \quad (1.6)$$

$$V_{м.} = 0,3 \cdot 1463792 = 439137 \text{ (грн).}$$

Позабюджетні фонди складають 1,2% [4]:

$$V_{п.ф.} = V_{обл.} \cdot 0,012 \quad (1.7)$$

$$V_{п.ф.} = 0,012 \cdot 1463792 = 17566 \text{ (грн).}$$

Отже, загальна вартість влаштування системи вентиляції складає:

$$V_{заг} = 1463792 + 219569 + 45850 + 439137 + 17566 = 2185914 \text{ (грн).}$$

Висновки до розділу 1

1. Ювелірне виробництво потребує високоефективних систем вентиляції та кондиціонування для підтримання стабільних мікрокліматичних умов і захисту здоров'я працівників. Оптимальним рішенням є централізована механічна вентиляція з рекуперацією тепла, інтегрованою фільтрацією та прецизійним кондиціонуванням. Комбіновані системи можуть застосовуватись у допоміжних зонах. Сучасні технології клімат-контролю сприяють підвищенню якості продукції, енергоефективності та екологічності виробничих процесів..

2. У ювелірному виробництві підтримка стабільного мікроклімату є критично важливою для забезпечення якості продукції та безпеки працівників. Особливості технологічних процесів, такі як плавлення металів, пайка, полірування та гальванічні операції, створюють специфічні вимоги до температури, вологості, фільтрації та вентиляції повітря. Системи клімат-контролю в ювелірному виробництві мають бути інтегрованими, адаптованими до специфіки технологічних процесів і сприяти зниженню впливу на навколишнє середовище, забезпечуючи ефективність та енергозбереження на всіх етапах виробництва.

3. Порівняння технічних характеристик систем вентиляції та кондиціонування для ювелірного виробництва показало, що оптимальний вибір обладнання залежить від співвідношення продуктивності, енергоспоживання, ефективності теплообміну та рівня шуму. Для великих площ ефективними є установки Komfovent Verso Pro 2, а для локальних зон кондиціонування — системи Daikin VRV IV+. Якщо важлива висока ефективність рекуперації та мінімальний шум, варто обрати Systemair SAVE VTC або Mitsubishi Electric Lossnay.

4. Екологічні аспекти та енергоефективність систем клімат-контролю є важливими факторами при проєктуванні приміщень ювелірного виробництва. Використання енергоефективних технологій, таких як системи рекуперації тепла, інверторні компресори та екологічні холодоагенти, дозволяє значно знизити енергоспоживання і викиди CO₂. Це зменшує витрати на електроенергію на 30–50 %, подовжує термін служби обладнання та підвищує екологічний імідж підприємства. Інтеграція цих рішень також сприяє сертифікації за міжнародними стандартами екологічної ефективності. Таким чином, енергоефективність та екологічна безпека є ключовими аспектами для досягнення високої якості продукції та сталого розвитку у ювелірному виробництві.

5. Вибір системи вентиляції та кондиціонування для великих офісних та адміністративних приміщень потребує особливого підходу, оскільки використання традиційних спліт-систем не є оптимальним через високу вартість, обмежені можливості в управлінні параметрами повітряного середовища та необхідність додаткових установок для припливу свіжого повітря. У цьому

контексті система чіллер-фанкойл є більш ефективним рішенням, оскільки вона забезпечує масштабованість, компактність, простоту розводки та високу безпеку. Вибір цієї системи дозволяє значно знизити капітальні витрати, підвищити енергоефективність і покращити безпеку експлуатації в порівнянні з традиційними системами кондиціонування.

4. Прийнято рішення про встановлення системи кондиціонування на базі системи чіллер-фанкойл. Вартість основного обладнання системи кондиціонування становить 727,780 тис.грн. Завдяки використанню такої системи досягається енергозбереження до 72 % теплової енергії.

5. Вентиляція приміщень здійснюватиметься загальнообмінною системою. Загальна вартість системи вентиляції 2185914 (грн).

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

2.1 Вихідні дані для проєктування

Об'єктом для проєктування вибрано виробничу будівлю у м. Вінниця, в якій передбачається припливно-витяжна система вентиляції з механічним збудженням. Освітлення в приміщеннях суміщене.

Так як м. Вінниця знаходиться в I кліматичному районі [23], то для огорожуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, перекриттів) використовують певні опори теплопередачі R_o , що наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Опори теплопередач захисних конструкцій $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Найменування	Значення опору теплопередачі, $R_o, m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
Зовнішня стіна	4,0
Підлога	5,0
Перекриття	7,0
Вікно подвійне металопластикове	0,9
Двері	0,7

2.2 Вибір параметрів зовнішнього повітря

Згідно діючих в Україні будівельних норм і правил для міста Вінниця визначаємо кліматичні умови району. Параметри зовнішнього повітря для системи вентиляції приймаємо у відповідності: для теплого періоду року – температура для найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99, для холодного періоду – температура для найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92. В перехідний період параметри приймаємо у відповідності при температурі 8°C .

Всі дані зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри зовнішнього повітря [22]

Період року	$t_z, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$v_B, \text{м/с}$
Теплий	23	73	2,8
Холодний	-21	85	5,2

2.3 Розрахунок параметрів внутрішнього повітря

Параметри внутрішнього повітря вибираємо для кожного приміщення і періоду року в залежності від категорії важкості робіт з урахуванням забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов [6]. Розрахункові параметри внутрішнього повітря наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри внутрішнього повітря [6]

Приміщення	Категорія робіт	Період року	Допустимі			Розрахункові		
			$t_a, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$t_a, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$
Офіс	Легкі (Ia)	Теплий	23-25	75	0,2	23	60	0,1
		Холод.	22-24	75	0,1	22	60	0,1
Майстерня	Легкі (Iб)	Теплий	22	75	0,3	22	60	0,2
		Холод.	21-23	75	0,2	21	60	0,1

2.4 Визначення теплових надходжень в будівлю

2.4.1 Теплонадходження від інсоляції через вікна

Кількість теплоти, яка надходить в приміщення за рахунок сонячної радіації, через світлові прорізи визначаються за формулою [2, 5]:

$$Q_{inc} = Q_{np} + Q_{m.l.} \quad (2.1)$$

де Q_{np} – тепло від сонячної радіації, яка безпосередньо пройшла через закриту поверхню, Вт.;

$Q_{m.n.}$ – теплота від теплового потоку за рахунок теплопередачі через поверхню вікна, Вт.

$$Q_{n.p.} = (q_n K_{шк} + q_n K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \text{ (Вт)} \quad (2.2)$$

де $A_{ок}$ - площа світлової прорізів, яка опромінюється сонячною радіацією, м²;

β_1 - коефіцієнт теплопропускання вікон з урахуванням затінення непрозорою частиною світлового проєму (для однокамерного склопакета з металевим переплетом 0,9) [2];

β_2 - коефіцієнт тепло пропускання прозорою частиною (для звичайного скла товщиною 2,5 – 3,5 мм. - 0,85) [2];

β_3 - коефіцієнт тепло пропускання сонцезахисних пристроїв (0,7) [2].

q_n , q_p - відповідно максимальна інтенсивність прямої та розсіяної сонячної радіації, що падає на світловий проєм, $\frac{Вт}{м^2}$ [2]. Визначається в залежності від географічної широти і орієнтації світлового проєму [2].

Значення максимальної інтенсивності прямої та розсіяної сонячної радіації для 48 широти зводимо до табл. 2.4

Таблиця 2.4. – Значення прямої та розсіяної сонячної радіації [2]

Орієнтація	Пряма, $q_n \frac{Вт}{м^2}$	Розсіяна, $q_p \frac{Вт}{м^2}$
Пд	370	120
Пд – Сх (Зх)	497	151
Сх (Зх)	590	175
Пн – Зх (Зх)	437	133
Пн	141	75

Тепло пропускання через заповнення світлових промів за рахунок теплопередачі в результаті різниці температур і нагріву скла сонцем визначається за формулою [2]:

$$Q_{т.п.} = (t_{усл} - t_{г}) \cdot A_{ок} \cdot K = \left[t_{н} + \frac{(q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot P}{\alpha_n} - t_{г} \right] \cdot A_{ок} \cdot K, \text{ (Вт)} \quad (2.3)$$

де $t_{н}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$K_{инс}$ - коефіцієнт інсоляції, приймаємо 1 [2];

$K_{обл}$ - коефіцієнт опромінення поверхні світлового проєму розсієною радіацією;

P - коефіцієнт поглинання сонячної радіації світловим проємом (для звичайного скла 0,06) [2];

$t_{г}$ - розрахункова температура повітря в приміщенні, °С;

K - коефіцієнт теплопередачі вікна, приймаємо 2,22 Вт/(м² °С);

α_n - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньою поверхнею скління, Вт/м²,

визначається за формулою:

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{v}) \quad (2.4)$$

де v - розрахункова швидкість вітру, м/с, для теплого періоду року.

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{2,5}) = 25,21 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Визначення кількості тепла, яке надходить через світлові проїми для офісного приміщення 101:

- з орієнтацією на схід (Сх), і площею світлових проїмів $A_{ок}^{Сх} = 6,12 \text{ м}^2$.

$$Q_{np}^{Сх} = (q_n K_{инс} + q_p K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = (590 \cdot 1 + 175 \cdot 0,85) \cdot 6,12 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 2421,076 \text{ (Вт)} ;$$

$$\begin{aligned} Q_{н.п.}^{Сх} &= \left[t_{н} + \frac{(q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot P}{\alpha_n} - t_{г} \right] \cdot A_{ок} \cdot K = \\ &= \left[27,3 + \frac{(590 \cdot 1 + 175 \cdot 0,85) \cdot 0,06}{25,21} - 22 \right] \cdot 6,12 \cdot 2,22 = 132,58 \text{ (Вт)}. \end{aligned}$$

$$Q_{инс}^{Сх} = Q_{np}^{Сх} + Q_{н.п.}^{Сх} = 2421,076 + 132,58 = 2553,655 \text{ (Вт)}$$

- з орієнтацією на північ (Пн), і площею світлових проїмів $A_{ок}^{Пн} = 7,65 \text{ м}^2$.

$$Q_{np}^{Пн} = (q_n K_{инс} + q_p K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = (141 \cdot 1 + 75 \cdot 0,85) \cdot 7,65 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 838,77 \text{ (Вт)} ;$$

$$Q_{m,n}^{In} = \left[t_n + \frac{(q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot P}{\alpha_n} - t_e \right] \cdot A_{ок} \cdot K =$$

$$= \left[27,3 + \frac{(141 \cdot 1 + 75 \cdot 0,85) \cdot 0,06}{25,21} - 22 \right] \cdot 7,65 \cdot 2,22 = 144,14 \text{ (Вт)}.$$

$$Q_{инс}^{In} = Q_{np}^{In} + Q_{n.m.}^{In} = 838,77 + 144,14 = 982,92 \text{ (Вт)}$$

Дане приміщення немає вікон орієнтованих на захід та південь отже загальні тепло надходження від інсоляції через світлові проєми становлять:

$$Q_{инс}^{101} = Q_{инс}^{In} + Q_{инс}^{I\delta} + Q_{инс}^{3x} + Q_{инс}^{Cx} = 982,92 + 0 + 0 + 2553,655 = 3536,57 \text{ (Вт)}$$

Аналогічно проведемо розрахунок теплонадходжень від інсоляції через світлові проєми для інших приміщень. Результати обчислень наведено у додатку В.

2.4.2 Інсоляційне надходження тепла через покрівлю будівлі

Кількість теплоти, яка надходить в приміщення через стелю за рахунок сонячної радіації визначається за [19]

$$Q_{Стеля} = \left[\frac{1}{R_0} \cdot (t_3 + R_3 \cdot \rho \cdot I_{сеп} - t_e) + \beta \cdot k \cdot \frac{A_{\tau e}}{R_e} \right] \cdot F, \text{ (Вт)} \quad (2.5)$$

де R_0 - опір теплопередачі покриття будівлі, $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ за [5].

$$R_0 = R_H + R_K + R_B = 0,04 + 7,0 + 0,132 = 7,172 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Вт} \right), \quad (2.6)$$

де R_B - термічний опір між внутрішнім повітрям та поверхнею перекриття (для перекриття з гладкою поверхнею $R_B = 0,132$), $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$;

R_H - термічний опір між зовнішнім повітрям та поверхнею перекриття, $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$;

R_K - термічний опір конструкції перекриття ($R_K = 7,0$), $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$.

Значення R_H для літніх умов за формулою [19]:

$$R_H = \frac{0,172}{1 + 2\sqrt{V}} = \frac{0,172}{1 + 2\sqrt{2,8}} = 0,04 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Вт} \right), \quad (2.7)$$

де V - швидкість вітру, $\frac{M}{c}$.

ρ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації [19] (для бітуму $\rho = 0,9$);

I_{cp} - середньодобова сумарна сонячна радіація [19] (для горизонтальної поверхні і широти 48^0 п. ш. $I_{cp} = 328$), $\frac{Bm}{M^2}$;

k - коефіцієнт (для перекриттів без вентилятованих прошарків $k = 1$);

β - коефіцієнт для визначення величин теплового потоку, що гармонічно змінюються, в різні години доби [19];

$A_{тв}$ - амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожень, 0C ;

F - площа перекриття, M^2 .

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожень визначається за [19]

$$A_{тв} = \frac{1}{v} \cdot [0,5 \cdot A_{тн} + R_n \cdot \rho \cdot (I_{\max} - I_{cp})], ^0C \quad (2.8)$$

де $A_{тн}$ - max амплітуда коливань температури зовнішнього повітря (для м. Вінниці $A_{тн} = 22,5$ [2]), 0C ;

I_{\max} та I_{cp} - відповідно максимальне та середнє значення сумарної (прямої та розсіяної) сонячної радіації, що приймаються для зовнішніх стін як для вертикальних поверхонь західної орієнтації (для горизонтальної поверхні і широти 48^0 п. ш. $I_{\max} = 865$ та $I_{cp} = 328$ [2]), $\frac{Bm}{M^2}$;

v - затухання амплітуди коливань температури в огорожуючій конструкції:

$$v = R_0/R_B = 7,172/0,132 = 54,33. \quad (2.9)$$

Отже, амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожень складатиме $A_{тв} = 0,746$ 0C .

Кількість теплоти, яка надходить в приміщення через стелю за рахунок сонячної радіації :

- для актової зали (приміщення 401) $F = 90,09$ M^2 :

$$Q = ((27,3 + 0,04 \cdot 0,9 \cdot 328 - 22) / 7,172 + 1 \cdot 1 \cdot 0,746 / 0,132) \cdot 90,09 = 793,83 \text{ (Вт)}.$$

- для вестибюлю (пр. 402) $F = 56,4$ M^2 :

$$Q = ((27,3 + 0,04 \cdot 0,9 \cdot 328 - 23) / 7,172 + 1 \cdot 1 \cdot 0,746 / 0,132) \cdot 56,4 = 496,9 \text{ (Вт)}.$$

- для вбиральні (пр.403) $F = 19,8 \text{ м}^2$:

$$Q = ((27,3 + 0,04 \cdot 0,9 \cdot 328 - 23) / 7,172 + 1 \cdot 1 \cdot 0,746 / 0,132) \cdot 19,8 = 174,44 \text{ (Вт)}.$$

- для конструктивного відділу (пр.404) $F = 102,89 \text{ м}^2$:

$$Q = ((27,3 + 0,04 \cdot 0,9 \cdot 328 - 23) / 7,172 + 1 \cdot 1 \cdot 0,746 / 0,132) \cdot 102,89 = 906,46 \text{ (Вт)}.$$

- для відділу дизайну (пр.405) $F = 88,25 \text{ м}^2$:

$$Q = ((27,3 + 0,04 \cdot 0,9 \cdot 328 - 23) / 7,172 + 1 \cdot 1 \cdot 0,746 / 0,132) \cdot 88,25 = 777,48 \text{ (Вт)}.$$

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.4.3 Інсоляційне надходження тепла через зовнішні огороження будівлі

Інсоляційне надходження через стіни будівлі визначається за формулою [1, 2]:

$$Q = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{R_0} \cdot F, \text{ (Вт)} \quad (2.10)$$

де R_0 - опір теплопередачі стін будівлі, $4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$,

F – площа стіни, м^2 ;

Δt_1 і Δt_2 – еквівалентні різниці температур, що визначаються за формулами:

$$\Delta t_1 = t_{\text{зв}} - t_{\text{в}} - A A_{\text{тн}} - B, \quad (2.11)$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_3 + \frac{I}{I_0} (\Delta t_4 - \Delta t_3). \quad (2.12)$$

де $t_{\text{зв}}$ – розрахункова літня температура зовнішнього повітря, $t_{\text{зв}} = 27,3^\circ\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

A і B – коефіцієнти, які залежать від маси 1м^2 стінового огороження [4]:
 $A = 0,5$ і $B = 2,75$;

Δt_3 і Δt_4 – вихідні еквівалентні розрахункові температури, $^\circ\text{C}$, відповідно для стін у затінку і на сонці [4]: $\Delta t_3 = 1,1^\circ\text{C}$, $\Delta t_{4\text{тн}} = 1,1^\circ\text{C}$, $\Delta t_{4\text{нд}} = 3,3^\circ\text{C}$, $\Delta t_{4\text{зх}} = 4,4^\circ\text{C}$,

$\Delta t_{4\text{сх}} = 4,4^\circ\text{C}$;

$\frac{I}{I_0}$ – відношення максимальної напруги сонячного випромінювання на вертикальну площину для заданої широти та орієнтації до максимальної напруги сонячного випромінювання:

$$\frac{I}{I_{0\text{ ПН}}} = 1,05, \frac{I}{I_{0\text{ ПД}}} = 1,4, \frac{I}{I_{0\text{ ЗХ}}} = 1,02, \frac{I}{I_{0\text{ СХ}}} = 1,02,$$

$A_{\text{тн}}$ – максимальна амплітуда коливань температури зовнішнього повітря [3],
 $A_{\text{тн}} = 22,5^\circ\text{C}$.

Визначимо еквівалентну різницю температур Δt_2 :

$$\Delta t_{2\text{ ПН}} = \Delta t_3 + \frac{I}{I_{0\text{ ПН}}} (\Delta t_{4\text{ ПН}} - \Delta t_3) = 1,1 + 1,05 \cdot (1,1 - 1,1) = 1,1 \text{ } (^\circ\text{C});$$

$$\Delta t_{2\text{ ПД}} = \Delta t_3 + \frac{I}{I_{0\text{ ПД}}} (\Delta t_{4\text{ ПД}} - \Delta t_3) = 1,1 + 1,4 \cdot (3,3 - 1,1) = 4,18 \text{ } (^\circ\text{C});$$

$$\Delta t_{2\text{ ЗХ}} = \Delta t_3 + \frac{I}{I_{0\text{ ЗХ}}} (\Delta t_{4\text{ ЗХ}} - \Delta t_3) = 1,1 + 1,02 \cdot (4,4 - 1,1) = 4,466 \text{ } (^\circ\text{C});$$

$$\Delta t_{2\text{ СХ}} = \Delta t_3 + \frac{I}{I_{0\text{ СХ}}} (\Delta t_{4\text{ СХ}} - \Delta t_3) = 1,1 + 1,02 \cdot (4,4 - 1,1) = 4,466 \text{ } (^\circ\text{C}).$$

Інсоляційне надходження тепла через стіни наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Інсоляційне надходження тепла через стіни

Прим	t_e °C	Δt_1 °C	$\Delta t_{2\text{ ПН}}$ м²	$\Delta t_{2\text{ ПД}}$ м²	$\Delta t_{2\text{ ЗХ}}$ м²	$\Delta t_{2\text{ СХ}}$ м²	$Q_{\text{ПН}}$, Вт	$Q_{\text{ПД}}$, Вт	$Q_{\text{ЗХ}}$, Вт	$Q_{\text{СХ}}$, Вт	$\sum Q$ Вт
1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПЕРШИЙ ПОВЕРХ											
101	22	5,3	30,51	0	0	22,5	58,8	0	0	66,19	125
102а	20	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102б	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	22	5,3	23,18	0	23,87	0	44,7	0	70,22	0	114,9
104	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	20	7,3	0	28,63	13,69	0	0	98,98	48,52	0	147,51
106	22	5,3	0	0	0	12,14	0	0	0	35,72	35,72

Продовження табл. 2.5

1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
107	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	23	4,3	0	3,27	0	0	0	8,35	0	0	8,35
109	23	4,3	0	8,01	0	0	0	20,46	0	0	20,46
110	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	23	4,3	0	6,92	0	0	0	17,68	0	0	17,68
ДРУГИЙ ПОВЕРХ											
201	22	5,3	33,3	0	0	23,13	64,19	0	0	68,04	132,23
202	22	5,3	0	0	0	10,92	0	0	0	32,12	32,12
203	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204	22	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205	22	5,3	23,75	0	24,2	0	45,78	0	71,19	0	116,97
206	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208	23	4,3	0	3,45	0	0	0	8,81	0	0	8,81
209	24	3,3	0	8,4	0	0	0	18,93	0	0	18,93
210	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
211	23	4,3	0	10,3	0	0	0	26,31	0	0	26,31
212	25	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	22	5,3	0	9,05	0	0	0	25,84	0	0	25,84
214	23	4,3	0	17,45	20,8	0	0	44,57	54,92	0	99,49
ТРЕТІЙ ПОВЕРХ											
301	22	5,3	38,02	0	0	27,72	73,29	0	0	81,54	154,83
302	23	4,3	0	0	0	10,9	0	0	0	28,78	28,78
303	22	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
304	23	4,3	0	4,11	0	0	0	10,50	0	0	10,50

Продовження табл. 2.5

1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
305	22	5,3	23,75	0	24,2	0	45,78	0	71,19	0	116,97
306	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307	23	4,3	0	9,75	0	0	0	24,90	0	0	24,90
308	22	5,3	0	11,94	0	0	0	34,09	0	0	34,09
309	23	4,3	0	9,48	0	0	0	24,21	0	0	24,21
310	22	5,3	0	19,5	20,8	0	0	55,68	61,18	0	116,87
ЧЕТВЕРТИЙ ПОВЕРХ											
401	22	5,3	39,62	0	0	26,55	76,38	0	0	78,10	154,47
402	23	4,3	0	4,83	0	13,28	0	12,34	0	35,06	47,40
403	23	4,3	0	10,08	0	0	0	25,75	0	0	25,75
404	22	5,3	0	20,54	23,19	0	0	58,65	68,21	0	126,87
405	22	5,3	19,27	0	20,8	0	37,15	0	61,18	0	98,33
406	23	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.4.4 Надходження тепла від джерел штучного освітлення

Кількість тепла, що надходить в приміщення від джерел штучного освітлення, визначають за фактичною або проєктною потужністю ліхтарів. При цьому враховують, що вся енергія, яка витрачається на освітлення, переходить в тепло, яке нагріває повітря приміщення.

Якщо потужність ліхтарів невідома, тоді тепловиділення від джерел освітлення $Q_{осв}$, Вт, можна визначити за формулою [4]:

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F \cdot \eta_{осв} , \quad (2.13)$$

де $q_{осв}$ – максимально допустима питома установочна потужність світильника, що визначається в залежності від призначення приміщення, $\frac{Вт}{м^2}$ [19].

F - площа підлоги приміщення, $м^2$;

$\eta_{осв}$ - частка тепла, яке надходить від світильників в різні зони приміщення, визначається в залежності від розміщення світильника [19].

В приміщенні 101 площею $F = 90,09 \text{ м}^2$ розміщується загальний офіс з 9-ма робочими місцями. Вибираємо для кабінетів, офісів, робочих кімнат, значення максимально допустимої питомої потужності освітлювальних приладів, становить $q_{осв} = 25 \frac{Вт}{м^2}$. Освітлювальні прилади розміщуються за підшивною стелею тому частка тепла, яке надходить від світильників становить 0,6 [4]. Отже надходження тепла становить:

$$Q_{осв101} = 25 \cdot 90,09 \cdot 0,6 = 1351,35 \text{ (Вт)}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших приміщень. Результати розрахунків зводяться в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Надходження тепла від джерел штучного освітлення

Прим.	$F, \text{ м}^2$	$q_{осв}, \frac{Вт}{\text{ м}^2}$	$\eta_{осв}$	$Q_{осв}, \text{ Вт}$
1	2	3	4	5
ПЕРШИЙ ПОВЕРХ				
101	90,09	25	0,6	1351,35
102а	11,75	10	1	117,50
102б	25,61	15	0,85	326,53
103	88,21	35	0,6	1852,41
104	18,51	10	1	185,10
105	65,27	10	0,85	554,80
106	9,78	25	1	244,50
107	18,03	15	1	270,45
108	17,38	10	1	173,80
109	17,37	10	1	173,70

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
110	11,15	15	1	167,25
111	5,39	10	1	53,90
112	4,3	10	1	43,00
ДРУГИЙ ПОВЕРХ				
201	90,09	20/52	0,6/1	5765,76
202	23,51	25	0,85	499,59
203	6,23	15	1	93,45
204	16,39	15	1	245,85
205	88,27	25	0,6	1324,05
206	18,51	0	1	185,10
207	18,03	20	0,85	306,51
208	17,37	0	1	173,70
209	12,92	10	1	193,80
210	15,17	10	1	227,55
211	16,03	10	0,85	204,38
212	2,6	0	1	39,00
213	14,37	25	1	359,25
214	35,85	20	0,85	609,45
ТРЕТІЙ ПОВЕРХ				
301	90,09	20/52	0,6/1	5765,76
302	46,13	15	0,85	588,16
303	6,23	25	1	155,75
304	17,37	10	1	173,70
ЧЕТВЕРТИЙ ПОВЕРХ				
401	116,36	25	0,6	1745,40
402	56,4	15	0,85	719,10
403	19,8	10	1	198,00
404	102,89	35	0,6	2160,69
405	88,25	35	0,6	1853,25
406	17,47	8	1	139,76

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.4.5 Виділення теплоти і вологи від людей

Теплонадходження і вологонадходження від людей визначається теплопродуктивністю, яка залежить від важкості виконуваної роботи, температури і вологості повітря в приміщенні, його рухливості, а також тепло ізолюючими властивостями одягу і її паропроникності, особливостями терморегуляції самої людини. Теплопродуктивність людини і її здатність до терморегуляції залежить також від статі та віку. Теплонадходження від жінок вважають рівним 85% , від величини теплопродуктивності дорослого чоловіка.

Надлишки тепла від людей розраховуються за формулою [5], Вт:

$$Q_{\text{люд}} = N_{\text{люд}} \cdot q_{\text{люд}}, \quad (2.14)$$

де $N_{\text{люд}}$ - кількість людей в приміщенні, чол.;

$q_{\text{люд}}$ - кількість повного тепла, що виділяє одна людина [5], (Вт).

Згідно [5], при легкій роботі і температурі $t = 22^{\circ}\text{C}$ чоловік виділяє 150 Вт.

Для приміщення №101 в якому передбачено одночасне перебування на постійних робочих місцях 5 чоловіків та 4 жінок, тепло надходження будуть становити:

$$Q_{\text{люд101}} = 5 \cdot 150 + 4 \cdot 150 \cdot 0,85 = 1260 \text{ (Вт)}$$

Кількість вологи, що виділяється людиною, також залежить від характеру роботи та температури повітря і визначається за формулою [5]:

$$M_{\text{люд}} = N_{\text{люд}} \cdot m_{\text{люд}} \quad (2.15)$$

де $m_{\text{люд}}$ - волого виділення від однієї людини, г/год.

Згідно [6], при легкій роботі і температурі $t = 22^{\circ}\text{C}$ людина виділяє 75 г/год вологи.

В приміщенні №101 вологовиділення від людей становить:

$$M_{\text{люд101}} = 5 \cdot 75 + 4 \cdot 75 \cdot 0,85 = 630 \text{ (г / год)}$$

Аналогічно проводимо розрахунок кількості теплоти і вологи від людей для інших приміщень. Результати розрахунку наведені в табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Надходження тепла та вологи від людей

Прим.	Кількість працюючих		$M_{\text{люд}},$ г/год	$Q_{\text{люд}},$ Вт
	Чоловіки	Жінки		
1	2	3	4	5
ПЕРШИЙ ПОВЕРХ				
101	5	4	630	1260
102a	0	0	0	0
102б	0	0	0	0
103	5	10	1012,5	2025
104	0	0	0	0
105	0	0	0	0
106	3	0	225	450
107	0	1	63,75	127,5
108	0	0	0	0
109	0	0	0	0
110	0	0	0	0
111	0	0	0	0
112	0	0	0	0
ДРУГИЙ ПОВЕРХ				
201	9	0	675	1350
202	2	0	150	300
203	0	0	0	0
204	1	0	75	150
205	3	4	480	960
206	0	0	0	0
207	2	1	213,75	427,5
208	0	0	0	0
209	0	0	0	0
210	0	0	0	0
211	0	0	0	0
212	0	0	0	0
213	4	2	427,5	855
214	3	4	480	960
ТРЕТІЙ ПОВЕРХ				
301	4	6	682,5	1365
302	0	0	0	0
303	0	1	63,75	127,5
304	0	0	0	0
305	5	3	566,25	1132,5
306	0	0	0	0
307	0	0	0	0
308	1	0	75	150

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5
309	0	0	0	0
310	2	0	150	300
ЧЕТВЕРТИЙ ПОВЕРХ				
401	39	0	2925	5850
402	0	0	0	0
403	0	0	0	0
404	3	5	543,75	1087,5
405	2	4	405	810
406	0	0	0	0

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.4.6 Теплонадходження від електродвигунів

Кількість теплоти, яка надходить від електродвигунів, Вт [5]:

$$Q_{об} = N \cdot (1 - \eta) \cdot K_{од}, \quad (2.16)$$

де N - установочна потужність двигуна, Вт;

$K_{од}$ - коефіцієнт одночасності роботи двигунів, який має значення 0,25 - 0,4 [5] в залежності від режиму роботи двигуна;

η - ККД двигуна %.

В майстерні №1 (приміщення 201) передбачено встановлення 4-х поліровочних станків UN-1. На кожному станку, даного типу, встановлено робочий двигун потужністю 0,37 кВт та ККД $\eta = 88\%$.

Теплонадходження від електродвигунів в приміщенні майстерні №1 становить:

$$Q_{об} = N \cdot (1 - \eta) \cdot K_{од} = (370 \cdot (1 - 0,88) \cdot 0,35) \cdot 4 = 518 \text{ (Вт)}.$$

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.4.7 Теплонадходження від нагрітих поверхонь

В приміщенні майстерні №2 (пр.301) планується встановлення двох пічок карусельного типу - ПМ – 1, для обпалювання опок. Пічка встановлюється на металевому «столику» висотою 600 мм, від рівня підлоги.

Технічні характеристики пічки ПМ – 1:

- розміри ШхДхВ 700х700х1120;
- живлення 220 В;
- потужність 6 кВт;
- температура поверхні 40 °С.

Визначимо кількість конвективного тепла що виділяється пічкою.

Кількість тепла, що виділяється горизонтальною поверхнею, Вт [1]:

$$Q_G = 1,3 \cdot n \cdot F_G \cdot (t_n - t_e)^{4/3} \quad (2.17)$$

де n – коефіцієнт який залежить від температури нагрітої поверхні [1] (для 40 °С становить 1,63);

t_{en} – розрахункова температура внутрішнього повітря, 22 °С;

t_n – розрахункова температура нагрітої поверхні, 40 °С;

F_G – площа горизонтальної поверхні, м.

$$F_G = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$Q_G = 1,3 \cdot n \cdot F_G \cdot (t_n - t_e)^{4/3} = 1,3 \cdot 1,63 \cdot 0,49 \cdot (40 - 22)^{4/3} = 49 \text{ (Вт)}$$

Кількість тепла, що виділяється вертикальною поверхнею, Вт [2]:

$$Q_B = F_B \cdot n \cdot (t_n - t_e)^{4/3} \quad (2.18)$$

де F_B – площа вертикальної поверхні, м.

$$F_B = (0,7 + 0,7 + 0,7 + 0,7) \cdot 1,12 = 3,136 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$Q_B = F_B \cdot n \cdot (t_n - t_e)^{4/3} = 3,136 \cdot 1,63 \cdot (40 - 22)^{4/3} = 241 \text{ (Вт)}$$

Загальна кількість конвективного тепла, що виділяється двома пічками становить:

$$Q_{n.n} = Q_G + Q_B = (49 + 241) \cdot 2 = 580 \text{ (Вт)}$$

Результати розрахунків зводимо до додатку В.

2.5 Розрахунок повітрообміну місцевих витяжних систем

В майстерні №201 за завданням знаходиться дві пічки для виплавки типу ПМ-1 розміром 0,7х0,7 м і висотою 1,12 м, температура зовнішньої поверхні печі – 40 °С.

При розрахунку місцевих відсмоктів від печей необхідно знати їх конвективну тепловіддачу:

- для горизонтальної поверхні [2]:

$$Q_G = 1,3 \cdot n_{65} \cdot F_G \cdot (t_{II} - t_B)^{\frac{4}{3}} = 1,3 \cdot 1,63 \cdot 0,49 \cdot (40 - 22)^{\frac{4}{3}} = 49 \text{ (Вт)}; \quad (2.19)$$

- для вертикальної поверхні [2]:

$$Q_B = n_{65} \cdot F_{B.1} \cdot (t_{II} - t_B)^{\frac{4}{3}} = 1,6 \cdot 3,14 \cdot (40 - 22)^{\frac{4}{3}} = 241,14 \text{ (Вт)}; \quad (2.20)$$

де t_{II} , t_B - температура нагрітої зовнішньої поверхні печі і повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$;

F_G , F_B – площі горизонтальних і вертикальних поверхонь джерела теплового випромінювання, м^2 .

Значення коефіцієнта n приймається в залежності від t_{II} [1].

При розрахункові місцевих відсмоктів від об'ємних джерел теплового випромінювання приймається сумарна тепловіддача всіх поверхонь [1]:

$$Q = Q_G + Q_B = 49 + 241,14 = 290,14 \text{ (Вт)}. \quad (2.21)$$

Швидкість на осі в конвективному потоці на рівні всмоктування буде розраховуватись по формулі [2]:

$$v_l = 0,068 \cdot \left(\frac{Ql}{d^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,068 \cdot \left(\frac{290,14 \cdot 0,6}{0,791^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,44 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right). \quad (2.22)$$

де l - відстань від печі до зонти, м.

Еквівалентний діаметр печі розраховується за формулою

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{a+b} = 1,13 \cdot \sqrt{0,7+0,7} = 0,791 \text{ (м)}. \quad (2.23)$$

Кількість повітря, що видаляється з приміщення зонтом [2]:

$$L_0 = 945 \cdot d_e^2 \cdot v_l = 945 \cdot 0,791^2 \cdot 0,44 = 262,5 \text{ (м}^3 \text{ / год)}. \quad (2.24)$$

Визначаємо відстань на яку зонти виступає за піч, м [2]:

$$\Delta = 2,14 \cdot \left(\frac{v_B}{v_l} \right)^2 \cdot \frac{l^2}{d_e} = 2,14 \cdot \left(\frac{0,3}{0,44} \right)^2 \cdot \frac{0,6^2}{0,791} = 0,25, \text{ (м)} \quad (2.25)$$

Довжина і ширина зонта відповідно:

$$A = a + 2\Delta = 0,7 + 2 \cdot 0,25 = 1,2 \text{ (м)}, \quad (2.26)$$

$$B = b + 2\Delta = 0,7 + 2 \cdot 0,25 = 1,2 \text{ (м)}. \quad (2.27)$$

Перераховуємо витрату повітря [2]:

$$L = L_0 \cdot k_v = 262,5 \cdot 4,5 = 1185 (\text{м}^3 / \text{год}) = 0,33 (\text{м}^3 / \text{с}), \quad (2.28)$$

де k_B - коефіцієнт, що визначається за формулою [2]:

$$k_B = \left(1 + \frac{2\Delta}{d_e} \right)^2 = \left(1 + \frac{2 \cdot 0,25}{0,791} \right)^2 = 4,5. \quad (2.29)$$

Визначаємо площу патрубку зонта [2]:

$$S = \frac{L}{V} = \frac{0,33}{5} = 0,066 (\text{м}^2), \quad (2.30)$$

де V – швидкість всмоктування в патрубок зонта.

2.6 Організація та розрахунок повітрообміну загально обмінної системи

2.6.1 Необхідний повітрообмін приміщень

Повітрообмін за надлишками теплоти, $\text{м}^3/\text{с}$ [5]:

$$L = L_{oz} + \frac{Q - \rho_{oz} c_e L_{oz} (t_{oz} - t_n)}{\rho_{oz} c_e (t_{вуд} - t_n)}, \quad (2.31)$$

де L_{oz} — кількість повітря, що виділяється місцевими системами вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$;

ρ_{oz} — густина повітря, що видаляється, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Q — надлишковий тепловий потік в приміщення, Вт ;

C_6 — теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{yx} — температура повітря у верхній зоні, $^\circ\text{C}$;

t_{o3} — температура повітря в робочій зоні приміщення, $^\circ\text{C}$;

t_n — температура повітря, що подається в приміщення, $^\circ\text{C}$.

$$t_{yx} = t_n + K_m (t_{o3} - t_n), \quad ^\circ\text{C} \quad (2.32)$$

K_m — коефіцієнт повітрообміну .

Повітрообмін по волозі, $\text{м}^3/\text{с}$ [5]:

$$L = L_{o3} + \frac{10^3 W - \rho_{o3} L_{o3} (d_{o3} - d_n)}{\rho_{o3} (d_{yx} - d_n)}, \quad (2.33)$$

де W — виділення вологи в приміщенні, $\text{кг}/\text{год}$;

d_n — вологовміст припливного повітря, $\text{г}/\text{кг}$;

d_{o3} — вологовміст повітря робочої зони, $\text{г}/\text{кг}$;

d_{yx} — вологовміст повітря, що виділяється місцевою системою вентиляції, $\text{г}/\text{кг}$.

Проведем розрахунок необхідного повітрообміну для виробничого приміщення майстерні №1. Температура повітря у верхній зоні становить:

$$t_{yx} = 23 + 1,2(27 - 23) = 27,8(^\circ\text{C}),$$

Витяжна система вентиляції

$$L_6 = \frac{8819 - 1,18 \cdot 1005 \cdot 0,658 \cdot (27 - 23)}{1,18 \cdot 1005 \cdot (27,8 - 23)} = 1,001 (\text{м}^3 / \text{с})$$

Припливна вентиляція [5]:

$$L_{\Pi} = L_{\text{в}} + L_{o3}, \quad (2.34)$$

$$L_{\Pi} = 1,001 + 0,658 = 1,659 (\text{м}^3/\text{с}) = 5972,4 (\text{м}^3/\text{год}).$$

За температурою робочої зони і за значенням відносної вологості з діаграми визначаю вологовміст робочої зони, він складає $d_{o3} = 22,99 \text{ г}/\text{кг}$, аналогічно $d_n = 17,97 \text{ г}/\text{кг}$. Повітрообмін по волозі:

$$d_{yx} = d_n + K_m (d_{o3} - d_n) = 17,97 + 1,2(22,99 - 17,97) = 23,99 (\text{г} / \text{кг}), \quad (2.35)$$

$$L_w = 0,658 + \frac{0,675 \cdot 10^3 - 1,18 \cdot 0,658 \cdot (22,99 - 17,97)}{3600 \cdot 1,18(23,99 - 17,97)} = 0,685 (\text{м}^3 / \text{с}) = 3463 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Повітрообмін по нормам мінімально необхідної витрати зовнішнього повітря на 1 людину згідно [1] становить $60 \text{ м}^3/\text{год}$, і визначається [5]:

$$L_{\text{норм}} = 60 \cdot n \quad (2.36)$$

де n – кількість працюючих в даному приміщенні.

В майстерні №1 передбачено одночасне перебування 9 працюючих, отже:

$$L_{\text{норм}}^{201} = 60 \cdot 9 = 540 \text{ (м}^3 / \text{год)}$$

Коли повітрообмін в приміщенні визначається лише загальною обмінною системою вентиляції, то необхідний повітрообмін обчислюється за формулами:

- по повним теплонадлишкам:

$$L_n = L_g = \frac{3,6 \cdot Q_n}{\rho_g \cdot (I_g - I_n)} \quad (2.37)$$

- за волого надходженнями:

$$L_n = L_g = \frac{M_{\text{вл}}}{\rho_g \cdot (d_g - d_n) \cdot 10^{-3}} \quad (2.38)$$

де $M_{\text{вл}}$ – надлишки вологи, кг/год.

Розрахуємо необхідний повітрообмін для офісного приміщення №1 (пр.101).

- по повним теплонадлишкам

$$L_n^{101} = L_g = \frac{3,6 \cdot Q_n}{\rho_g \cdot (I_g - I_n)} = \frac{3,6 \cdot 6833}{1,185 \cdot (76,97 - 68,86)} = 2560 \text{ (м}^3 / \text{год)}$$

- за волого надходженнями

$$L_n^{101} = \frac{M_{\text{вл}}}{\rho_g \cdot (d_g - d_n) \cdot 10^{-3}} = \frac{0,630}{1,185 \cdot (20,338 - 17,97) \cdot 10^{-3}} = 2245 \text{ (м}^3 / \text{год)}$$

В приміщенні 101 передбачено одночасне перебування 9 працюючих отже нормований мінімально необхідний повітрообмін складе:

$$L_{\text{норм}}^{101} = 60 \cdot 9 = 540 \text{ (м}^3 / \text{год)}$$

За розрахунковий повітрообмін приймаємо найбільше із розрахованих значень.

Аналогічно проводимо розрахунок для інших приміщень. Дані по розрахунку необхідного повітрообміну наведені в додатку Г.

2.6.2 Розрахунок повітророзподілення

Для видалення повітря у верхній зоні, рівномірно по всій площі приміщення, встановлюємо круглі стельові анемостати типу АПР та вихрові дифузори типу ДПУ-К, які мають регульовані жалюзі.

Дифузори АПР складаються з прямокутного корпусу, в якому за допомогою пружин встановлюється блок з направляючих пластинів. За рахунок вбудованого клапана, здійснюється плавне регулювання витрати повітря.

Дифузори виготовлені з алюмінію і покриті емаллю. Для зручності монтажу дифузори забезпечені кріпленнями у вигляді клямок, за допомогою яких вони приєднуються до камери статичного тиску.

Дифузори марки ДПУ-К, призначені для подання і видалення повітря в системах вентиляції і кондиціонування. Вони складаються з корпусу, приєднувального патрубку і рухливого обтічника. Виготовлені з поліпропілену.

Розподільники повітря АПР і ДПУ-К вставляються у фальш-потолок.

Схема припливної і витяжної вентиляції показана на аркуші 1 графічної частини.

Задачею розрахунку є:

- визначення рухливості і температури припливного повітря в робочій зоні, які б забезпечували задані нормативні параметри;
- визначення швидкості повітря при виході з повітророзподільних пристроїв і температури припливного повітря в робочій зоні.

Дальнобійність та характер руху приточної струмینی залежить від положення рухомої частини відносно корпусу дифузора.

Дифузори, що розміщуються на стелі, формують віяловий струміль, який при поданні повітря повинен настелятися на стелю.

Стелю розбиваємо на квадратні або прямокутні осередки, в центрі кожної з яких розміщується розподільник повітря. Розрахункова схема подання повітря, що настається припливним віяловим струменем приведена на малюнку 2.1.

Розрахункова довжина траєкторії струмини визначаємо за формулою, м:

$$x = H_n - h_{o.з} + A \quad (2.39)$$

$$x = H_n - h_{o.з} + l. \quad (2.40)$$

де H_n – висота установки повітророзподільника, $h = 3$ м;

$h_{o.з.}$ – висота робочої зони, $h_{роб.зони} = 1,5$ м;

l – половина відстані між розподільниками повітря, м;

A – відстань від розподільника повітря до стіни, м.

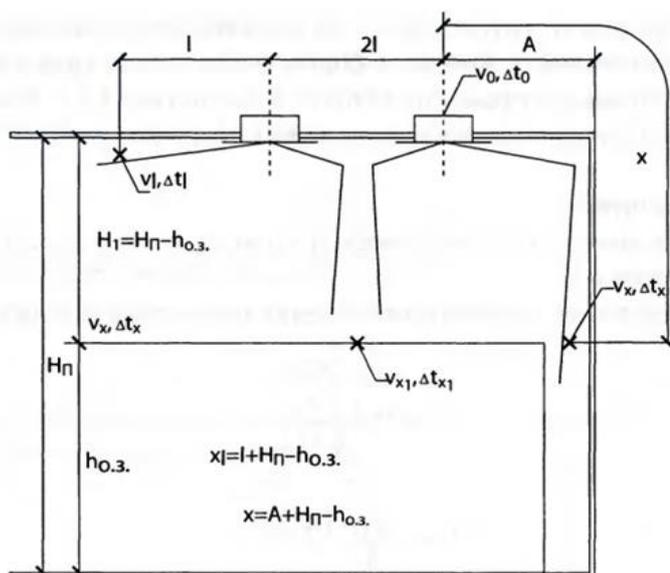


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема подачі повітря насталяючим віяловим струменем

Розміщення повітророзподільника повинно відповідати умові [19]:

$$0,5 < \frac{l}{x} < 1,5 \quad (2.41)$$

Кількість зон визначить кількість повітророзподільників n .

Витрата повітря через один повітророзподільник визначаємо за формулою [19]:

$$L_{gp} = \frac{L_n}{n} \quad (2.42)$$

де L_n – витрата повітря за умови необхідного повітрообміну, м³/год.

Безвідривна течія повинна відбуватися на протяжності струменя l , що забезпечується величиною геометричної характеристики струменя H_{mp} [19]:

$$H_{mp} = \frac{l}{0,4} \quad (2.43)$$

Необхідну площу живого перерізу дифузора A_{0mp} з умови забезпечення нормованого значення швидкості повітря в струмені на межі обслуговуваної зони v_x визначають по формулі, m^2 [19]:

$$A_{0mp} = \left(5,45 \frac{v_x^{don} \cdot x}{H_{mp}} \right)^4 \frac{1}{(n\Delta t_0)^2} \quad (2.44)$$

де $\Delta t_0 = t_0 - t_g, ^\circ C$ або $\Delta t_0 = t_g - t_0, ^\circ C$

t_0 - температура припливного повітря при виході з повітророзподільника, $^\circ C$;

t_g - температура повітря робочої зони, $^\circ C$.

По площі живого перерізу підбираємо дифузор відповідного типорозмір і виписуємо дані для нього:

а) площа живого перерізу A_0, m^2 ;

б) коефіцієнт місцевого опору ζ ;

в) m - аеродинамічна характеристика припливного струменя;

г) n - теплова характеристика припливного струменя.

Знаходиться швидкість витоку повітря з повітророзподільника, m/c [19]:

$$v_0 = \frac{v_x^{don} \cdot x}{m\sqrt{A_0}} \quad (2.45)$$

Обчислюємо фактичну швидкість повітря в живому перерізі, m/c [19]:

$$v_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0} \quad (2.46)$$

де F_0 - площа перерізу дифузора, m^2 .

Визначаємо параметри струмини в робочій зоні за формулами [19]:

$$v_x = v_0 \cdot \frac{m \cdot k_g \cdot \sqrt{F_0}}{x_n} \quad (m/c), \quad (2.47)$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \frac{n \cdot k_c \cdot \sqrt{F_0}}{x_n + l} \quad (^\circ C), \quad (2.48)$$

де - m і n - коефіцієнти затухання струмин, $m=1,8$, $n=3,6$ [19];

k_c - коефіцієнт стиснення струмин огорожувальними конструкціями, [19].

У формули підставляють значення x - довжина траєкторії струменя від місця її випуска до перетину осі струменя з межею робочої зони, визначені для цієї схеми по формулах 2.39 та 2.40.

При цьому способі повітророзподілення коефіцієнти стиснення, взаємодії, неізотермічності приймають рівними одиниці. Отримані значення порівнюють з нормованими значеннями.

Проведемо розрахунок повітророзподілення для приміщення майстерні №1.

Припливна система П1: $L_{em}=5972,4$ (м³/год)=1,659 (м³/с).

Розрахункова довжина траєкторії струмини визначаємо за формулою, м:

$$x = H_n - h_{0,3} + l = 3 - 1,5 + 1,23 = 2,73 \text{ (м)}$$

Перевіряємо умову розміщення :

$$\frac{1,23}{2,73} = 0,55 > 0,5$$

Умова виконується тому розбиваємо приміщення на 4 зони, в кожній з них встановлюємо 1 повітророзподільник $n=4$.

Витрата повітря через один повітророзподільник:

$$L_{ep} = \frac{L_n}{n} = \frac{5972}{4} = 1493 \text{ (м}^3 \text{ / год)}$$

Величиною геометричної характеристики струменя H_{mp} :

$$H_{mp} = \frac{l}{0,4} = \frac{1,23}{0,4} = 3,08$$

Необхідну площу живого перерізу дифузора A_{0mp} , м² :

$$A_{0mp} = \left(5,45 \frac{v_x^{don} \cdot x}{H_{mp}} \right)^4 \frac{1}{(n\Delta t_0)^2} = \left(5,45 \cdot \frac{0,3 \cdot 2,73}{3,08} \right)^4 \frac{1}{(4 \cdot 1)^2} = 0,069 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\Delta t_0 = t_0 - t_e = 23 - 22 = 1 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

По площі живого перерізу підбираємо дифузор ЗАПР 600x600, технічні данні якого:

а) площа живого перерізу $A_0 = 0,081$ м²;

б) коефіцієнт місцевого опору $\zeta=1,9$;

в) $m=2,8$;

г) $n=1,15$.

Обчислюємо фактичну швидкість повітря в живому перерізі, м/с:

$$v_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0} = \frac{1493}{3600 \cdot 0,192} = 1,14 \text{ (м/с)}$$

Визначаємо параметри струмини в робочій зоні за формулами:

$$v_x = v_0 \cdot \frac{m \cdot k_s \cdot \sqrt{A_0}}{x_n} = 1,14 \cdot \frac{2,8 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{0,081}}{2,73} = 0,28 < 0,3, \text{ (м/с)}$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \frac{n \cdot k_c \cdot \sqrt{F_0}}{x_n + l} = 1 \cdot \frac{1,15 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{0,018}}{2,73} = 0,1 < 2,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витяжна система В1 : $L_{\text{вн}} = 3600 \text{ (м}^3\text{/год)} = 1,001 \text{ (м}^3\text{/с)}$

Видалення повітря проводиться з верхньої зони за допомогою дифузорів типу ЗАПН 450x450 з площею живого перерізу $0,039 \text{ м}^2$.

Кількість повітря, що видаляється через один дифузор:

$$L_0 = 3600 \cdot v_0 \cdot F_0 \cdot k_{\text{жс}} = 3600 \cdot 2 \cdot 0,039 = 947,4 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Кількість дифузорів:

$$N = L_{\text{вн}} / L_0 = 3600 / 947,4 = 3,8 \approx 4 \text{ (шт)}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших приміщень.

Дані по розрахунку повітророзподілення наведені в додатку Д.

2.7 Аеродинамічний розрахунок місцевої витяжної системи вентиляції

Розрахунок повітропроводів складається з 2-х етапів:

1. Розрахунок головної ділянки напрямку вентиляційної системи, який характеризується найбільшою довжиною та завантаженістю.

2. Ув'язка відгалужень вентиляційної системи.

Перший етап проводиться у такій послідовності:

1) розбивають систему на окремі ділянки і визначають витрати повітря на кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносять на аксонометричну схему.

2) Визначаємо площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу

$$F_p = \frac{L_p}{V}, (\text{м}^2) \quad (2.49)$$

де L_p - розрахункова витрата повітря на ділянці, $\text{м}^3/\text{с}$;

V - рекомендована швидкість руху повітря на ділянках [1], $\text{м}/\text{с}$.

За отриманими значеннями F_p підбирають стандартні розміри повітропроводу.

3) визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках

$$V_i = \frac{L_p^i}{F_p^i}, (\text{м}/\text{с}) \quad (2.50)$$

4) визначаємо витрати тиску на тертя на ділянках.

5) визначаємо втрати тиску на місцевих опорах

$$Z = \sum \xi P_o \quad (2.51)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів [2].

6) визначаємо загальні втрати тиску на ділянках та у вентиляційній системі:

$$P_i = P + Z, (\text{Па}) \quad (2.52)$$

7) за значенням тиску і продуктивності підбирають вентилятор та двигун.

Другий етап: ув'язка відгалужень. Втрата тиску від точки розгалуження до кінця розгалуження повинна дорівнювати втратам тиску від цієї ж точки до кінця магістрального напрямку.

Нев'язка не повинна перевищувати 15%

$$\frac{P_{\text{від}} - P_{\text{маг}}}{P_{\text{маг}}} \cdot 100\% \leq 15\% \quad (2.53)$$

Для балансування системи підбираємо дрослюючі клапани.

Місцева витяжна система майстерні №1 (прим. 201) складається з двох витяжних зонтів об'єднаних в одну місцеву витяжну систему. Аксонометрична схема зображена на листі 4. Розрахунок даної системи наведений в додатку Е.

За результатами аеродинамічного розрахунку для майстерні №1 було підібрано даховий вентилятор серії ТН з діагональними лопатками - ТН 2500 з такими характеристиками [2]: повний тиск $P_v - 350$ Па; продуктивність $Q - 2500$ тис. $m^3/год$; частота обертання робочого колеса $n - 1800$ об/хв; встановлена потужність $N - 0,6$ кВт; ККД $\eta - 0,81$.

2.8 Аеродинамічний розрахунок загальнообмінної системи вентиляції

Розрахунок повітропроводів складається з 2-х етапів:

1. Розрахунок головної ділянки напрямку вентиляційної системи, який характеризується найбільшою довжиною та завантаженістю.

2. Ув'язка відгалужень вентиляційної системи.

Перший етап проводиться у такій послідовності:

1) розбивають систему на окремі ділянки і визначають витрати повітря на кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносять на аксонометричну схему.

2) Визначаємо площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу, m^2 :

$$F_p = \frac{L_p}{V}, \quad (2.54)$$

де L_p - розрахункова витрата повітря на ділянці, $m^3/с$

V - рекомендована швидкість руху повітря на ділянках [1], м/с.

За отриманими значеннями F_p підбирають стандартні розміри повітропроводу.

3) визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках, м/с [12]:

$$V_i = \frac{L_p^i}{F_p^i}, \quad (2.55)$$

4) визначаємо витрати тиску на тертя на ділянках.

5) визначаємо втрати тиску на місцевих опорах [2]:

$$Z = \sum \xi P_0 \quad (2.56)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів [2].

б) визначаємо загальні втрати тиску на ділянках та у вентиляційній системі, Па:

$$P_i = P + Z, \quad (2.57)$$

7) за значенням тиску і продуктивності підбирають вентилятор та двигун.

Другий етап: ув'язка відгалужень. Втрата тиску від точки розгалуження до кінця розгалуження повинна дорівнювати втратам тиску від цієї ж точки до кінця магістрального напрямку.

Нев'язка не повинна перевищувати 15%

$$\frac{P_{\text{від}} - P_{\text{маг}}}{P_{\text{маг}}} \cdot 100\% \leq 15\%$$

Для балансування системи підбираємо дрослюючі клапани. Аеродинамічний розрахунок припливної загальнообмінної системи П1 наведений в додатку Г, аеродинамічний розрахунок витяжної загальнообмінної системи В1 наведено в додатку Г. За результатами аеродинамічного розрахунку було підібрано припливно – витяжну машину з рекуператором: нагрівання Ventus VS-300-R-RMHCN2/SS.

Висновки до розділу 2

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

Складено тепловий баланс та розраховано повітрообмін приміщень. Загальна витрата повітря припливної системи склала 40300 м³/год, витяжної системи 41900 м³/год. Проведено аеродинамічний розрахунок системи та визначено загальні втрати тиску системи 577 Па – для приточної системи і 663 Па для витяжної системи. За результатами аеродинамічного розрахунку було підібрано припливно – витяжну машину з рекуператором: нагрівання Ventus VS-300-R-PH/SNS. Виходячи із приведених розрахунків, виконано аксонометричні схеми системи опалення та вентиляції (див. лист 3-4 графічної частини).

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Аналіз конструктивних особливостей систем вентиляції і кондиціонування, що прийнято до монтажу

В даному розділі розробляється технологія монтажу систем вентиляції та кондиціонування офісних та виробничих приміщень ювелірного підприємства в м. Вінниця.

До монтажу прийнята механічна загально обмінна система вентиляції. Приплив повітря здійснюється в верхню зону приміщень за допомогою круглих (Вентс) та прямокутних повітророзподільвачів (Systemair), які розміщені під фальш-стелею на висоті не менше 2,8 м. Видалення повітря здійснюється з верхньої зони приміщень через витяжні дифузори Вентс. Вся система вентиляції працює завдяки припливно-витяжній установці Ventus, що розміщується на покрівлі даної будівлі.

Мережа повітроводів виконана з тонколистової оцинкованої сталі з теплоізоляційним матеріалом Climafix [32]. Підключення повітророзподільчих та повітрязбірних пристроїв виконано з гнучких теплоізольованих повітроводів Вентс Ізовент. Дифузори прямокутної форми під'єднуються через камеру статичного тиску Systemair.

Прокладення повітроводів через стіни і перекриття виконується в гільзах з ущільненням місця проходу мінеральною ватою з подальшим закладенням цементно-піщаним розчином.

Для наладки і регулювання системи на кожному відгалуженні встановлені дросель-клапани з розмірами, що відповідають розмірам повітропровода. Перед кожним дроселю вальним клапаном встановлено пітометражні лючки для вимірювання витрати повітря. На повітроводах круглого перерізу встановлено ірисовий клапан SPI Systemair [33]. На повітроводах прямокутного перерізу встановлено повітряні клапани Вентс [31] відповідного типорозміру.

На проходженні повітропроводів з перекриттями становлені вогнезатримуючі клапани Вентс КП-2 з пружинним приводом в комбінації з плавким запобіжником на температуру спрацювання 72°C.

Повітропроводи змонтувати після закінчення основних будівельних робіт паралельно із встановленням вентиляційного обладнання. Перед початком монтажних робіт повітропроводи поділити на укрупнені вузли і встановити послідовність монтажу цих вузлів. Повітропроводи з'єднати фланцевим з'єднанням, для якого на елементах повітропроводів передбачають фланці зі стрічкової сталі. З'єднуючи металеві фланці, між ними прокласти ущільнюючий матеріал (листову гуму), після чого їх стягують болтами.

Монтажні положення повітропроводів [27] :

- вісі повітропроводів паралельні площинам будівельних конструкцій ;
- при проходженні повітропроводів через будівельні конструкції з'єднання повітропроводів не повинні бути зароблені в будівельні конструкції і повинні відстояти від їх поверхні на відстані не менше 100 мм;
- приєднання повітропроводів до нагнітального патрубку відцентрового вентилятора здійснюється за допомогою гнучких вставок шириною не менше 150 мм. Висота переходу між гнучкою вставкою біля всмоктуючого патрубка вентилятора та повітропроводу повинна бути не менше ширини кожуха вентилятора з урахуванням 200 мм для зручності демонтажу робочого колеса вентилятора. Кріплення повітропроводів до стелі здійснюється за допомогою монтажних рейок (див. арк.8). Кріплення повітропроводів до стін здійснюється за допомогою кронштейнів.

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	марка	Од. вим.	К-сть	Маса од., кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Приточно – витяжна Установка з рекуператором VS 300-R-PH	Ventus	шт	1	3929	3929
2	Повітропроводи з тонколистової оцинкованої сталі товщиною $\delta=0,5\text{мм}$ перерізом 300x300мм	INSTALL KIT	м	5,15	8,4	43,26
3	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 200x200 мм	INSTALL KIT	м	5,9	7,2	42,48
4	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 500x300мм	INSTALL KIT	м	30,8	11,2	344,96
5	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 500x400мм	INSTALL KIT	м	11,1	12,6	139,86
6	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 400x200мм	INSTALL KIT	м	41,2	8,4	346,08
7	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 400x250мм	INSTALL KIT	м	38,4	8,7	334,08
8	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 400x300мм	INSTALL KIT	м	37,1	10,3	382,13
9	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 400x400мм	INSTALL KIT	м	21,1	11,2	236,32
10	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 200x100мм	INSTALL KIT	м	1,5	5,6	8,4
11	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 300x150мм	INSTALL KIT	м	3	7,2	21,6
12	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 300x250мм	INSTALL KIT	м	3,7	8,1	29,97
13	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 500x500мм	INSTALL KIT	м	12,4	14	173,6
14	Те саме $d=0,5\text{мм}$ 500x250мм	INSTALL KIT	м	8,4	13	109,2
15	Те саме $d=0,5\text{мм}$ 500x200мм	INSTALL KIT	м	3,7	12,8	47,36
16	Те саме $d=0,5\text{мм}$ 300x200мм	INSTALL KIT	м	45,7	7,9	361,03

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
17	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 600x300мм	INSTALL KIT	м	23,6	13,9	328,04
18	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 600x400мм	INSTALL KIT	м	15,4	14,2	218,68
19	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 600x500мм	INSTALL KIT	м	6,2	14,4	89,28
20	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 600x600мм	INSTALL KIT	м	3,4	14,6	49,64
21	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 800x400мм	INSTALL KIT	м	24,6	16,8	413,28
22	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 800x600мм	INSTALL KIT	м	14,5	19,6	284,2
23	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 1000x400мм	INSTALL KIT	м	3	19,8	59,4
24	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 1000x500мм	INSTALL KIT	м	10,9	21,1	229,99
25	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 1000x800мм	INSTALL KIT	м	38,9	23,3	906,37
26	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 1200x1000мм	INSTALL KIT	м	7,4	25,2	186,48
27	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ 2000x1000мм	INSTALL KIT	м	6,5	28,3	183,95
28	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ Ø125 мм	INSTALL KIT	м	45,7	6,2	283,34
29	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ Ø160 мм	INSTALL KIT	м	45,7	6,8	310,76
30	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ Ø200 мм	INSTALL KIT	м	45,7	7,2	329,04
31	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ Ø250 мм	INSTALL KIT	м	45,7	7,8	356,46
32	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ Ø315 мм	INSTALL KIT	м	45,7	8,4	383,88

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
33	Те саме $\delta=0,5\text{мм}$ $\text{Ø}400\text{ мм}$	INSTALL KIT	м	45,7	9,2	420,44
34	Повітровід гнучкий $\text{Ø}125\text{ мм}$	Вентс Ізовент	м	9	1,8	16,2
35	Те саме $\text{Ø}160\text{ мм}$	Вентс Ізовент	м	5	2	10
36	Те саме $\text{Ø}200\text{ мм}$	Вентс Ізовент	м	48	2,4	115,2
37	Те саме $\text{Ø}250\text{ мм}$	Вентс Ізовент	м	62	2,8	173,6
38	Те саме $\text{Ø}315\text{ мм}$	Вентс Ізовент	м	30	3,2	96
39	Клапан протипожежний Вентс КП-2-1000x800	Вентс	шт	5	65	325
40	Клапан протипожежний Вентс КП-2-800x600	Вентс	шт	1	46	46
41	Клапан протипожежний Вентс КП-2-800x400	Вентс	шт	4	42	168
42	Клапан протипожежний Вентс КП-2-600x500	Вентс	шт	1	37	37
43	Клапан протипожежний Вентс КП-2-600x400	Вентс	шт	1	35	35
44	Клапан протипожежний Вентс КП-2-500x300	Вентс	шт	1	28	28
45	Зворотній клапан перерізом 200x300 мм	Вентс	шт	1	3,6	3,6
46	Зворотній клапан перерізом 400x300 мм	Вентс	шт	1	4,3	4,3
47	Клапан ірисовий SPI- 125	Systemair	шт	8	0,9	7,2
48	Клапан ірисовий SPI- 160	Systemair	шт	2	1,2	2,4
49	Клапан ірисовий SPI- 200	Systemair	шт	25	1,5	37,5
50	Клапан ірисовий SPI- 250	Systemair	шт	43	1,9	81,7
51	Клапан ірисовий SPI- 315	Systemair	шт	29	2,2	63,8

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
52	Камера статичного тиску PB-VVK-S-400	Systemair	шт	12	3,6	43,2
53	Камера статичного тиску PB-VVK-S-300	Systemair	шт	20	2,6	52
54	Стельовий вихровий дифузор VVKN-B-S-400	Systemair	шт	12	1,2	14,4
55	Стельовий вихровий дифузор VVKN-B-S-300	Systemair	шт	20	0,7	14
56	Дифузор MB 125 ПФС	Вентс	шт	9	0,7	6,3
57	Дифузор MB 160 ПФС	Вентс	шт	8	0,9	7,2
58	Дифузор MB 200 ПФС	Вентс	шт	37	1,2	44,4
59	Дифузор MB 250 ПФС	Вентс	шт	40	1,4	56
60	Дифузор MB 315 ПФС	Вентс	шт	8	2	16
61	Решітки Вентс ГР 1800х400	Вентс	шт	2	5	10
62	Даховий вентилятор ВКВ 4Е 400	Вентс	шт	1	33	33
63	Даховий вентилятор ВКВ 2Е 280	Вентс	шт	1	9	9
64	Касетний фанкойл WITO TOP LINE TL0.2T	WITO	шт	3	15	45
65	Касетний фанкойл WITO TOP LINE TL1.2T	WITO	шт	3	18	54
66	Касетний фанкойл WITO TOP LINE TL2.2T	WITO	шт	9	20	180
67	Касетний фанкойл WITO TOP LINE TL3.2T	WITO	шт	7	25	175
68	Касетний фанкойл WITO TOP LINE TL6.2T	WITO	шт	3	28	84
69	Чіллер EWYQ-130-DAYNN	Daikin	шт	1	1400	1400

Маса основних матеріалів системи вентиляції і кондиціонування становить
15076 кг.

Таблиця 3.2 - Відомість потреби в допоміжних матеріалах

№ п/п	Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Кількість	Маса, кг
1	2	3	4	5
1	Азбестовий шнур загального призначення (ШАОН-1), Ø 8,0-10,0 мм	т	0,102	102
2	Вироби гумові технічні, морозостійкі	т	0,136	136
3	Мастика герметизуюча, твердіюча «Гелан»	т	0,041	41
4	Електроди, Ø 2мм, марка Є42	т	0,007	7
5	Електроди, Ø 5мм, марка Є42	т	0,013	13
6	Гвинти з напівкруглою головкою, довжина 55-120мм	т	0,00016	0,16
7	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,173	173
8	Болти анкерні	т	0,010	10
9	Каболка	т	0,00005	0,05
10	Кріплення для трубопроводів (кронштейни, планки, хомути)	кг	26,877	26,877
11	Фарба земляна густотерта масляна, сурик залізний, МА-015	т	0,0001	0,1
12	Оліфа комбінована К-3	т	0,0005	0,5
13	Клей гумовий N88-Н	кг	0,07	0,07
14	Прокат для армування з/б конст. круглий кл. А-1, Ø12мм	т	0,066	66
15	Розчин готовий кладочний важкий цементний, марка М100	м ³	0,061	12

Маса допоміжних матеріалів для системи вентиляції – 587 кг.

Сумарна маса основних і допоміжних матеріалів складає 15663 кг.

3.3 Визначення складу та об'ємів робіт

Визначення об'ємів робіт системи вентиляції

1. Доставлення деталей на робочий майданчик. Одиниці вимірювання в тоннах:

- маса інструментів – 53 кг;
- маса основних машин і механізмів – 115 кг;
- маса допоміжних матеріалів – 587 кг;
- маса основних матеріалів – 15076 кг;

Загальна вага усіх деталей 15,831 т.

Приймаємо об'єм $V = 15,831$.

2. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 200 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 82 м^2 . Приймаємо $V = 0,82$.

3. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 250 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 110 м^2 . Приймаємо $V = 1,1$.

4. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 450 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 95 м^2 . Приймаємо $V = 0,95$.

5. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 1000 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 41 м^2 . Приймаємо $V = 0,41$.

6. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром від 1100 до 1600 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 248 м^2 . Приймаємо $V = 2,48$.

7. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 2400 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 198 м^2 . Приймаємо $V = 1,98$.

8. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 3200 мм. Одиниці вимірювання 100 м² поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 81 м². Приймаємо $V=0,81$.

9. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 4500 мм. Одиниці вимірювання 100 м² поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 140 м². Приймаємо $V=1,4$.

10. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 7200 мм. Одиниці вимірювання 100 м² поверхні повітроводів. Площа поверхні повітроводу складає 54 м². Приймаємо $V=0,54$.

11. Установлення клапанів зворотних. Одиниці вимірювання клапан. Кількість 2 шт. Приймаємо $V=2$.

12. Установлення клапанів вогнезатримуючих. Одиниці вимірювання клапан. Кількість клапанів 12 шт. Приймаємо $V=12$.

13. Установлення клапанів для контролю і регулювання витрати повітря. Одиниці вимірювання клапан. Кількість клапанів 127 шт. Приймаємо $V=127$.

14. Установлення дифузорів стельових круглих. Одиниці вимірювання шт. Кількість дифузорів 102 шт. Приймаємо $V=102$.

15. Установлення повітророзподілювачів щілинних ГР 1800x400. Одиниці вимірювання шт. Кількість повітророзподілювачів 2 шт. Приймаємо $V=2$.

16. Установлення камер статичного тиску. Одиниці вимірювання шт. Кількість камер 32 шт. Приймаємо $V=32$.

17. Установлення стельових вихрових дифузорів. Одиниці вимірювання шт. Кількість вихрових дифузорів 32 шт. Приймаємо $V=32$.

18. Установлення зонтів над обладнанням. Одиниці вимірювання м². Площа обладнання 2,88 м². Приймаємо $V=2,88$.

19. Установлення вентиляторів дахових. Одиниці вимірювання шт. Кількість дахових вентиляторів 2 шт. Приймаємо $V=2$.

20. Установлення касетних фанкойлів. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість фанкойлів 25 шт. Приймаємо $V=2,5$.

21. Установлення припливно-витяжної установки. Одиниці вимірювання шт. Кількість установок 1 шт. Приймаємо $V=1$.

22. Установлення чіллера. Одиниці вимірювання шт. Кількість чіллерів 1 шт. Приймаємо $V=1$.

23. Пусконаладжувальні роботи. Одиниці вимірювання вент.мережа. Кількість вентиляційних мереж 1 шт. Приймаємо $V=1$.

24. Вивезення обладнання і матеріалів. Одиниці вимірювання в тоннах. Загальна вага обладнання і залишків матеріалів складає 300 кг. Приймаємо об'єм $V=0,3$.

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 Mercedes Benz 208 [36]. Технічні характеристики якого наведені в табл.3.3

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомобіля Mercedes Benz 208

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

Отвори для встановлення кронштейнів виконують за допомогою ударної дрелі DeWalt D21810KS [34], її характеристики:

споживча потужність: 770Вт;

число обертів: 0-110/0-2700об/хв,

вага: 2,5 кг.

Для піднімання необхідного обладнання використовуємо кран на автомобільному ході КС – 6471 [37], технічні характеристики якого наведені в табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики крану КС – 6471

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 [38], технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики зварювального апарату Invertec

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

Для обрізання сталі використовують кутову шліфмашину BOSCH GWS 14-125 CI-V [38], 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.

Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи вентиляції наведений в таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи вентиляції [38]

Найменування	Кількість	Маса, кг
Ключ гайковий двухсторонній		
19x22 мм	3	2,1
12x14 мм	3	1,6
12x10 мм	3	0,9
Плоскогубці комбіновані	4	1,7
Викрутки	3	0,5
Молоток слюсарний	3	8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	2	15
Молоток гумовий	4	5
Стрічка вимірювальна, 10 м	4	0,9
Рівень металевий	2	1,5
Висок	2	1
Ящик переносний для інструменту	2	15
		$\Sigma=53,2$

3.4.2 Розрахунок енергоресурсів

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [29]:

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

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [29].

Витрата електроенергії ударної дрилі DeWalt D21810KS:

$$E_1 = 0,77 \cdot 13,5 \cdot 8 \cdot 0,6 \cdot 6 = 299,4 \text{ (кВт)}.$$

Витрата електроенергії кутовою шліфмашинкою Bosch GBH 850 CE:

$$E_2 = 1,4 \cdot 13,5 \cdot 8 \cdot 0,3 \cdot 6 = 272,2 \text{ (кВт)}.$$

Витрата електроенергії зварювальним апаратом Invertec V160-S:

$$E_3 = 4 \cdot 13 \cdot 8 \cdot 0,5 \cdot 6 = 1248 \text{ (кВт)}.$$

Сумарні витрати електроенергії становлять:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 = 299,4 + 272,2 + 1248 = 1819,6 \text{ (кВт)}. \quad (3.2)$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів: відстань 30 км, кількість ходок $n = 6$, витрата пального $Q = 12 \text{ (л)}/100(\text{км})$.

Необхідна кількість пального для доставки матеріалів та обладнання визначається за формулою [5]:

$$Q = G \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,12 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 30 = 43,2 \text{ (л)}. \quad (3.3)$$

Витрата пального для вивезення матеріалів та виробів: відстань 30 км, кількість ходок $n = 1$, витрата пального $Q = 12 \text{ (л)}/100(\text{км})$.

Необхідна кількість пального для доставки матеріалів та обладнання визначається за формулою [5]:

$$Q = G \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,12 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 30 = 7,2 \text{ (л)}.$$

Сумарна витрата пального на доставлення і вивіз матеріалів і обладнання складе $43,2 + 7,2 = 50,4 \text{ (л)}$.

3.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою [49];

$$Q = \frac{H_q \cdot V}{8 \cdot n \cdot k} \quad (\text{люд} - \text{дні}), \quad (3.4)$$

де H_q – норма часу [39];

k – поправочний коефіцієнт;

n – кількість змін.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n \cdot k}, \quad (3.5)$$

де n – кількість робітників, люд;

k – коефіцієнт перевиконання.

Трудомісткість монтажних робіт при влаштуванні системи вентиляції наведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт систем вентиляції і кондиціонування [39]

№	Найменування робіт	Од. вим.	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудомісткість люд/дні	Кількість в бригаді люд.	Кількість бригад/змін	Тривалість, дні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка деталей та обладнання до місця монтажу	т	15,831	2,1	4,00	2	1/1	2
2	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 200 мм	100м2	0,82	261,8	24,75	3	3/1	2,75
3	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 250 мм	100м2	1,1	261,8	31,50	3	3/1	3,5

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Прокладання	100м2	0,95	207,4	22,50	3	3/1	2,5
5	Прокладання	100м2	0,41	239,7	11,25	3	3/1	1,25
6	Прокладання	100м2	2,48	207,4	57,00	3	4/1	4,75
7	Прокладання	100м2	1,98	156,06	33,75	3	3/1	3,75
8	Прокладання	100м2	0,81	126,14	11,25	3	3/1	1,25
9	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 4500 мм	100м2	1,4	106,08	18,00	3	3/1	2
10	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 7200 мм	100м2	0,54	74,12	4,50	3	3/1	0,5
11	Установлення клапанів зворотних	клапан	2	2,18	0,75	3	1/1	0,25
12	Установлення клапанів вогнезатримуючих	клапан	12	9,28	12,75	3	1/1	4,25
13	Установлення клапанів для контролю і регулювання витрати повітря	клапан	127	1,75	24,75	3	1/1	8,25
14	Установлення дифузорів стельових круглих	шт	102	1,82	20,25	3	3/1	2,25
15	Установлення повітророзподільвачів щілинних ГР 1800х400	шт	2	1,82	0,75	3	1/1	0,25
16	Установлення камер статичного тиску	шт	32	2,07	7,50	3	1/1	2,5
17	Установлення стельових вихрових дифузорів	шт	32	2,82	10,50	3	1/1	3,5
18	Установлення зонтів над обладнанням	м2	2,88	1,41	0,75	3	1/1	0,25
19	Установлення вентиляторів дахових	шт	2	8,55	2,25	3	1/1	0,75

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	Установлення касетних фанкойлів	10шт	2,5	32,3	9,00	3	2/1	1,5
21	Установлення припливно-витяжної установки	шт	1	18,7	2,25	3	1/1	0,75
22	Установлення чіллера	шт	1	9,23	1,50	3	1/1	0,5
23	Пусконаладжувальні роботи	Вен.ме р.	3	45	15,75	3	3/1	1,75
24	Вивезення обладнання	т	0,3	2,1	0,50	2	1/1	0,25

На основі визначеної трудомісткості і тривалості робіт, складено календарний графік монтажу системи вентиляції (див. аркуш 9).

3.6 Визначення складу бригад

Для монтажу системи вентиляції потрібно 9 бригад монтажників, один водій і один робітник. До складу бригади входять робітники наступних розрядів: 5 розряду – 1 люд, 4 розряду – 1 люд, 3 розряду – 1 люд. Кількість бригад для виконання робіт наведено в таблиці 3.7

3.7 Техніко-економічні показники системи вентиляції

Розрахунок техніко-економічних показників виконується в такій послідовності.

Визначається середня кількість працюючих за формулою

$$R_C = \frac{Q_{заг}}{T_{заг}} \text{ [люд]}, \quad (3.6)$$

де $Q_{заг}$ – загальна трудомісткість, 327,75 люд/дні;

$T_{заг}$ – загальна тривалість будівництва, 17 дні (див. аркуш 9)

Середня кількість працюючих

$$R_c = \frac{327,75}{17} \approx 20$$

Коефіцієнт нерівності використання людей визначається за формулою

$$\alpha_1 = \frac{R_c}{R_{max}}, \quad (3.7)$$

де R_{max} – максимальна кількість працюючих, 27 люд .

Тоді коефіцієнт нерівності використання людей

$$\alpha_1 = \frac{20}{27} = 0,74$$

Коефіцієнт нерівності по трудовитратах визначається за формулою

$$\alpha_2 = \frac{Q_{над}}{Q_{заг}}, \quad (3.8)$$

Тоді коефіцієнт нерівності по трудовитратах

$$\alpha_2 = \frac{59,25}{327,75} = 0,18$$

Коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт визначається за формулою

$$\alpha_3 = \frac{T_{вст}}{T_{заг}}, \quad (3.9)$$

де $T_{вст}$ – тривалість виконання робіт при $R \geq R_c$, 11,25 дні

$$\alpha_3 = \frac{11,25}{17} = 0,66 .$$

3.8 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт

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 [26].

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.

Робочі місця і підходи до них повинні бути добре освітленими. Якщо робочі місця розташовані над землею або перекриттям, вищим за 1 м, їх потрібно огорожувати. 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 [29].

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 прикріплюють бортову дошку, висота якої не менша, ніж 15 см, яка запобігає падінню інструментів і дрібних деталей.

Висновки до розділу 3

Під час виконання організаційно-технологічної частини роботи було визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи вентиляції, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складені календарний план виконання робіт, в яких кількість бригад і робітників в бригаді (аркуш 9).

Виконано розрахунок техніко-економічних показників для монтажу системи вентиляції, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт, що склала 327,75 люд/дні та тривалість виконання монтажних робіт 17 днів.

4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

4.1 Загальні положення

Географічний пункт будівництва: м. Вінниця.

Кліматологічна характеристика району будівництва:

середня температури зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки (забезпеченістю $k=0,92$) $t_5^{0,92} = -21^\circ\text{C}$; найбільш холодної п'ятиденки $t_5^{0,92} = -21^\circ\text{C}$ (із забезпеченістю $k=0,92$); найбільш холодної доби $t_1^{0,92} = -26^\circ\text{C}$ (із забезпеченістю $k=0,92$); найбільш холодної доби $t_1^{0,98} = -29$ (із забезпеченістю $k=0,98$) [22].

В залежності від вологісного режиму приміщення і зон вологості огороджувальні конструкції експлуатуються при умовах Б.

4.2 Заходи енергозбереження для системи вентиляції

Правильно спроектована і змонтована вентиляційна система забезпечує необхідну кількість повітря, створює мінімальний шум, зручна в експлуатації й споживає мінімально можливу кількість енергії. Від якості проєктування й монтажу вентиляційної системи залежать технічні параметри вентиляційної системи і її робота.

Рекуперацію повітря варто використовувати з наступних причин [28]:

- для видалення використаного повітря з підвищеною концентрацією двоокису вуглецю;
- для подачі насиченого киснем свіжого повітря;
- для видалення небажаних запахів;
- для видалення надлишкової вологи;
- для видалення пилу й збудників хвороб, що перебувають у ньому.

Переваги рекупераційних установок: компактність, тиха робота, продумана надійна конструкція. Надійна тепло- і звукоізоляція дозволяє монтувати установки в неопалюваних приміщеннях і в місцях з особливими вимогами до шуму.

Рекуператор RYLK AIR уможлиблює повне використання енергетичних внутрішніх і сонячних теплонадходжень. Тепло з сонячного випромінювання, яке потрапляє через вікна заабсорбоване в житлі, а також надходження тепла, яке випромінюють люди і побутові прилади, не випаровуються безпосередньо до вентиляційного димаря. Це тепло підлягає рекуперації і більша його частина затримується в приміщенні. Завдяки цьому рекуператор RYLK AIR віддає в 60 разів більше енергії ніж споживає сам на привід вентиляторів. Це означає колосальні заощадження енергії і швидке повернення внесених інвестиційних вкладів. Рекуператор може бути декоративно оформлений, пристосований до кожного інтер'єру, вмонтований в стіні або декоративно оформлений тканиною. Самоокупність відбувається через 2-3 роки.

Принцип роботи рекуператору з теплообмінником

Вентиляція із рекуператором RYLK AIR з теплообмінником вентилює приміщення через відповідний обмін маси відпрацьованого і свіжого повітря. Одночасно відбувається перехресний обмін тепла між потоками обох мас повітря.

Принцип роботи перехресного теплообмінника полягає в тому, що при подачі, та видаленні повітря потоки рухаються в перехресному напрямі.

Завдяки чому відбувається передача тепла через стінки теплообмінника від більш нагрітого потоку до менш нагрітого і навпаки.

До параметрів теплообмінника належать:

- ефективність роботи - 75%;
- герметичність до 98% при тиску 0,7 кПа;
- максимальна швидкість повітря залежить від опору конкретного типу теплообмінника;
- максимальна різниця тисків приточного і витяжного потоків - 1,8кПа;
- при температурі зовнішнього повітря - 26°C рекомендується попередній підігрів повітря перед блоком енергоутилізації.

Розрахунок ефективності використання тепло утилізатора

З метою захисту навколишнього середовища від теплового, забруднення та метою зниження втрат електроенергії на підігрів припливного повітря потрібно

розраховувати ефективність використання тепла утилізатора. В якості тепла утилізатора приймаємо рекуперативний. Теплообмінний апарат RYLK AIR з проточним рухом середовища, який є однією з секцій центрального вентилятора.

Розрахунок ефективності використання тепла утилізатора виконується згідно методу ефективності, який заснований на використанні ε (N, ω) - характеристик.

Економія тепла при використанні тепло утилізатора визначається за формулами

$$Q = (G \cdot C) \cdot M \cdot \varepsilon \cdot \Delta t ; \quad (4.1)$$

$$\Delta t = (t_2'' - t_1'') ; \quad (4.2)$$

$$t_1'' = t_1' - \Delta t_{np} \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot C) \cdot M}{G_1 \cdot C_1} ; \quad (4.3)$$

$$t_2'' = t_2' - \Delta t_{np} \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot C) \cdot M}{G_2 \cdot C_2} , \quad (4.4)$$

де ε - ефективний теплообмін, $\varepsilon = 60\%$;

t_2 - температура внутрішнього повітря;

G_2 - масова витрата припливного повітря, кг/год;

t_1 - температура зовнішнього повітря;

G_1 - масова витрата витяжного повітря, кг/год;

C - питома теплоємність повітря, кДж/кгК.

Розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря

- температура зовнішнього повітря для теплого періоду року $24,6^\circ\text{C}$;

- температура зовнішнього повітря для холодного періоду року -26°C ;

- температура внутрішнього повітря 21°C ;

- масова витрата G_1 становить 1780 кг/год;

- масова витрата G_2 становить 2465 кг/год.

Економія тепла за теплий період року

$$t_1'' = 24,6 - 2,7 \cdot 0,6 \cdot \frac{(1780 \cdot 1)}{1780 \cdot 1} = 23,18(^\circ\text{C}) ,$$

$$t_2'' = 24,6 + 2,7 \cdot 0,6 \cdot \frac{(1780 \cdot 1)}{2456 \cdot 1} = 21,26(^{\circ}C)$$

$$Q = (1780 \cdot 1) \cdot 0,6 \cdot 1,92 = 2050(Bm)$$

Економія тепла за холодний період року

$$t_1'' = -26 + 47 \cdot 0,6 \cdot \frac{(1780 \cdot 1)}{1780 \cdot 1} = 3,2(^{\circ}C)$$

$$t_2'' = 26 - 47 \cdot 0,6 \cdot \frac{(1780 \cdot 1)}{2456 \cdot 1} = 4,64(^{\circ}C)$$

$$Q = (4565 \cdot 1) \cdot 0,6 \cdot 7,84 = 11595(Bm)$$

Заходи щодо охорони довкілля це зменшення викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище та заощадження енергії (2-3 Вт на елемент).

4.3 Енергетичний паспорт будинку

Енергетичний паспорт будинку – це документ, що містить геометричні, енергетичні й теплотехнічні характеристики будинку, що проектується або експлуатується, та встановлює їх відповідність вимогам нормативних документів.

Енергетична ефективність будинку – це властивість теплоізоляційної оболонки будинку та його інженерного обладнання забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень під час фактичних або розрахункових витрат теплової енергії на опалення будинків.

Питомі витрати теплової енергії – це показник енергетичної ефективності будинку, що визначає витрати теплової енергії на забезпечення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку.

Клас енергетичної ефективності – це рівень енергетичної ефективності будинку за інтервалом значень питомої витрати теплової енергії на опалення будинку за опалювальний період.

Загальна інформація наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	12.06.2025
Адреса будинку	м. Вінниця, вул. Київська, 13
Розробник проекту	Мельник О.В.
Адреса і телефон розробника	м. Вінниця, вул. Політехнічна, 7
Шифр проекту будинку	08-13.МКР.004.00.000 ОВ
Рік будівництва	2025

Розрахункові параметри наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	t_B	°C	21
Розрахункова температура зовнішнього повітря	t_3	°C	-21
Розрахункова температура теплого горища	t_{BG}	°C	-
Розрахункова температура технічного підвалу	$t_{Ц}$	°C	5
Тривалість опалювального періоду	Z	доба	189
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{опз}$	°C	17,3
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	D_d	°C·доба	3610
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
Призначення	виробнича будівля		
Розміщення в забудові			
Типовий проєкт, індивідуальний	індивідуальний		
Конструктивне рішення	наявні офісні приміщення		

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Назва показника	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	F_{Σ} , м ²	—	3185,82	3185,82
В тому числі:				
- стін	$F_{НП}$, м ²	—	2485,62	2485,62
- вікон і балконних дверей	$F_{СПВ}$, м ²	—	700,2	700,2
- вітражів	$F_{СПВТ}$, м ²	—	—	—
- ліхтарів	$F_{СПЛ}$, м ²	—	—	—
- входних дверей та воріт	$F_{Д}$, м ²	—	—	—
- покриття (суміщених)	$F_{ПК}$, м ²	—	687,2	687,2
- горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{ПКХГ}$, м ²	—	—	—
- перекриттів теплих горищ	$F_{ПКТГ}$, м ²	—	—	—
- перекриттів над технічними підвалами	$F_{Ц1}$, м ²	—	687,2	687,2
- перекриттів над неопалюваними підвалами і під підлоговими просторами	$F_{Ц2}$, м ²	—	—	—
- перекриттів над проїздами і під еркерами	$F_{Ц3}$, м ²	—	—	—
- підлоги по ґрунту	$F_{Ц}$, м ²	—	—	—
Площа опалюваних приміщень	F_h , м ²	—	6184,8	6184,8
Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{ІК}$, м ²	—	—	—

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
Площа житлових приміщень і кухонь	$F_{lж}, \text{м}^2$	—	5836,4	5836,4
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{lp}, \text{м}^2$		—	—
Опалюваний об'єм	$V_b, \text{м}^3$	—	18554,4	18554,4
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{СК}$		0,05	0,05
Показник компактності будинку	$\Lambda_{К\text{ буд}}$	—	0,3	0,3
Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень	$R_{\Sigma пр}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$			
- стін	$R_{\Sigma прнт}$	4	4	4
- вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma прспв}$	1	1	1
- вітражів	$R_{\Sigma прспвт}$			
- ліхтарів	$R_{\Sigma прспл}$			
- вхідних дверей, воріт покриттів (суміщених)	$R_{\Sigma прд}$			
- горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma прпк}$	6	6	6
- перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma прхг}$			
- перекриттів над технічними підвалами	$R_{\Sigma пртг}$			
- перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma прц1}$	5	5	5
- перекриттів над проїздами й під еркерами	$R_{\Sigma прц2}$			

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
Енергетичні показники				
Розрахункові тепловитрати	питомі $q_{буд}$, кВт·год/м ²		0,032	0,032
Максимально значення питомих тепловитрат на опалення будинку	допустиме E_{max} , кВт·год/м ²		42503,8	42503,8
Клас енергетичної ефективності			В	В
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів			10	10
Відповідність проекту будівлі нормативним вимогам		Відповідає		

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю наведена в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{буд}$, від максимально допустимого значення, E_{max}	Рекомендації
А	Мінус 50 та менше	
В	Від мінус 49 до мінус 10	+
С	Від мінус 9 до плюс 5	
Д	Від плюс 6 до плюс 25	
Е	Від плюс 26 до плюс 75	
F	Від 76 та більше	

Висновки до розділу 4

У даному розділі розроблено заходи з енергозбереження та охорони довкілля. Для системи вентиляції був використаний перехресний теплообмінник RYLK AIR, який зменшує викиди вуглекислого газу в навколишнє середовище та заощаджує енергію.

Також було визначено фактичні показники енергетичної ефективності будівлі та клас енергетичної ефективності – «В». Розрахункові питомі тепловитрати складають 0,032 кВт·год/м², максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення становить 42503,8 кВт·год/м². Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки становить 10.

Отже, проєкт виробничої будівлі відповідає нормативним вимогам.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

Для розрахунку вартості дотримувалися вимог Кошторних 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 прями та загальновиробничі витрати.

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 систем вентиляції та кондиціонування ювелірного виробництва (таблиця 5.2). Склад, об’єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у частині 3 даної магістерської кваліфікаційної роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та специфікації (див. частину 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 кондиціонування	грн	8080268
Вартість матеріалів, виробів, конструкцій	грн	7565520
Додаткові витрати	грн	514748
Кошторисна заробітна плата	грн	361021
Кошторисна трудомісткість	люд.-год.	3056

Форма № 1

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на системи вентиляції та кондиціонування
Система вентиляції та кондиціонування

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 8080,268 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 3,056 тис.люд.-год.
 Кошторисна заробітна плата 361,021 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3,4 розряд

Складений в поточних цінах станом на "25 травня" 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 обслуговуванням машин			
										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	Доставка деталей та обладнання до місця монтажу	т	1,3	<u>279,16</u> 207,86	<u>71,30</u> 22,21	363	270	<u>93</u> 29	<u>2,1</u> 1,33	<u>2,73</u> 1,73		
2	КБ 20-3-1	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 200 мм	100м2	0,82	<u>45995,32</u> 29201,17	<u>36,38</u> 12,22	37716	23945	<u>30</u> 10	<u>261,8</u> 0,731	<u>214,68</u> 0,6		
3	КБ 20-3-4	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 250 мм	100м2	1,1	<u>44431,35</u> 29201,17	<u>36,38</u> 12,22	48874	32121	<u>40</u> 13	<u>261,8</u> 0,731	<u>287,98</u> 0,8		
4	КБ 20-3-6	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі діаметром до 450 мм	100м2	0,95	<u>38227,51</u> 23133,40	<u>36,38</u> 12,22	36316	21977	<u>35</u> 12	<u>207,4</u> 0,731	<u>197,03</u> 0,69		
5	КБ 20-3-3	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 1000 мм	100м2	0,41	<u>63796,32</u> 26736,14	<u>36,38</u> 12,22	26156	10962	<u>15</u> 5	<u>239,7</u> 0,731	<u>98,28</u> 0,3		
6	КБ 20-3-10	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром від 1100 до 1600 мм	100м2	2,48	<u>61061,51</u> 23133,40	<u>36,38</u> 12,22	151433	57371	<u>90</u> 30	<u>207,4</u> 0,731	<u>514,35</u> 1,81		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	КБ 20-3-11	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 2400 мм	100м2	1,98	<u>55548,58</u> 17406,93	<u>21,61</u> 6,26	109986	34466	<u>43</u> 12	<u>156,06</u> 0,3743	<u>309</u> 0,74
8	КБ 20-3-12	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 3200 мм	100м2	0,81	<u>52140,93</u> 14069,66	<u>21,61</u> 6,26	42234	11396	<u>18</u> 5	<u>126,14</u> 0,3743	<u>102,17</u> 0,3
9	КБ 20-3-15	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 4500 мм	100м2	1,4	<u>29410,95</u> 11832,16	<u>18,12</u> 4,83	41175	16565	<u>25</u> 7	<u>106,08</u> 0,2884	<u>148,51</u> 0,4
10	КБ 20-3-17	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі, периметром до 7200 мм	100м2	0,54	<u>25668,25</u> 8267,34	<u>12,12</u> 2,18	13861	4464	<u>7</u> 1	<u>74,12</u> 0,1301	<u>40,02</u> 0,07
11	КБ 20-13-6	Установлення клапанів зворотних	клапан	2	<u>261,61</u> 246,14	-	523	492	-	<u>2,18</u> -	<u>4,36</u> -
12	КБ 20-13-16	Установлення клапанів вогнезатримуючих	клапан	12	<u>1101,64</u> 1035,09	-	13220	12421	-	<u>9,28</u> -	<u>111,36</u> -
13	КБ 20-13-1	Установлення ірисових клапанів для контролю і регулювання витрати повітря	клапан	116	<u>209,77</u> 197,59	-	24333	22920	-	<u>1,75</u> -	<u>203</u> -
14	КБ 20-11-1	Установлення дифузорів стельових круглих	ґрати	102	<u>213,43</u> 208,01	<u>1,77</u> 0,13	21770	21217	<u>181</u> 13	<u>1,82</u> 0,008	<u>185,64</u> 0,82
15	КБ 20-12-9	Установлення повітророзподільвачів щілинних ГР 1800х400	ґрати	2	<u>214,19</u> 208,01	<u>1,77</u> 0,13	428	416	<u>4</u> -	<u>1,82</u> 0,008	<u>3,64</u> 0,02
16	КБ 20-10-1	Установлення камер статичного тиску	шт	32	<u>264,09</u> 248,15	<u>4,58</u> 1,48	8451	7941	<u>147</u> 47	<u>2,07</u> 0,0887	<u>66,24</u> 2,84
17	КБ 20-11-3	Установлення стельових вихрових дифузорів	ґрати	32	<u>340,88</u> 322,30	<u>2,01</u> 0,16	10908	10314	<u>64</u> 5	<u>2,82</u> 0,0104	<u>90,24</u> 0,33
18	КБ 20-22-1	Установлення зонтів над обладнанням	м2	2,88	<u>245,03</u> 169,03	-	706	487	-	<u>1,41</u> -	<u>4,06</u> -
19	КБ 20-33-1	Установлення вентиляторів дахових масою до 0,1 т	шт	2	<u>1201,55</u> 1049,26	<u>91,29</u> 22,85	2403	2099	<u>183</u> 46	<u>8,55</u> 1,065	<u>17,1</u> 2,13
20	КБ 20-40-1	Установлення касетних фанкойлів	10шт	2,5	<u>4086,59</u> 4085,30	-	10216	10213	-	<u>32,3</u> -	<u>80,75</u> -
21	КБ 20-51-4	Установлення припливно-витяжної установки	камера	1	<u>2356,03</u> 2294,86	<u>3,86</u> 0,97	2356	2295	<u>4</u> 1	<u>18,7</u> 0,045	<u>18,7</u> 0,05
22	КБ 20-51-1	Установлення чіллера	камера	1	<u>1175,24</u> 1132,71	<u>3,86</u> 0,97	1175	1133	<u>4</u> 1	<u>9,23</u> 0,045	<u>9,23</u> 0,05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	ПЗ-12-5	Пусконаладжувальні роботи	Вен.мер.	1	<u>1260,00</u>	-	1260	1260	-	<u>45</u>	<u>45</u>
					1260,00	-			-	-	-
24	КБ 1-1-1	Вивезення обладнання	т	0,3	<u>279,16</u>	<u>71,30</u>	84	62	<u>22</u>	<u>2,1</u>	<u>0,63</u>
					207,86	22,21			7	1,33	0,4
25	С130-1124 варіант 1	Повітроводи з тонколистової оцинкованої сталі круглого перерізу, діаметр до 250 мм	м2	45,3	<u>495,00</u>	-	22424	-	-	-	-
26	С130-1126 варіант 1	Повітроводи з тонколистової оцинкованої сталі, круглого перерізу, діаметром до 450 мм	м2	125,7	<u>495,50</u>	-	62284	-	-	-	-
27	С130-1128 варіант 1	Повітроводи класу з тонколистової оцинкованої сталі, прямокутного перерізу, розмір більшої сторони від 200 до 2000 мм	м2	761,6	<u>615,00</u>	-	468384	-	-	-	-
28	С130-1190 варіант 1	Повітропровід гнучкий діаметром 125 мм	м	9	<u>252,50</u>	-	2273	-	-	-	-
29	С130-1191 варіант 1	Повітропровід гнучкий діаметром 160 мм	м	5	<u>252,50</u>	-	1263	-	-	-	-
30	С130-1192 варіант 1	Повітропровід гнучкий діаметром 200 мм	м	48	<u>392,50</u>	-	18840	-	-	-	-
31	С130-1193 варіант 1	Повітропровід гнучкий діаметром 250 мм	м	62	<u>501,70</u>	-	31105	-	-	-	-
32	С130-1194 варіант 1	Повітропровід гнучкий діаметром 315 мм	м	30	<u>602,90</u>	-	18087	-	-	-	-
33	С1630-76 варіант 1	Зонти витяжні над устаткуванням із листової гарячекатаної та сортової сталі	м2	2,88	<u>211,69</u>	-	610	-	-	-	-
34	& С1630-536-5	Клапан протипожежний Вентс КП-2-1000x800	шт	5	<u>29431,00</u>	-	147155	-	-	-	-
35	& С1630-536-6	Клапан протипожежний Вентс КП-2-800x600	шт	1	<u>24325,00</u>	-	24325	-	-	-	-
36	& С1630-536-7	Клапан протипожежний Вентс КП-2-800x400	шт	3	<u>23963,00</u>	-	71889	-	-	-	-
37	& С1630-536-8	Клапан протипожежний Вентс КП-2-600x500	шт	1	<u>24325,00</u>	-	24325	-	-	-	-
38	& С1630-536-9	Клапан протипожежний Вентс КП-2-600x400	шт	1	<u>22146,00</u>	-	22146	-	-	-	-
39	& С1630-536-10	Клапан протипожежний Вентс КП-2-500x300	шт	1	<u>21745,00</u>	-	21745	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	& С1630-536-2 варіант 1	Зворотній клапан перерізом 200x300 мм	шт	1	<u>2361,00</u>	-	2361	-	-	-	-
41	& С1630-536-3	Зворотній клапан перерізом 400x300 мм	шт	1	<u>2791,00</u>	-	2791	-	-	-	-
42	& С1630-536-4 варіант 1	Клапан ірисовий SPI-125	шт	8	<u>3150,00</u>	-	25200	-	-	-	-
43	& С1630-536-4 варіант 2	Клапан ірисовий SPI-160	шт	2	<u>3666,00</u>	-	7332	-	-	-	-
44	& С1630-536-13	Клапан ірисовий SPI-200	шт	25	<u>4650,00</u>	-	116250	-	-	-	-
45	& С1630-536-14	Клапан ірисовий SPI-250	шт	43	<u>5690,00</u>	-	244670	-	-	-	-
46	& С1630-536-15	Клапан ірисовий SPI-315	шт	29	<u>7802,00</u>	-	226258	-	-	-	-
47	& С1630-536-4-1	Регулятори витрати повітря 400x400	шт	1	<u>2804,00</u>	-	2804	-	-	-	-
48	& С1630-536-4-2	Регулятори витрати повітря 400x200	шт	3	<u>2593,00</u>	-	7779	-	-	-	-
49	& С1630-536-4-16	Регулятори витрати повітря 600x300	шт	1	<u>3346,00</u>	-	3346	-	-	-	-
50	& С1630-536-4-3	Регулятори витрати повітря 600x400	шт	1	<u>3420,00</u>	-	3420	-	-	-	-
51	& С1630-536-4-17	Регулятори витрати повітря 500x400	шт	1	<u>2762,00</u>	-	2762	-	-	-	-
52	& С1630-536-4-4	Регулятори витрати повітря 500x500	шт	2	<u>2932,00</u>	-	5864	-	-	-	-
53	& С1630-536-4-5	Регулятори витрати повітря 300x300	шт	1	<u>2593,00</u>	-	2593	-	-	-	-
54	& С1630-536-4-6	Регулятори витрати повітря 600x600	шт	1	<u>5009,00</u>	-	5009	-	-	-	-
55	& С1630-536-4-7	Регулятори витрати повітря 400x250	шт	4	<u>2593,00</u>	-	10372	-	-	-	-
56	& С1630-536-4-8	Регулятори витрати повітря 300x250	шт	3	<u>2593,00</u>	-	7779	-	-	-	-
57	& С1630-536-4-9	Регулятори витрати повітря 800x600	шт	1	<u>5999,00</u>	-	5999	-	-	-	-
58	& С1630-536-4-18	Регулятори витрати повітря 1000x400	шт	1	<u>6221,00</u>	-	6221	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом прямі витрати по кошторису					7873332	306807	<u>1005</u> 244		<u>2754,7</u> 14,08
		Разом будівельні роботи, грн.					7873332				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					7565520				
		всього заробітна плата, грн.					307051				
		Загальновиробничі витрати, грн.					206936				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					287,05				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					53970				
		Всього будівельні роботи, грн.					8080268				

		Всього по кошторису					8080268				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					3056				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					361021				

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 – 8080268 грн, кошторисна трудомісткість – 3056 люд-год, кошторисна заробітна плата – 361021 грн.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Проаналізовано системи забезпечення мікроклімату в приміщеннях виробничої будівлі, а саме визначено основні типи та класифікації систем по їх призначенню та критеріям. В результаті аналізу відомих конструктивних рішень систем забезпечення мікроклімату та проведеного варіантного аналізу їх основних видів було підібрано найефективніший тип системи вентиляції для приміщень ювелірного виробництва, що забезпечить нормативні показники мікроклімату.

2. Виконано систематизацію варіантів конструктивних рішень системи вентиляції виробничої будівлі, що передбачають вибір сучасного обладнання в залежності від умов створюваного мікроклімату, необхідного повітрообміну та параметрів зовнішнього повітря. Передбачено умови експлуатації та технічне обслуговування запропонованих проєктів із різними конструктивними складовими.

3. Обґрунтовано економічну доцільність використання системи кондиціонування із рециркуляцією. Завдяки використанню систем кондиціонування з енергоутилізацією досягається енергозбереження до 72 % теплової енергії.

4. Представлено схеми розміщення елементів систем кондиціонування та вентиляції на планах поверхів (1 та 5 аркуші), побудовано аксонометричні схеми системи вентиляції (3, 4 та 5 аркуші) та виконано розрахунки теплонадходжень в будівлю та змодельовано аеродинамічний режим роботи системи вентиляції. На основі виконаних розрахунків і було підібрано обладнання систем.

5. Під час виконання організаційно-технологічної частини роботи було визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи вентиляції, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складені календарний план виконання робіт, в яких кількість бригад і робітників в бригаді (аркуш 9). Виконано розрахунок техніко-економічних показників для монтажу системи вентиляції, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт, що склала 327,75 люд/дні та тривалість виконання монтажних робіт 17 днів.

6. Розроблено заходи з енергозбереження та охорони довкілля. Для системи вентиляції був використаний перехресний теплообмінник RYLK AIR, який зменшує викиди вуглекислого газу в навколишнє середовище та заощаджує енергію. Також було визначено фактичні показники енергетичної ефективності будинку та клас енергетичної ефективності – «В». Розрахункові питомі тепловтрати складають $0,032 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення становить $42503,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки становить 10.

7. Виконано розрахунок техніко-економічних показників. Складено локальний кошторис для системи кондиціонування та вентиляції. В результаті розрахунку отримано наступні значення: всього витрати по кошторису – 8080268 грн, кошторисна трудомісткість – 3056 люд-год, кошторисна заробітна плата – 361021 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. / М.Ф. Боженко. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
2. Пономарчук І.А. Вентиляція та кондиціонування повітря / Пономарчук І.А., Волошин О.Б. – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 121 с.
3. Ратушняк Г.С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 122 с.
4. Конспект лекцій по дисципліні «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 – Теплоенергетика / Укл. Клімов Р.О., – Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 102 с
5. Жуковський С. С. Вентилювання приміщень / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш та ін: Навч. посібник. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 476 с.
6. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
7. ДСТУ Б А. 3.2 – 12: 2009 Системи вентиляційні. Загальні вимоги:– Чинний від 01.08.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 8 с.
8. Джеджула В.В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів: навчальний посібник / Джеджула В.В. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 71 с.
9. ДСТУ EN 16798-3:2019 Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Частина 3. Вентиляція в нежитлових будівлях. Експлуатаційні вимоги до систем вентиляції та кондиціонування повітря в приміщенні (модулі М5-1, М5-4) (EN 16798-3:2017, IDT) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=87406– Назва з екрана.
10. Види вентиляції, переваги і недоліки вентиляційних систем [Електронний ресурс]: – <https://rivnekomfort.rv.ua/vidi-ventilyacij.php>– Назва з екрана.

11. Типи систем вентиляції та кондиціонування в залежності від призначення приміщень виробничої будівлі. [Електронний ресурс]: – <https://a-office.com.ua/uk/blog/typy-sistem-ventilyatsii-i-konditsionirovaniya-v-zavisimosti-ot-klasa-biznes-tsentra/>– Назва з екрана.

12. Класифікація офісів. Категорія офісних приміщень. [Електронний ресурс]: – https://drevych.ua/news-article?newsblog_path=5&newsblog_article_id=35 – Назва з екрана.

13. Контроль подачі повітря для підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції. - Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27222/1/Fedorchuk_magistr.pdf – Назва з екрана.

14. Організація вентиляції приміщеннях виробничої будівлі. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/organizatsiya-ventilyatsii-v-torgovykh-zavedeniyakh-magazyny-supermarkety-trts>– Назва з екрана.

15. Природна вентиляція.- Режим доступу: <https://buklib.net/books/29849/>– Назва з екрана.

16. Ратушняк Г. С., Степанковський Р. В. Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації. Монографія, ВНТУ. – Вінниця, 2015. – 112 с.

17. Класифікація систем вентиляції: якими вони бувають? [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://alterair.ua/uk/articles/klassifikatsiya-sistem-ventilyatsii/>– Назва з екрана.

18. Навіщо потрібна вентиляція офісних приміщень – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://eko-prostir.com.ua/ventyliatsiia-i-kondytsionuvannia-povitria-ofisnykh-prymishchen/> – Назва з екрана.

19. Шульга М.О. Вентиляція та кондиціонування повітря. Навчальний посібник. / М.О. Шульга, І.П. Юхно.- Харків: ХНАМГ, 2004. - 148

20. Настанова з визначення вартості будівництва від 21.03.2024.

21. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні

та гарячому водопостачанні. [Чинний з 1.01.2016р.] – К.: Мінрегіон України, 2015. – 145 с.

22. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010–Будівельна кліматологія Київ [Чинний від 01.10.2011] – К.: Київ Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 р. – 128 с.

23. ДБН В.2.6-31:2021 " Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf – Назва з екрана.

24. Ратушняк Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання [Текст] : навч. посіб. для вузів / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2004. - 136 с. - ISBN 966-641-089-3

25. Енергоефективні інженерні системи клімат-контролю приміщень ювелірного виробництва / О.І. Ободянська, О.В. Мельник // LIV науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2025. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/23768>.

26. Пусконаладжувальні роботи в інженерних системах / О.І. Ободянська // LIII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2024. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20526/17023>.

27. Слободян Н.М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції: навч. Посіб. / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. – Вінниця, ВНТУ, 2016. – 110 с.

28. Про енергетичну ефективність будівель: закон України: станом на 1 січня 2019 року.- 2118-VII. – К.: Відомості Верховної Ради, 2017, №3, с.5, стаття 359.

29. Кінаш Р.І. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт/ Р.І. Кінаш, С.С Жуковський. - Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. – 448 с.

30. О. Д. Панкевич. Організація будівництва: навчальний посібник/ Панкевич О.Д. - Вінниця: ВНТУ, 2007. – 86 с.
31. Каталог агрегатів для вентиляції і кондиціонування повітря VENTUS [текст] – К. VTS, 2008. – 88 с.
32. Технічні характеристики гнучких повітропроводів Sonodes [текст] – К. Sonodes, 2010. – 11с.
33. Технічні характеристики повітряних клапанів Iris Systemair [текст] – К. Systemair, 2006. – 9 с.
34. Каталог повітряних клапанів [Електронний ресурс]: Повітряні клапани ТРОХ. – Режим доступу до ресурсу.: <http://www.ventgid.com.ua>.
35. Сайт компанії «Halton»: Повітророзподілювачі: вказівки по розрахунку і практичному застосуванню. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.halton.com/> – Назва з екрана.
36. Каталог компанії UkrAvto [Електронний ресурс]: характеристика автомобіля Mercedes Benz 208. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukravto.ua> – Назва з екрана.
37. Лебідка вантажопідйомна [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://budmash.ua> – Назва з екрана.
38. Механізовані інструменти [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://leg.co.ua/info/instrumenty-i-mehanizmy/elektricheskie-ruchnye-mashiny-i-porohovoy-instrument-dlya-montazha-sistem-avtomatizacii.html> – Назва з екрана.
39. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Вентиляція та кондиціонування повітря (Збірник 20): ДСТУ Б Д.2.2-20:2012 – [Чинний від 2014 – 01 – 01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 150 с.
40. ДСН 3.3.6.042–99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99> – Назва з екрана.

41. ДСН 3.3.6.039–99 " Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації" [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://arm.te.ua/docs/DSN_3.3.6.039-99.pdf – Назва з екрана.

42. ДБН А.3.2-2–2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945 – Назва з екрана.

43. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 "Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945 – Назва з екрана.

44. Лялюк. О.Г. Економіка будівництва: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт/ Лялюк.О.Г.. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 26с.

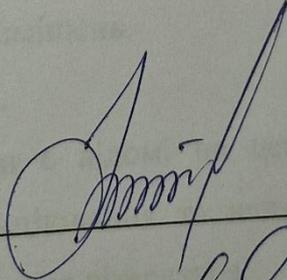
Додаток А
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет



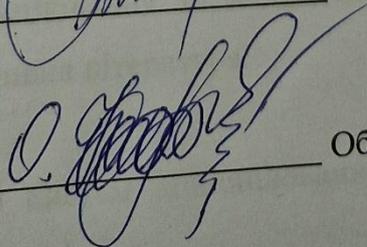
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на розроблення:

«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ
ПРИМІЩЕНЬ ЮВЕЛІРНОГО ВИРОБНИЦТВА»

Розробив
ст. гр. ТГ-23мз


Мельник О.В.

Керівник
к.т.н., доцент


Ободянська О.І.

Вінниця 2025

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування.

Системи кондиціювання та вентиляції призначені для створення оптимальних нормативних мікрокліматичних умов, підтримання температурного балансу та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях виробничої будівлі.

2. Основа для виконання робіт.

Завдання на МКР затверджено наказом № 96 від «20» березня 2025 року. Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення виробничої будівлі.

3. Мета та призначення розробки.

Метою розробки є створення проєктних рішень надійних систем кондиціювання та вентиляції приміщень будівлі ювелірного виробництва із застосуванням енергоефективних технологій, що передбачає врахування сучасних технічних засобів автоматичним контролю і регулювання споживання тепла, а відповідно і витрати на енергетичні потреби, що разом із зниженням тепловтрат дає змогу зменшити річне споживання газу.

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

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є відомі на цей час конструктивні рішення при проєктуванні систем кондиціювання та вентиляції, а також робочі креслення виробничої будівлі і нормативна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до систем кондиціювання та вентиляція викладені в наступній нормативній літературі:

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

ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

При розробці систем 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 антропометричних 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 вентиляції та кондиціонування:

10.1. стадію розробки встановлюють відповідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципівих 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 проектування.

Додаток Б

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, факультет БЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

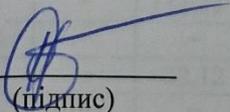
Оригінальність 87%

Схожість 13%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

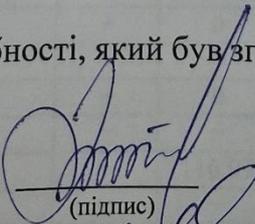

(підпис)

Слободян Н.М.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

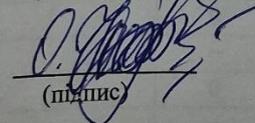
Автор роботи


(підпис)

Мельник О.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Ободянська О.І.

(прізвище, ініціали)

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу
здобувача Мельника Олександра Віталійовича
на тему Енергоефективна система вентиляції
приміщень ювелірного виробництва

Мікроклімат у виробничих та офісних приміщеннях ювелірного підприємства є важливою складовою санітарно-гігієнічних умов, що безпосередньо впливають на ефективність технологічних процесів, самопочуття та продуктивність працівників. Основними параметрами, які характеризують мікроклімат, є температура повітря, його вологість, швидкість руху, а також рівень теплового випромінювання. Для дотримання комфортних умов та безпеки виробничого середовища необхідно підтримувати тепловий баланс організму людини з навколишнім середовищем, що досягається шляхом застосування вентиляції та кондиціонування повітря.

У виробничій зоні організовано механічну припливно-витяжну вентиляцію з урахуванням виділення пилу та тепла в процесі обробки металів. Система забезпечує своєчасне видалення відпрацьованого повітря і подачу свіжого ззовні в об'ємах, що гарантують стабільні параметри повітряного середовища. В офісних приміщеннях реалізовано централізовану систему кондиціонування з використанням чіллера та фанкойлів, що дозволяє індивідуально регулювати температуру в кожному приміщенні в залежності від зовнішніх умов і внутрішніх теплових навантажень.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена проектуванню енергоефективної вентиляційної системи виробничо-офісного комплексу. У першому розділі досліджено сучасний стан кліматичних систем у подібних об'єктах. Другий розділ містить технічне обґрунтування параметрів вентиляції та кондиціонування. Третій описує технологію впровадження проекту. Завершальні розділи присвячено питанням енергозбереження та моніторингу довкілля та економічній доцільності впровадження систем.

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.

Робота може бути реалізована в практиці з влаштування систем клімат-контролю для виробничих приміщень.

В МКР наявні наступні недоліки:

1. В графічній частині було б доцільно вказати розміщення рекуператорів.
2. В пояснювальній записці не в повній мірі обґрунтовано схему водопідготовки, циркуляції холодоносія та зонування за температурними умовами системи чіллер-фанкойлів.

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

Магістр Мельник Олександр Віталійович заслуговує присвоєння кваліфікації магістр зі спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія будівництва, ОПІ «Теплогазопостачання і вентиляція».

Опонент
 кандидат технічних наук,
 доцент кафедри БМГА

М.П.
 Печатка установи, організації опонента



Кучеренко Л.В.

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи
здобувача Мельника Олександра Віталійовича
на тему Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного
виробництва

У сучасних умовах розвитку індустріального виробництва та постійного зростання вимог до енергоефективності, питання оптимізації енергоспоживання в системах клімат-контролю набуває особливої ваги. Це стосується і ювелірного виробництва, де точність технологічних процесів та підтримка оптимальних умов в приміщеннях мають критичне значення для забезпечення якості продукції та безпеки працівників.

Енергоефективність систем вентиляції та кондиціонування безпосередньо впливає на зниження витрат енергоресурсів, що є важливим аспектом не тільки для економічної стабільності підприємства, а й для збереження екологічного балансу в умовах обмежених природних ресурсів. Оскільки ювелірне виробництво часто здійснюється в закритих приміщеннях, де використовуються різноманітні хімічні сполуки та інші матеріали, створення і підтримка належних умов для забезпечення довгострокової стабільності процесів виробництва та збереження здоров'я працівників потребує ретельного проектування та налаштування інженерних систем.

Системи клімат-контролю, зокрема вентиляція та кондиціонування, мають важливе значення для забезпечення оптимальних температурних та вологостних умов, що відповідають вимогам технологічних процесів, а також для комфортного перебування працівників у виробничих приміщеннях. Враховуючи зростаючі вимоги до енергоефективності, дослідження можливостей модернізації та вдосконалення цих систем на підприємствах ювелірної галузі є вкрай актуальним. Таким чином, розробка енергоефективних інженерних систем клімат-контролю для приміщень ювелірного виробництва дозволить досягти не лише зниження витрат енергії, а й покращення умов роботи, підвищення безпеки та якості кінцевої продукції.

В роботі було запропоновано проектні рішення систем вентиляції та кондиціонування виробничої будівлі в м. Вінниця. Проаналізовано потребу у застосуванні систем для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень будівлі, виконано техніко-економічне обґрунтування, змодельовано розрахунок тепловиділень та теплонадходжень у приміщеннях та змодельовано аеродинамічний режим системи вентиляції, підібрано обладнання для системи кондиціонування та визначено їх основні параметри і характеристики.

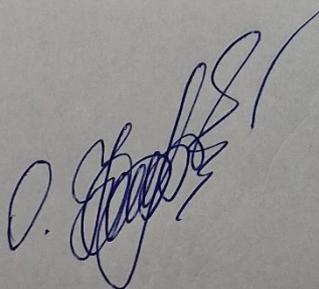
Магістр показав себе, як достатньо підготовлена особистість за темою дослідження. Добросовісно та вчасно виконував усі поставлені задачі та дотримувався графіку виконання роботи. Загалом роботу виконано якісно та на високому рівні, з достатньо обґрунтованими та проробленими проєктними рішеннями, усі графічні креслення виконано та оформлено згідно норм та стандартів.

Матеріали магістерської роботи пройшли апробацію на семінарі кафедри ІСБ та науково-технічній конференції.

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано на високому рівні та при відповідному захисті заслугоує на оцінку «А».

Магістр Мельник Олександр Віталійович заслугоує присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія будівництва, ОПШ «Теплогазопостачання та вентиляція».

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
кандидат технічних наук,
доцент кафедри ІСБ



Ободянська О.І

Додаток В – Розрахунок теплонадходжень

№ п/п	Період року	ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, Вт							Надлишки тепла, Вт
		від інсол.	від шт.ос	від люд.	від ел. двиг.	через покр.	інсол. через стіни	від облад	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-й ПОВЕРХ									
101	ТП	3536,6	1351,4	1260	–	–	125	560	6833
	ХП	508,5	1351,4	1260	–	–	–	560	
102a	ТП	0	117,50	0	–	–	0	–	117,5
	ХП	0	117,50	0	–	–	–	–	
102б	ТП	0	326,53	0	–	–	0	–	326,53
	ХП	0	326,53	0	–	–	–	–	
103	ТП	2438	1852,4	2025	–	–	114,9	280	6710,3
	ХП	288,6	1852,4	2025	–	–	–	280	
104	ТП	0	185,10	0	–	–	0	–	185,1
	ХП	0	185,10	0	–	–	–	–	
105	ТП	1474,3	554,80	0	1500	–	147,51	600	4276,61
	ХП	168,8	554,80	0	1500	–	–	600	
106	ТП	1276,8	244,50	450	–	–	35,72	560	2567,02
	ХП	134,7	244,50	450	–	–	–	560	
107	ТП	1276,8	270,45	127,5	–	–	0	350	2024,75
	ХП	1716	270,45	127,5	–	–	–	350	
108	ТП	368,6	173,80	0	–	–	8,35	–	550,75
	ХП	93,30	173,80	0	–	–	–	–	
109	ТП	368,6	173,70	0	–	–	24,46	700	1266,76
	ХП	93,30	173,70	0	160	–	–	700	
110	ТП	0	167,25	0	–	–	0	–	167,25
	ХП	0	167,25	0	–	–	–	–	
111	ТП	0	53,90	0	–	–	0	–	53,9
	ХП	0	53,90	0	–	–	–	–	
112	ТП	368,6	43,0	0	–	–	17,68	–	429,28
	ХП	93,30	43,0	0	–	–	–	–	–
2-й ПОВЕРХ									
201	ТП	3536,8	2702	1350	518	–	132,23		8239,03
	ХП	508,51	2072	1350	518	–	–		
202	ТП	1276,8	499,6	300		–	32,12	215	2323,52
	ХП	134,7	499,6	300		–	–	215	
203	ТП	0	93,45	0		–	0		93,45
	ХП	0	93,45	0		–	–		93,45
204	ТП	0	245,85	150		–	0	136	531,85
	ХП	0	245,85	150		–	–	136	531,8
205	ТП	2438	1324,1	960		–	116,97	426	5265,07
	ХП	288,6	1324,1	960		–	–	426	
206	ТП	0	185,1	0		–	0		185,1
	ХП	0	185,1	0		–	–		135,1
207	ТП	9000	306,51	427,5		–	0	85	9819,01
	ХП	1425,5	306,51	427,5		–	–	85	
208	ТП	368,6	173,70	0		–	8,81		551,11
	ХП	93,30	173,70	0		–	–		

Продовження додатку В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
209	ТП	368,6	193,80	0		–	18,93		581,33
	ХП	93,30	193,80	0		–	–		
210	ТП	0	227,55	0		–	0		227,55
	ХП	0	227,55	0		–	–		227,55
211	ТП	737,13	204,38	0		–	26,31		967,82
	ХП	186,6	204,38	0		–	–		
212	ТП	0	39,0	0		–	0		39
	ХП	0	39,0	0		–	–		
213	ТП	368,6	359,28	855		–	25,84	100	1708,72
	ХП	93,30	359,28	855		–	–	100	
214	ТП	1863,7	609,45	960			99,49	60	3592,6
	ХП	307,7	609,45	960				60	
3-й ПОВЕРХ									
301	ТП	3756,3	2600	1365	800		154,83	905	9001,13
	ХП	460,7	2600	1365	800			905	
302	ТП	1276,8	588,2	0			28,78		1893,78
	ХП	134,69	588,2	0					
303	ТП	12875	155,75	127,5			0	163	13321,2
	ХП	1798,6	155,75	127,5				163	
304	ТП	386,3	173,70	0			10,50		570,5
	ХП	105,74	173,70	0					
305	ТП	2438	2550	1132,5	620		116,97	231	7088,47
	ХП	288,58	2550	1132,5	620			231	
306	ТП	0	185,10	0			0		185,1
	ХП	0	185,10	0					75,1
307	ТП	344,14	193,80	0			24,90	160	722,84
	ХП	105,74	193,80	0				160	
308	ТП	835,41	399,9	150			34,09	206	1625,4
	ХП	211,47	399,9	150				206	
309	ТП	436,82	448,7	0			24,21		909,73
	ХП	110,57	448,7	0					
310	ТП	1868,5	761,8	300			116,87	367	3414,17
	ХП	348,77	761,8	300				367	
4-й ПОВЕРХ									
401	ТП	3340	1745,4	5850		793,83	154,47	163	12046,7
	ХП	420,68	1745,4	5850				163	
402	ТП	1453,7	719,1	0		496,9	47,40		2717,1
	ХП	190,67	719,1	0					
403	ТП	176,9	198,0	0		174,44	25,75		575,09
	ХП	55,98	198,0	0					
404	ТП	8365,5	2160,7	1087,5		906,46	126,87	453	13100,0
	ХП	2143,9	2160,7	1087,5				453	
405	ТП	2438	1853,3	810		777,48	98,33	326	6303,11
	ХП	288,6	1853,3	810				326	
406	ТП	0	139,8	0		0	0		139,8
	ХП	0	139,8	0					

Додатку Г – Розрахунок повітрообміну загальнообмінної системи

№	Найменування приміщення	t _{вн.} , °C	n, чол	Q, Вт	W, г/год	L _Q , м ³ /год	L _W , м ³ /год	L _{норм} , м ³ /год	Прийнятий	
									П1, L _{роз} , м ³ /год	В1, L _{роз} , м ³ /год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-Й ПОВЕРХ										
101	Оф. Прим№1	22	9	6832,9	630	2559,6	2245,12	540	2559,6	2559,6
102а	Гардероб	20	0	117,5	0	43,05	0	0	43,05	43,05
102б	Коридор	23	0	326,53	0	120,86	0	0	120,86	120,86
103	т.в. зала	22	15	6710,28	1013	2475,2	3553,10	900	3553,10	3553,10
104	Сход. Кл. А	23	0	185,10	0	68,51	0	0	68,51	68,51
105	Гараж	20	0	4276,55	0	1566,8	0	0	1566,8	1566,8
106	Кімната охор	22	3	2567,05	225	946,91	789,58	180	946,91	946,91
107	Хол	23	1	2024,78	63,8	749,41	224,47	60	749,41	749,41
108	Сход. Кл. Б	23	0	550,72	0	203,83	0	0	203,83	203,83
109	Т.П. №1	23	0	1262,72	0	467,36	0	0	467,36	467,36
110	Коридор	23	0	167,25	0	61,90	0	0	61,90	61,90
111	Вбиральня	23	0	53,90	0	19,95	0	0	19,95	19,95
112	Душова	23	0	429,24	0	158,87	0	0	158,87	158,87
2-Й ПОВЕРХ										
201	Майстерн.№1	22	9	8819	675	3600	2405,5	540,0	5972	3600
202	Оф.прим №2	22	2	2323,54	150	857,1	526,4	120,0	857,1	857,1
203	Коридор	23	0	93,45	0	34,6	0,0	0,0	34,6	34,6
204	Приймальня	22	1	531,85	75	196,2	263,2	60,0	263,2	263,2
205	Оф.прим №3	22	7	5265	480	1942,1	1684,4	420,0	1942,1	1942,1
206	Сход.кл. А	23	0	185,1	0	68,5	0,0	0,0	68,5	68,5
207	Кімн. Відпоч	23	3	9818,93	214	3634,2	752,6	180,0	3634,2	3634,2
208	Сход.кл. Б	23	0	551,075	0	204,0	0,0	0,0	204,0	204,0
209	Склад. Прим	24	0	581,29	0	215,9	0,0	0,0	215,9	215,9
210	Коридор	23	0	227,55	0	84,2	0,0	0,0	84,2	84,2
211	Вбиральня	23	0	967,82	0	358,2	0,0	0,0	358,2	358,2
212	Душова	25	0	39	0	14,5	0,0	0,0	14,5	14,5
213	Кухня-їдал.	22	6	1708,7	428	630,3	1500,2	360,0	1500,2	1500,2
214	Кімн. Відпоч	23	7	3592,7	480	1329,7	1690,1	420,0	1690,1	1690,1
3-Й ПОВЕРХ										
301	Майстерня №2	22	10	9001,1	683	3371,8	2432,2	600	3371,8	3371,8
302	Коридор	23	0	1893,8	0	700,9	0,0	0	700,9	700,9
303	Оф. Прим.№4	22	1	6369,6	63,8	2349,6	223,7	60	2349,6	2349,6
304	Сход.кл А	23	0	570,6	0	211,2	0,0	0	211,2	211,2
305	Майстерня №3	22	8	7088,4	567	2614,7	1987,1	480	2614,7	2614,7
306	Сход.кл Б	23	0	185,1	0	68,5	0,0	0	68,5	68,5
307	Т.П.№2	23	0	712,8	0	263,8	0,0	0	263,8	263,8
308	Оф. Прим.№5	22	1	1625,4	75	599,6	263,2	60	599,6	599,6
309	Коридор	23	0	909,7	0	336,7	0,0	0	336,7	336,7
310	Оф.прим.№6	22	2	3414,2	150	1259,4	526,4	120	1259,4	1259,4

Продовження додатку Г

№	Найменування приміщення	$t_{вн}$, °C	n , чол	Q, Вт	W, г/год	L_Q , м ³ /год	L_W , м ³ /год	$L_{норм}$, м ³ /год	Прийнятий	
									П1, $L_{роз}$, м ³ /год	В1, $L_{роз}$, м ³ /год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-Й ПОВЕРХ										
401	Актова зала	22	39	12046,7	2925	4512,6	7142,2	2340,0	7142,2	7142,2
402	Вестибюль	23	0	2717,1	0	1005,7	0,0	0,0	1005,7	1005,7
403	Вбиральня	23	0	575,1	0	212,9	0,0	0,0	212,9	212,9
404	Конструкт.від	22	8	13100,0	544	4832,2	1908,1	480,0	4832,2	4832,2
405	Відділ дизайну	22	6	6303,0	405	2325,0	1421,2	360,0	2325,0	2325,0
406	Сховище	23	0	139,8	0	51,7	0,0	0,0	51,7	51,7

Додаток Д – Розрахунок повітророзподілення приміщень

№	Найменування приміщення	$t_{вн},$ °C	$L_{роз}$ м ³ /год	$l,$ м	$X,$ м	H	K_n	$A_{опр},$ м ²	$F_0,$ м ²	$n,$ шт	Тип ВР	L_1 м ³ /год	V_0 м/с	V_x м/с	Δt_x °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Припливна система П1															
101	Оф. Прим№1	22	2559,58	1,23	2,93	15,46	0,942	0,075	0,081	4	ЗАПР 600x600	639,9	2,19	0,29	0,367
103	т.в. зала	22	2475,23	1,6	3,3	14,78	0,924	0,068	0,081	4	ЗАПР 600x600	618,8	2,12	0,35	0,179
106	Кімната охор	22	946,91	1	2,7	16,43	0,953	0,039	0,046	2	ДПУ-К250	473,5	2,86	0,28	0,164
107	Хол	23	749,41	1	2,7	19,09	0,963	0,033	0,046	2	ДПУ-К250	374,7	2,26	0,3	0,082
Витяжна система В1															
101	Оф. Прим№1	22	2559,58	–	–	–	–	–	0,081	4	ЗАПР 600x600	639,9	2,194	–	–
102а	Гардероб	24	43,05	–	–	–	–	–	0,007	1	ДПУ-К100	43,63	1,73	–	–
103	т.в. зала	23	2475,23	–	–	–	–	–	0,046	4	ДПУ-К250	618,8	3,73	–	–
106	Кімната охор	22	946,91	–	–	–	–	–	0,046	1	ДПУ-К250	946,9	4,71	–	–
107	Хол	23	749,41	–	–	–	–	–	0,029	2	ДПУ-К200	374,7	3,52	–	–
109	Т.П. №1	23	467,36	–	–	–	–	–	0,046	1	ДПУ-К250	467,3	2,82	–	–
Витяжна система В2															
111	Вбиральня	23	19,95	–	–	–	–	–	0,007	1	ДПУ-К100	19,95	0,79	–	–
112	Душова	23	158,9	–	–	–	–	–	0,029	1	ДПУ-К200	158,9	1,52	–	–

Продовження таблиці додатку Д

№	Найменування приміщення	t _{вн} , °C	L _{роз} , м ³ /год	l, м	X, м	H	K _н	A _{опр} , м ²	F ₀ , м ²	n, шт	Тип ВР	L ₁ , м ³ /год	V ₀ , м/с	V _x , м/с	Δt _x , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Припливна система П1															
201	Майстерн.№1	22	5972	1,23	2,73	31,81	0,983	0,079	0,081	4	ЗАПР 600x600	777,4	2,67	0,35	0,189
202	Оф.прим №2	22	857,1	1,4	2,9	22,84	0,969	0,041	0,046	2	ДПУ-К250	428,5	2,59	0,27	0,136
204	Приймальня	23	263,2	1	2,5	13,84	0,946	0,025	0,029	1	ДПУ-К200	196,2	1,88	0,29	0,071
205	Оф.прим №3	22	1942,1	1,6	3,1	16,98	0,945	0,039	0,046	4	ЗАПР 600x600	485,5	1,67	0,25	0,095
207	Кімн. Відпоч	23	3634,2	2,3	3,8	29,96	1	0,218	0,225	2	5АРС 100X20	1818	2,24	0,3	0,129
213	Кухня-їдал.	22	1500,2	1,15	2,65	15,16	0,949	0,038	0,046	2	ДПУ-К250	315,1	1,90	0,37	0,084
214	Кімн. Відпоч	23	1690,1	1,5	3	16,28	0,944	0,041	0,046	4	ДПУ-К250	332,4	2,01	0,34	0,074
Витяжна система В1															
201	Майстерн.№1	22	3600	–	–	–	–	–	0,039	4	ЗАПР 450x450	777,4	4,54	–	–
202	Оф.прим №2	22	857,1	–	–	–	–	–	0,029	2	ДПУ-К200	428,5	4,11	–	–
204	Приймальня	23	263,2	–	–	–	–	–	0,029	1	ДПУ-К200	263,2	2,3	–	–
205	Оф.прим №3	22	1942,1	–	–	–	–	–	0,029	4	ДПУ-К200	485,5	4,65	–	–
207	Кімн. Відпоч	23	3634,2	–	–	–	–	–	0,046	4	ДПУ-К250	908,6	4,49	–	–
209	Т.П. №1	23	467,36	–	–	–	–	–	0,018	1	ДПУ-К160	467	3,33	–	–
213	Кухня-їдал.	22	1500,2	–	–	–	–	–	0,029	2	ДПУ-К200	315,2	3,02	–	–
214	Кімн. Відпоч	23	1690,1	–	–	–	–	–	0,029	4	ДПУ-К200	332,4	3,18	–	–
Витяжна система В2															
210	Вбиральня	23	358,2	–	–	–	–	–	0,011	2	ДПУ-К125	179,1	4,52	–	–
211	Душова	25	14,5	–	–	–	–	–	0,007	1	ДПУ-К100	14,53	0,58	–	–

Продовження додатку Д

№	Найменування приміщення	t _{вн} , °С	L _{роз} , м ³ /год	l, м	X, м	H	K _н	A _{опр} , м ²	F ₀ , м ²	n, шт	Тип ВР	L ₁ , м ³ /год	V ₀ , м/с	V _x , м/с	Δt _x , °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Припливна система П1															
301	Майстерня №2	22	3371,8	1,3	3,3	35,44	0,981	0,078	0,081	4	ЗАПР 600x600	842,9	2,89	0,38	0,156
303	Оф. Прим.№4	22	2349,6	2,7	4,7	21,13	1	0,181	0,189	2	5АРС 1000X200	1175	1,73	0,27	0,178
305	Майстерня №3	22	2614,7	1,6	3,6	25,25	0,963	0,075	0,081	4	ЗАПР 600x600	653,7	2,24	0,33	0,082
308	Оф. Прим.№5	22	599,6	1,1	3,1	14,18	0,927	0,04	0,046	2	ДПУ-К250	299,8	1,81	0,29	0,072
310	Оф.прим.№6	22	1259,4	0,92	2,92	22,22	0,967	0,042	0,046	3	ДПУ-К250	419,8	2,54	0,25	0,076
Витяжна система В1															
301	Майстерня №2	22	3371,8	–	–	–	–	–	0,081	4	ЗАПР 600x600	842,9	2,89	–	–
303	Оф. Прим.№4	22	2349,6	–	–	–	–	–	0,046	4	ДПУ-К250	587,4	3,55	–	–
305	Майстерня №3	22	2614,7	–	–	–	–	–	0,046	4	ДПУ-К250	653,7	3,95	–	–
307	Т.П.№2	23	263,8	–	–	–	–	–	0,029	1	ДПУ-К200	263,8	2,53	–	–
308	Оф. Прим.№5	22	599,6	–	–	–	–	–	0,029	2	ДПУ-К200	299,8	2,872	–	–
310	Оф.прим.№6	22	1259,4	–	–	–	–	–	0,029	3	ДПУ-К200	419,8	4,0	–	–
Припливна система П1															
401	Актова зала	22	7142,2	1	3	48,34	0,990	0,045	0,046	6	ДПУ-К250	752,1	4,54	0,3	0,128
404	Конструкт.від	22	4832,2	1	3	43,12	0,988	0,047	0,046	7	ДПУ-К250	690,3	4,17	0,24	0,074
405	Відділ дизайну	22	2325,0	1,2	3,2	19,97	0,955	0,04	0,046	6	ДПУ-К250	387,5	2,34	0,28	0,069
Витяжна система В1															
401	Актова зала	22	7142,2	–	–	–	–	–	0,046	6	ДПУ-К250	752,1	4,54	–	–
404	Конструкт.від	22	4832,2	–	–	–	–	–	0,046	7	ДПУ-К250	690,3	4,17	–	–
405	Відділ дизайну	22	2325,0	–	–	–	–	–	0,046	4	ДПУ-К250	581,3	3,51	–	–
406	Сховище	23	51,7	–	–	–	–	–	0,007	1	ДПУ-К100	51,73	2,05	–	–
Витяжна система В2															
403	Вбиральня	23	212,9	–	–	–	–	–	0,007	2	ДПУ-К100	106,4	4,22	–	–

Додаток Е – Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

Таблиця Е.1– Аеродинамічний розрахунок витяжних систем майстерні №1 (В3)

№ ділянки	L, м ³ /год	l, м	Допустимі швидкості V, м/с	Орієнтовна F, м ²	Розміри повітропроводу, мм		d _{екв} , м	Фактична швидкість V, м/с	Re	Місцеві втрати тиску Δм, Па	λ	Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Втрати на ділянці ΔPі Па
					a	b							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1250	0,6	5	0,0652	200	360	0,6	4,975	202750	26,3727	0,2814	1,77	58,68259
2	1250	0,7	6	0,0663	200	360	0,8	6,218	329470	32,5934	0,2779	1,4	33,52472
3	2500	6	7	0,140	355	400	1	7,96	527152	247,933	0,4364	6,5	61,02989
Розрахунок відгалужень: 4,5													
4	620	3,2	5	0,0543	200	200	0,6	4,975	202750	26,3727	0,2814	1,77	58,68259
5	850	1,8	6	0,0123	250	300	0,8	6,218	329470	32,5934	0,2779	1,4	33,52472

Таблиця Е.2 – Аеродинамічний розрахунок припливної загальнообмінної системи (П1)

№ ділянки	L, м ³ /год	Довж.д . l,м	V _{доп} м/с	F,м ²	Розміри повітр.мм		V _{фак} м/с	ρ кг/м ³	R Па/м	Рд, Па	Сум м.о.	d _{екв} м	Z	β _ш	P, Па
					a	b									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
1-2	1840	3,5	5	0,1022	250	400	5,11111	1,2	0,035	15,67407	2,4	0,307	37,617	1,057	37,6843
2-3	3680	3,25	5	0,2044	400	500	5,11111	1,2	0,2	15,67407	2,4	0,444	37,178	1,057	37,9983
3-4	5520	4,26	5	0,3066	400	800	4,79166	1,2	0,025	13,77604	2,4	0,53	33,025	1,057	33,1100
4-5	7360	6,35	5	0,3407	500	500	4,08888	1,2	0,08	10,03141	2,4	0,5	24,058	1,057	24,2275
5-6	9200	1,2	5	0,4259	500	800	6,38888	1,2	0,12	24,49074	4,4	0,615	107,93	1,057	107,976
6-7	11040	2,3	5	0,5111	500	1000	6,13333	1,2	0,14	22,57067	2,4	0,666	54,169	1,057	54,4396
7-8	12880	1,35	5	0,5111	500	1000	7,15556	1,2	0,2	30,72119	2,4	0,666	73,730	1,063	74,1352
8-9	13020	2,35	5	0,5841	800	800	6,38889	1,2	0,2	24,49074	2,4	0,8	58,777	1,063	59,1646
9-10	15560	3,36	5	0,575	800	800	7,1875	1,2	0,3	30,99609	2,4	0,8	74,393	1,063	74,9665
10-11	17400	2,9	4	0,6388	800	1000	6,38889	1,2	0,4	24,49074	9,6	0,888	235,11	1,072	237,553
11-12	18792	4,1	4	2,044	1000	2000	5,11	1,2	0,035	15,66726	2,4	1,333	37,601	1,057	37,8239
															Σ=779
Розрахунок відгалуження 13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-11															
13-14	1840	2,3	5	0,1022	250	400	5,11111	1,2	0,035	15,67407	2,4	0,307	37,617	1,057	37,6843
14-15	3680	3,33	5	0,2044	400	500	5,11111	1,2	0,2	15,67407	2,4	0,444	37,178	1,057	37,9983
15-16	5520	4,89	5	0,3066	400	800	4,79166	1,2	0,025	13,77604	2,4	0,533	33,025	1,057	33,1100
16-17	7360	4,32	4	0,34074	500	500	4,08888	1,2	0,08	10,03141	2,4	0,5	24,058	1,057	24,2275
17-18	9200	2,36	4	0,4259	500	800	6,38888	1,2	0,12	24,49074	4,4	0,615	107,93	1,057	107,976
18-19	11040	7,5	4	0,5111	500	1000	6,13333	1,2	0,14	22,57067	2,4	0,666	54,169	1,057	54,4396
19-20	12880	2,11	5	0,5111	500	1000	7,15556	1,2	0,2	30,72119	2,4	0,666	73,730	1,063	74,1352
20-21	14720	1,89	4	0,5841	800	800	6,38889	1,2	0,2	24,49074	2,4	0,8	58,777	1,063	59,1646
21-22	16560	5,78	4	0,575	800	800	7,1875	1,2	0,3	30,99609	2,4	0,8	74,393	1,063	74,9665
22-11	18400	3,24	5	0,6388	800	1000	6,38889	1,2	0,4	24,49074	9,6	0,888	235,11	1,072	237,553
															Σ=700

Продовження таблиці Е.2

№ ділянки	L, м ³ /ГОД	Довж.д . l,м	V _{доп} м/с	F,м ²	Розміри повітр.мм		V _{фак} м/с	ρ кг/м ³	R Па/м	Рд, Па	Сум м.о.	d _{екв} м	Z	β _ш	P, Па
					a	b									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
Розрахунок відгалуження 23-24-25-26-27-28-29-30-31-31-22															
23-24	581	2,27	5	0,0322	160	200	1,291	1,2	0,035	1,0001	2,4	0,1777	2,4434	1,057	40.5466
24-25	1162	5,6	5	0,0645	250	250	1,291	1,2	0,2	1,0001	2,4	0,25	2,4434	1,057	60.521
25-26	1743	1,75	5	0,0968	250	400	1,210	1,2	0,025	0,879	2,4	0,3076	2,1756	1,057	65.546
26-27	2324	2,28	5	0,1075	250	400	1,613	1,2	0,08	1,562	2,4	0,3076	3,7678	1,063	65.584
28-29	2905	2,2	5	0,1344	250	500	1,260	1,2	0,12	0,953	4,4	0,3333	4,1925	1,057	72.6546
29-30	3486	4,53	4	0,1613	400	400	1,513	1,2	0,14	1,3735	2,4	0,4	3,2994	1,057	80.5455
30-31	4067	3,7	4	0,1882	400	500	1,765	1,2	0,2	1,869	9,6	0,4444	17,758	1,063	130.546
31-32	8136	3	5	0,3228	400	800	2,825	1,2	0,2	4,788	2,4	0,5333	11,421	1,063	100.441
32-22															Σ=720
Розрахунок відгалуження 33-34-35-36-37-38-39-40-41															
33-34	581	2,2	5	0,032	160	200	1,291	1,2	0,035	1,000	2,4	0,1777	2,4434	1,057	40.5466
34-35	1162	2,8	5	0,0645	250	250	1,291	1,2	0,2	1,000	2,4	0,25	2,4434	1,057	60.521
35-36	1743	2,2	5	0,0968	250	400	1,210	1,2	0,025	0,879	2,4	0,3076	2,1756	1,057	65.546
36-37	2324	3,2	5	0,1075	250	400	1,613	1,2	0,08	1,562	2,4	0,3076	3,7678	1,063	65.584
37-38	2905	4,3	5	0,1344	250	500	1,260	1,2	0,12	0,953	4,4	0,3333	4,1925	1,057	72.6546
38-39	3486	2,8	5	0,1613	400	400	1,513	1,2	0,14	1,373	2,4	0,4	3,2994	1,057	80.5455
39-40	4067	3,78	4	0,1882	400	500	1,7651	1,2	0,2	1,8652	9,6	0,444	17,758	1,063	130.546
40-41	5520	4,89	5	0,3066	400	800	4,79166	1,2	0,025	13,773	2,4	0,533	33,025	1,057	33,1100

Σ=620

Продовження таблиці Е.2

№ ділянки	L, м ³ /год	Довж.д . l, м	V _{доп} м/с	F, м ²	Розміри повітр.мм		V _{фак} м/с	ρ кг/м ³	R Па/м	Р _д , Па	Сум м.о.	d _{екв} м	Z	β _ш	P, Па
					a	b									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
Розрахунок відгалуження 15-43-44-45-46-47-48-49-50-51															
15-43	581	2,3	5	0,0915	300	350	2,2875	1,2	0,2	3,139	2,4	0,323	7,5350	1,057	8,0212
43-44	1162	2,3	5	0,183	400	400	2,85937	1,2	0,025	4,905	2,4	0,4	11,773	1,057	11,834
44-45	1743	2,3	6	0,228	400	500	2,745	1,2	0,08	4,521	2,4	0,444	10,850	1,057	11,044
45-46	2324	2,3	6	0,305	550	550	4,575	1,2	0,12	12,55	4,4	0,55	55,256	1,057	55,548
46-47	2905	2,3	6	0,381	600	650	4,575	1,2	0,14	12,552	2,4	0,624	30,140	1,057	30,480
47-48	3486	2,3	7	0,3921	700	700	5,49	1,2	0,2	18,084	2,4	0,7	43,401	1,063	43,890
48-49	4067	2,3	7	0,4575	900	900	5,00390	1,2	0,2	15,023	2,4	0,9	36,056	1,063	36,545
49-50	8136	6	8	0,4575	900	900	5,71875	1,2	0,3	19,622	2,4	0,9	47,093	1,063	49,007
50-51	9682	1,6	8	0,915	1000	1000	11,4375	1,2	0,3	78,489	2,4	1	188,37	1,063	188,88
															Σ=435
Розрахунок відгалуження 6-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-9															
6-52	1647	2,3	5	0,0915	300	350	2,2875	1,2	0,2	3,139	2,4	0,323	7,5350	1,057	8,0212
52-53	3294	2,3	5	0,183	400	400	2,85937	1,2	0,025	4,905	2,4	0,4	11,773	1,057	11,834
53-54	4941	2,3	6	0,2287	400	500	2,745	1,2	0,08	4,521	2,4	0,444	10,850	1,057	11,044
55-56	6588	2,3	6	0,305	550	550	4,575	1,2	0,12	12,558	4,4	0,55	55,256	1,057	55,548
57-58	8235	2,3	6	0,3812	600	650	4,575	1,2	0,14	12,558	2,4	0,624	30,140	1,057	30,482
58-59	9882	2,3	7	0,3921	700	700	5,49	1,2	0,2	18,084	2,4	0,7	43,401	1,063	43,890
59-60	11529	2,3	7	0,4575	900	900	5,00390	1,2	0,2	15,023	2,4	0,9	36,056	1,063	36,545
60-61	13176	6	8	0,4575	900	900	5,71875	1,2	0,3	19,622	2,4	0,9	47,093	1,063	49,007
61-9	14720	1,89	4	0,5841	800	800	6,38889	1,2	0,2	24,490	2,4	0,8	58,777	1,063	59,1646

Σ=247

Таблиця Е.3 – Аеродинамічний розрахунок витяжної загальнообмінної системи (В1)

№ ділянки	L, м ³ /год	Довж.д . l,м	V _{доп} м/с	F,м ²	Розміри повітр.мм		V _{фак} м/с	ρ кг/м ³	R Па/м	P _д , Па	Сум м.о.	d _{екв} м	Z	β _ш	P, Па
					a	b									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
1-2	1710	2,5	5	0,095	300	350	2,375	1,2	0,2	3,384	2,4	0,3230	8,1225	1,057	8,651
2-3	3420	2,1	5	0,19	400	400	2,96875	1,2	0,025	5,2880	2,4	0,4	12,691	1,057	12,757
3-4	5130	2,5	5	0,2375	400	500	2,85	1,2	0,08	4,8735	2,4	0,4444	11,696	1,057	11,907
4-5	6840	2,7	5	0,3166	550	550	4,75	1,2	0,12	13,537	4,4	0,55	59,565	1,057	59,882
5-6	8550	2,8	5	0,3958	600	650	4,75	1,2	0,14	13,537	2,4	0,624	32,49	1,057	32,859
6-7	10260	4,6	5	0,4071	700	700	5,7	1,2	0,2	19,494	9,6	0,7	46,785	1,063	47,763
7-8	20520	2	5	0,8142	900	900	8,90625	1,2	0,2	47,592	2,4	0,9	114,22	1,063	114,64
															Σ=428
Розрахунок відгалуження 9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-7															
9-10	1710	2,5	5	0,095	300	350	2,375	1,2	0,2	3,384	2,4	0,32307	8,1225	1,057	8,651
10-11	3420	2,5	5	0,19	400	400	2,96875	1,2	0,025	5,288	2,4	0,4	12,691	1,057	12,757
11-12	5130	2,5	5	0,2375	400	500	2,85	1,2	0,08	4,8735	2,4	0,444	11,696	1,057	11,907
12-13	6840	2,5	5	0,3166	550	550	4,75	1,2	0,12	13,537	4,4	0,55	59,565	1,057	59,882
13-14	8550	2,5	5	0,3958	600	650	4,75	1,2	0,14	13,537	2,4	0,624	32,49	1,057	32,859
14-15	10260	4,6	4	0,4071	700	700	5,7	1,2	0,2	19,494	9,6	0,7	46,785	1,063	47,7635
15-16	11040	7,5	4	0,5111	500	1000	6,13333	1,2	0,14	22,570	2,4	0,666	54,169	1,057	54,4396
16-17	12880	2,11	5	0,5111	500	1000	7,15556	1,2	0,2	30,721	2,4	0,666	73,730	1,063	74,1352
17-18	13176	6	8	0,4575	900	900	5,71875	1,2	0,3	19,622	2,4	0,9	47,093	1,063	49,007
19-20	14720	1,89	4	0,5841	800	800	6,38889	1,2	0,2	24,490	2,4	0,8	58,777	1,063	59,1646
20-21	16560	5,78	4	0,575	800	800	7,1875	1,2	0,3	30,996	2,4	0,8	74,393	1,063	74,9665
21-7	18400	3,24	5	0,6388	800	1000	6,38889	1,2	0,4	24,490	9,6	0,888	235,11	1,072	237,553

Σ=723

Продовження таблиці Е.3

№ ділянки	Довж.д. $l, \text{м}$	$L, \text{м}^3/\text{год}$	$V_{\text{доп}}, \text{м}/\text{с}$	$F, \text{м}^2$	Розміри повітр. $a*b, \text{мм}$	$F_{\text{пр}}, \text{м}^2$	$d_{\text{екв}}, \text{мм}$	Re	$R*l$	Сум м.о.	$P_a = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \text{Па}$	$Z, \text{Па}$	$R*l+Z, \text{Па}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Розрахунок відгалуження : 3-22-23-24-25-26-27-28-9													
3-22	3,2	2,41612	5	0,089556	300*300	0,09	0,276923	98901,1	2,680	2,2	15	33	35,6
22-23	2,6	32224	5	0,179111	400*450	0,18	0,4	142857,1	1,692	2,2	15	33	34,6
23-24	5,2	4836	5	0,268667	500*550	0,275	0,5	178571,4	1,280	2,2	15	33	34,2
24-25	3,1	6448	5	0,358222	600*600	0,36	0,576	205714,3	1,073	2,2	15	33	34
25-26	8,2	8060	5	0,447778	650*700	0,455	0,4918	175675,7	1,307	3,4	15	51	52,3
26-27	2,0	9672	5	0,537333	750*750	0,5625	0,489	174689,4	1,3164	3,4	15	51	52,3
27-28	4,1	11284	5	0,626889	800*800	0,64	0,556	198757,8	2,6852	3,4	15	51	53,6
28-9	3	22572	7	0,895714	950*950	0,9	1,2	600000	0,9574	3,4	29,4	99,96	100,9
397													
Розрахунок відгалуження 8													
18-29-	2,9	1612	5	0,089556	300*300	0,09	0,276	98901,1	2,6805	2,2	15	33	35,6
29-30	2,1	3224	5	0,179111	400*450	0,18	0,4	142857,1	1,692	2,2	15	33	34,6
30-31	3,6	4836	5	0,268667	500*550	0,275	0,5	178571,4	1,2807	2,2	15	33	34,2
31-32	1,5	6448	5	0,358222	600*600	0,36	0,576	205714,3	1,0731	2,2	15	33	34
32-33	2,5	8060	5	0,447778	650*700	0,455	0,4918	175675,7	1,3071	3,4	15	51	52,3
33-34	3,6	9672	5	0,537333	750*750	0,5625	0,489	174689,4	1,3164	3,4	15	51	52,3
34-20	6,5	11284	5	0,626889	800*800	0,64	0,5565	198757,8	2,6886	3,4	15	51	53,6
													297 Па

Продовження таблиці Е.3

№ ділянки	Довж.д. $l, \text{м}$	$L, \text{м}^3/\text{год}$	$V_{\text{доп}}, \text{м}/\text{с}$	$F, \text{м}^2$	Розми повітро-про-воду $a*b, \text{мм}$	$F_{\text{пр}}, \text{м}^2$	$d_{\text{екв}}, \text{мм}$	Re	$R*l$	Сум м.о.	$P_a = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \text{Па}$	$Z, \text{Па}$	$R*l+Z, \text{Па}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Розрахунок відгалуження 28-34-35-36-37-31													
28-34	345	1728	5	0,096	300*350	0,105	0,42	150000	3,1852	2,2	15	33	36,4
34-35	5,3	3456	5	0,192	450*450	0,2	0,5714	204081,6	2,1677	2,2	15	33	35,1
35-36	2,5	5184	5	0,288	550*550	0,3	0,0666	23809,52	15,895	2,2	15	33	48,8
36-37	8,5	8640	5	0,48	700*700	0,49	0,98	350000	1,8776	2,2	15	33	34,8
37-31	4,5	17280	5	0,8	900*900	0,81	1,117241	478817,7	1,1804	3,3	21,6	71,28	72,4
Розрахунок відгалуження 9-37-38-39-16													
9-37	5,1	1728	5	0,096	300*350	0,105	0,42	150000	3,1852	2,2	15	33	36,1
37-38	5,8	3456	5	0,192	450*450	0,2	0,571429	204081,6	2,1677	2,2	15	33	35,1
38-39	2,5	5184	5	0,288	550*550	0,3	0,666667	238095,2	0,8938	2,2	15	33	33
39-16	10,5	8640	5	0,48	700*700	0,49	0,98	350000	2,3194	2,2	15	33	35,3
Розрахунок відгалуження 8-40-18													
8-40	5,1	1728	5	0,096	300*350	0,105	0,42	150000	3,1852	2,2	15	33	36
40-18	2,5	3456	5	0,192	450*450	0,2	0,571429	204081,6	1,0838	2,2	15	33	34
Розрахунок відгалуження 21-41-29													
21-41	3,6	1728	5	0,096	300*350	0,105	0,42	150000	3,1852	2,2	15	33	36,1
41-29	2,9	3456	5	0,192	450*450	0,2	0,571429	204081,6	1,0838	2,2	15	33	34

Схема розміщення елементів системи вентиляції на плані другого поверху

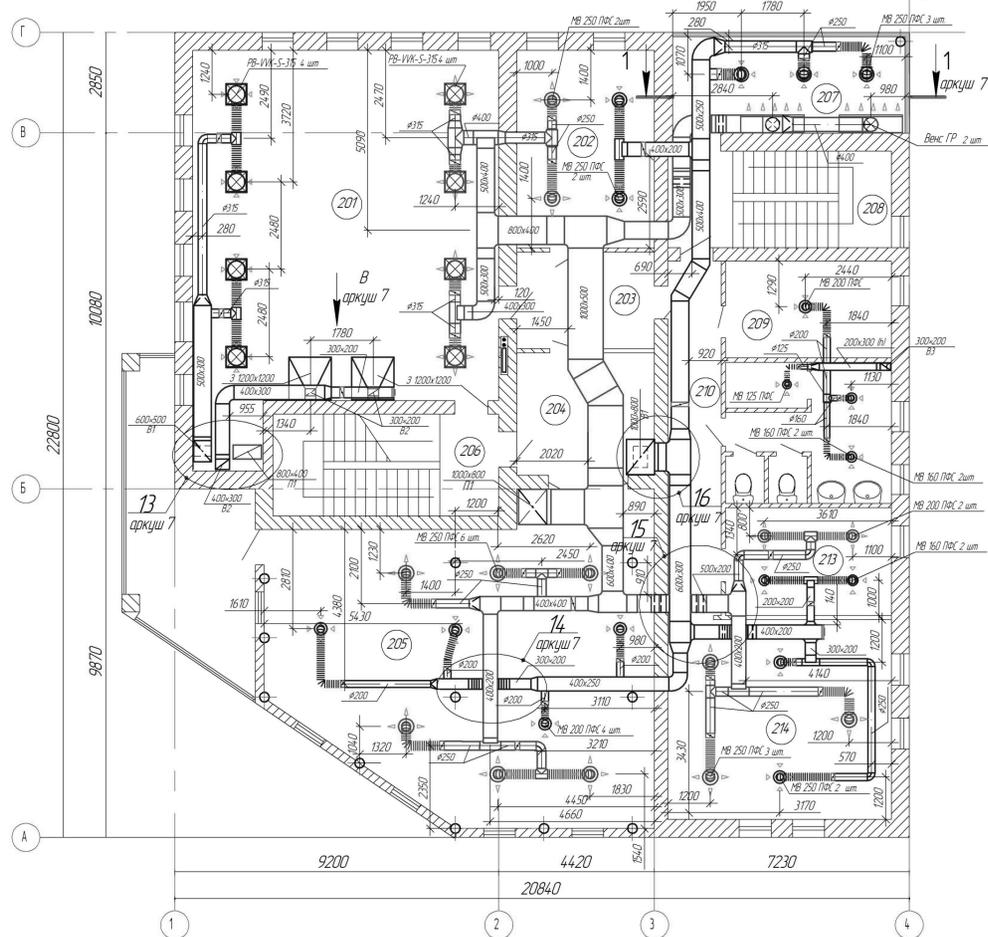
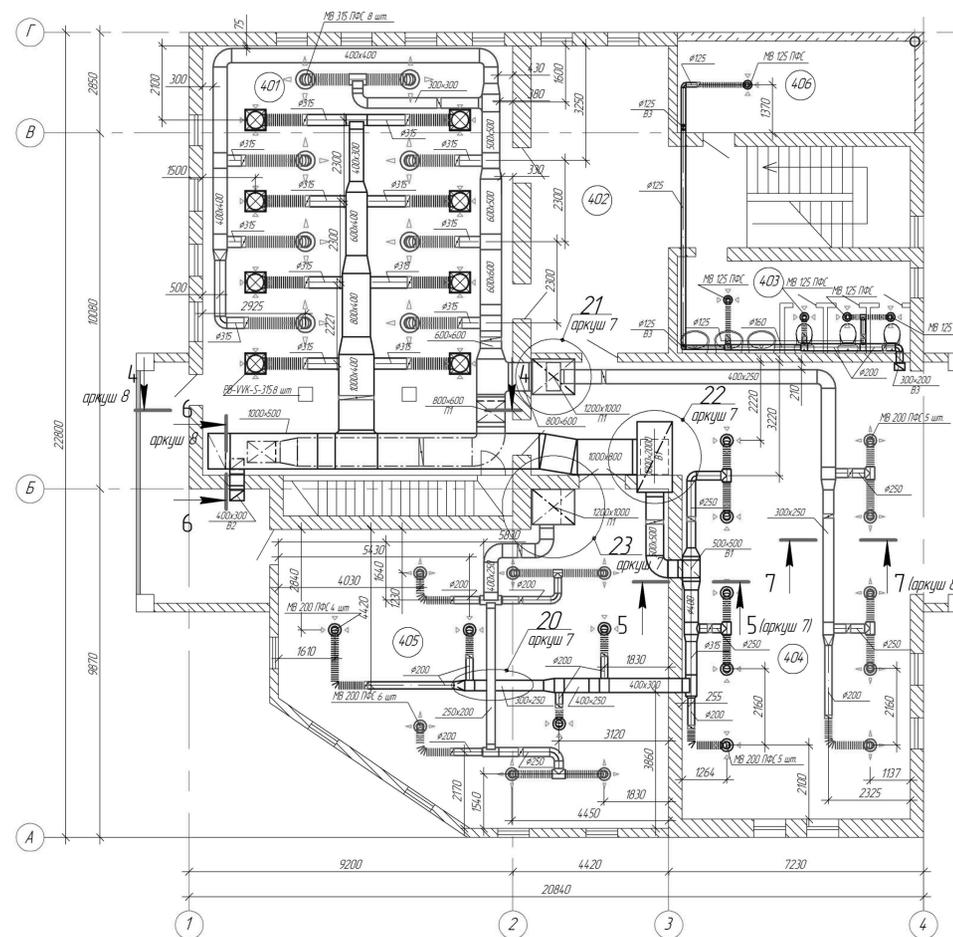
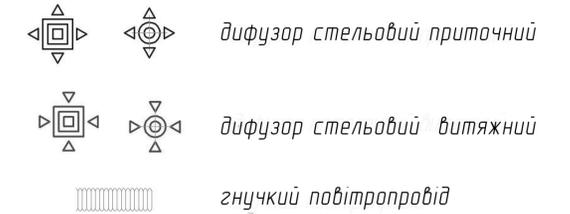


Схема розміщення елементів системи вентиляції на плані четвертого поверху



Умовні позначення



Експлікація приміщень

№ приміщення	Найменування приміщення	Площа, м ²
Перший поверх		
101	Офісне приміщення №1	90,09
102a	Гардероб	11,75
102b	Коридор	25,61
103	Торгово-виставковий зал	88,21
104	Сходиноква клітка А	18,51
105	Гараж	65,27
106	Кімната охорони	9,78
107	Хол	18,03
108	Сходиноква клітка Б	17,38
109	Теплий пункт №1	17,37
110	Коридор	11,15
111	Вбиральня	5,39
112	Душова	4,3
		Всього: 376,6
Другий поверх		
201	Майстерня №1	90,09
202	Офісне приміщення №2	23,51
203	Коридор	6,23
204	Приміщення	16,39
205	Офісне приміщення №3	88,27
206	Сходиноква клітка А	18,51
207	Кімната відпочинку	18,03
208	Сходиноква клітка Б	17,37
209	Складське приміщення	12,92
210	Коридор	15,17
211	Вбиральня	16,03
212	Душова	2,6
213	Кухня-їдальня	14,37
214	Кімната відпочинку	35,85
		Всього: 375,31
Третій поверх		
301	Майстерня №2	90,09
302	Коридор	23,51
303	Офісне приміщення №4	6,23
304	Сходиноква клітка Б	17,37
305	Майстерня №3	88,82
306	Сходиноква клітка А	18,51
307	Теплий пункт №2	12,92
308	Офісне приміщення №4	18,82
309	Коридор	29,91
310	Офісне приміщення №5	35,85
		Всього: 377,4
Четвертий поверх		
401	Конференц-зала	116,36
402	Вестибюль	56,4
403	Вбиральня	19,8
404	Конструкторський відділ	102,89
405	Відділ дизайну	88,25
406	Сховище	17,47
		Всього: 401,17

Схема розміщення елементів системи вентиляції на плані першого поверху

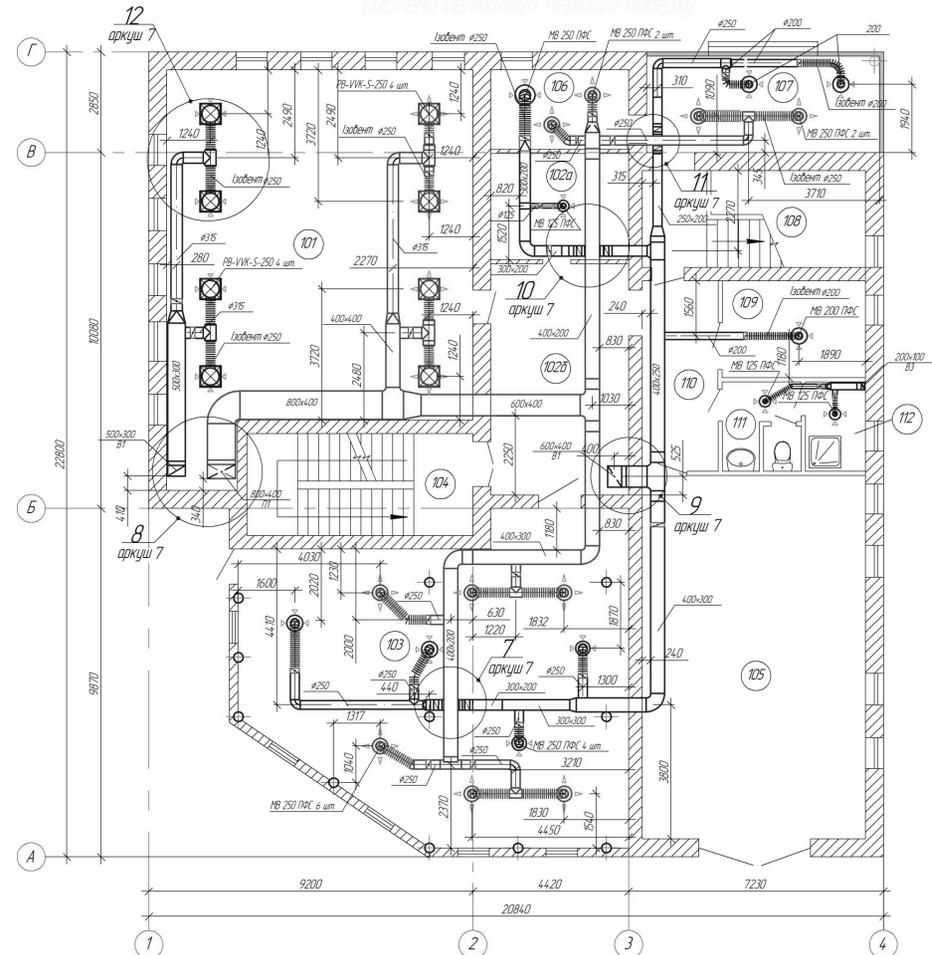
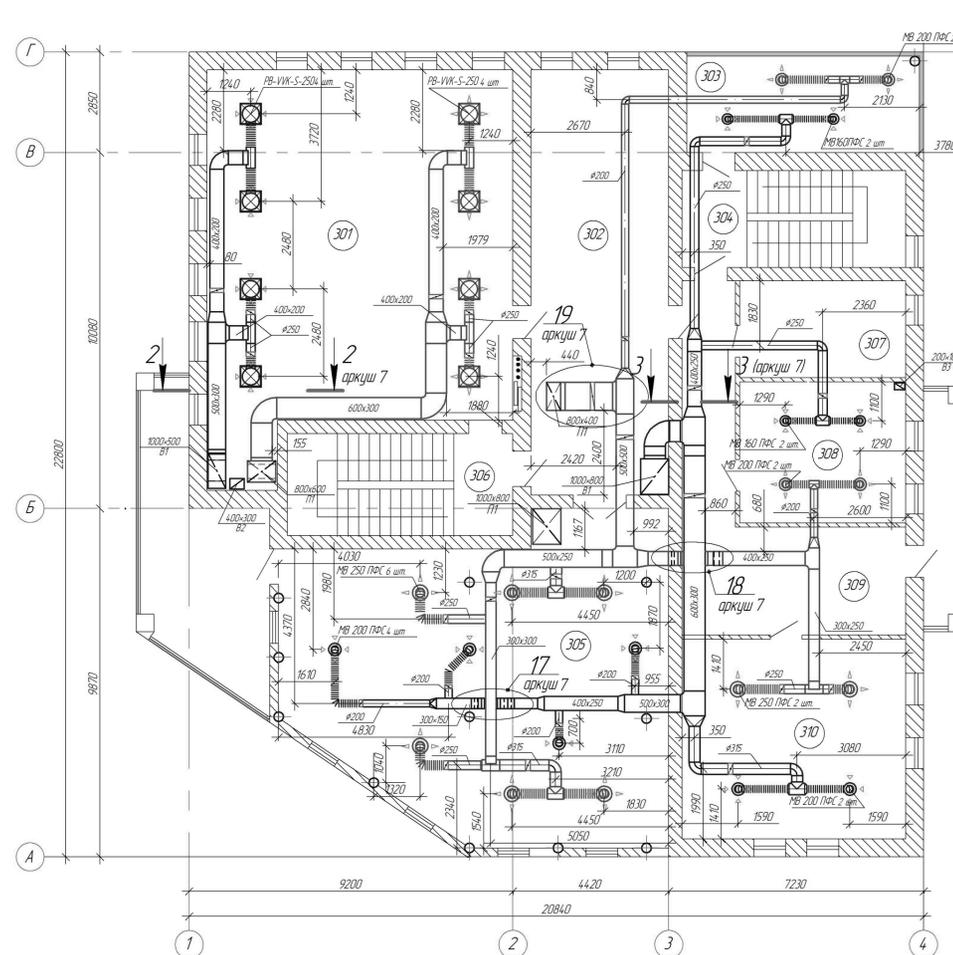


Схема розміщення елементів системи вентиляції на плані третього поверху



08-13.МКР.004.01.000 ОВ					
Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва					
Зм.	Кляч.	Аркш.	Прок.	Підп.	Дата
Розрабий	Мельник О.В.				06.2025
Керівник	Авдіянська О.				06.2025
				Станд.	Аркш.
				МКР	1
				Аркш.	9
Н.Контроль Лажкевич О.В. 06.2025 Опанент Кучеренко Л.В. 06.2025 Затверд. Ратичник Г.С. 06.2025					
Система вентиляції Схема розміщення елементів системи вентиляції на планах першого, другого, третього і четвертого поверхів, експлікація приміщень					
ВНТУ, ТГ-23мз					

Схема розміщення елементів системи кондиціонування на плані другого поверху

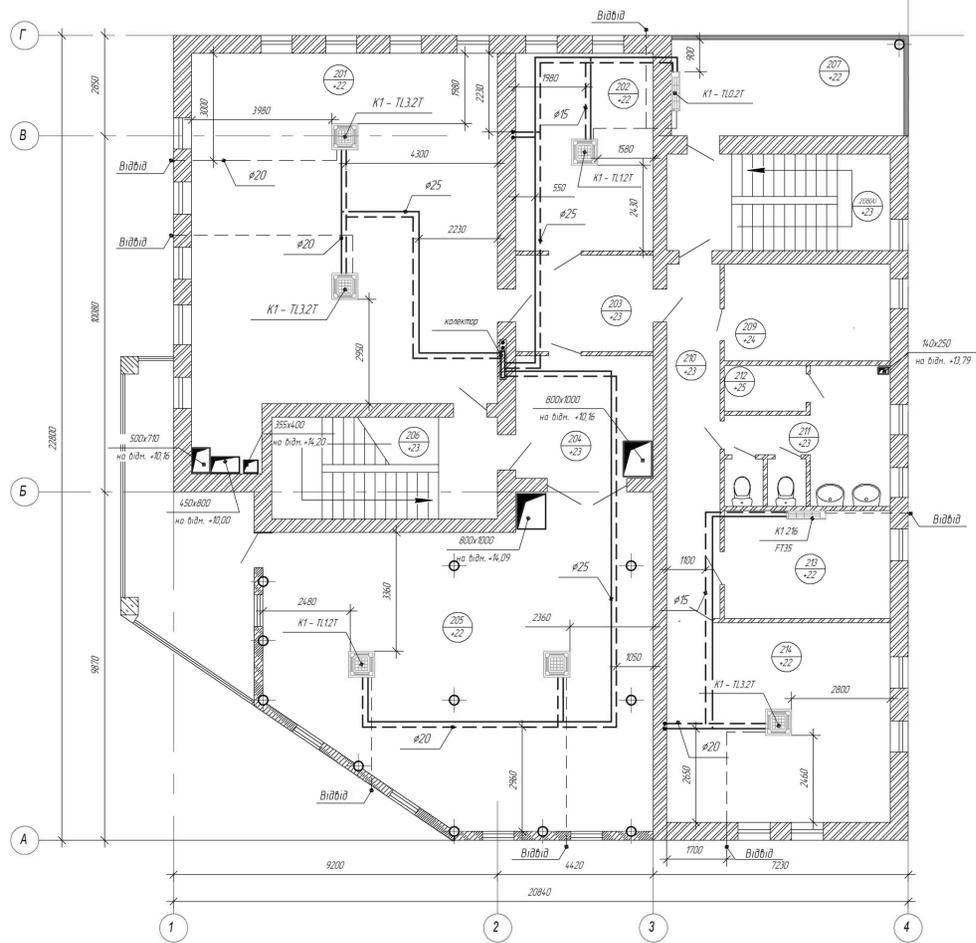


Схема розміщення елементів системи кондиціонування на плані четвертого поверху

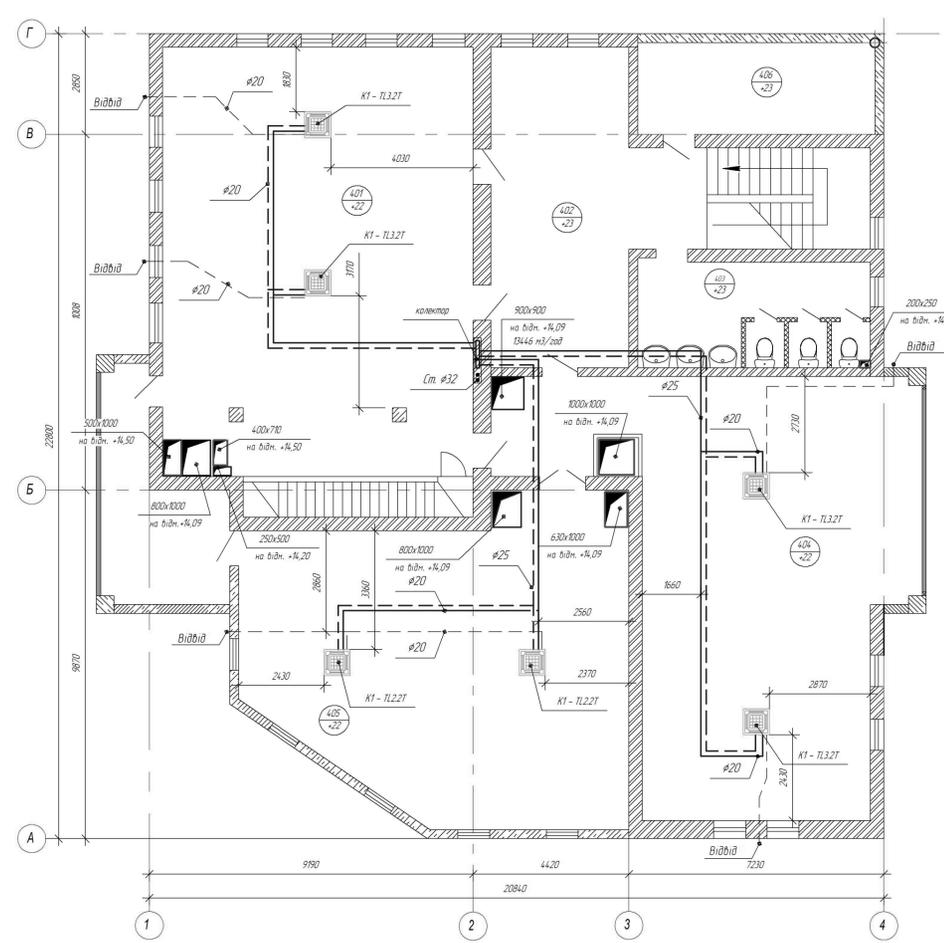


Схема розміщення елементів системи кондиціонування на плані першого поверху

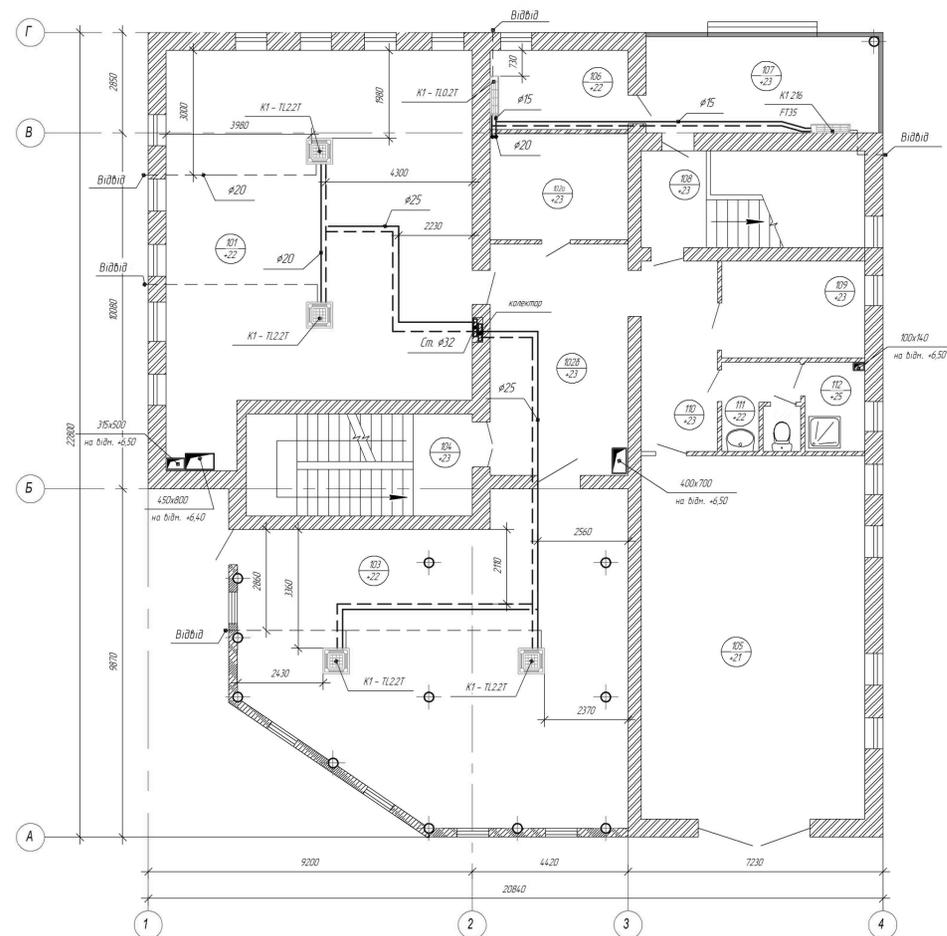
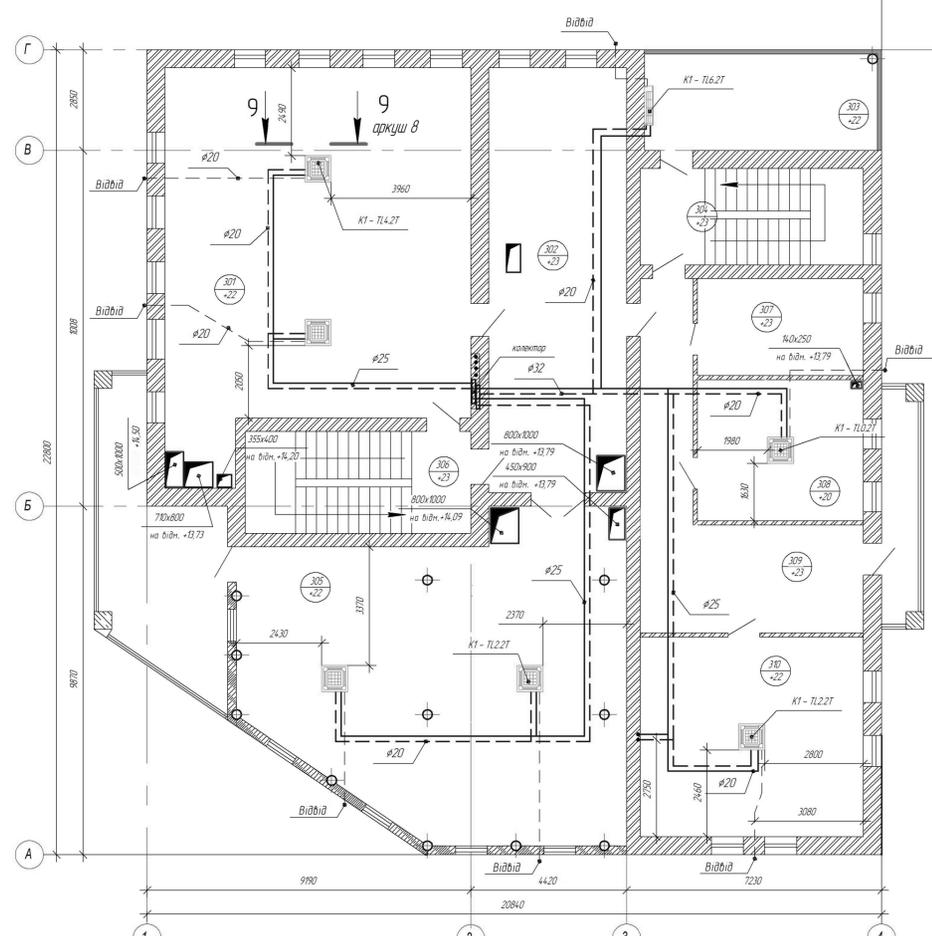


Схема розміщення елементів системи кондиціонування на плані третього поверху



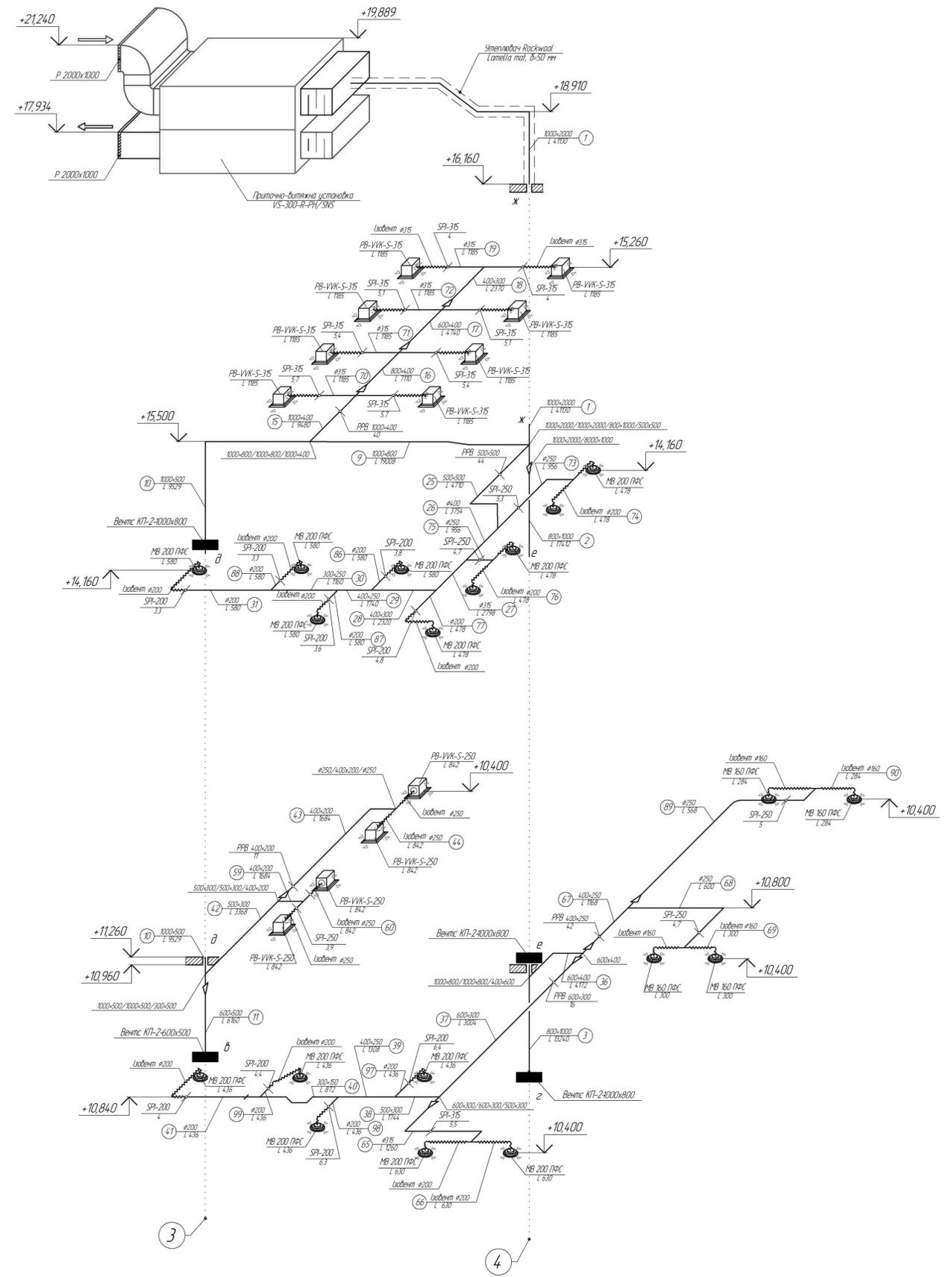
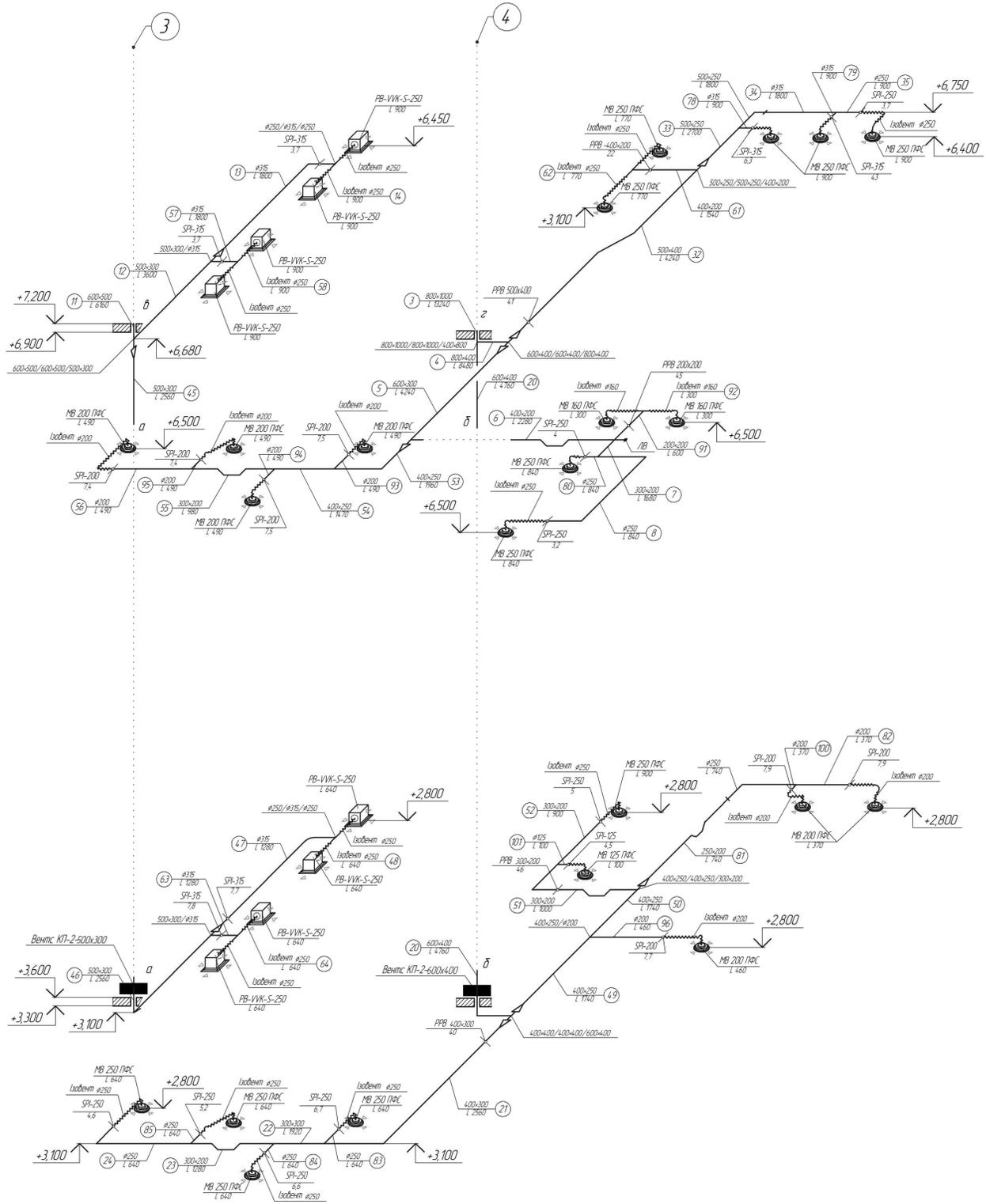
Умовні позначення

-  траса холодоносія
-  блок внутрішній настінного типу
-  блок внутрішній касетного типу
-  конденсатопровід

08-13.МКР.004.02.000 ОВ					
Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва					
Зм.	Квал.	Арх.	Проек.	Підп.	Дата
Розробив	Мельник О.В.	Арх.	Мельник О.В.	Проек.	06.2025
Керівник	Воловська О.	Арх.	Воловська О.	Проек.	06.2025
Н.Контроль	Лажкевич О.В.	Арх.	Лажкевич О.В.	Проек.	06.2025
Опонував	Кучеренко П.В.	Арх.	Кучеренко П.В.	Проек.	06.2025
Затверд.	Ратичанка П.С.	Арх.	Ратичанка П.С.	Проек.	06.2025
Схема розміщення елементів системи кондиціонування на планах першого, другого, третього і четвертого поверхів				МКР	2
				ВНТУ	ТГ-23мз

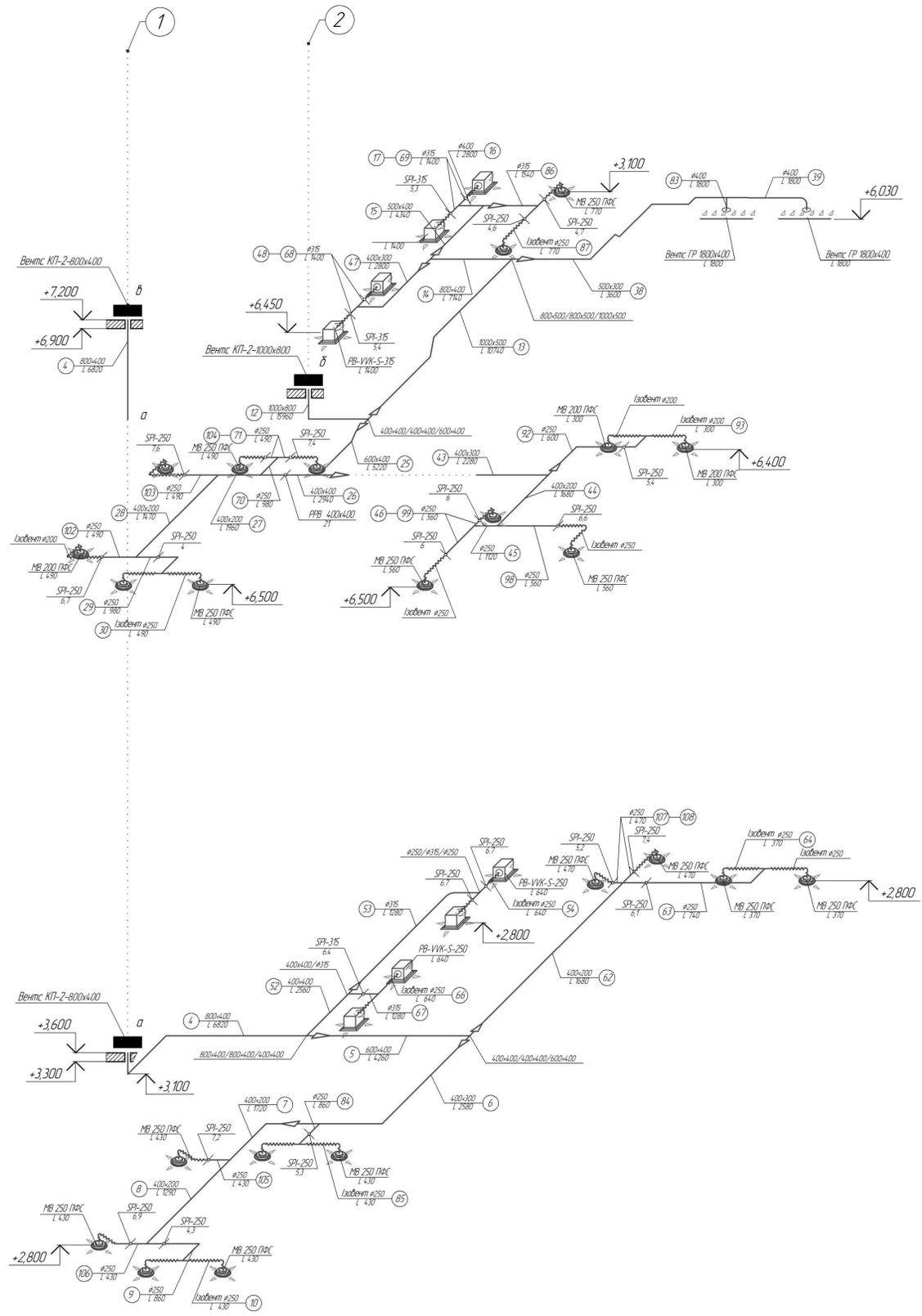
Аксонетрична схема В1 (1-2 поверх)

Аксонетрична схема В1 (3-4 поверх)

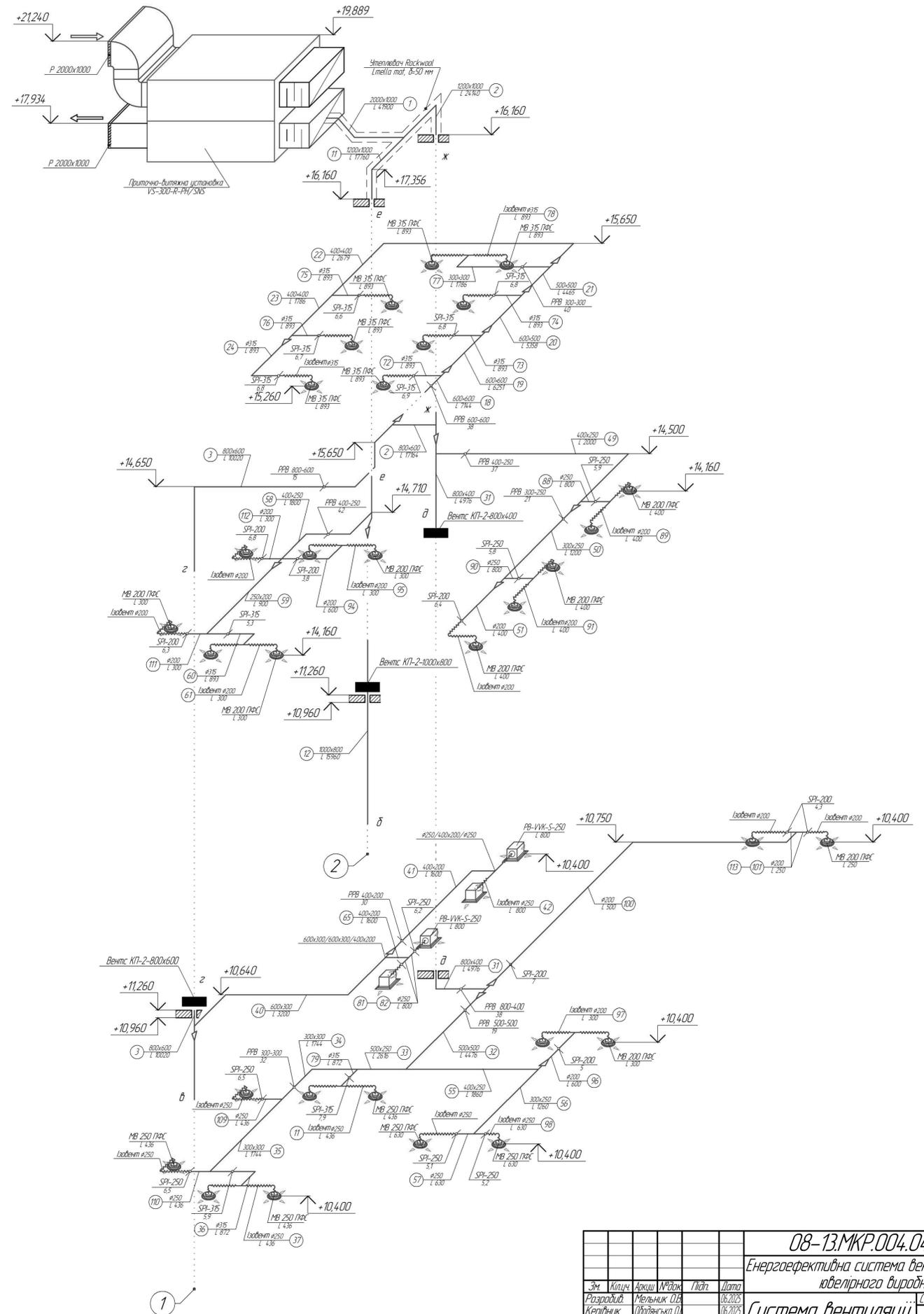


08-13.МКР.004.03.000 ОВ					
Енергоєфективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва					
Зм.	Клишч.	Архив	Проек.	Підп.	Дата
Розробий	Мельник О.В.				06.2025
Керівник	Авдіянська О.				06.2025
Н.Контроль	Панкевич О.І.				06.2025
Опонує	Кучеренко Л.В.				06.2025
Затверд.	Ратичак Г.І.				06.2025
Система вентиляції				Старий	Архив
Аксонетрична схема В1				МКР	3 9
ВНТУ, ТГ-23мз					

Аксонетрична схема П1 (1-2 поверх)

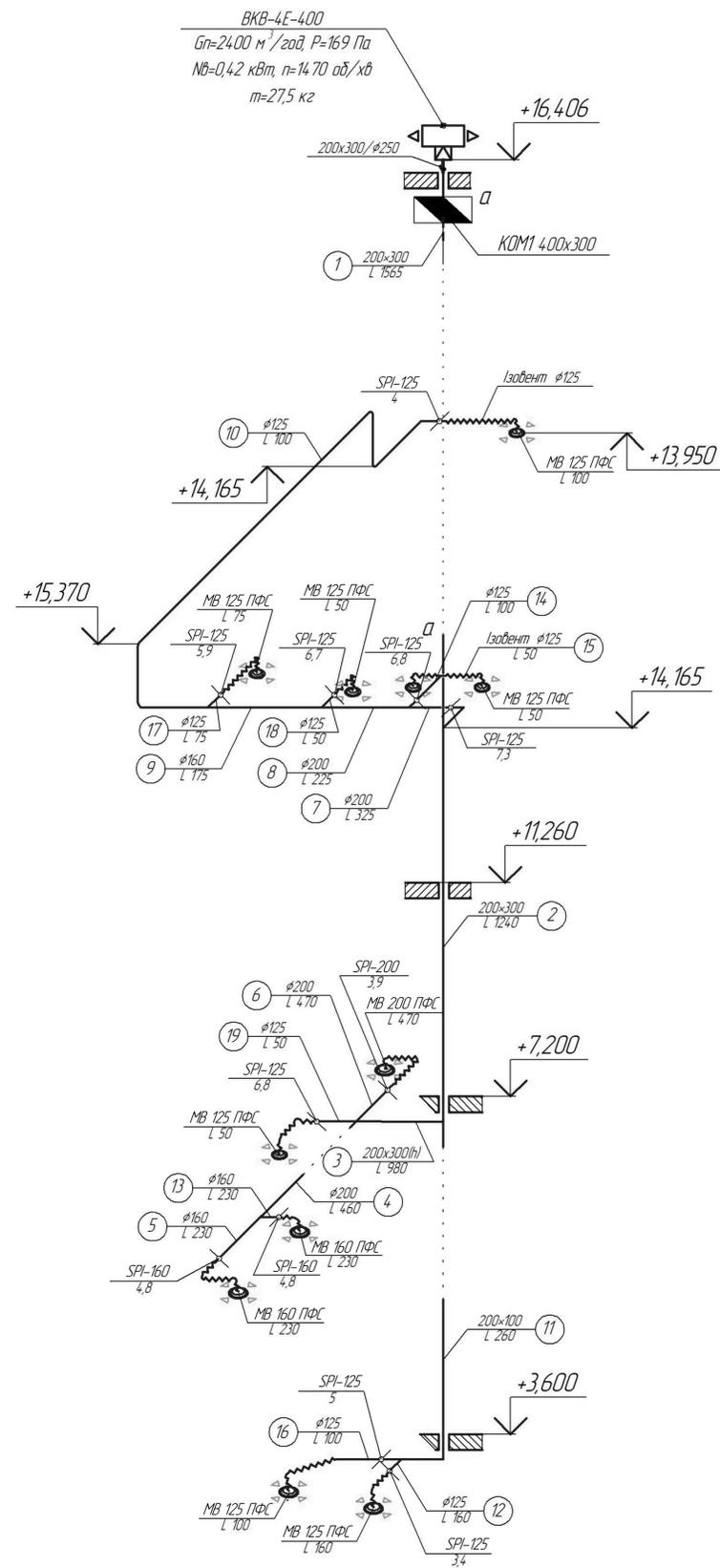


Аксонетрична схема П1 (3-4 поверх)

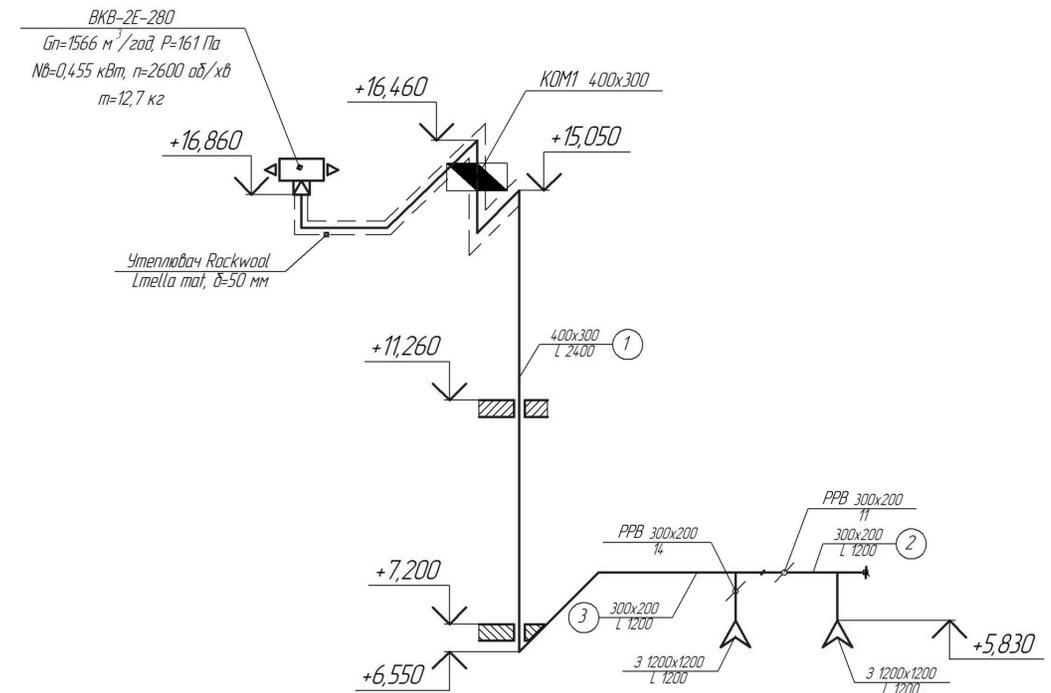


08-13.МКР.004.04.000 ОВ					
Енергоєфективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва					
Зм.	Клишч.	Архив	Проек.	Підп.	Дата
Разрабодий	Мельник О.В.				06.2025
Керівник	Авдьянська О.				06.2025
Н.Контроль	Панкевич О.А.				06.2025
Опонамент	Кучеренко Л.В.				06.2025
Затверд.	Ратичник Г.А.				06.2025
Система вентиляції				Стандія	Архив
Аксонетрична схема П1				МКР	4 9
ВНТУ, ТГ-23мз					

Аксонетрична схема В2

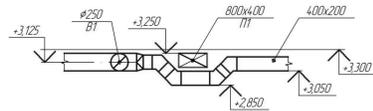


Аксонетрична схема В3

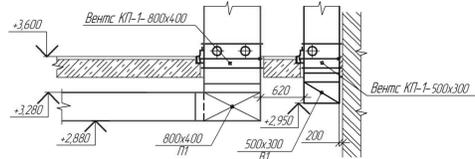


08-13.МКР.004.05.000 ОВ							
Енергоефективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва							
Зм.	Кільч.	Архив	Продж	Підп.	Дата		
Розробий	Мельник О.В.				06.2025		
Керівник	Авдьянська О.				06.2025		
Н. Контроль	Ланкевич О.Д.				06.2025		
Опонамент	Кучеренко Л.В.				06.2025		
Затверд.	Ратичняк Г.С.				06.2025		
Система вентиляції					Стандія	Архив	Архив
Аксонетричні схеми В2 і В3					МКР	5	9
					ВНТУ, ТГ-23мз		

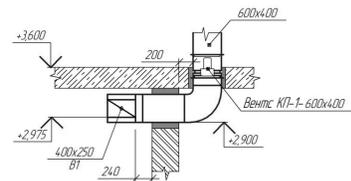
Вузол 7 (аркуш 1)



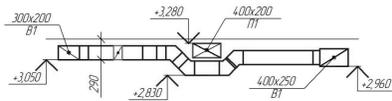
Вузол 8 (аркуш 1)



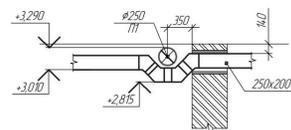
Вузол 9 (аркуш 1)



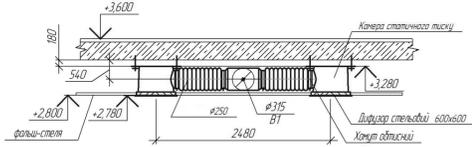
Вузол 10 (аркуш 1)



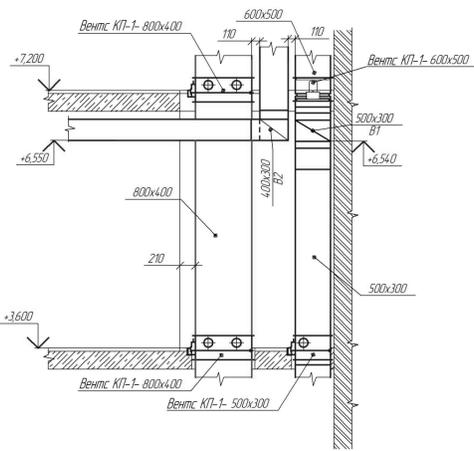
Вузол 11 (аркуш 1)



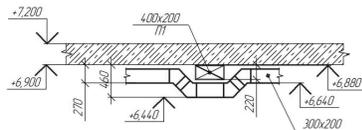
Вузол 12 (аркуш 1)



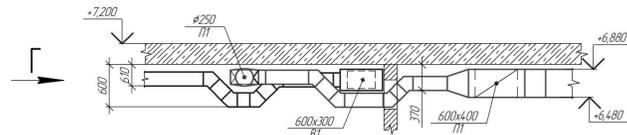
Вузол 13 (аркуш 1)



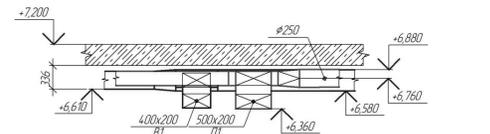
Вузол 14 (аркуш 1)



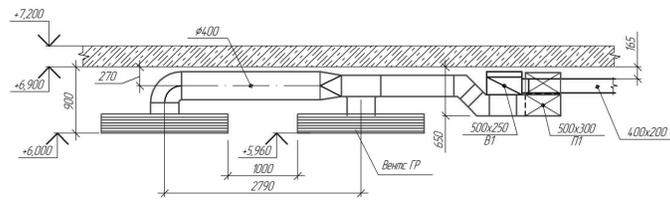
Вузол 15 (аркуш 1)



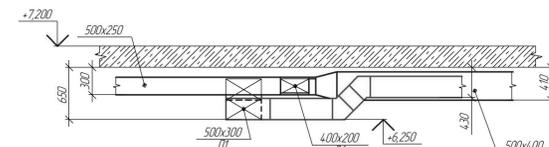
Вид Г (вузол 15)



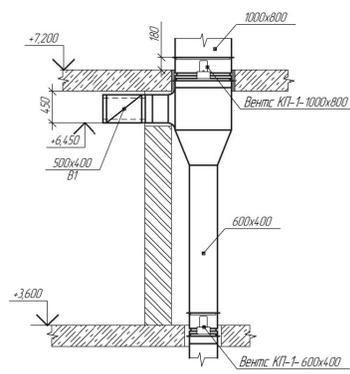
Переріз 1-1 (аркуш 1)



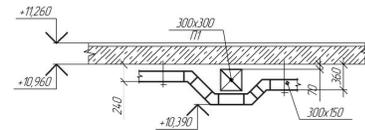
Вид Д (переріз 1-1)



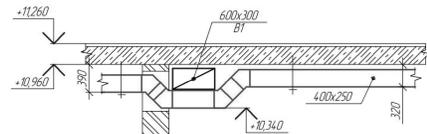
Вузол 16 (аркуш 1)



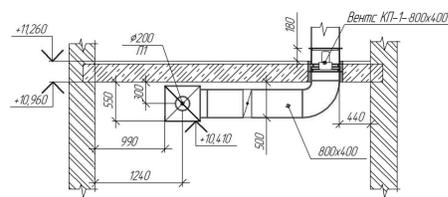
Вузол 17 (аркуш 1)



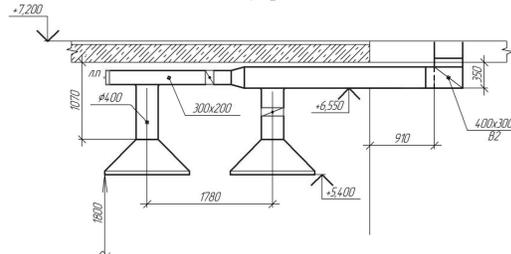
Вузол 18 (аркуш 1)



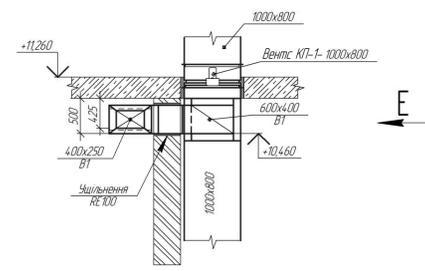
Вузол 19 (аркуш 1)



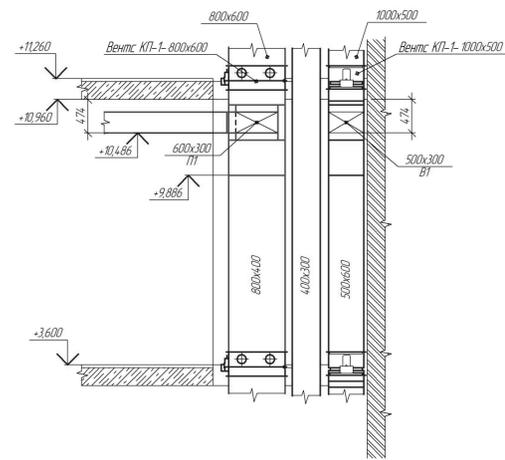
Вид В (аркуш 1)



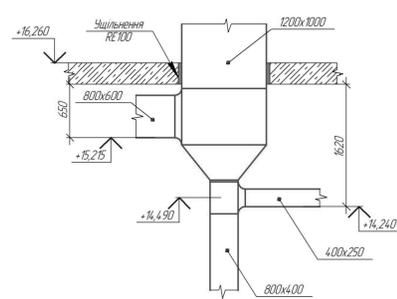
Переріз 3-3 (аркуш 1)



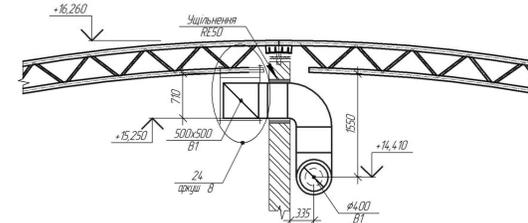
Переріз 2-2 (аркуш 1)



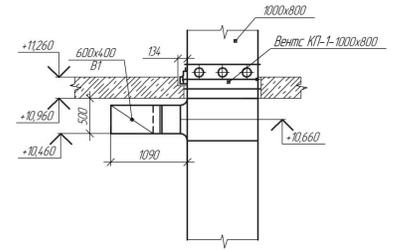
Вузол 21 (аркуш 1)



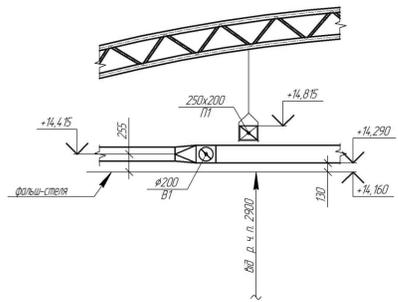
Переріз 5-5 (аркуш 1)



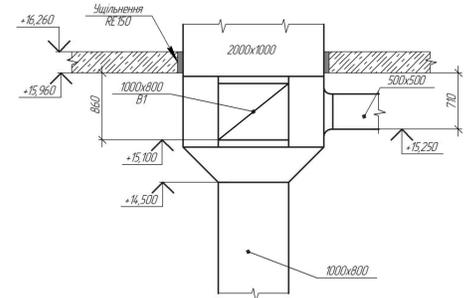
Вид Е (переріз 3-3)



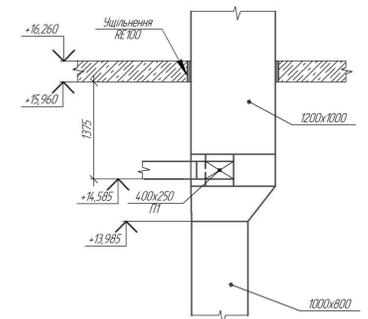
Вузол 20 (аркуш 1)



Вузол 22 (аркуш 1)

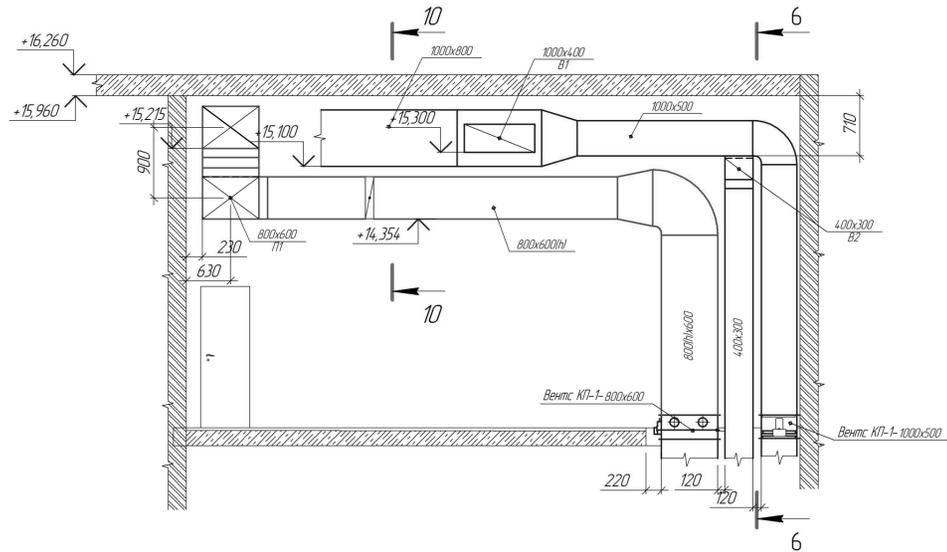


Вузол 23 (аркуш 1)

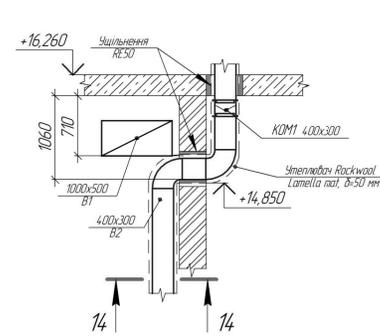


08-13.МКР.004.07.000 ОВ					
Енергоєфективна система вентиляції приміщень					
ідеального виробництва					
Зм.	Ключі	Аркуш	Місяць	Ліній	Дата
Розробив	Мельник О.В.				06.2025
Керівник	Овдованська О.				06.2025
Н.Контроль	Панкевич О.В.				06.2025
Оптиміст	Кучеренко Л.В.				06.2025
Затверд.	Рящук Г.І.				06.2025
Система вентиляції				Стадія	Аркуш
МКР				7	9
Монтажні вузли 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, перерізи				ВНТУ, ТГ-23мэ	
F-1, 2-2, 3-3, 5-5, вид Г, вид В, вид Д, вид					

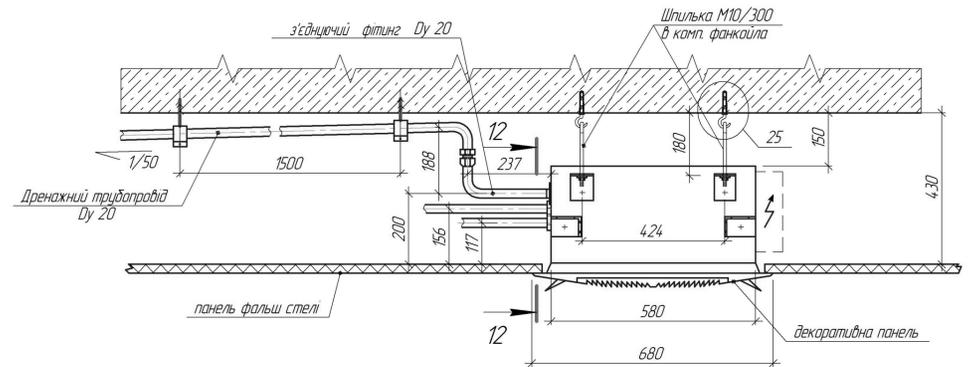
Переріз 4-4 (аркуш 1)



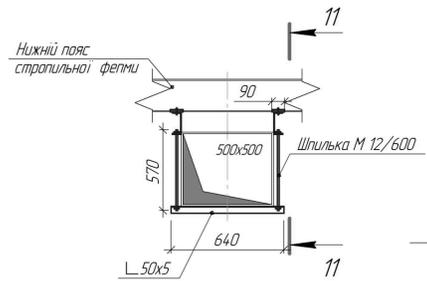
Переріз 6-6 (переріз 4-4)



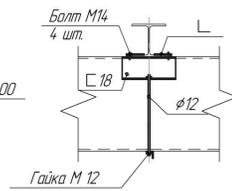
Переріз 9-9 (аркуш 2)



Вузол 24 (переріз 5-5, аркуш 7)

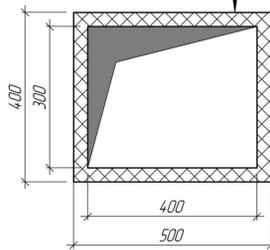


Переріз 11-11 (вузол 24)

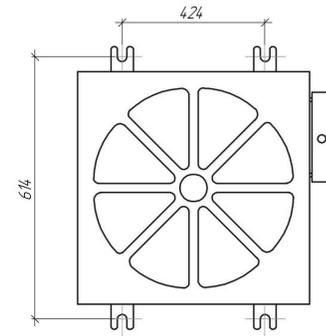
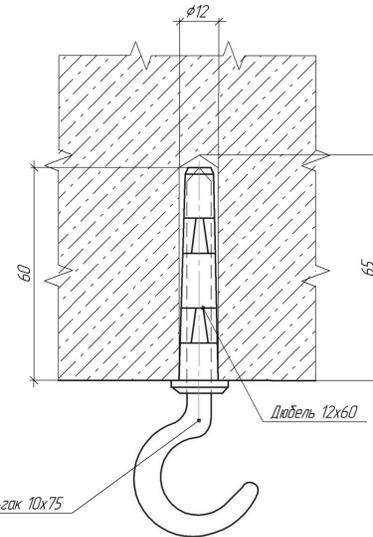


Переріз 14-14 (переріз 6-6)

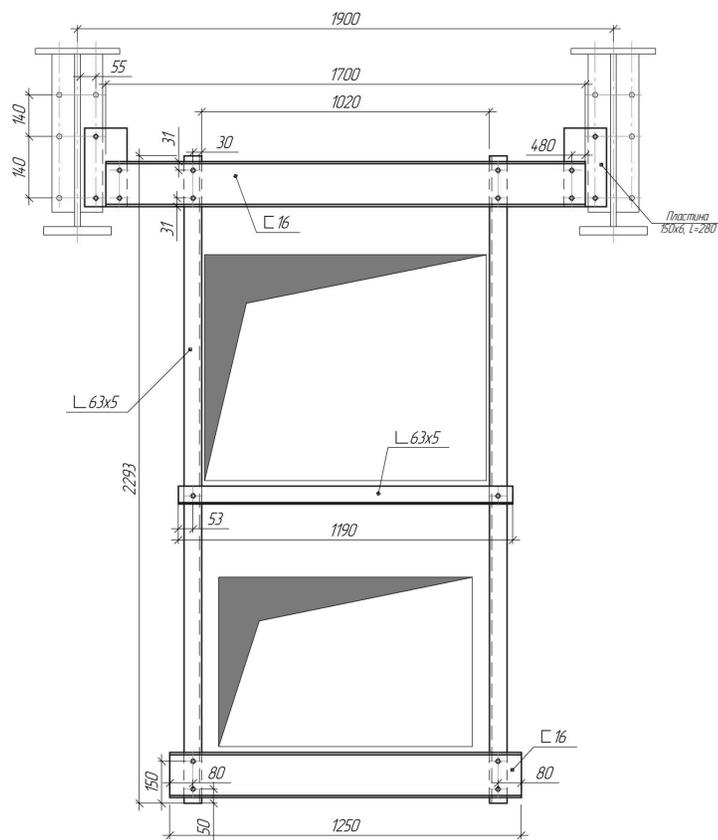
Утеплювач Lamella mat (Rockwool), δ=50 мм.
Оцинкований підтропровід клас ТТ, δ=0,7 мм.



Вузол 25 (переріз 9-9)

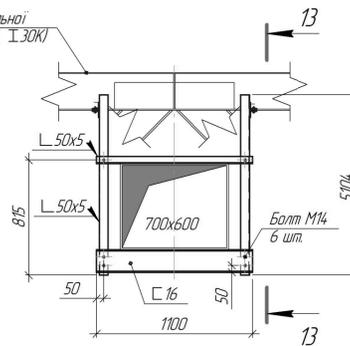


Переріз 10-10 (переріз 4)

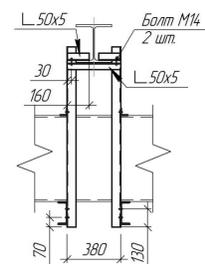


Переріз 7-7 (аркуш 1)

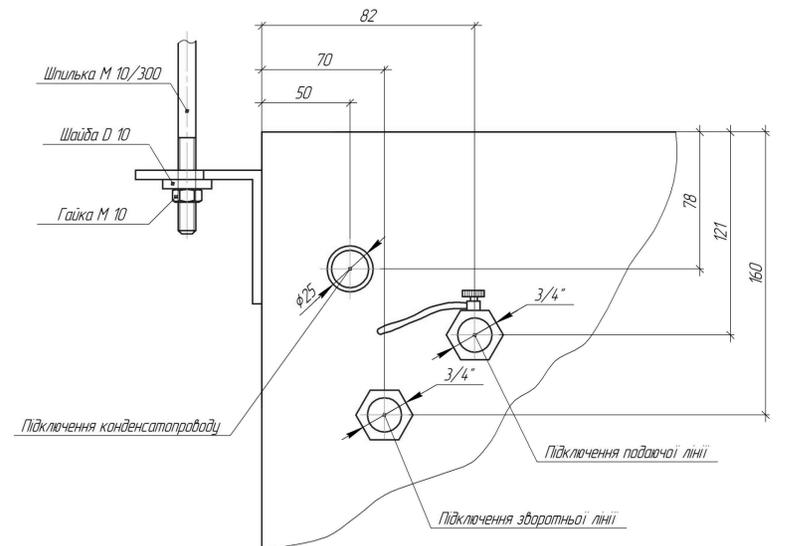
Верхній пояс стропильної ферми (І.20К, І.26К, І.30К)



Переріз 13-13 (переріз 7-7)



Переріз 12-12 (переріз 9-9)



						08-13.МКР.004.08.000.08			
						Енергоєфективна система вентиляції приміщень ювелірного виробництва			
Зм.	Кваліф.	Аркуш	№ аркуш	Підп.	Дата	Система вентиляції	Стаття	Аркуш	Аркушів
Розробив	Мельник О.В.				06.2025		МКР	8	9
Керівник	Авдьянська О.				06.2025				
Н.Контроль	Ланкевич О.Д.				06.2025	Монтажні вузли 24, 25, перерізи 4-6, 7-9, 10-11, 12-14			
Опонавент	Кучеренко Л.В.				06.2025				
Затверд.	Ратичняк Г.С.				06.2025	ВНТУ, ТГ-23мз			

