

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

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ
ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ»**

Виконав здобувач 4 курсу, групи СМ-216
спеціальності 192«Будівництво та
цивільна інженерія»



Печенюк П. С.
(прізвище та ініціали)

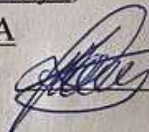
Керівник канд.техн.наук,
доцент кафедри ІСБ



Панкевич О. Д.
(прізвище та ініціали)
2025 р.

«14»

Рецензент канд. техн. наук,
доцент кафедри БМГА



Рябенко О. В.
(прізвище та ініціали)
2025р.

«__»

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІСБ

канд. техн. наук, проф. Ратушняк Г. С.

«17»



2025р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Енергоефективні системи створення мікроклімату будівель»



ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вітюка Валерія Павловича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ
керівник роботи Панкевич О. Д., к.т.н., доцент кафедри ІСБ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2025 №97

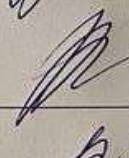
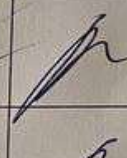
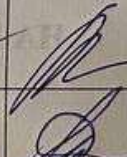
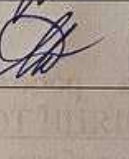
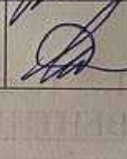
2. Строк подання студентом роботи 03. 06. 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні креслення - плани типових поверхів, конструктивні рішення зовнішніх огорожувальних конструкцій, кліматичні та географічні умови району: м. Київ. Тип будівлі: громадська (торговельно-офісний центр).

4. Зміст тестової частини: Вступ, аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування систем опалення та вентиляції торговельно-офісного центру, особливості забезпечення вентиляції торговельного центру та аналіз нормативної бази проектування систем вентиляції, аналітичний огляд основних типів систем вентиляції громадських будівель, обґрунтування технічних рішень системи опалення та вентиляції, розрахунок теплонаходжень у приміщення, визначення необхідного повітрообміну, моделювання аеродинамічного режиму системи вентиляції обґрунтування та вибір обладнання системи вентиляції, моделювання гідралічного режиму системи опалення обґрунтування та вибір обладнання системи опалення, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень систем опалення та вентиляції, розрахунок трудомісткості виконуваних робіт, підбір робітників, розроблення календарного плану та графіків виконуваних заготівельних і будівельно-монтажних робіт, охорона праці, додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема розміщення елементів систем вентиляції на плані першого, типового та останнього поверхів, схема розміщення елементів системи опалення на плані першого, типового та останнього поверхів, аксонометричні схеми припливно-витяжних систем вентиляції, календарний графік виконання робіт

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд та аналіз систем забезпечення мікроклімату у торгівельно-офісних будівлях	Панкевич О. Д. к.т.н., доцент каф. ІСБ		
Проектні рішення систем забезпечення мікроклімату приміщень	Панкевич О. Д. к.т.н., доцент каф. ІСБ		
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	Панкевич О. Д. к.т.н., доцент каф. ІСБ		
Охорона праці	Кобилянська І. М. к.пед.н., доцент каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 21.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів (роботи)	Примітка
1	Складання технічного завдання та вступу до БКР	11.03.2025	виконано
2	Аналітичний огляд та аналіз систем забезпечення мікроклімату у торгівельно-офісних будівлях	15.04.2025	виконано
3	Проектні рішення систем забезпечення мікроклімату приміщень	19.05.2025	виконано
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	27.05.2025	виконано
5	Охорона праці	02.06.2025	виконано
6	Оформлення графічної частини	02.06.2025	виконано
7	Попередній захист	03.06.2025	виконано
8	Виправлення зауважень	13.06.2025	виконано
9	Відгук рецензента	17.06.2025	виконано
10	Захист БКР	19.06.2025	виконано

Здобувач 

Керівник роботи 

Печенюк П. С.
(прізвище та ініціали)

Панкевич О. Д.

АНОТАЦІЯ

УДК 697.92

Печенюк П. С. Енергоефективна система опалення та вентиляції торговельно-офісного центру. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма – Енергоефективні системи створення мікроклімату будівель. Вінниця: ВНТУ, 2025, 73с.

На укр. мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.2; табл. 23.

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів: аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування системи вентиляції торговельного центру, розробка технічних пропозицій системи опалення та вентиляції торговельно-офісного центру, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, охорона праці. Графічна частина містить плани поверхів з нанесенням елементів систем опалення та вентиляції, аксонометричні схеми, календарні плани з графіком руху робітників та графіком руху машин і механізмів.

Графічна частина складається з 10 креслень.

Ключові слова: вентиляція, опалення, тепла підлога, рекуперація, енергоефективність, торговельні приміщення, офісні приміщення, торговельно-офісний центр, громадські будівлі.

ABSTRACT

Pechenyuk P. WITH. Energy-efficient heating and ventilation system of a trade and office center. Bachelor's thesis on specialty 192 - Construction and civil engineering, educational and professional program - Energy-efficient systems for creating a building microclimate. Vinnytsia: VNTU, 2025, 73 p.

In Ukrainian. Bibliography: 23 titles; Fig. 2; Table. 23.

The bachelor's qualification work consists of four sections: analytical review and feasibility study of the ventilation system of a shopping center, development of technical proposals for the heating and ventilation system of a shopping and office center, organizational and technological support for the implementation of design solutions, labor protection. The graphic part contains surface plans with the application of elements of heating and ventilation systems, axonometric diagrams, calendar plans with a schedule of worker movement and a schedule of movement of machines and mechanisms.

The graphic part consists of 10 drawings.

Keywords: ventilation, recovery, energy efficiency, retail premises, shopping center, public buildings.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ У ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНИХ БУДІВЛЯХ.....	10
1.1 Особливості забезпечення вентиляції та опалення торговельно- офісного центру	10
1.2 Аналітичний огляд основних способів підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції громадських будівель	13
1.3 Вибір оптимального рішення системи вентиляції торговельно- офісного центру.....	17
1.4 Техніко-економічне обґрунтування вибраного рішення.....	18
1.5 Основні положення з організації будівництва.....	19
1.6 Висновок до розділу 1.....	20
2 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ.....	21
2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкта проєктування.....	22
2.2 Обґрунтування теплоізоляційної оболонки будівлі.....	22
2.3 Розрахунок тепловтрат.....	25
2.4 Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	28
2.5 Розрахунок теплонадходжень у приміщення торговельного центру.....	22
2.6 Організація та розрахунок повітрообміну приміщень.....	27
2.7 Повітряний баланс приміщень.....	29
2.8 Аеродинамічний розрахунок повітропроводів	31
2.8.1 Підбір припливно-витяжних установок з рекуператором.....	33
2.7 Висновок до розділу 2.....	33
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	34
3.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкта.....	35
3.2 Підготовка об'єкта до монтажних робіт.....	35

3.3	Визначення кількісних показників основних матеріалів, виробів, будівельних машин та енергетичних ресурсів.....	37
3.3.1	Склад і об'єми робіт.....	37
3.4	Вибір і обґрунтування методів виконання робіт.....	39
3.4.1	Підбір машин, механізмів, пристосувань.....	39
3.4.2	Підбір інструментів та допоміжного обладнання.....	40
3.5	Засоби кріплення системи вентиляції.....	40
3.6	Визначення потреб у матеріально-технічних ресурсах.....	41
3.7	Витрати на паливні та енергетичні ресурси.....	42
3.8	Визначення трудомісткості робіт.....	45
3.10	Техніко-економічні показники.....	45
3.9	Висновок до розділу 3.....	46
4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	48
4.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	54
4.2.1	Мікроклімат.....	55
4.2.2	Склад повітря робочої зони.....	56
4.2.3	Виробниче освітлення.....	57
4.2.4	Виробничий шум.....	58
4.2.5	Виробничі вібрації.....	59
4.2.6	Технічні рішення з пожежної безпеки.....	60
4.3	Висновок до розділу 4.....	63
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
	ДОДАТКИ.....	66
	Додаток А Технічне завдання (обов'язковий)	67
	Додаток Б Висновок про перевірку БКР на плагіат (обов'язковий)	71
	Додаток В Специфікація обладнання.....	72

ВСТУП

У даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено проєктне рішення систем опалення та вентиляції торговельно-офісного центру з урахуванням енергоефективних тенденцій та технологій.

Актуальність теми. В умовах зростання вартості енергоресурсів та посилення екологічних вимог, проєктування енергоефективних систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК) для громадських будівель набуває особливої актуальності. Сучасні торговельно-офісні центри характеризуються значним енергоспоживанням, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних технічних рішень для оптимізації мікроклімату та зменшення експлуатаційних витрат. Удосконалення методів проєктування та модернізації інженерних систем з урахуванням енергозберігаючих технологій є важливим напрямом розвитку будівельної галузі відповідно до сучасних вимог сталого розвитку.

Таким чином, розробка проєкту системи опалення та вентиляції з урахуванням діючих будівельних, санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог є важливою і затребуваною складовою комплексного проєктування сучасних торговельно-офісних споруд.

Мета й завдання роботи полягає у розробці проєктних рішень з модернізації систем опалення та вентиляції торговельно-офісного центру на основі впровадження енергоефективних технологій з урахуванням нормативних вимог, експлуатаційних характеристик та економічної доцільності.

Досягнення поставленої мети передбачає виконання таких **завдань**:

1. Аналіз існуючих систем ОВК торговельно-офісного центру та оцінка їх відповідності чинним нормативним вимогам (ДБН, санітарні норми).
2. Розробка проєктних рішень із впровадження низькотемпературного опалення та систем рекуперації тепла.

3. Проектування інтеграції теплових насосів у існуючі інженерні системи будівлі.

4. Розробка концепції автоматизованої системи управління (BMS) для оптимізації роботи інженерного обладнання.

Об'єкт дослідження: системи опалення та вентиляції повітря торговельно-офісного центру.

Предмет дослідження: аеродинамічні процеси в системах опалення та вентиляції торговельно-офісного центру.

Методи дослідження. В роботі використовувались експериментально-аналітичні методи дослідження за обраною темою дослідження, аналіз зібраних даних (перший розділ роботи); моделювання та прогнозування (другий розділ роботи).

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні положення і результати досліджень доповідалися й обговорювалися на LIV науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ 2025.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ У ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНИХ БУДІВЛЯХ

1.1 Особливості забезпечення вентиляції та опалення торгівельно-офісного центру

Питання забезпечення раціонального мікроклімату в будівлях торговельно- офісних центрів в Україні регламентується як санітарними, так і будівельними нормами. В основі обох гілок лежить принцип захисту здоров'я працівників і відвідувачів від теплового дискомфорту, підтримки оптимального рівня вологості та якості повітря, а також мінімізації енергетичних витрат на обігрів і вентиляцію. Базовим документом, що визначає параметри внутрішнього повітряного середовища офісних та торговельних приміщень є «Санітарні норми і правила роботи з комп'ютерною технікою» [1], а також ДБН В.2.2-12:2018 «Будівлі адміністративні» [2] і ДБН В.2.5- 67:2013 «Системи вентиляції. Основні положення»[3], які корелюють із європейськими стандартами EN 15251 та ISO 7730 щодо категорії «А».

Для підвищення енергоефективності будівлі виконавчі механізми та контролери встановлюються в місцях, зручних для обслуговування, з забезпеченням електроживлення та можливості комунікації з центральною системою управління. Після завершення монтажу система опалення підлягає гідравлічним випробуванням на герметичність та міцність. Наладка системи ґрунтується на енергетичному балансі організму працівника з урахуванням його фізичної активності (статичні офісні навантаження), одягу (зимовий/літній дрес- код) та інтенсивності використання електронного обладнання. У типовому офісі з низькою інтенсивністю руху (сидяча робота за комп'ютером) теплопродукція людини становить приблизно 70–80Вт, тому допустимі відхилення температури у зимовий період можуть бути трохи ширшими, ніж у приміщеннях із малорухомих

контингентом (наприклад, дошкільні заклади), але влітку витрати на кондиціонування потребують жорсткішого контролю, аби уникнути перевитрат енергії [4].

Таблиця 1.1 – Оптимальні параметри мікроклімату торгівельно-офісного центру

Приміщення	Холодний період, °C	Теплий період, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	CO ₂ , ppm
Офісні приміщення (open-space)	20– 22	23– 25	40 – 60	≤0,15(хол.), ≤0,25(тепл.)	≤1000
Приватні кабінети	20– 22	23– 25	40 – 60	≤0,10 /0,20	≤800
Конференц-зал	19– 21	22– 24	40 – 60	≤0,20 /0,30	≤1200
Лобі (торговельна зона)	18– 20	22– 24	40 – 65	≤0,25 /0,35	–
Технічні приміщення (серверна)	18– 20	20– 22	45 – 55	≤0,30 /0,40	–

Дані таблиці 1.1 відображають вимоги ДБНВ.2.2-12:2018 щодо офісної приміщень, де температура в зимовий період підтримується на рівні 20...22°C, а в літній – 23...25°C, із контролем вологості 40...60% і ліміту швидкості руху повітря, щоб виключити відчуття протягів . Концентрація CO₂ у приміщеннях не повинна перевищувати 1000 ppm для open-space та 800 ppm у кабінетах; для конференц-залів дозволяється до 1200 ppm при заповненні місць . Оптимізація вологості в межах 40...60 % виконує дві основні функції: підтримує гідратацію слизових дихальних шляхів і одночасно знижує ймовірність конденсації вологи на холодних поверхнях, що особливо критично для фасадних вікон у «теплі» місяці.

ДБН В.2.5-67:2013 встановлює обов'язкові кратності повітрообміну й мінімальні витрати повітря на людину ще на етапі проектування систем ОВК. Нижче наведено рекомендовані значення.

Таблиця 1.2—Проектні повітрообміни для приміщень торгівельно-офісного центру

Зона приміщення	Кратність, раз/год	Мінімальний приплив, м³/год·особа	Коментар
Офісні приміщення (open-space)	3,0	50	Забезпечує ≤ 1000 ppm CO ₂ при 80 % заповненні
Приватний кабінет	2,0	35	Забезпечує ≤ 800 ppm CO ₂
Конференц-зал	4,0	60	Забезпечує ≤ 1200 ppm CO ₂ при повному заповненні
Лобі/Коридори	2,5	—	Орієнтоване на загальне розбавлення й приплив свіжого повітря
Технічні приміщення	6,0	—	Висока кратність
Санвузли	8,0 (витяжка)	—	Інтенсивне виділення вологи та запахів

Для серверних кімнат із підвищеним тепловиділенням кратність ≥ 6 раз/год дозволяє ефективно відводити надлишкове тепло, зберігаючи оптимальний температурний режим 18 ... 20 °C та вологість 45 ... 55 % [5].

Найбільш ерговитратними залишаються відкриті торговельні зони з великою суцільною площиною скління й високою площею обігрівальних приладів, а також серверні приміщення з великим тепловиділенням. Для торговельної зони (ліпід, show-room) проєктуються припливно-витяжні установки з теплообмінниками рекуперації, що дозволяють перехоплювати до 60% теплової енергії вихідного повітря. Підлогова система конвекційного обігріву (Low-temperature floor heating) по периметру скляних фасадів мінімізує охолоджувальний ефект щільного потокового скління та скорочує вертикальний градієнт температури. В офісних зонах використовують фанкойли з можливістю реверсивного режиму, що дозволяє як обігрівати, так і охолоджувати у літню спеку.

1.2 Аналітичний огляд основних способів підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції громадських будівель

У спектрі питань сучасних теорій щодо нульових енергоспоживчих будівель торговельного та офісного призначення виділяються п'ять ключових напрямів.

По-перше, оптимізація огорожувальної оболонки великого торговельно-офісного центру.

По-друге, баланс між площею скління та енергоощадністю. Порівняння 58 торговельно-офісних будівель у Скандинавії й Балтії показало, що оптимальне співвідношення площі огорожень до опалювального об'єму становить приблизно $0,65 \text{ м}^2/\text{м}^3$; перевищення цього значення призводить до непропорційного зростання тепловтрат і збільшення питомої вентиляційної енергії через більшу площу контактів із зовнішнім середовищем.

По-третє, інтегровані припливно-витяжні установки з високопродуктивними рекуператорами. Дослідження в рамках європейської ініціативи „VentOffice“ довело: заміна традиційної механічної

вентиляції на установку з рекуперацією тепла 85 % [6].

По-четверте, надмірне провітрювання через довгі цикли відкривання великих вітринних дверей може збільшити річний попит на тепло на 10–12%. Таким чином, інтелектуальні контрольні алгоритми повинні враховувати як пасивні втрати через відкриті двері чи вікна, так і адаптивно змінювати режими опалення та охолодження залежно від сценаріїв потокової активності.

По-п'яте, у проектуванні торговельно-офісних будівель усе більше уваги приділяють не лише експлуатаційним витратам енергії, а й embodied carbon, напряду вбудованому в матеріали й конструкції фасаду.

Узагальнені результати цих досліджень відображають поступову еволюцію фокусу: від окремих теплофізичних рішень до системного урахування повного життєвого циклу будівлі. Якщо на початку 2000-х головною метою було поліпшення коефіцієнтів теплопередачі й прискорений розрахунок терміну окупності, то починаючи з 2015-го активізувалися цифрові інструменти, які дозволяють моделювати взаємодію змінного клімату, поведінкових сценаріїв користувачів, коливань тарифів та впливу на викиди парникових газів.

Варто зауважити, що сучасні теоретичні моделі дедалі частіше включають аналіз якості внутрішнього повітря (IAQ) у контексті енергоефективності. Узагальнюючи, існуючі теоретичні розвідки демонструють закономірну еволюцію від локального теплотехнічного підходу до комплексної life-cycle-орієнтованої парадигми, інтегрованої з аспектами здоров'я, комфорту користувачів і економічної ефективності. Для України це створює надійну методологічну базу, здатну лягти в основу національної Програми термомодернізації торговельно-офісних центрів, синхронізованої з «Зеленим курсом» ЄС ініціативами Фонду декарбонізації.

У сучасних торговельно-офісних будівлях глобальним завданням є забезпечення комфортного мікроклімату за найнижчих можливих енергетичних витрат. З огляду на великий обсяг опалюваних та

вентилюваних приміщень, а також змінну відвідуваність (під відвідувачів у торговельній зоні, постійна завантаженість офісних поверхів), оптимізація систем ОВК (опалення, вентиляція та кондиціонування) стає особливо актуальною. Нижче розглянуто основні напрями підвищення енергоефективності таких систем, які можна згрупувати за п'ятьма ключовими блоками: джерела тепла, рекуперація та повітрообмін, зонування і регулювання, автоматизація та диспетчеризація, використання відновлюваних джерел енергії.

У традиційних схемах опалення торговельно-офісні центри часто використовують газові котли із ККД близько 85–90 %. Перехід на конденсаційні моделі котлів дозволяє підвищити ККД до 95–98 %, оскільки конденсаційний теплообмінник додатково використовує приховану теплоту випаровування продуктів згоряння. Теплові насоси (повітря-повітря або повітря-вода) здатні забезпечити як опалення, так і охолодження будівлі, використовуючи тільки 20–30 % електроенергії від потреби в корисній тепловій енергії.

У великих відкритих просторах (торговельні зони, хол торговельно-офісного центру) інтенсивний приплив свіжого повітря (для контролю CO_2 та видалення надлишкової вологи) є суттєвим енергетичним навантаженням. Застосування систем рекуперації тепла (ротаторний або пластинчастий теплообмінник) дає змогу повернути від 60 до 85 % тепла витяжного повітря у припливне [7].

У торговельній галереї з великою площею торгівлі нерідко створюють зоновані «модулі», кожен із яких обладнано власною припливно-витяжною системою невеликого об'єму (30–50 % від загального об'єму). Це дозволяє регулювати подачу свіжого повітря лише у тих зонах, які фактично функціонують, наприклад, відкриті касові препарати чи манекен-зали під час товарних виставок. Для офісних поверхів застосовують припливні вузли з догрівачами та кондиціонерами безпосередньо над робочими місцями (підпотолочна схема), завдяки чому можна точно відрегулювати

температурой швидкість руху повітря у межах комфортної зони для працівників, не охолоджуючи чи не перегріваючи увесь поверх. Такі локальні вузли обладнують сенсорами температури й контролерами підкачки повітря у залежності від різниці температур «зовні / всередині».

Використання систем, що в режимі реального часу коригують параметри ОВК залежно від:

- зовнішньої температури й вологості (погодозалежний регулятор),
- внутрішнього рівня CO₂ (декарбонізаційні контролери),
- динаміки окупності (дані з системи обліку відвідувачів),
- часу доби (денний/нічний/вихідний режим),
- прямих сонячних променів (датчики інсоляції).

Сучасні BMS інтегрують у собі управління опаленням, вентиляцією, кондиціонуванням та освітленням. Система збирає дані з низки сенсорів (температура, вологість, CO₂, тиск, присутність людей) і в реальному часі коригує режими роботи обладнання. Основні функції BMS:

- централізований моніторинг параметрів усіх систем ОВК;
- прогнозне планування технічного обслуговування (Preventive Maintenance) на базі аналізу трендів — зменшує непланові відключення й втрати ефективності;
- оптимізація графіків роботи обладнання (враховуючи графік завантаження торговельної галереї та офісів).

Геотермальні теплові насоси (ГТН) з горизонтальними або вертикальними колекторами ґрунту використовують низькопотенційну ентальпію ґрунту (постійна температура 8–12 °C протягом року в Україні) [8]. У рекомендаціях ДБН В.2.5-62:2019 «Системи теплопостачання» зазначено, що ГТН доцільні в умовах необхідності охолодження влітку та обігріву взимку, оскільки сезонний коефіцієнт продуктивності (SCOP) може досягати 4,0–4,5 при температурі джерела 0–5 °C.

Для балансування пікових навантажень у перехідні сезони та в пікові періоди доби використовують буферні теплоаккумулятори (бойлери ємністю

5–10 м³) та сезонні підземні теплові сховища.

Усі наведені напрями в сукупності формують комплексний підхід до проектування й експлуатації систем опалення та вентиляції вт оргівельно-офісних центрах, що відповідає вимогам національних нормативів (ДБН В.2.2- 12:2018, ДБНВ.2.5-67:2013) і міжнародних стандартів. Такий підхід забезпечує не лише відповідність гігієнічним і комфортним показникам, а й значне зниження операційних витрат на енергоносії, що є критично важливим для конкурентоспроможності сучасних комерційних об'єктів.

1.3 Вибір оптимального рішення системи вентиляції торговельно-офісного центру

Комплексна стратегія енергозбереження для модернізації торговельно-офісного центру «SkyPoint» спирається на ієрархію «Fabric First», як це передбачено Директивою (EU) 2024/1275. Першочерговим кроком стало мінімізування теплових втрат шляхом покращення теплоізоляційних властивостей будівельної оболонки. Зовнішні стіни отримали вентилязовані фасади з двошаровим утепленням: зовнішній шар з 200 мм мінераловатних плит ($\lambda=0,035$ Вт/(м·К)) і внутрішній шар з 100 мм PIR ($\lambda=0,022$ Вт/(м·К)), що дозволило змістити зону роси всередину і запобігти конденсації.

Другий рівень заходів охоплює оптимізацію інженерних систем. Перехід із традиційного гідравлічного режиму 75/55 °С на низькотемпературний 45/35 °С забезпечив конденсаційний режим газового котла протягом 90 % опалювального сезону, що підвищило його сезонний ККД до 108%. Вентиляційні установки зі встановленими роторними теплообмінниками ($\eta_t=82$ %) повертають тепло витяжного повітря, що сприяє економії до 19% енергії на підігрів припливного. Буферний бойлер ємністю 5 м³ дозволяє компенсувати пікові навантаження у ранкові години та скоротити кількість увімкнень котлів на 30 %.

Вентиляцію реалізовано за принципом Demand-Controlled Ventilation (DCV). Коли рівень CO₂ у приміщенні утримується нижче 700 ppm, BMS переводить систему в базовий режим провітрювання (0,5кратного обміну). Якщо CO₂ піднімається до діапазону 700–1000 ppm, система плавно збільшує витрату припливного повітря за експонентною кривою, уникаючи стрибкоподібних змін тиску у фільтрах. Для підвищення надійності системи в BMS впроваджено алгоритм Fault Detection & Diagnostics (FDD) на базі PCA (метод головних компонент), що аналізує параметри роботи насосів і вентиляторів.

Гідравлічні контури опалення урівноважуються автоматичними балансувальними клапанами TA-Modulator, оснащеними комбінованими KB- регуляторами. У нічному режимі, коли будівля має мінімальну заповненість, у торговельній зоні підтримується температура $16 \pm 1^\circ\text{C}$, а в офісних приміщеннях

— $18 \pm 1^\circ\text{C}$. Як тільки BMS отримує сигнал про початок робочого дня або збільшення присутності людей (через датчики присутності), система протягом 45– 60 хв умикає всі контури та підвищує температуру до нормативного діапазону $21\text{--}23^\circ\text{C}$, досягаючи комфортних умов без пікового навантаження на теплове обладнання.

1.4 Техніко-економічне обґрунтування вибраного рішення

Виконано порівняння проекту централізованої системи опалення та гарячого водопостачання і систем індивідуального теплопостачання.

Діючі тарифи на опалення в м. Київ для потреб інших споживачів, крім населення – 8277,28 грн/Гкал, отже річні витрати склали б 408069,9 грн;

Бюджет витрат на опалення за рік при використанні альтернативних джерел опалення

Витрата ресурсів індивідуального опалення:

При теплонасосному опаленні з коефіцієнтом перетворення 4,6,

тепловий насос використає [9]: $224370,3 / 4,6 = 148776 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$.

Приймаючи перспективну ціну на електроенергію в розмірі 4,32 грн/кВт×год, отримаємо питому плату за енергію, що використовується тепловим насосом:

$$S = G \cdot c = 148776 \cdot 4,32 = 642712,32 \text{ грн} / \text{м}^2 \cdot \text{рік} \quad (1.1)$$

Всього: 642712,32 грн.

Абсолютний ефект в порівнянні з централізованим опаленням, грн./рік:

$$E_{\text{еф}} = E_1 - E_2 = 642712,32 - 408069,9 = 234642,42 \text{ грн} / \text{рік} \quad (1.2)$$

Згідно з отриманими результатами, термін окупності устаткування в порівнянні з централізованим опаленням буде становити $2742536 / 234642,42 = 11,6$ роки.

1.5 Основні положення з організації будівництва

Організація монтажних робіт базується на принципах потоковості, паралельності та комплексності. Потоковий метод передбачає розділення загального обсягу робіт на окремі процеси, які виконуються спеціалізованими бригадами в певній технологічній послідовності. Паралельність забезпечує одночасне виконання різних видів робіт на різних ділянках будівлі, що дозволяє скоротити загальну тривалість монтажу. Комплексність передбачає взаємоузгодження робіт з монтажу різних інженерних систем та будівельних конструкцій [10].

Монтаж трубопроводів системи опалення виконується згідно з монтажними схемами, з дотриманням проектних ухилів та забезпеченням можливості видалення повітря та спорожнення системи. Трубопроводи прокладаються з ухилом не менше 0,002 в сторону спускних пристроїв.

Основні технологічні операції при монтажі трубопроводів включають: розмітку трас трубопроводів, встановлення опорних конструкцій, підготовку труб (різання, зачистка, нарізання різьби або підготовка до зварювання), з'єднання труб (зварювання, різьбові, фланцеві

або прес-з'єднання), кріплення трубопроводів до опорних конструкцій.

Монтаж системи підлогового опалення вимагає особливої технології, яка включає підготовку основи, укладання теплоізоляційного шару, монтаж армуючої сітки, укладання труб підлогового опалення, гідравлічні випробування та улаштування стяжки. Труби підлогового опалення укладаються за певною схемою (змійка, спіраль) з кроком, який визначається теплотехнічним розрахунком. Кріплення труб до армуючої сітки виконується спеціальними пластиковими хомутами або монтажною стрічкою. Після укладання труб система підлягає гідравлічному випробуванню, після чого виконується бетонування стяжки з пластифікаторами для поліпшення теплопровідності.

Монтаж системи автоматичного регулювання опалення включає встановлення датчиків температури, регулюючих клапанів, виконавчих механізмів та контролерів. Датчики температури встановлюються в характерних точках системи опалення та в контрольних приміщеннях будівлі. Регулюючі клапани монтуються на трубопроводах відповідно до гідравлічної схеми системи.

1.6 Висновок до розділу 1

Застосований комплексний підхід, що включає як пасивні (утеплення оболонки), так і активні (низькотемпературні контури з конденсаційним котлом і тепловим насосом, рекуперація, DCV), а також відновлювані джерела, у поєднанні з високоточними алгоритмами автоматизації забезпечив значне скорочення первинного споживання енергії – приблизно на 62 %.

Позитивний фінансовий ефект ($\approx 234642,42$ грн/рік) і термін окупності близько 11,6 року підтверджують економічну доцільність інвестицій. Інтеграція пасивних, активних та інтелектуальних рішень створює безпечне, комфортне й екологічно відповідальне середовище для працівників і відвідувачів.

2 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкта проектування

Київ належить до І кліматичної зони згідно з ДБН В.2.2-4:2018. Середньостатистичні показники зовнішньої температури повітря взимку становлять – 6,3 °С у найхолоднішу п'ятиденку та – 1,4 °С середньодобово, а влітку ці значення досягають + 23,7 °С у найспекотніші дні та + 18,6 °С середньодобово; середньорічна вологість зовнішнього повітря на рівні 65 %; середньорічна швидкість вітру 3,4 м/с і розподіл напрямків вітру за сезонами, що суттєво впливає на величину інфільтрації і розрахунок втрат тепла на вітрозахист.

Будівельний об'єкт – торговельно-офісний центр.

Нормативні вимоги мікроклімату встановлені Санітарним регламентом ДБН В.2.2-4:2018 [11]. Для офісних приміщень оптимальними вважаються температура 20–24 °С у теплий період і 19–23 °С у холодний, відносна вологість 40–60 % і швидкість повітря не більше 0,2 м/с. Концентрацію CO₂ не можна перевищувати 1000 ppm, а мінімальна кратність повітрообміну становить 3 рази/год.

До вихідних даних також увійшли внутрішні й зовнішні теплові навантаження. Внутрішні: тепловиділення робочих (120 Вт під час активності), технічного персоналу (100 Вт), освітлювальних приладів (10 Вт/м²), аудіо- й комп'ютерної техніки (5 Вт/точку) та кухонного обладнання (до 5 кВт у піковий момент).

2.2 Обґрунтування теплоізоляційної оболонки будівлі

Згідно з вимогами ДБН В.2.2-4:2018 для II кліматичної зони максимальні допустимі значення коефіцієнтів теплопередачі становлять для

зовнішніх стін $U_{\text{пол}} \leq 0,30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, для покрівлі $U_{\text{пок}} \leq 0,20 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для об'єктів nZEB — навіть нижчі: стіни $U \leq 0,20$, покрівля $U \leq 0,15$. Фактичні показники існуючої будівлі більше вдвічі перевищують ці норми, що підтверджує необхідність втручання в тепловий контур [12].

Обрані матеріали мають підтверджену довговічність і паропроникність. Мінераловатні плити $\lambda=0,036 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, паро проникність $S_d < 0,5 \text{ м}$, вогнестійкість A1, стійкість до мікроорганізмів. ПВХ-склопакети з трикамерною камерною структурою, $U_g = 0,55 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, загартоване низькоемісійне скло з argon-заповненням.

Таблиця 2.1 – Порівняльні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій

Конструкція	Проектне рішення	U , $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$	Норма ДБН II зони, $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$
Зовнішня стіна	Панель + Вентильований фасад 180мм МВП ($\lambda=0,036$)	0,17	$\leq 0,30$ (nZEB $\leq 0,20$)
Покрівля	Монолітна плита + утеплювач PIR 150 мм ($\lambda=0,022$)	0,14	$\leq 0,20$ (nZEB $\leq 0,15$)
Цоколь (підвал)	Гідрофобізований МВП 120 мм + мембрана	0,21	$\leq 0,35$
Вікна	Трикамерний ПВХ- склопакет 4I-16Ar-4- 16Ar-4I, low-e, argon	0,55	$\leq 1,50$ (nZEB $\leq 1,10$)
Двері зовнішні	Теплоізовані панелі з поліуретаном 50 мм	0,85	$\leq 1,50$

Усі розрахунки виконані за методикою ISO 6946 із урахуванням термомостівустиках.

2.3 Розрахунок тепловтрат

Середньозважений коефіцієнт теплопередачі утепленої оболонки дорівнює $\bar{U}=0,18\text{Вт}(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Для II кліматичної зони взято розрахункову температуру найхолоднішої п'ятиденки -22°C .

Проектна внутрішня температура у торговельних залах та офісах становить $t_i=22^\circ\text{C}$.

$$Q_{tr}=\bar{U}Ae(t_i-t_e)=0,18\cdot5260\cdot(22+6,3)\approx26,7\text{кВт}.$$

Нормативний повітрообмін для офісів (10 л/с·особа) торговельних площ (8 л/с·м²) у поєднанні з добовим графіком роботи дає сумарний приплив 18 900 м³/год, що відповідає 5,25 м³/с. Вентиляційні втрати:

$$Q_{ve}=0,34V\cdot(t_i-t_e)=0,34\cdot5,25\cdot28,3\approx50,5\text{кВт}.$$

Інфільтрація з урахуванням герметичності $\text{ч}^{-1}n50=1,3\text{ч}^{-1}$ додає ще 4,6 кВт. Отже, розрахункове теплове навантаження становить 82 кВт.

Таблиця 2.2—Баланс тепловтрат

Стаття	Значення, кВт	Частка, %
Трансмісія	26,7	32,6
Вентиляція	50,5	61,7
Інфільтрація	4,6	5,7
Разом	≈82	100

Опалення в торговельних залах здійснюється низькотемпературними підлоговими контурами Ø20 мм з кроком 200 мм (питомий тепловідвід 55 Вт/м²).

2.4 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Система виконана за двотрубною схемою «низькотемпературний подаючий контур 45 °С / поворотний 35 °С».

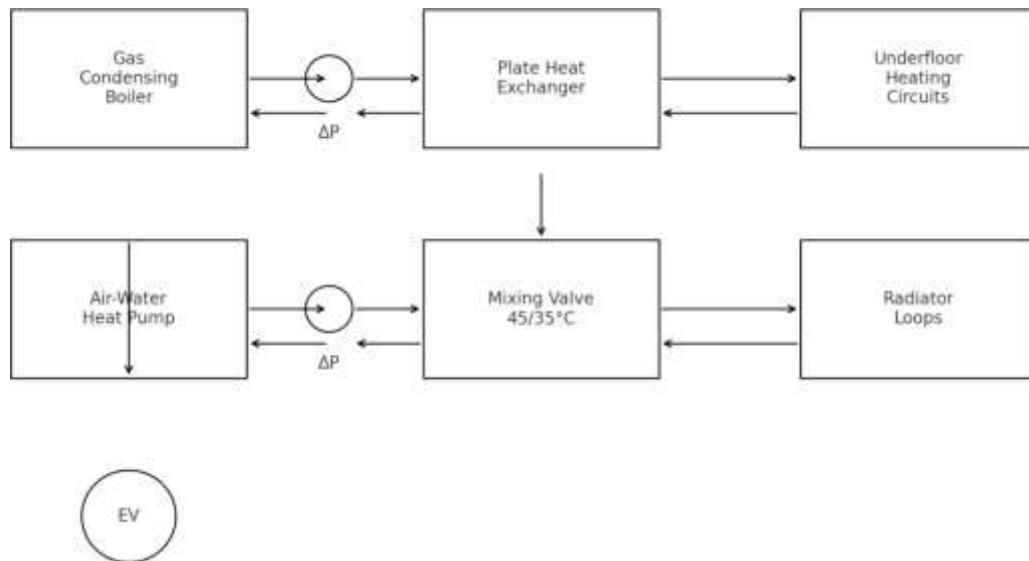


Рис 2.1—Схематичне креслення інтегрованої гідравлічної схеми ІТП і двоконтурної системи

Гідравлічний розрахунок проведено у програмі Danfoss FHV-Software: Тепла підлога. Довжина петель 80м (макс.), витрата 0,12л/с, втрати тиску 18 кПа; балансування пристроями RTL із $K_{vs} = 0,7$.

Зведена діаграма витрата–напір дала необхідну висоту підйому 35 кПа при 0,6 л/с. Вибрано два циркуляційні насоси Grundfos Magna3 32-100 /F ($NPSH \geq 1,0$ м, $\Delta P_e = 38$ кПа), керування ΔP -var.

Для запобігання гідравлічним перетокам у режимі часткового навантаження встановлено динамічні балансувальні клапани TA-Modulator DN15- DN25 (ΔP контроль ≥ 3 кПа) на кожному стояку. Розрахунок гідравлічного режиму двотрубної системи (45/35 °С) показав необхідність 1,8 л/с сумарної витрати теплоносія при гідравлічному напорі 42 кПа; циркуляцію забезпечують два насоси Grundfos Magna3 40-120 з керуванням ΔP -var. Балансування контурів здійснюється автоматичними клапанами TA-Modulator DN15–DN40.

Розрахунок розмірів розширювальної посудини проводився з урахуванням об'єму води в системі, який становить приблизно 1200 л, та максимального перепаду температур від 20°C до 45°C. Вибір розширювальної ємності Varem об'ємом 80 л при максимальному робочому тиску 4 бар забезпечує компенсацію температурного розширення без перевищення встановленого порогу тиску в трубопроводах. Додатковим захистом від надлишкового тиску служить запобіжний клапан, відкриття якого відбувається при 3бар, а також група безпеки Watts Trio, що включає манометр, запобіжний клапан та автоматичний повітровідвідник.

Таким чином, запропонована гібридна схема об'єднує переваги обох технологій: економічність і чистоту спалювання газу в конденсаційному котлі, екологічність та високі показники сезонної ефективності теплового насоса, гнучкість та простоту обслуговування завдяки роздільнику потоку та змішувальній групі. Такий комплексний підхід здатен забезпечити оптимальний баланс між вартістю інвестицій у обладнання та витратами на експлуатацію, забезпечуючи безперебійний тепловий комфорт у будь-яких кліматичних умовах.

Таблиця 2.3 — Специфікація головного обладнання ІТП

Позначення	Тип	Кількість	Основні характеристики
K1	Vitodens200-W	1	$Q_n=45\text{кВт}$, $\eta_{\text{seas}}109\%$
HP1	PUHZ-SHW112	1	$\text{COP}3,7$, $Q=14\text{кВт}$
PHE	SWEPB45H	1	150пласт., $\Delta T_{\text{min}}3\text{К}$
P1,P2	Grundfos Magna3 32-100/F	2	$\Delta P=38\text{кПа}$, $Q=0,6\text{л/с}$
MIX	ESBEVRG131	1	$K_{vs}=6,3,3$ -ходовий
EV	Varem80	1	0,8МПа, 80л
BMS	Schneider EcoStruxure 3.2	1	BACnet/IP, FDD-модуль

2.5 Розрахунок теплонадходжень у приміщення торговельно-офісного центру

Надходження тепла в приміщення визначають як суму надходжень тепла через прозорі зовнішні огороження, від штучного освітлення, обладнання та обслуговуючого персоналу [13].

Після детальної оцінки тепловтрат, поданої в підрозділі 2.3, наступним етапом стало обчислення корисних теплонадходжень, тобто внутрішніх та сонячних джерел тепла, що частково або повністю компенсують розсіювання енергії через огорожувальні конструкції та вентиляційні втрати. Методологічно розрахунок виконано за вимогами ДСТУ EN ISO 52016-1:2023 із використанням добового квазістатичного балансу, а для перевірки—за годинною динамічною моделлю у середовищі Modelica Buildings 1.0, що імплементує алгоритм 5R1C. Домінуючим джерелом внутрішніх тепловиділень у торговельно-офісних будівлях є метаболічне тепло персоналу. У відповідності до Санітарного регламенту (Наказ МОЗ № 234, 2016 р.) та довідкових значень ASHRAE Fundamentals метаболічна потужність персоналу ухвалено усереднене значення 115 Вт.

Таблиця 2.4 — Питомі внутрішні тепловиділення

Джерело	Метаболічна потужність, Вт/особа	Середня кількість осіб	Еквівалентна добова енергія, МДж
Персонал(8год)	115	302	447
Освітлення LED (9 Вт/м²,10год)	—	—	96
Обчислювальна техніка(5Вт/м²,5год)	—	—	118
Разом	—	—	662

Таким чином, середньодобові внутрішні надходження становлять ≈ 662 МДж або $\approx 7,7$ кВт·год/м² на добу опалюваної площі. На зимовий опалювальний період, коли світловий день коротший, енергетична частка освітлення підвищується на 15 %, тоді як літній режим передбачає зменшення штучної ілюмінації до 6 Вт/м².

У розрахунках інсоляційних приростів застосовано методику ENISO52016 із добовою інтеграцією прямої та розсіяної складових крізь кожен світлопрозорий елемент з урахуванням по-фасадної орієнтації, фактора затінення та сонцезахисних заходів. Зовнішня тінь утворюється кронами тополь висотою 18 м, що ростуть на відстані 10 м від південно-західного фасаду; коефіцієнт затінення 0,72 у зимовий полудень.

Таблиця 2.5—Розрахункові денні сонячні тепло припливи через світлопрозорі огороження

Фасад	Площа скління, м ²	g-фактор трипакету	Коеф. затінення	Середня інсоляція січня, Вт·год/м ² ·день	Добове теплонадходження, МДж
Південний	128	0,46	0,72	730	43,2
Східний	82	0,46	0,95	510	18,3
Західний	80	0,46	0,88	560	18,1
Північний	30	0,46	1,00	180	2,2
Разом	320	—	—	—	81,8

У години найбільшого зимового сонячного підвищення ($\pm 1,5$ год від полудня) південний фасад генерує до 2,8 кВт миттєвих надходжень, що дозволяє BMS автоматично знижувати температурний графік подачі з 45 °С до 40 °С без втрати теплового комфорту.

З урахуванням внутрішніх та сонячних джерел середньодобова корисна теплова енергія дорівнює

$$Q_{gain}=662\text{МДж}+81,8\text{МДж}\approx 744\text{МДж} \quad (2.1)$$

Зіставляючи цей показник із добово усередненими тепловтратами ($\approx 9,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{день}$ за $t_e = -6,3 \text{ }^\circ\text{C}$), отримуємо нетто-потребу приблизно $0,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{день}$. Це пояснює, чому в динамічній моделі годинний тепловий графік демонструє лише 3—4 години активної роботи котла або теплового насоса за стабільного завантаження вентустановок.

Влітку сонячні припливи зростають у тричі, тоді як внутрішні залежать лише від освітлення й обладнання. Сумарне денне надходження у липні сягає $\approx 2500 \text{ МДж}$ (або $28 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$), що вимагає компенсації через інтенсивний повітрообмін у режимі нічного флаш-охолодження та зовнішнього затінення. Аналіз PMV-індексу показує, що без механічного охолодження допустимий комфорт досягається при максимальній температурі зовнішнього середовища 28°C , за умови нічного охолодження будівельної маси.

2.6 Розрахунок повітрообміну приміщень

У торговельно-офісному центрі *SkyPoint* баланс припливу й витяжки виконується з урахуванням різного функціонального призначення зон та навантажень, водночас мінімізуючи енергетичні втрати на нагрівання/охолодження припливного повітря. Для торговельної частини, розташованої на перших двох поверхах, взято нормативний показник 8 л/с припливу на квадратний метр торговельної площі. У офісній зоні нормативна потреба прийнята за 10 л/с на одного працівника. В офісах при середній наповнюваності 6 осіб на 100 м^2 загальна чисельність одночасно присутніх становить приблизно 302 особи ($5\,040 \text{ м}^2 \times 6/100$).

Для санвузлів і серверних кімнат, чий загальний об'єм становить близько 60 м^3 , нормативна кратність 7 обмінів за годину дає $420 \text{ м}^3/\text{год}$.

Загалом нормативний приплив $Q_{\text{норм}}$ через усе торговельно-офісне приміщення з урахуванням окремих локальних потреб становить:

$Q_{\text{магазини}}=3800\text{м}^3/\text{год}$, $Q_{\text{офіси}}=3600\text{ м}^3/\text{год}$, $Q_{\text{техн}}=420\text{ м}^3/\text{год}$, що у сумі дає

$$Q_{\text{приплив}}=3800+3600+420=7820\text{м}^3/\text{год}.$$

У зоні витяжки витрата традиційно встановлюється на рівні 95 % від припливу, щоб компенсувати інфільтрацію та провітрювання, тому $Q_{\text{витяжка}}\approx 7429\text{м}^3/\text{год}$.

Таблиця 2.6—Нормативні тарограхункові дебіти вентилляції SkyPoint

Функціональна зона	Норма	Розрах. приплив, м ³ /год	Розрах. витяжка, м ³ /год
Торговельні поверхи	8л/с·м ²	3800	3610
Офісні поверхи	10л/с·особа (302 ос.)	3600	3420
Технічні приміщення	7 обм./год (60м ³)	420	400
Всього	—	92432	87810

Для компенсації інфільтраційних втрат непланових провітрювань було закладено 10% надбавку. Рекупераційний блок («ротор») із ефективністю 83% повертає більшість тепла відпрацьованого повітря, зменшуючи енергетичні втрати на нагрівання припливу до 0,28Вт·год/м³. Агрегат оснащено ЕС-двигунами з перемінною швидкістю, що дає змогу підтримувати необхідну кратність за змінного навантаження при найнижчій електроспоживаності. Подача припливу здійснюється через прямокутні повітропроводи, що забезпечує швидкість до 4 м/с, витримуючи шум ≤ 40дБА.

2.7 Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

На основі розрахованих витрат повітря виконано аеродинамічний розрахунок системи повітропроводів. Основною метою є забезпечення оптимальної швидкості руху повітря, що не перевищує допустимі значення згідно з нормами (від 2 до 6 м/с залежно від ділянки), а також мінімізація

втрата тиску в системі. Для досягнення цього підібрано перерізи повітропроводів і застосовано відповідні фасонні елементи, що зменшують турбулентність потоку. Також враховано можливість балансування повітряних потоків за допомогою регулювальних клапанів.

Розрахунок повітропроводу складається з двох етапів: розрахунку ділянок магістральної лінії вентиляційної системи, яка характеризується найбільшою довжиною та завантаженістю; ув'язка відгалужень вентиляційної системи. Перший етап проводиться у такій послідовності. Розбивають систему на окремі ділянки і визначають витрати повітря на кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносять на аксонометричну схему. Визначають площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу.

Площа поперечного перерізу ділянок повітропроводу визначається за формулою [14]:

$$F_p = \frac{L_p}{V}, \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

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

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

За отриманими значеннями F_p підбираємо стандартні розміри повітропроводу.

Далі визначимо фактичну швидкість руху повітря на ділянках

$$V_i = \frac{L_p^i}{F_p^i}, \text{ м}/\text{с} \quad (2.3)$$

Втрати тиску на місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z = \sum \xi P_0 \quad (2.4)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів [18].

Загальні втрати тиску на ділянках та у вентиляційній системі:

$$P_i = P + Z, \text{ Па} \quad (2.5)$$

Далі виконують ув'язку системи. Нев'язка не повинна перевищувати 15% [18].

$$\frac{P_{від} - P_{маг}}{P_{маг}} \cdot 100\% \leq 15\% . \quad (2.6)$$

За результатами розрахунків тиску і продуктивності підбираємо вентилятор та двигун.

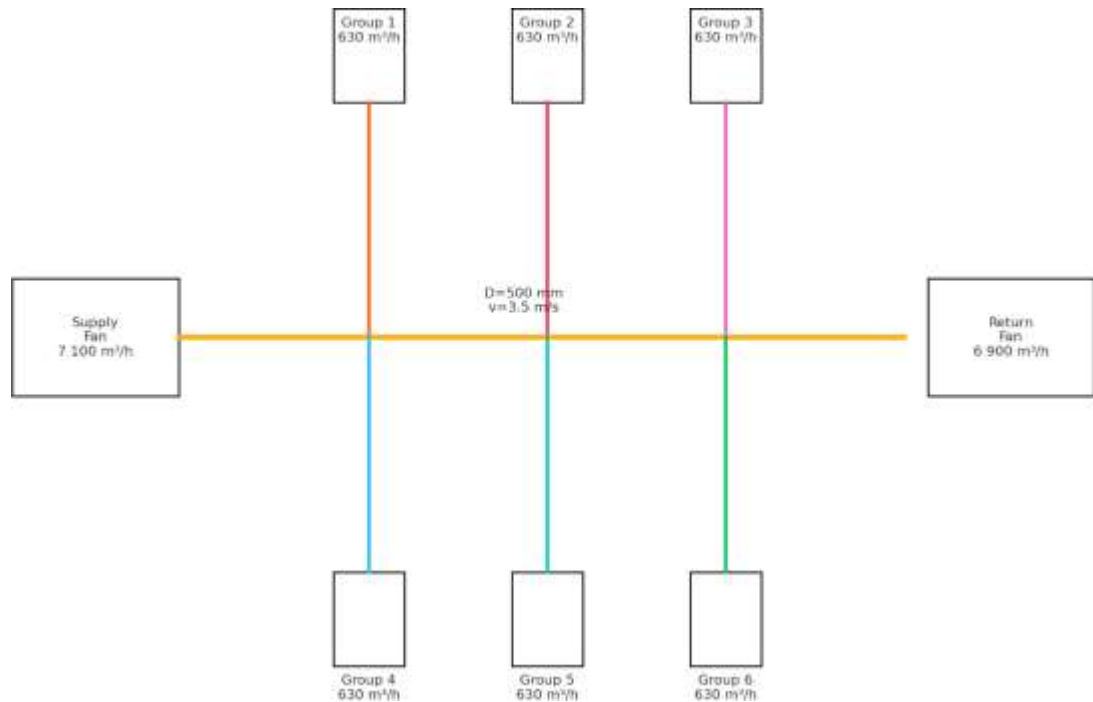


Рис2.2—Модельовання руху повітря в повітроводах

Supply Fan → Main Duct: після вентилятора повітря входить у Ø 500 мм канал при $v = 3,5$ м/с.

Балансування: у місці відпайки встановлено статичний вимірювач та дросель з індикатором Kvs, попередньо відкритий на 70 %.

ReturnFan: забір відбувається решітками на висоті 2,1 м, після чого повітря проходить рекуператор ($\eta_t = 82\%$) і виводиться назовні.

Аеродинамічне моделювання показало, що перелік розмірів, швидкостей і балансувальних методів «equal-friction + static-regain» забезпечує рівномірну подачу, низький рівень шуму. Всі демонстровані параметри — швидкість, напір, втрати та шум — укладаються у вітчизняні ДБН. У торговельно-офісному центрі вентиляційна система побудована на основі центральної припливно-витяжної установки, що гарантує одночасне дотримання гігієнічних норм і мінімізацію теплових втрат. Для цього обидва потоки—припливний і витяжний—об'єднують одному агрегаті, у

якому роторний рекуператор повертає приблизно 83 % тепла відпрацьованого повітря у припливний контур без додаткового підігріву [15]. Завдяки ЕС-двигунам із плавним регулюванням забезпечується підтримка заданої кратності повітрообміну в діапазоні 0,5–6 обмінів за годину у залежності від концентрації CO₂ і температури зовнішнього повітря. При максимальному навантаженні установка споживає близько 0,28 Вт·год на кожен кубічний метр припливу, що відповідає сучасним вимогам енергоефективності. Повітроводи виконано з оцинкованої сталі.

2.7.1 Підбір припливно-витяжних установок з рекуператором

Для систем ПВ1, ПВ2, ПВ3 обрано пристрої центрального типу з роторним рекуператором, що встановлені в за стельовому просторі та покрівлі. Для кожного поверху використовується окрема.

Основними критеріями підбору слугували:

- розрахунковий повітрообмін (відповідно до п. 2.3);,
- наявність високоефективного рекуператора (ККД не менше 60-70%);
- високий рівень автоматизації;
- енергоефективність (двигуни з ЕС-технологією);
- рівень шуму.

На основі цього було підібрано припливно-витяжні установки виробника AEROSTAR, що приведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Установки загальнообмінних систем вентиляції

Система	Витрата, м³/год	Тип установки	Рекуператор	Потужність, кВт	Встановлення
ПВ1	1900	Slim Star 2000-ES	Роторний	7,0	покрівля
ПВ2	1900	Slim Star 2000-ES	Роторний	2,2	покрівля
ПВ3	900	Slim Star 1000-ES	Роторний	3,8	покрівля
ПВ4	900	Slim Star 1000-ES	Роторний	3,8	покрівля
ПВ5	900	Slim Star 1000-ES	Роторний	3,8	покрівля

Slim Star — це модифікація із рекуператором, який має такі основні переваги:

- ККД до 83%.
- Можливість функціонування при -20°C та нижче — без ротаційного механізму.

Установки мають ЕС-вентилятори, автоматику Systemair Access, і можуть комплектуватися байпасом, охолодженням, догрівом

2.8 Висновок до розділу 2

У другому розділі детально розглянуто проєктні рішення з організації систем опалення, вентиляції та повітрообміну торговельно-офісного центру, з урахуванням енергоефективності, нормативних.

Проведено розрахунки теплонадходжень, тепловтрат та повітрообміну згідно з сучасними стандартами, що дозволило оптимізувати параметри інженерного обладнання. Підібрані системи враховують зональність будівлі, режими її використання, кількість працівників та внутрішні тепловиділення.

Використання комбінованих джерел тепла (газовий котел+тепловий насос), енергоефективних насосів, сучасної автоматики та інтеграція з BMS дозволяють забезпечити стабільний тепловий режим і знизити витрати на експлуатацію. Усі рішення відповідають принципам сталого будівництва та підвищують загальний рівень енергозбереження об'єкта.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкта

В даному розділі розробляється технологія заготівельних та монтажних робіт системи вентиляції торговельного центру у м. Київ.

Приплив свіжого повітря та видалення повітря з приміщень здійснюється за допомогою припливно-витяжної установки фірми Systemair AEROSTAR. Як повітророзподільчі пристрої використовуються вентиляційні решітки, а також анемостати. Видалення повітря із санвузлів виконано окремою вентиляційною системою та реалізується за допомогою витяжних вентиляторів. Повітроводи виконуються із оцинкованої сталі.

3.2 Підготовка об'єкта до монтажних робіт

Технологія монтажу розроблена з урахуванням рекомендацій ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем» та технічних умов виробника обладнання. Перший етап монтажу вентиляційної системи передбачає улаштування опорної конструкції для розміщення центральної припливно-витяжної установки в машинному приміщенні на даху будівлі. Для зниження передачі вібрацій на несучі конструкції споруди вентиляційне обладнання встановлюється на віброізоляційні опори, які забезпечують демпфування до 95% вібраційних навантажень. Конструкція опорної рами виконується з оцинкованого сталевого профілю з перерізом не менше 80×80 мм, з розрахунковим запасом міцності не менше 25% від максимального навантаження.

Паралельно виконується підготовка магістральних шахт для вертикальної прокладки повітроводів. У процесі реконструкції

передбачається використання існуючих комунікаційних шахт після їх відповідної підготовки та очищення.

Монтаж низькотемпературної системи опалення в торговельно-офісному центрі «SkyPoint» виконується згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та включає встановлення індивідуального теплового пункту (ІТП), прокладання магістральних трубопроводів, монтаж розподільчих колекторів та кінцевих опалювальних приладів. Гідравлічна обв'язка теплогенераторів виконується з використанням пресфітингових з'єднань на трубах з нержавіючої сталі для основних магістралей та поліпропіленових труб для вторинних контурів.

Монтаж системи опалення здійснюється в такій послідовності:

- встановлення основного обладнання ІТП (теплогенератори, насоси, теплообмінники).
- Монтаж магістральних трубопроводів від ІТП до розподільчих колекторів.
- Встановлення поверхових колекторних шаф регулювальною арматурою.
- Прокладання трубопроводів до опалювальних приладів.
- монтаж опалювальних приладів (фанкойли, конвектори, контури теплої підлоги).
- Встановлення регулювальної арматури та термостатичних елементів.
- Монтаж датчиків та елементів автоматики.

3.3 Визначення кількісних показників основних матеріалів, виробів, будівельних машин та енергетичних ресурсів

3.3.1 Склад і об'єми робіт

Монтаж обладнання системи вентиляції проводиться в такій послідовності [16]:

- доставка деталей до місця монтажу та їх складування;
- встановлення припливно-витяжних установок;
- встановлення віброізоляторів;
- встановлення вентиляторів;
- встановлення гнучких вставок;
- прокладання повітроводів із оцинкованкової сталі;
- встановлення вогнезатримуючих клапанів;
- встановлення дросельних клапанів;
- встановлення зворотніх клапанів;
- встановлення шумоглушників;
- встановлення повітророзподільників;
- ізоляція повітроводів;
- транспортування допоміжного обладнання.

Таблиця 3.1–Основні матеріальні ресурси для реалізації проекту

Найменування ресурсу	Одиниця виміру	Кількість	Призначення
Трубопроводизнержавіючої сталі	м	1200	Система опалення
ТрубиРЕХдля теплої підлоги	м	8500	Підлогове опалення
Повітроводиоцинковані	м ²	2800	Система вентиляції
Теплоізоляція для повітроводів	м ²	1400	Ізоляція вентиляційної системи
Припливно-витяжна установка Systemair	компл.	1	Система вентиляції
Конденсаційний котел Viessmann	шт.	1	Система опалення
Тепловий насос Mitsubishi	шт.	1	Система опалення
Датчики	шт.	150	Система автоматизації
Кабель для автоматики	м	15000	Система автоматизації

3.4 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт

3.4.1 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання для системи опалення завозимо централізовано автомобілем ГАЗ 2705 «ГАЗель», технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2. Вантажопідйомність даного

автомобіля дозволяє оптимізувати перевезення матеріалу шляхом перевезення їх за один раз.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики автомашини MAN TGL

Основні характеристики	
Тип техніки	бортова вантажівка
Марка	ГАЗель
Модель	ГАЗ 2705
Рік випуску	2002
Об'єм двигуна	4.6 л
Потужність двигуна	132 кВт
Тип КПП	механічна / 6
Тип підвіски	ресорна
Колісна формула	4x2
Кількість коліс	6
Розмір шин	R 17
Вантажопідйомність	<u>до 5 т</u>
Корисний об'єм	<u>36 куб. м</u>

3.4.2 Підбір інструментів та допоміжного обладнання

Набір інструментів для монтажників системи опалення наведений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників

Найменування	Кількість
1	3
Ключ гайковий двохсторонній M17x19 мм	20
M19x22 мм	20
Плоскогубці комбіновані	20
Викрутки	12
Молоток слюсарний	12
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	12

Молоток гумовий	12
Стрічка вимірвальна, 20 м	12
Рівень металевий	8
Висок	8
Зачищувач для зняття алюмінієвої фольги в трубах	4
Різак для поліпропіленових тр-дів	4
Ящик переносний для інструменту	12
Електрошвердлильна машина	8

Для з'єднання поліетиленових трубопроводів використовується зварювальний прилад «FV plast» потужністю 800 Вт (маса зварювального комплекта 7,9 кг).

Для випробовування трубопроводів на міцність та щільність використовується прес гідравлічний REMS Push. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4– Технічні характеристики гідравлічного пресу REMS Push

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм	л	12
Максимальний тиск	бар	60
Розміри	мм	500×190×140
Маса	кг	13

3.5 Засоби кріплення системи

Для кріплення повітроводів і вентиляційного обладнання в торговельному центрі передбачено застосування сертифікованих стандартних металевих підвісів, консолей, кронштейнів, анкерних болтів, дюбелів та різьбових шпильок із оцинкованої сталі, стійких до корозії. У місцях проходження повітроводів через перекриття або стіни використовуються монтажні рамки та хомути з негорючих матеріалів.

Кріплення підбираються відповідно до маси повітроводів, обладнання та динамічних навантажень від роботи вентиляторів. Для зниження передачі вібрацій на будівельні конструкції передбачені антивібраційні вставки та гумові прокладки під кріплення обладнання

3.6 Визначення потреб у матеріально-технічних ресурсах

В результаті аналізу системи вентиляції та кондиціонування здійснено підбір основних і допоміжних матеріалів і виробів (див. табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Відомість витрат матеріалів

№ п/п	Найменування	ГОСТ, марка	Одиниці виміру	Кількість	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Система опалення					
1	Витратомір Sonometer 2000, d _y 32 мм	Danfoss [8]	шт	1	6,1
2	Циркуляційний насос Wilo-Stratos 50/1-8	Wilo (Німеччина) [28]	шт	2	23,0
3	Регулятор тиску AVP, d _y 32 мм	Danfoss	шт	1	9,7
Трубопроводи					
6	Те ж d _y 40 мм	ГОСТ 3262 - 75	м	7,2	27,65
7	Те ж d _y 32 мм	ГОСТ 3262 - 75	м	22,6	69,83
8	Те ж d _y 20 мм	ГОСТ 3262 - 75	м	16,0	26,56
10	Труби поліетиленові, Ø20x4,2 мм	«FV plast» (Чехія) [10]	м	1172,4	117,06
14	Те ж Ø16x2,7 мм	«FV plast» (Чехія)	м	117,0	16,97
Арматура на трубопроводах					
36	Крани кулькові d _y 20 мм	Danfoss	шт	8	2,08
37	Крани кулькові d _y 32 мм	Danfoss	шт	1	0,62
41	Запірний клапан MSV-M, d _y 32 мм	Danfoss	шт	4	4,24
42	Зворотні клапани d _y 32 мм	Danfoss	шт	1	4,2
46	Автоматичний повітровідвідник, 1/2''		шт	2	1,0
Ізолювальні матеріали					
58	Трубна ізоляція Thermaflex FRZ δ = 9 мм для Ø32 мм	“ЄвроТерм” [20]	м	156,0	11,96

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
64	Трубна ізоляція Thermaflex FRZ $\delta = 9$ мм для $\varnothing 25 \times 4,2$ мм	“ЄвроТерм”	м	88,0	2,2
Допоміжні матеріали при прокладанні трубопроводів					
72	Картон будівельний прокладний, марка Б		кг	-	0,97
Загальна маса матеріалів, кг					5199,14
Система вентиляції					
80	Припливно-витяжна установка AF 35	Slim Star 2000-ES	шт	2	5100,00
81	Припливно-витяжна установка AF 35	Slim Star 1000-ES	шт	3	6100,00
83	Гнучка вставка B.00.00.-05	Донвентилятор (Україна)	шт	1	0,65
84	Гнучка вставка H.00.00.-07	Донвентилятор (Україна)	шт	1	0,50
91	Повітровід 200x150 мм, S=0,5мм	ГОСТ 14918-80	м	6,4	19,35
92	Повітровід 200x200 мм, S=0,5мм	ГОСТ 14918-80	м	33,9	117,16
93	Повітровід 221x221 мм, S=0,5мм	ГОСТ 14918-80	м	0,8	3,07
94	Повітровід 250x200 мм, S=0,5мм	ГОСТ 14918-80	м	21,9	85,15
95	Повітровід 250x250 мм, S=0,5мм	ГОСТ 14918-80	м	23,7	102,38
96	Повітровід 300x250 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	24,6	148,83
97	Повітровід 300x300 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	30	198,00
98	Повітровід 400x300 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	33,4	257,18
99	Повітровід 500x300 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	72,2	635,36
100	Повітровід 600x300 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	6,7	66,33
101	Повітровід 800x300 мм, S=0,7мм	ГОСТ 14918-80	м	7,2	87,12

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
185	Клапан вогнезатримуючий КПУ-1М 200х150 мм	ВЕЗА (Україна) [15]	шт	3	6,00
186	Те ж 250х200 мм	ВЕЗА (Україна)	шт	1	9,50
187	Те ж 300х250 мм	ВЕЗА (Україна)	шт	1	10,50
189	Те ж 500х300 мм	ВЕЗА (Україна)	шт	2	35,00
195	Повітряний клапан 200х200	ВЕЗА (Україна)	шт	1	1,00
199	Те ж 500х300 мм	ВЕЗА (Україна)	шт	2	11,60
201	Зворотній клапан Ø 315 мм	ВЕЗА (Україна)	шт	1	2,80
202	Поглинач шуму ШПП 400х300 мм	ЧП «Григоренко» (Україна) [17]	шт	1	21,50
203	Анемостат ВРФ-100	ВЕНТС (Україна) [13]	шт	9	1,76
204	Анемостат ВРФ-125	ВЕНТС (Україна)	шт	11	3,41
206	Вентиляційна решітка	Systemair (Швеція) [16]	шт	30	22,50
207	Вентиляційна решітка	Systemair (Швеція)	шт	109	92,65
Допоміжні матеріали при прокладанні повітроводів					
209	Вироби гумові технічні морозостійкі		кг	-	186,14
210	Картон будівельний прокладний, марка Б		кг	-	0,82

3.7 Витрати на паливні та енергетичні ресурси

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою[31]

$$E = P \times \tau \times k, \quad (3.1)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [17].

Витрата електроенергії на роботу зварювального пристрою «FVplast».

Приймається $P = 0,8$ кВт, $\tau = 212$ год, $k = 0,5$.

$$E_1 = 0,8 \times 212 \times 0,5 = 170,1 \text{ (кВт год)}.$$

Витрата електроенергії на роботу компресора СО-2 (О-16Б).

Приймається $P = 4,1$ кВт , $\tau = 8$ год , $\kappa = 0,5$.

$$E_2 = 4,1 \times 8 \times 0,5 = 16,4 \text{ (кВт год)}.$$

Витрата електроенергії на роботу електросвердильної установки [30]

Приймається $P = 0,6$ кВт , $\tau = 236$ год , $\kappa = 0,5$.

$$E_3 = 0,6 \times 1772 \times 0,5 = 531,6 \text{ (кВт год)}.$$

Загальна витрата електроенергії на роботу електричного обладнання

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 + E_3 = 170,1 + 16,4 + 531,6 = 718,1 \text{ (кВт год)}. \quad (3.2)$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 10 км;
- кількість ходок $n = 2$;
- витрата пального $Q = 17$ л/100км.

Необхідна кількість пального для доставки

$$Q = Q \times 2 \times n \times l = 0,17 \times 5 \times 2 \times 10 = 17 \text{ (л)}.$$

3.8 Визначення трудомісткості робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою

$$Q = \frac{V \times H_q}{B}, \text{ [люддні]}, \quad (3.3)$$

де V – об'єм робіт;

H_q – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Норма часу приймається згідно [16,17].

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n}, \text{ [дні]}, \quad (3.4)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні;

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт систем

Обгр. по РЕКН	Найменування робіт	Од. ви міру	Об' єм роб іт	Норма часу, люд*год .	Трудо- місткість, люд*дні	Виконавці		Трива лість, дні
						кіль- кість	склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Система опалення								
E1-1-1	Транспортування та складування матеріалів і виробів	т	5,55	3	2,08	2	робітники 4р. –1 2р. –1	1
16-6-2	Прокладання сталевих трубопроводів D _y до 20 мм.	100 м	0,16	48,71	0,97	3	Слюсар 5р.-1 4р.-1, 3р.-1	0,5
16-6-4	Прокладання сталевих трубопроводів D _y до 32 мм.	100 м	0,22 6	48,71	1,37	3	Слюсар 5р.-1 4р.-1, 3р.-1	0,5
16-14-1	Прокладання поліпропіленових трубопроводів D _y до 20 мм	100 м	1,59 6	268,96	53,66	8	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	6,5
16-14-2	Прокладання поліпропіленових трубопроводів D _y до 25 мм	100 м	0,88	211,56	23,27	8	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	3
16-26-1	Встановлення лічильників	1 шт	1	0,67	0,08	2	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	0,5
16-15-1	Встановлення запірної – регулюючої арматури D _y до 25 мм	1 шт	17	2,41	5,12	6	монтажн. 5р.-1, 3р.-1	1
18-13-1	Встановлення насосів	1 шт	2	21,32	5,33	2	сл.сантех. 5р.-1, 3р.-1	2,5
16-29-1	Гідравлічне випробовування трубопроводів	100 м	7,89 4	8,22	8,11	3	сл.сантех. 6р.-1, 5р.-1, 4р.-1	2,5
E1-1-1	Транспортування та складування матеріалів і виробів	т	0,44	3	0,17	2	робітники 4р. –1 2р. –1	0,5

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Система вентиляції та кондиціонування								
E1-1-1	Транспортування та складування матеріалів і виробів	т	11,2 6	3	1,06	4	Робітни- ки 4р.-1 2р.-1	1
20-42-2	Встановлення припливно-витяжних агрегатів продуктивністю до 20 тис. м ³ /год	1 шт	5	94,86	11,86	6	монтажн. 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1	20
20-29-1	Встановлення гнучких вставок	м ²	0,2	9,78	0,24	2	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	0,5
20-3-10	Прокладання повітроводів, периметром до 1600 мм	100м ₂	2,96 2	207,4	76,89	8	монтажн. 5р.-1, 4р.-1 3р.-1, 2р.-1	9,5
20-3-11	Прокладання повітроводів, периметром до 2400 мм	100м ₂	0,58 8	156,06	11,47	8	монтажн. 5р.-1, 4р.-1 3р.-1, 2р.-1	1,5
20-3-12	Прокладання повітроводів, периметром до 3200 мм	100м ₂	0,28 0	126,14	4,41	8	монтажн. 5р.-1, 4р.-1 3р.-1, 2р.-1	0,5
20-13-15	Встановлення клапанів вогнезатримуючих периметром до 1600 мм	1 шт	6	6,83	5,12	2	монтажн. 5р.-1, 3р.-1	2,5
20-13-17	Встановлення клапанів вогнезатримуючих периметром до 4500 мм	1 шт	3	12,17	4,56	2	монтажн. 5р.-1, 3р.-1	2,5
20-14-8	Встановлення заслінок повітряних периметром до 2400 мм	1 шт	6	2,5	1,88	2	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	1

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20-27-2	Встановлення глушників шуму пластинчастих	1 шт	1	1,31	0,16	2	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	0,5
20-10-1	Встановлення повітророзподільників	1 шт	160	2,07	41,4	4	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	10,5
26-12-3	Ізоляція повітроводів	10 м ²	18,6 8	8,62	20,13	4	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	5
20-56-1	Встановлення блоків внутрішніх	1 шт	42	12,21	64,1	4	монтажн. 5р.-1, 3р.-1	16
20-57-1	Встановлення блоків зовнішніх	1 шт	15	19,89	37,29	4	монтажн. 5р.-1, 3р.-1	9,5
12-70-1	Прокладання трубопроводів з мідних труб	100 м	8,58 4	128	137,34	6	монтажн. 4р.-1, 3р.-1	22
26-8-1	Ізоляція трубопроводів	10м	85,8 4	1,46	15,67	4	монтажн. 3р.-1, 2р.-1	4
E1-1-1	Транспортування та складування матеріалів і виробів	т	0,63	3	0,32	2	робітники 4р. –1 2р. –1	0,5

3.10 Техніко-економічні показники

Розрахунок техніко-економічних показників для систем виконується в такій послідовності:

Визначається середня кількість робітників для монтажу системи вентиляції

$$R_C = \frac{603}{54} \approx 11 (\text{люд}).$$

Коефіцієнт нерівності використання людей [32]

$$\alpha_1 = \frac{11}{14} = 0,79.$$

Коефіцієнт нерівності по трудовитратах [32]

$$\alpha_2 = \frac{78,5}{603} = 0,13.$$

Коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт (див. аркуш 10) [32]:

$$\alpha_3 = \frac{42,5}{54} = 0,79.$$

Висновок до розділу 3

В даному розділі розроблено технологію заготівельних та монтажних робіт системи вентиляції торговельно-офісного центру у м. Київ. В результаті розрахунків проведених у організаційно-технологічному розділі визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи вентиляції, потребу в допоміжних матеріалах, визначено склад та об'єми робіт, обрано методи виконання робіт, підібрані необхідні машини і механізми для виконання монтажних робіт, визначено трудомісткість монтажних робіт. На основі визначених даних складено календарний графік виконання робіт (див. графічну частину), визначено загальну тривалість робіт та склад бригад. Крім того, виконано техніко-економічні розрахунки, в результаті яких визначено загальну трудомісткість виконання робіт для системи вентиляції – 603 людино-дні та тривалість виконання робіт – 54 дні. Для системи опалення тривалість монтажних робіт 65 днів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проектування систем мікроклімату будівель, зокрема систем опалення та вентиляції, пов'язане не лише з технічними аспектами створення комфортного мікроклімату, а й з необхідністю дотримання вимог безпеки праці на всіх етапах — від монтажу до експлуатації. Одним із ключових завдань при розробці таких систем є забезпечення безпечних і гігієнічних умов праці, як для монтажників, так і для обслуговуючого персоналу після введення об'єкта в експлуатацію.

У межах даної кваліфікаційної роботи предметом проектування є система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру. Проектом передбачено встановлення припливно-витяжного вентиляційного обладнання з рекуперацією теплоти, каналних вентиляторів, теплогенераторів і системи трубопроводів із засобами кріплення. Монтажна частина включає роботи на покрівлі, в технічних приміщеннях та на міжповерхових перекриттях. При цьому мають місце роботи зі зварювання, використання електроінструменту, висотні роботи, тимчасове знеструмлення тощо. Також враховуються умови експлуатації: шум, вібрації, мікроклімат, обслуговування повітропроводів. На основі аналізу потенційних небезпек, відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища», можна виділити наступні потенційно шкідливі фактори для 2-го класу, тобто допустимих умов праці, що виникають під час монтажу та експлуатації вентиляційного обладнання[18]:

Фізичні фактори середовища:

- шум від роботи вентиляційних агрегатів та електроінструменту;
- локальна вібрація від роботи ручного електроінструменту;
- мікрокліматичні умови: підвищена температура (особливо при роботі влітку на покрівлі), підвищена вологість і швидкість руху повітря (на вулиці або в технічних приміщеннях);

- штучне освітлення та можливість появи прямих і відбитих відблисків при роботі в світлих приміщеннях або на покрівлі.

Хімічні фактори:

- запиленість повітря робочої зони при виконанні різання, свердління отворів для кріплень трубопроводів та повітропроводів;
- підвищена загазованість приміщення газами та запиленість повітря робочої зони, які чинять токсичний вплив на організм працівника.

Електробезпека:

- можливість дії електричного струму при використанні електроінструменту та при підключенні насосних агрегатів, вентиляційних установок тощо.

Фактори трудового процесу:

- важкість праці: динамічне навантаження, перенесення вантажів масою до 10–15 кг на відстань до 10 м, підйом на висоту до 3 м;
- напруженість праці: монотонність відсутня, робота різноманітна за змістом, концентрація уваги помірна.

Найбільш небезпечними видами робіт у проєкті є: монтаж вентиляційного обладнання на покрівлі, електромонтажні роботи, а також робота зі зварювальним обладнанням у закритих приміщеннях. Враховуючи це, особливу увагу в розділі приділено безпеці робочих місць, електробезпеці, вимогам до мікроклімату, шуму, вібрації, освітлення, а також питанням пожежної безпеки.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Робочі місця організовані відповідно до вимог Наказів про охорону праці та Державних стандартів України. Забезпечено достатній простір для виконання трудових операцій, передбачені захисні огорожі на висоті, інструкції з безпечного використання обладнання, а також наявність засобів індивідуального захисту. Робочі поверхні виготовлені з матеріалів, стійких

до механічних і термічних навантажень.

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць .Монтаж системи опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру передбачає виконання робіт на висоті, у замкнених просторах, з використанням електричного та пневматичного інструменту, виконання зварних робіт. Через відсутність постійних робочих місць при монтажі систем опалення та вентиляції потрібно передбачити безпечні тимчасові робочі зони.

Основні заходи спрямовані на організацію безпечних тимчасових робочих зон:

- Позначення робочих зон за допомогою огорож, сигнальних стрічок, знаків безпеки та попереджувальних табличок.
- Освітлення робочої зони з урахуванням мінімальних норм освітленості відповідно доДБН В.2.5-28:2018 та ДСН 3.3.6.042-99.
- Облаштування стійких підмостків, помостів і риштувань, які мають сертифікати відповідності, для виконання монтажу на висоті (наприклад, встановлення вентиляційного обладнання на покрівлі або в зоні перекриттів).
- Обов'язкове застосування індивідуальних засобів захисту: касок, захисних окулярів, рукавиць, страхувальних поясів при роботі на висоті, протишумових навушників тощо.
- Виведення кабелів електроінструменту поза межі проходів, щоб уникнути спотикання або пошкодження ізоляції.
- Виділення зони для зберігання матеріалів та інструментів, з дотриманням проходів шириною не менше 1 м.
- Проведення інструктажів з охорони праці перед допуском до виконання робіт у тимчасовій зоні.
- Обмеження доступу для сторонніх осіб у зонах монтажу систем.

Дотримання зазначених заходів дозволяє знизити ризик травматизму, мінімізувати вплив шкідливих виробничих факторів і забезпечити виконання монтажних робіт у відповідності до чинних вимог з охорони праці.

Електробезпека. У процесі монтажу та пусконаладження систем опалення та вентиляції в торгівельно-офісному центрі використовуються електроінструменти, монтажне обладнання, передбачається підключення насосних агрегатів, а також припливно-витяжних установок із рекуператорами та каналних вентиляторів.

При цьому влаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правил улаштування електроустановок (наказ від 21.07.2017 № 476 Міністерство енергетики та вугільної промисловості України), НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.32 [19].

Основні технічні заходи з електробезпеки:

- всі електроінструменти повинні бути сертифікованими, справними, перевіреними, із заземленням або подвійною ізоляцією;
- до робіт з електроінструментом допускаються тільки особи, що мають відповідну групу допуску з електробезпеки не нижче II та пройшли інструктаж з охорони праці;
- тимчасові електромережі для будівельних потреб повинні мати захист через пристрій захисного відключення та автоматичні вимикачі на кожну лінію;
- заборонено використовувати саморобні подовжувачі, відкриті з'єднання кабелів, або розетки без кришок і захисту від вологи та пилу;
- роботи на покрівлі пов'язані з монтажем припливно-витяжних установок і вентиляторів мають виконуватись лише у суху погоду; електроживлення обладнання дозволяється тільки після перевірки заземлення корпусів і правильного підключення згідно з проектом;
- серед подачею напруги на вентиляційне обладнання виконується випробування електроланок, перевірка фазності, наявності заземлення, відсутності коротких замикань;

- роботи з монтажу та підключення електричних кабелів мають проводитися лише електромонтером або електротехнічним персоналом, згідно з проектом і нормами ПУЕ;
- під час монтажу на висоті на покрівлі додатково забезпечується електроізоляційний контроль, захист кабелів від механічних пошкоджень, а також захист від дії атмосферних чинників.

Усе вентиляційне обладнання після завершення монтажу підлягає перевірці електробезпеки з оформленням відповідного акту (опір ізоляції, перевірка ПЗВ, контур заземлення тощо) до моменту здачі в експлуатацію.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Під час монтажу, пусконаладження та експлуатації системи вентиляції в торговельному центрі важливо забезпечити сприятливі умови праці для монтажників і технічного персоналу. Враховуючи характер і тривалість робіт, гігієнічні вимоги мають бути дотримані як у тимчасових монтажних зонах, так і при обслуговуванні вентиляційного обладнання в робочому режимі.

4.2.1 Мікроклімат

Категорія робіт, згідно діючих стандартів відповідає рівню – фізичної роботи середньої важкості (категорія Пб), при якій втрата енергії дорівнює – 233-290 Вт (201-250 ккал/год), належать роботи що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщення невеликих вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням [20].

У процесі монтажу вентиляційного обладнання, зокрема на покрівлі та в технічних приміщеннях, необхідно враховувати температурно-вологісні умови:

- Монтажні роботи мають виконуватись за температури повітря не

нижче +15 °C та не вище +29 °C у внутрішніх приміщеннях. При цьому перепад температури повітря за висотою робочої зони при всіх категоріях робіт допускається до 3°C [20].

- В спекотний період роботи на відкритій покрівлі необхідно планувати з технологічними перервами та забезпечувати працівників водою для пиття.
- При тривалому перебуванні в неутеплених технічних приміщеннях у холодний період передбачаються місця для обігріву та обов'язкове використання утепленого спецодягу.

Допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для категорії робіт Пб приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі значення параметрів мікроклімату

Період	Категорія робіт	Допустимі параметри мікроклімату		
ТПР	Середня важкість (Пб)	Температура, °C	Відносна вологість, %	Рухливість повітря, м/с
		15-29	70	0,2-0,5

Під час проведення робіт з монтажну систем вентиляції підтримуються допустимі параметри мікроклімату, оскільки монтажні роботи виконуються у теплий період року.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час монтажу вентиляційного обладнання, особливо в закритих технічних приміщеннях. Повітря має відповідати вимогам щодо вмісту пилу, аерозолів, концентрації шкідливих речовин, згідно з ГДК [20].

Після введення системи в експлуатацію якість повітря в торговельному центрі має відповідати нормативним вимогам до громадських будівель, зокрема за показниками CO₂, температури, вологості, відсутності сторонніх запахів. В умовах роботи на граничнодопустимих

концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил при свердлінні отворів і різанні металевих виробів їх ГДК наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
1	2	3	4
Азоту двоокис NO ₂	0,085	0,085	II
Бензин (нафтовий, малосірчаний)	5	1,5	IV
Дизпаливо	300	300	IV
Дихлорфторметан (фреон)	100	10	IV
Вуглець (окис CO)	3	1	IV
Свинець і його сполучення	-	0,0003	I
Пил мінеральний	6	6	III
Свинець сірчаний (PbS)	-	0,0017	I
Кислота сірчана H ₂ SO ₄	0,8	0,1	II
Акролеїн	0,2	0,2	II
Масла мінеральні	5	3	III
Тетраетилсвинець	-	0,005	I

Для забезпечення параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до проєктом передбачено-періодичне провітрювання приміщень та використання засобів індивідуального захисту.

4.2.3 Виробниче освітлення

Під час монтажу та обслуговування вентиляційного обладнання, особливо в технічних зонах (підстельові простори), необхідне забезпечення достатнього рівня освітленості згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 та ДСН 3.3.6.042-99 [21].

Для забезпечення нормованого значення суміщеної освітленості передбачено такі заходи. Мінімальний рівень освітленості робочої зони має бути не нижчим для загального освітлення та 500 лк. У разі недостатнього природного освітлення — використовуються тимчасові або переносні електросвітильники із захисною сіткою та ступенем захисту не нижче IP44,

підключені через ПЗВ (пристрій захисного вимкнення). На відкритих ділянках даху, де виконуються монтажні роботи, при недостатньому освітленні (сутінки, похмура погода) — обов'язкове встановлення місцевого освітлення, орієнтованого на робочу зону. Для електромонтажних робіт застосовуються джерела світла згідно ДСТУ ІЕС /TR 62778:2015 з температурою кольору 4000–5000 К для зручного сприйняття деталей і маркувань. Після здачі в експлуатацію у вентиляційних приміщеннях має бути передбачене статичне освітлення з аварійним резервним живленням.

Для створення сприятливих умов для зорової роботи, при виконанні монтажних робіт, освітлення приміщень повинно задовільняти нормативні вимоги [21] наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта бачення	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення	Сумісне освітлення
				Освітленість, Лк		КПО, %	КПО, %
				Заг.	Комб.	боков.	боков.
Середньої точності	0,5-1	IV	б	200	500	1,5	0,9

Для забезпечення нормованих значень виробничого освітлення передбачено:

- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи;
- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різних контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору;
- у полі зору предмета не повинно бути сліпучого блиску;
- штучне світло за своїм спектральним складом має наближатися до

природного.

Для забезпечення ефективного використання енергії слід враховувати енергоефективність освітлювальних приладів, вимикати освітлення в пустих приміщеннях або застосовувати автоматичні системи керування освітленням. Після визначення потрібного рівня освітленості, вибираються відповідні лампи, світильники або інші освітлювальні пристрої.

4.2.4 Виробничий шум

У процесі монтажу та експлуатації систем опалення та вентиляції основними джерелами шуму є компоненти вентиляційного обладнання, такі як вентилятори, вентиляційні установки, система вентиляції з повітропроводами. Крім того, в процесі монтажу джерелом шуму є працюючі електроінструменти, компресори. Рівень шуму під час монтажу може досягати 85–90 дБ, що вимагає застосування засобів індивідуального захисту слуху. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території підприємств згідно ДСН 3.3.6- 037-99 представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 — Допустимі рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	На середньгеометричних частотах, Гц									
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території будівництва	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Заборонено перебування робочих в зонах з рівнем звукового тиску вище 135 дБ в будь-якій октавній смузі.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

- встановлення шумоглушників на повітроводах перед і після вентиляційних агрегатів;
- використання гнучких вставок між вентиляційними установками і повітропроводами для гасіння шуму і вібрацій;
- монтаж припливно-витяжних установок на віброізоляційних опорах;
- застосування акустичних кожухів для вентиляторів, за необхідності;
- дотримання допустимого рівня звукового тиску у приміщеннях торговельного центру відповідно до гігієнічних норм — не вище 50 дБА у торгових залах та 65 дБА у вентиляційних приміщеннях.

Після монтажу проводиться акустична перевірка та, у разі необхідності, додаткове шумозаглушення.

4.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в роботі, є електричний інструмент, вентилятори і повітропроводи.

Загальна вібрація при монтажних роботах передається через опорні поверхні на тіло стоячої людини. Локальна вібрація передається через руки людини. Нормування вібрації виконуємо згідно ДСН 3.3.6-039-99 [22], та наведено в таблиці 4.5 та 4.6.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньо геометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	<u>2,8</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>
	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

* В чисельнику – середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10⁻², в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Таблиця 4.6 - Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого для тривалості зміни 8 годин.

Вид вібрації	Категорія вібрац. Норм	Напрямок дії	Нормативне значення корегованої по частоті і еквівалентне коректировочне значення			
			По віброприскоренню		По віброшвидкості	
			м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻¹ ·10 ⁻²	дБ
Локальна	-	X _л , Y _л , Z _л	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ , X ₀ , Y ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення впливу вібрацій у проєкті передбачено:

- монтаж вентиляційного обладнання (вентиляторів, ПВУ) на віброізоляційні опори (гумові або пружинні амортизатори);
- встановлення гнучких вставок між вентиляторами та повітроводами, що перешкоджають передаванню вібрацій на конструкції будівлі;
- обмеження часу безперервної роботи з віброючим електроінструментом під час монтажу;
- обов'язкове використання антивібраційних рукавиць працівниками, які працюють з ручним інструментом високої інтенсивності;
- контроль дотримання допустимого рівня локальної вібрації згідно ДСН 3.3.6.039-99.

Застосування зазначених технічних заходів дозволяє уникнути передачі вібрацій на несучі конструкції та знизити втомлюваність працівників, які виконують монтажні та сервісні роботи.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення, у яких проводять монтажні роботи системи вентиляції за пожежною вибухонебезпекою відносяться до категорії Г. Об'єкт монтажу за конструктивними характеристиками відноситься до II ступеня вогнестійкості (приміщення з несучими та огорожувальними

конструкціями з природних матеріалів або штучного каменю, бетону або залізобетону з застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів; у покритті приміщення дозволяється застосовувати незахищені сталені конструкції) у відповідності до ДБН В.1.1 – 7:2016 [23] (табл. 4.7, 4.8).

Таблиця 4.7 – Категорії приміщень за пожежною і вибухонебезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться у приміщенні
Г	Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива.

Таблиця 4.8 – Визначення ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло ни	сходові площад-ки, ко-соури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття міжпо-верхові (у т. ч. горищні та над підвала-ми)	елементи суміщених покриттів	
	несу-чі та сход-ових кліто-к	самонес-учі	зовніш-ні ненесучі	внутрі-шні ненесу-чі (перег-ород-ки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E15, M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	RE 15 M0	R 30 M0

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [23], будівля торгівельно-офісного центру належить до II ступеня вогнестійкості. При цьому конструкції мають межу вогнестійкості не менше R60– R90, тобто стіни, перекриття, покрівля побудовані із використанням вогнестійких матеріалів. Інженерні комунікації, включно з системою опалення і вентиляції, проходять через

протипожежні перешкоди відповідно до вимог до протипожежних відсічок.

Відстані до сусідніх будівель та споруд прийнято не менше ніж:

- 15 м — до житлових будівель (IV ступінь вогнестійкості);
- 9 м — до будівель III ступеня вогнестійкості громадського

призначення;

- 6 м — до господарських споруд.

Відстані забезпечують протипожежні розриви відповідно до ДБН В.1.1-7:2016.

На об'єкті передбачено оснащення основних приміщень та технічних зон первинними засобами пожежогасіння згідно ДСТУ EN 3-7:2014 «Вогнегасники» та наказом Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». Вогнегасники водопінні ВВП-6 з розрахунку не менше 1 шт. на кожні 100 м² площі. Вогнегасники встановлюються біля виходів та у місцях підвищеної пожежної небезпеки (електрощитові, технічні приміщення вентиляційного обладнання, машинні відділення).

Проектом передбачені реалізацію технічних рішень з пожежної безпеки, які відповідають вимогам ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будівлі та споруди», НАПБА.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні.

У проекті системи вентиляції передбачено наступні заходи:

Системи запобігання пожежі:

- Використання негорючих матеріалів при монтажі повітроводів (оцинкована або вогнестійка сталь);
- Застосування вогнестійкої теплоізоляції (базальтова вата, покрита фольгою);
- Заборона використання ППУ або спіненого поліетилену без відповідної сертифікації з пожежної безпеки.

Системи протипожежного захисту:

- Монтаж протипожежних клапанів (з електроприводом та нормально

закритими положеннями) у місцях проходу повітроводів через протипожежні перешкоди;

- Димовидалення у складі вентиляційної системи — можливість переведення систем у режим аварійної витяжки при пожежі;
- Підключення вентиляційних установок до системи пожежної сигналізації для автоматичного вимкнення обладнання при спрацюванні датчиків.

Технічні рішення у конструкції обладнання:

- Використання вентиляційних установок із вбудованими датчиками перегріву та захистом електродвигунів;
- Передбачено можливість ручного і автоматичного відключення обладнання в аварійній ситуації;
- Повітроводи проходять крізь міжповерхові перекриття в вогнестійких гільзах, заповнених вогнезахисною мастикою. Евакуація і доступ:
- Вентиляційне обладнання на покрівлі розташовано з дотриманням пожежних розривів;
- Забезпечено вільний доступ до ПВУ та вентиляторів для обслуговування та екстреної зупинки.

4.3 Висновок до розділу 4

У розділі охорони праці розглянуто комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці при монтажі, налагодженні та подальшій експлуатації системи опалення та вентиляції у межах торгівельно-офісного центру. Встановлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, притаманні зазначеним видам робіт, зокрема: дія електричного струму, робота на висоті, шум, вібрації, несприятливі мікрокліматичні умови, фізичне навантаження.

Запропоновані технічні рішення з організації безпечних робочих місць,

електробезпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки відповідають чинним нормативним документам, зокрема ДБН, ДСТУ та НПАОП. Особливу увагу приділено заходам безпеки під час роботи з вентиляційними установками на покрівлі, а також під час застосування електро- і пневмоінструменту.

Отже, реалізація наведених у розділі заходів дозволяє мінімізувати професійні ризики, запобігти виникненню аварійних ситуацій і забезпечити дотримання вимог охорони праці на всіх етапах реалізації проєкту.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано проєктування систем опалення та вентиляції торговельно-офісного центру з урахуванням сучасних вимог до забезпечення нормативного повітрообміну, енергоефективності та безпечної експлуатації обладнання.

На основі техніко-економічного обґрунтування розраховано термін окупності та рівень економії енергії при впровадженні теплового насосу. Термін окупності системи опалення з тепловим насосом складає 11,6 роки.

З врахуванням місцевих умов, особливостей будівлі та вихідних даних розраховано необхідну витрату повітря для приміщень різного призначення, обґрунтовано вибір припливно-витяжної установки з рекуператором, а також двох додаткових витяжних вентиляторів для забезпечення ефективного видалення забрудненого повітря. Проведено розрахунок обсягу теплових надходжень у приміщення торговельного центру від різних джерел, на основі чого виконано розрахунок величин необхідного повітрообміну систем вентиляції. У місцях проходів повітропроводів крізь міжповерхові перекриття передбачено монтаж вогнезатримних клапанів. Для наладки і регулювання системи на відгалуженнях прийняті до монтажу дросельні заслінки з розмірами, що відповідають розмірам повітропроводу. Припливно-витяжні установки розташовуються в за стельовому просторі та

на даху торговельного центру. Запропоновані технічні рішення дозволяють підтримувати нормативні параметри мікроклімату в торговельному центрі для комфортного перебування відвідувачів і персоналу, зменшити експлуатаційні витрати завдяки використанню системи рекуперації теплоти.

В результаті визначення техніко-економічних показників було розраховано загальну трудомісткість виконання робіт, яка складає 603 людино-дні. При цьому тривалість виконання монтажних робіт складає 54 дні. Для системи опалення трудомісткість становить 1420 людино-дні, а тривалість виконання робіт 65 днів.

У роботі також розроблено заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час монтажу та експлуатації вентиляційного обладнання. З урахуванням специфіки монтажу систем вентиляції, особливу увагу приділено безпечній організації тимчасових робочих місць, правильній експлуатації електро- та пневмоінструменту, а також дотриманню правил безпеки при виконанні висотних робіт на покрівлі. У роботі враховано питання гігієни праці, які стосуються забезпечення допустимих рівнів шуму, освітленості, вібрацій і мікроклімату відповідно до санітарних норм для персоналу технічних приміщень.

Визначено категорії приміщень за пожежною небезпекою та ступінь вогнестійкості будівельних конструкцій. Запропоновано заходи з пожежної безпеки, які передбачають застосування вогнестійких конструкцій, встановлення пожежної сигналізації, автоматичного відключення вентиляційного обладнання та організацію димозахисту шляхів евакуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Винников Ю.Л., Пічугін С.Ф., Довженко О.О., Дмитренко А.О Будівельні конструкції: Навчальний посібник. – Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2015. – 400 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ. 2010 р. 128 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. К.: Мінрегіон України, 2013, 141 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2021- 05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2021. 30 с.
5. ДБН В.2.2-23:2009 «Будинки і споруди. Підприємства торгівлі». [Чинний від 2019-08-01]Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 60 с.
6. ДБН В.2.2-9:2018Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2018-09-28]. Вид. офіц. Київ, 2018. 49 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013. Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем [Чинний від 2014-01-01]. Київ. Мінрегіон України, 2013, 29
8. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги[Чинний від 2017-06-01]. Київ. Мінрегіонбуд України, 2017, 47 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 чинний від [2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 127 с.
10. ДСТУ EN ISO 16890-1:2019 «Фільтри повітря для загальної вентиляції. Частина 1. Технічні умови, вимоги та система класифікації на основі ефективності зважених часток (ерм)».Київ : Мінрегіонбуд України, 2019.
11. Ратушняк Г.С.,Анохіна К.В., Джеджула В.В.Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 170 с.
12. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021.71 с.

13. Пономарчук І.А.. Вентиляція та кондиціонування повітря: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.; Він. нац. техн. ун-т. Вінниця:ВНТУ,2012 . 92с..
14. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.
15. Лялюк О.Г. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2003. 86 с.
16. Слободян Н. М., Панкевич О. Д., Ободянська О. І. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції : навч. посібник Вінниця : ВНТУ, 2017. 107 с.
17. Панкевич. О. Д. Організація будівництва: навчальний посібник. Вінниця. ВНТУ. 2007. 86 с.
18. Дембіцька С.В., Кобилянська І.М., Кобилянський О.В. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня бакалавра галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво». Вінниця. ВНТУ. 2023. 78 с.
19. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення [Чинний від 2012-04-01]. Київ. Мінрегіон України, 2012, 34 с.
20. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с
22. 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 .
23. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 34 с.

ДОДАТКИ

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

Затверджено:

Завідувач кафедри ІСБ

к.т.н. проф. Ратушняк Г. С.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи
за темою: «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ТА
ВЕНТИЛЯЦІЇ ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ»

Розробив

ст. гр. СМ-216 Печенюк П. С.

Керівник

к.т.н. Панкевич О. Д.

Вінниця 2025

1. Призначення розробки та місце застосування.

Системи вентиляції призначені для забезпечення в приміщенні необхідного повітрообміну повітря шляхом надходження свіжого припливного повітря та видалення витяжного повітря, а також підтримання нормативної вологості, швидкості руху повітря в приміщеннях торговельного центру.

2. Основа для виконання робіт.

БКР виконується згідно теми, затвердженої наказом ректора №97 від «20» березня 2025 р., на підставі завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу.

3. Мета та призначення розробки.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка проектного рішення щодо створення системи вентиляції торговельного центру із застосуванням енергоефективних технічних рішень.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є архітектурно-будівельні креслення, технологічне завдання та нормативна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до систем мікроклімату торговельних центрів наведено в такій нормативній літературі:

- ДБН В.2.5-67-2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;
- ДСТУ 9191 : 2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»;
- ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будівлі та споруди»;
- ДБН В.1.2-7-2008 «Пожежна безпека»;
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 «Будівельна кліматологія»;

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

При розробці систем необхідно використовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого

монтажу систем та можливість їх ремонту чи заміни.

7. Вимоги до систем вентиляції.

Санітарно – гігієнічні – забезпечення та підтримка в приміщенні потрібних температур та якості атмосферного повітря.

Економічні – забезпечення мінімуму приведених затрат.

Будівельні – ув'язка з будівельними конструкціями.

Монтажні – забезпечення монтажу систем вентиляції та опалення індустріальними методами.

Експлуатаційні – простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність і безперебійність їх роботи.

Естетичні – гармонійне співвідношення із внутрішнім архітектурним дизайном приміщення.

Обов'язковими є такі показники надійності:

- середня виробка обладнання на відмову, яке складає не менше 10 років.

- середній повний строк служби не менше 20 років.

- на вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

Ергономічні вимоги :

- розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду протягом денної та нічної частини доби.

- виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточняється на стадії приймальних випробуваннях.

Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в періоді 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.

8. Порядок розробки випробувань, приймання систем ТГП і В:

На стадії розробки встановлюють відповідно з ДБНВ.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря», ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будівлі та споруди».

9. Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розробка та затвердження із замовником функціональних та принципових схем, конструктивних компоновок та робочих креслень,
- розробка та узгодження програми та методики випробувань,
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

Дане технічне завдання може узгоджуватися та доповнюватися в процесі проєктування.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: ЕНЕРГОДЕТЕКТИВНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ТЕРМІН-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ

Тип роботи: БАКАЛАВРСКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ _____
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 3,29 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Ратушняк Г.С., зав. кат. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

Огородська О.І., к.т.н., доцент ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку (підпис)

Слободян Н.М.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник (підпис)

Панкевич О.А., доцент кат. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач (підпис)

Печенюк П.С.
(прізвище, ініціали)

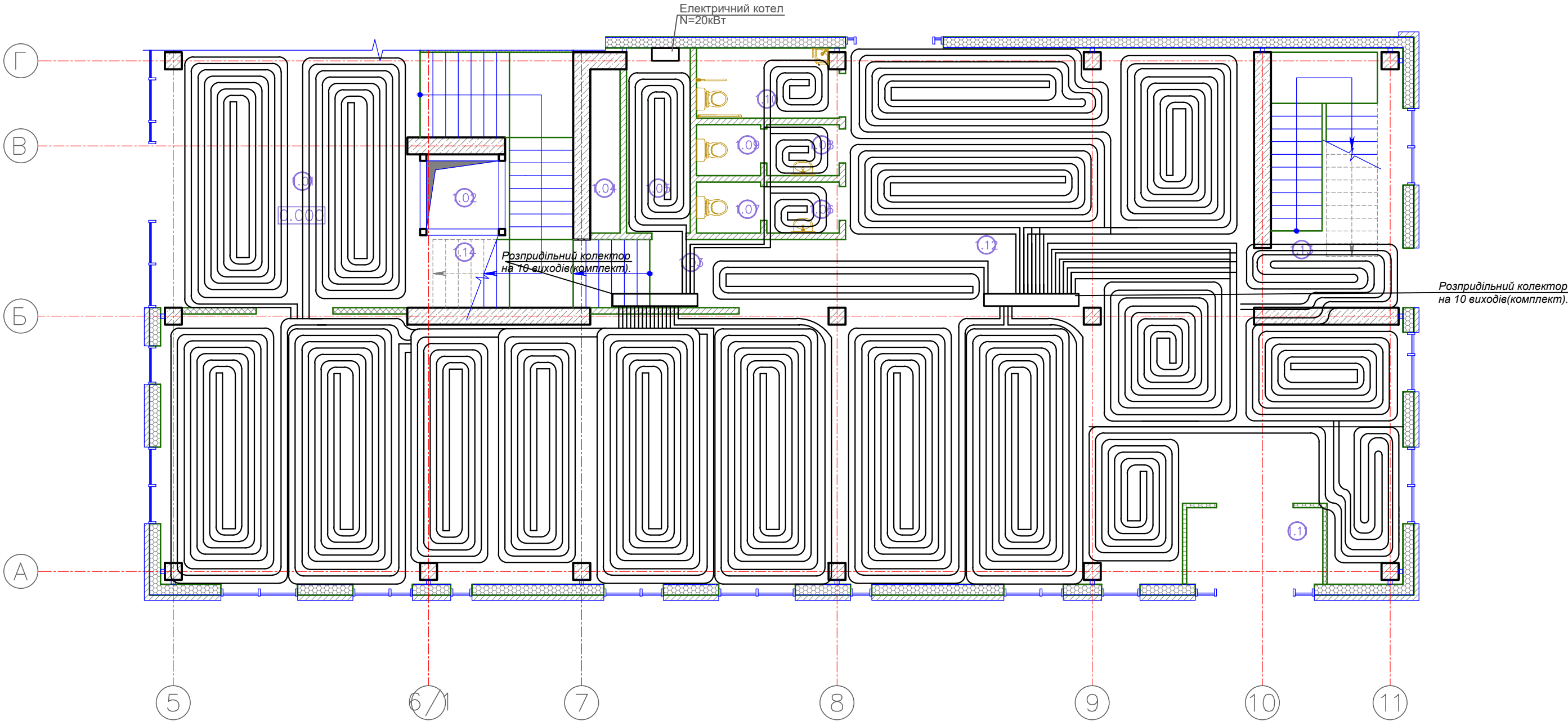
Додаток В

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Опалення.План на відм. 0.000



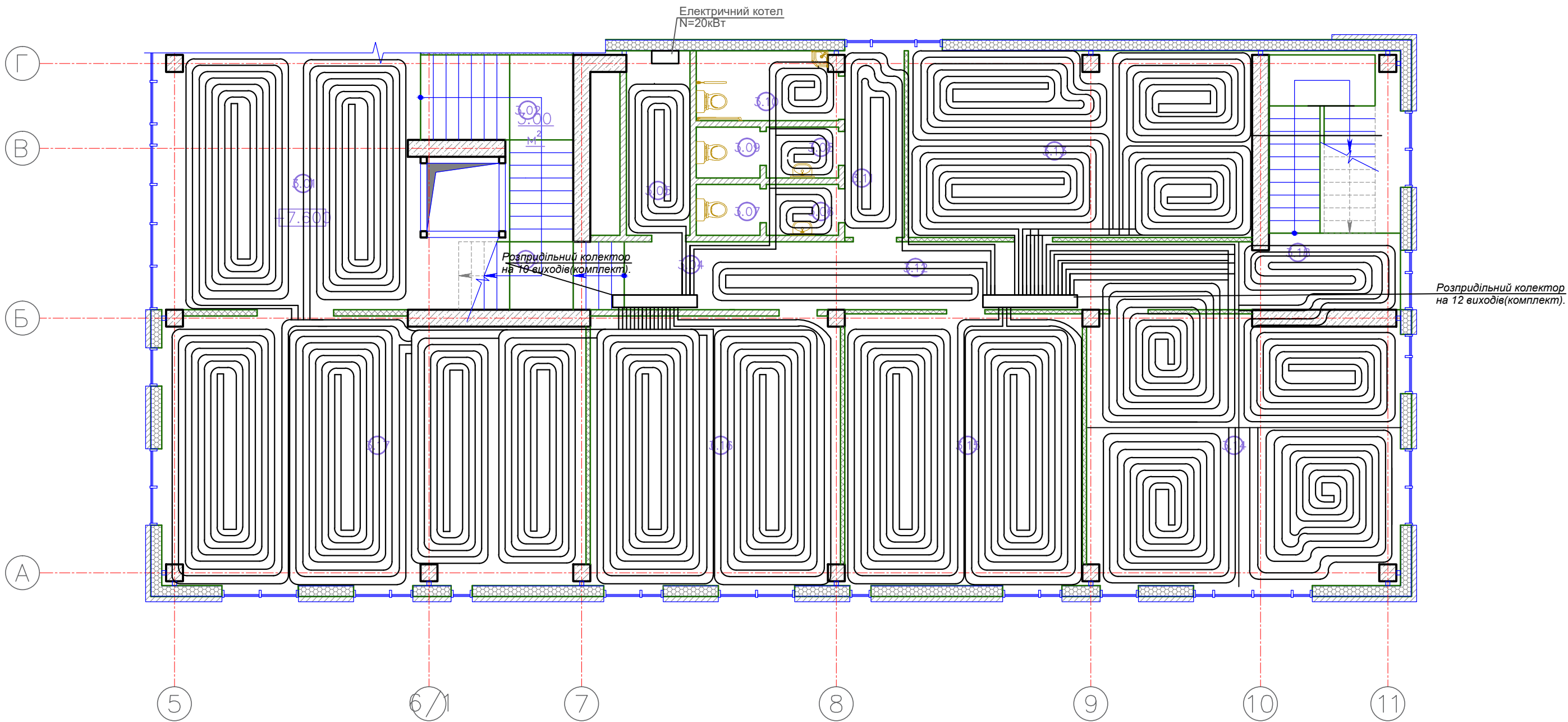
Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ.
1.01	Хол	37.29	
1.02	Ліфтова шахта	2.72	
1.03	Коридор	3.20	
1.04	Шахта для комунікацій	2.69	
1.05	Технічне приміщення	6.52	
1.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
1.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
1.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
1.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
1.10	Санвузол для МГН	5.40	
1.11	Тамбур	5.76	
1.12	Спеціалізований магазин з виставковим залом	239.44	
1.13	Сходова клітка	18.66	
1.14	Сходова клітка	19.37	

Всього: 348.73

Погоджено:		Зам. інв. №	
Підпис і дата		Зам. інв. №	
Інв. № об.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Зам. інв. №

						08-13.БКР.010.00.001 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система опалення	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.					БКР	1	10
Перевірив		Панкевич О.Д.							
Н.контроль		Слободян Н.М.							
Рецензент						Схема розташування елементів системи опалення на відмітці +0,000	ВНТУ, СМ-216		
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.							

Погоджено:		Зам. інв. №	
Підпис і дата		Зам. інв. №	
Інв. № об.		Зам. інв. №	

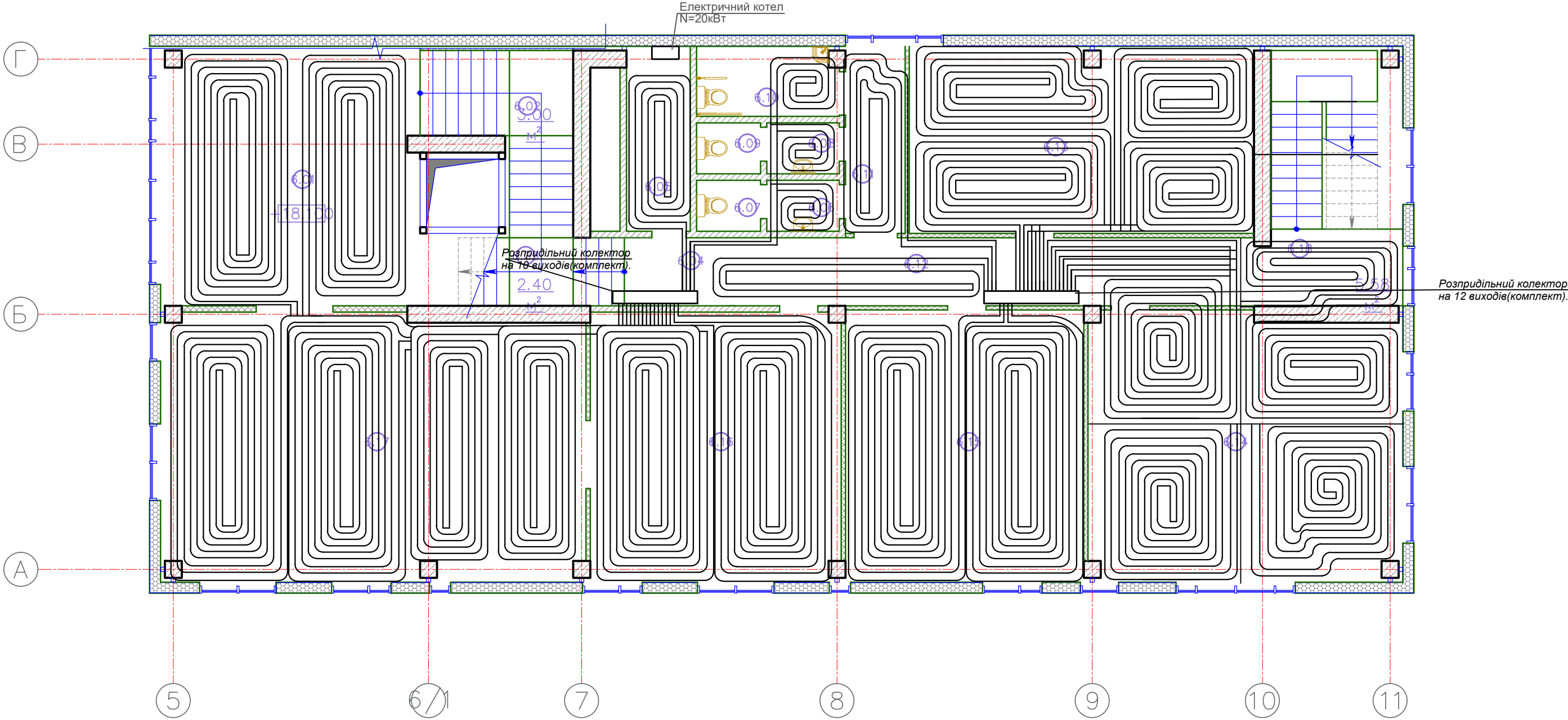


Експлікація приміщень третього поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ.
3.01	Хол	38.25	
3.02	Сходова площадка	3.00	
3.03	Сходова площадка	2.40	
3.04	Коридор	4.16	
3.05	Технічне приміщення	6.52	
3.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
3.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
3.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
3.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
3.10	Санвузол для МГН	5.40	
3.11	Коридор	6.16	
3.12	Коридор	19.36	
3.13	Кабінет	35.44	
3.14	Кабінет	45.82	
3.15	Кабінет	35.84	
3.16	Кабінет	37.24	
3.17	Кабінет	61.72	
3.18	Кабінет	5.58	
Всього:		314.57	

						08-13.БКР.010.00.002 ОВ				
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система опалення		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.						БКР	2	10
Перевірив		Панкевич О.Д.				Схема розташування елементів системи опалення на відмітці +7,600		ВНТУ, СМ-216		
Н.контроль		Слободян Н.М.								
Рецензент										
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.								

Опалення.План на відм. +18.100

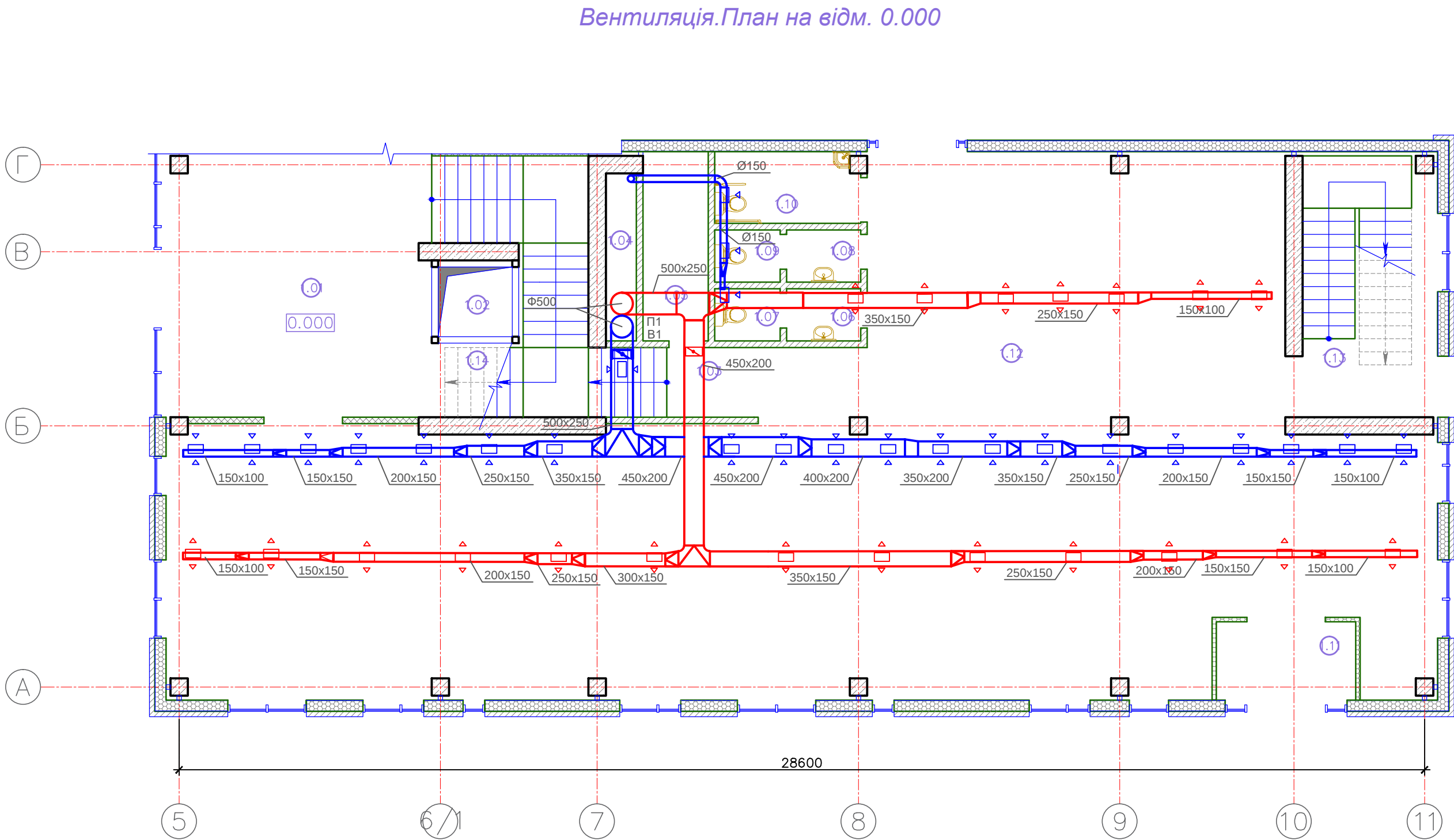


Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ
6.01	Хол	38.25	
6.02	Сходова площадка	3.00	
6.03	Сходова площадка	2.40	
6.04	Коридор	4.16	
6.05	Технічне приміщення	6.52	
6.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
6.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
6.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
6.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
6.10	Санвузол для МГН	5.40	
6.11	Коридор	6.16	
6.12	Коридор	19.36	
6.13	Кабінет	35.44	
6.14	Кабінет	45.82	
6.15	Кабінет	35.84	
6.16	Кабінет	37.24	
6.17	Кабінет	61.72	
6.18	Кабінет	5.58	
Всього:		314.57	

Погоджено:			
Інв. № об.	Піспис і дата	Зам. Інв. №	

						08-13.БКР.010.00.003 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиля- ції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система опалення	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.					БКР	3	10
Перевірів		Панкевич О.Д.				Схема розташування елементів системи опалення на відмітці +18,100	ВНТУ, СМ-216		
Н.контроль		Слободян Н.М.							
Рецензент									
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.							

Погоджено:			
Інв. № об.	Підпис і дата	Зам. Інв. №	



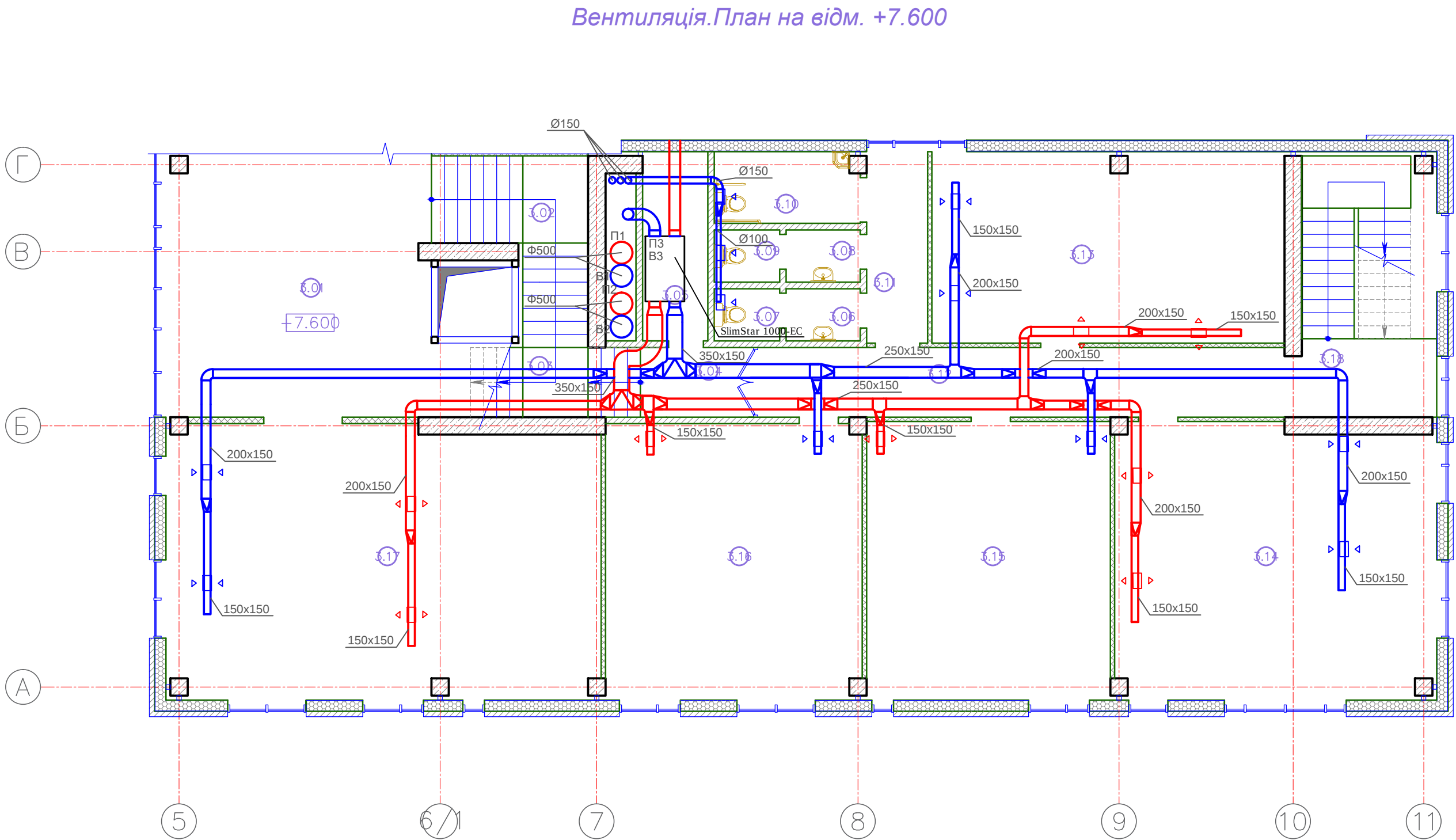
Експлікація приміщень першого поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ.
1.01	Хол	37.29	
1.02	Ліфтова шахта	2.72	
1.03	Коридор	3.20	
1.04	Шахта для комунікацій	2.69	
1.05	Технічне приміщення	6.52	
1.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
1.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
1.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
1.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
1.10	Санвузол для МГН	5.40	
1.11	Тамбур	5.76	
1.12	Спеціалізований магазин з виставковим залом	239.44	
1.13	Сходова клітка	18.66	
1.14	Сходова клітка	19.37	

Всього: 348.73

						08-13.БКР.010.00.004 ОВ				
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система вентиляції		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.						БКР	4	10
Перевірив		Панкевич О.Д.				Схема розташування елементів системи вентиляції на відмітці +0,000		ВНТУ, СМ-216		
Н.контроль		Слободян Н.М.								
Рецензент										
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.								

Погоджено:			
Інв. № об.	Підпис і дата	Зам. Інв. №	



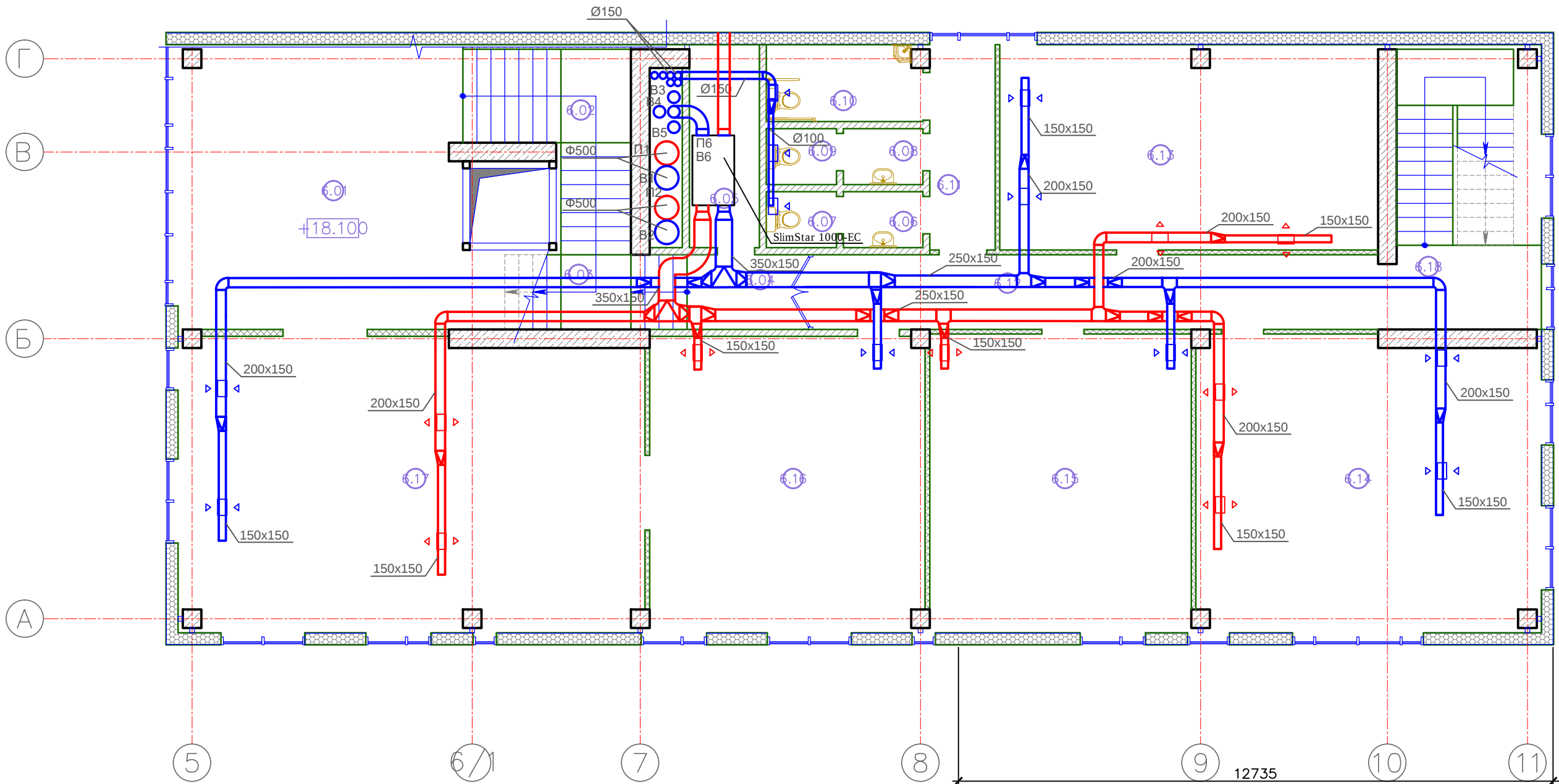
Експлікація приміщень третього поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ.
3.01	Хол	38.25	
3.02	Сходова площадка	3.00	
3.03	Сходова площадка	2.40	
3.04	Коридор	4.16	
3.05	Технічне приміщення	6.52	
3.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
3.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
3.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
3.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
3.10	Санвузол для МГН	5.40	
3.11	Коридор	6.16	
3.12	Коридор	19.36	
3.13	Кабінет	35.44	
3.14	Кабінет	45.82	
3.15	Кабінет	35.84	
3.16	Кабінет	37.24	
3.17	Кабінет	61.72	
3.18	Кабінет	5.58	
Всього:		314.57	

						08-13.БКР.010.00.005 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система вентиляції	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.					БКР	5	10
Перевірив		Панкевич О.Д.				Схема розташування елементів системи опалення на відмітці +7,600	ВНТУ, СМ-216		
Н.контроль		Слободян Н.М.							
Рецензент									
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.							

Погоджено:			Зам. інв. №		Підпис і дата	
Інв. № об.	Інв. №		Інв. №		Інв. №	

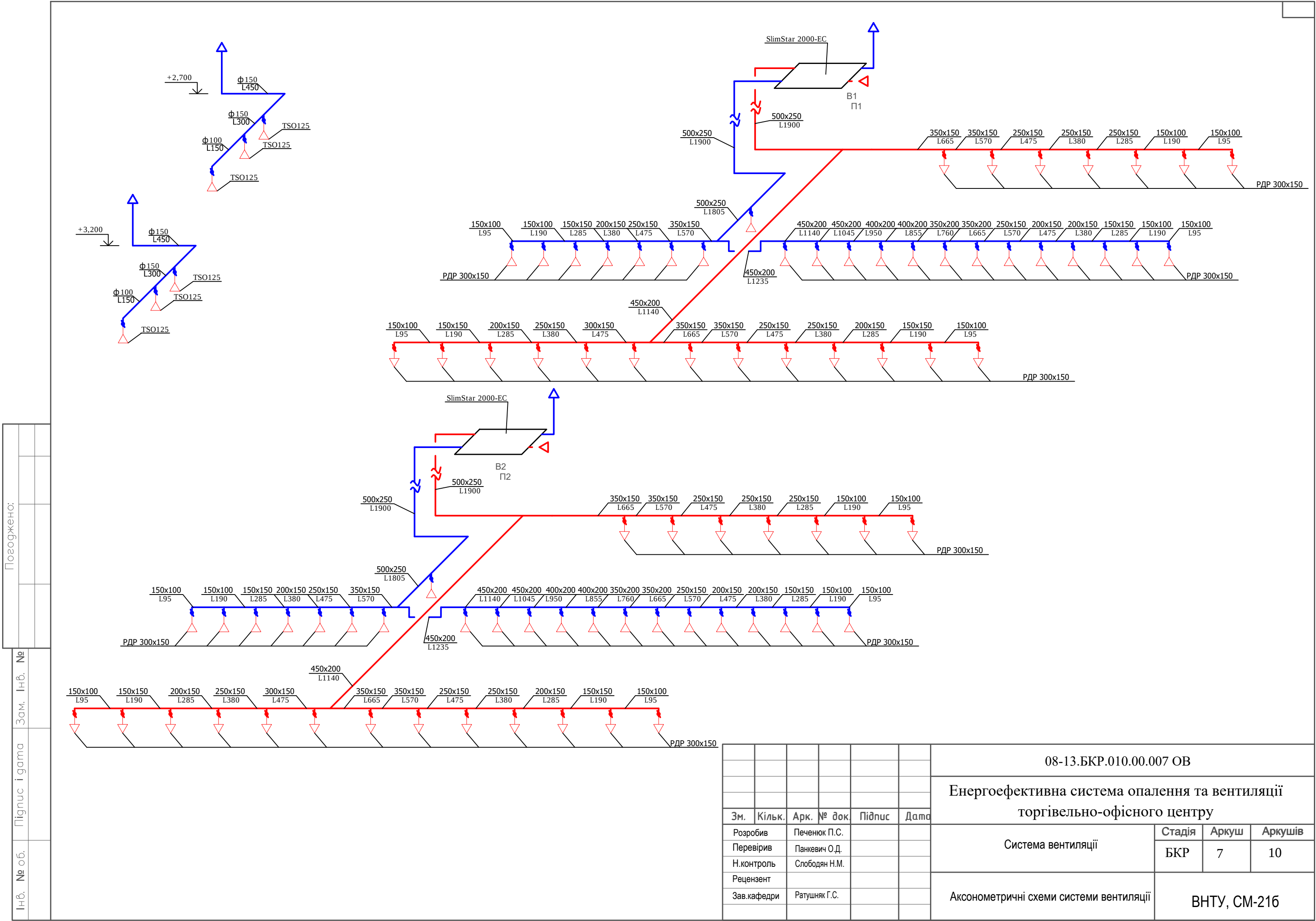
Вентиляція.План на відм. +18.100



Експлікація приміщень шостого поверху

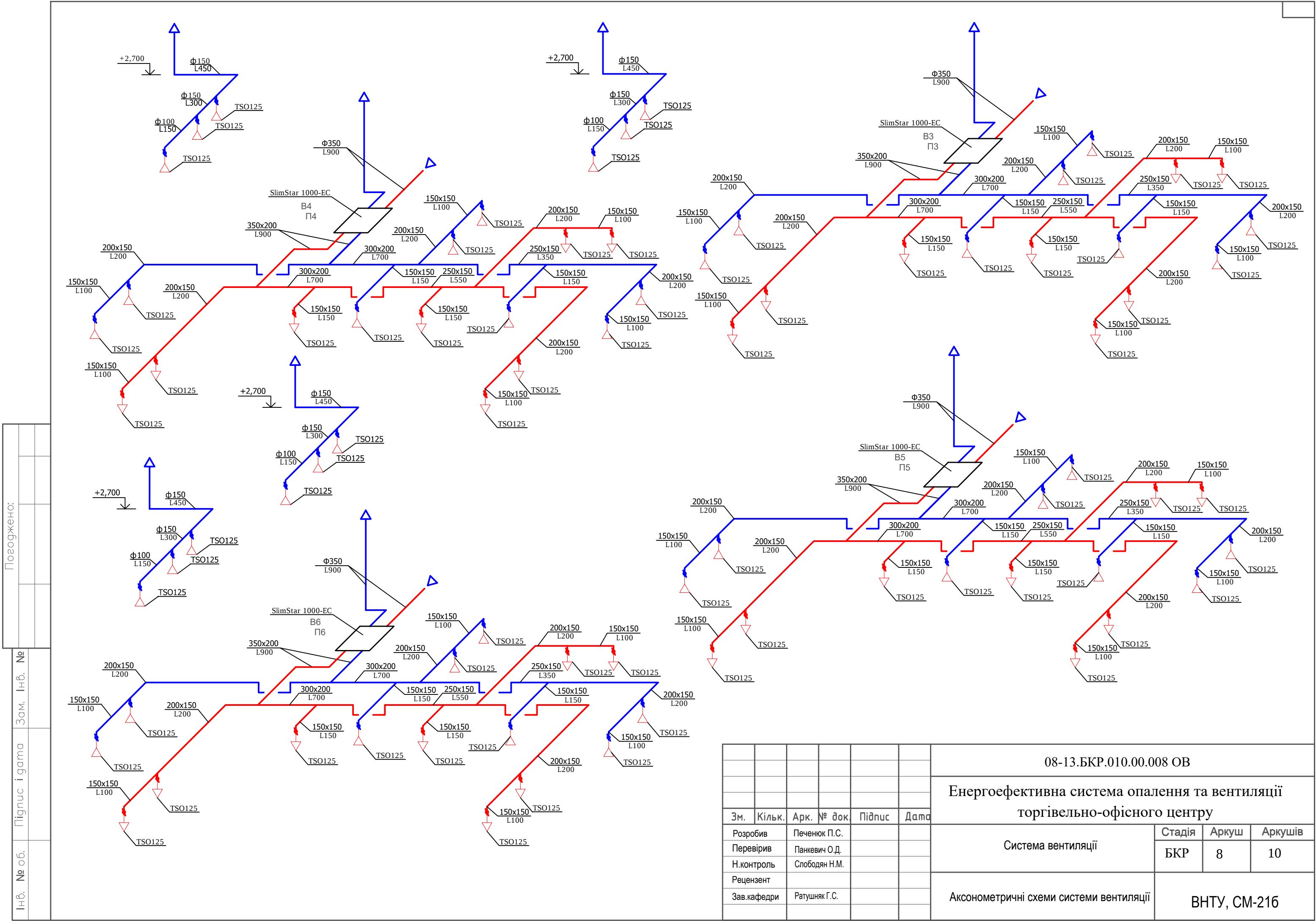
Номер приміщення	Найменування	Площа м²	Кат. приміщ.
6.01	Хол	38.25	
6.02	Сходова площадка	3.00	
6.03	Сходова площадка	2.40	
6.04	Коридор	4.16	
6.05	Технічне приміщення	6.52	
6.06	Умивальня (жіноча)	2.04	
6.07	Туалетна (жіноча)	1.80	
6.08	Умивальня (чоловіча)	2.04	
6.09	Туалетна (чоловіча)	1.80	
6.10	Санвузол для МГН	5.40	
6.11	Коридор	6.16	
6.12	Коридор	19.36	
6.13	Кабінет	35.44	
6.14	Кабінет	45.82	
6.15	Кабінет	35.84	
6.16	Кабінет	37.24	
6.17	Кабінет	61.72	
6.18	Кабінет	5.58	
Всього:		314.57	

						08-13.БКР.010.00.006 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система вентиляції	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.					БКР	6	10
Перевірив		Панкевич О.Д.							
Н.контроль		Слободян Н.М.							
Рецензент						Схема розташування елементів системи опалення на відмітці +18,100	ВНТУ, СМ-216		
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.							



Погоджено:		
Пігнус і gamma	Зам.	Інб. №
Інб. № об.		

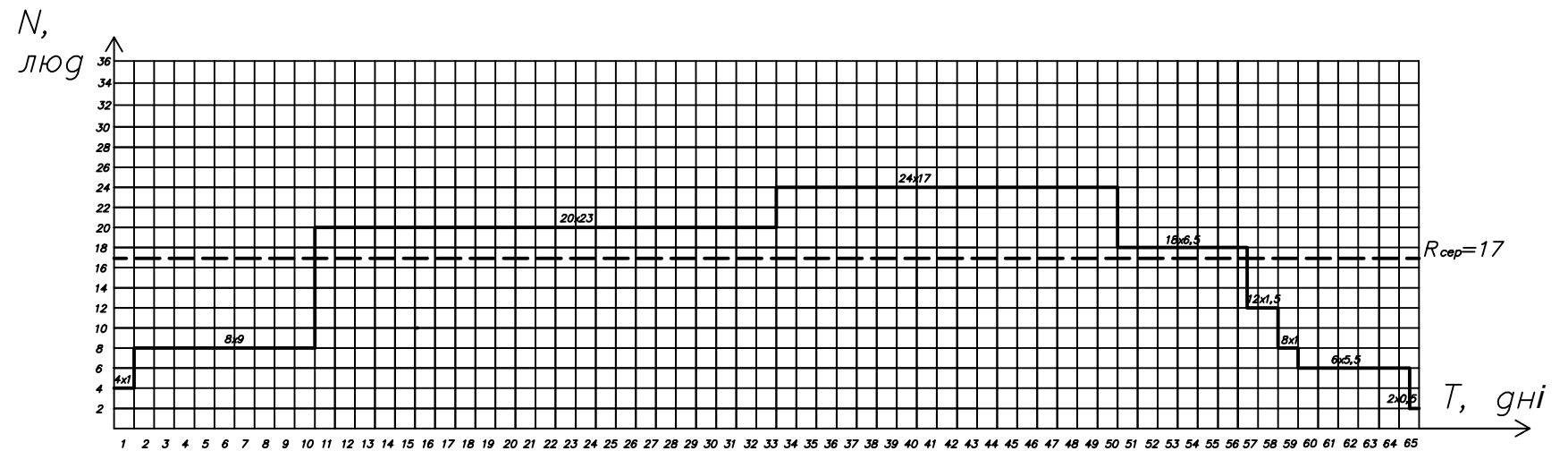
						08-13.БКР.010.00.007 ОВ				
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Система вентиляції		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Печенюк П.С.						БКР	7	10
Перевірив		Панкевич О.Д.				Аксонометричні схеми системи вентиляції		ВНТУ, СМ-216		
Н.контроль		Слободян Н.М.								
Рецензент										
Зав.кафедри		Ратушняк Г.С.								



Календарний план монтажу системи опалення

[illegible]

Графік руху робітників



Графік руху машин і механізмів

[illegible]

						08-13.БКР.010.00.000 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата				
Розробив	Печенюк П.С.					Система опалення	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевіряв	Ланкевич О.Д.						БКР	9	10
Н.контроль	Слободян Н.М.								
Рецензент						Календарний план. Графік руху робітників. Графік руху машин і механізмів	ВНТУ		
Зав. кафедрою	Ратушняк Г.С.								

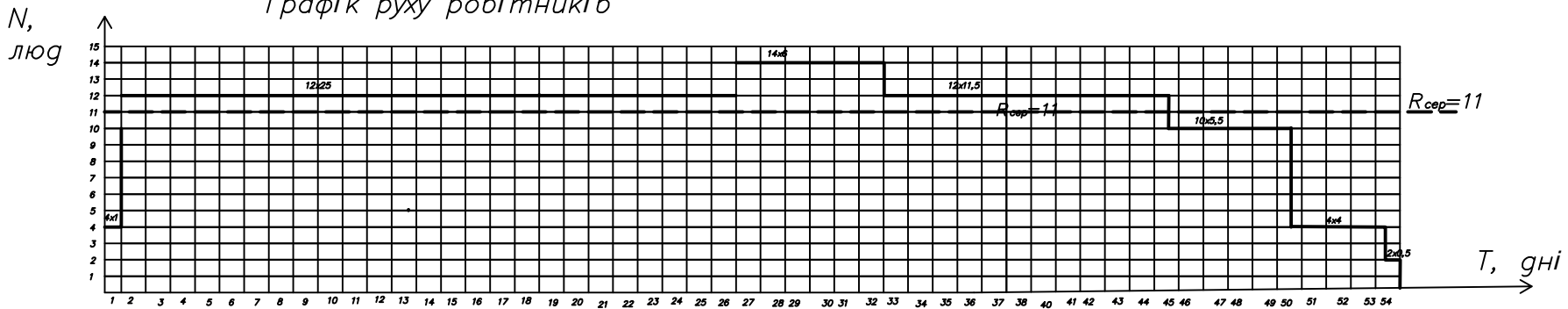
Календарний план

[illegible]

Техніко-економічні показники календарного плану

Формула	Результат
$R_{exp} = Q_{exp} / T_{exp}$	11
$\alpha_1 = R_{exp} / R_{min}$	0,79
$\alpha_2 = Q_{exp} / Q_{min}$	0,13
$\alpha_3 = T_{exp} / T_{min}$	0,79

Графік руху робітників



Графік руху машин і механізмів

[illegible]

						08-13.БКР.010.00.000 ОВ			
						Енергоефективна система опалення та вентиляції торгівельно-офісного центру			
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата				
Розробив	Теченок П.С.					Система вентиляції	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Панкевич О.Д.						БКР	10	10
Н.контроль	Слободян Н.М.								
Рецензент						Календарний план. Графік руху робітників. Графік руху машин і механізмів	ВНТУ		
Зав. кафедри	Ратушняк Г.С.								