

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розробка енергоефективної системи житлового будинку

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
(підпис) (прізвище та ініціали)
Ємшанов Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Сисак І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
«__» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ємшанова Дмитра Олексійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка енергоефективної системи житлового будинку

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2025 року № 4/7-966

2. Термін подання студентом завершеної роботи Грудень 2025 року

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Теслюк В.М., проректор		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., зав. кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунково-дослідницький розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент

(підпис)

Ємшанов Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сисак І.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ємшанов Д.О. Розробка енергоефективної системи житлового будинку. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ТНТУ імені Івана Пулюя. ФПТ. Кафедра ЕІ, група ЕТм-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2025.

Стор. – 149; рис. – 93; табл. – 4; креслень - ; джерел - 20; додатків - 0.

Обґрунтовано конструктивні та технологічні рішення системи водяного підлогового опалення, зокрема визначено послідовність монтажних робіт, вимоги до підготовки основи, укладання теплоізоляції, демпферної стрічки, трубопроводів, гідравлічних випробувань і улаштування стяжки. Розглянуто технологію монтажу систем стінового та стельового охолодження, які працюють за принципом променистого теплообміну. Наведено технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische alrex, включно з правилами кріплення, допустимими відстанями між опорами, вимогами до звукоізоляції та компенсації лінійних деформацій. Розроблено схеми систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження для підвального, першого та другого поверхів будівлі. Обґрунтовано застосування демпферної стрічки та деформаційних швів. Розглянуто схеми підключення розподільчих колекторів. Обґрунтовано розміщення кімнатних термостатів та датчиків температури, зокрема з використанням сучасних Wi-Fi-термостатів DEVIreg Smart. Розглянуто систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти. Проаналізовано систему охолодження фанкойлами, визначено її місце у загальній структурі інженерних систем будівлі та показано доцільність застосування каналних фанкойлів для приміщень зі змінним тепловим навантаженням.

Розроблено систему водопостачання будівлі, яка забезпечує подачу холодної та гарячої води з нормативними параметрами тиску і температури. Запроектовано систему гарячого водопостачання з використанням бойлера непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP, який адаптований до роботи з низькотемпературними джерелами тепла, зокрема тепловими насосами. Сформовано систему внутрішньої та зовнішньої каналізації, яка забезпечує

надійне відведення побутових і дощових стічних вод. Розроблено систему теплопостачання приватного будинку, в основу якої покладено тепловий насос типу «повітря–вода» Najster NEBO split потужністю 12 кВт. Запроєктовано комбіновану систему розподілу тепла, що поєднує підлогове водяне опалення та радіаторне опалення. Передбачено систему автоматизації та керування теплопостачанням, яка включає погодозалежне регулювання, зональне керування та можливість дистанційного контролю. Розроблено систему центрального порохотягу, яка забезпечує ефективне прибирання приміщень із винесенням пилу та алергенів за межі житлової зони. Усі інженерні системи спроектовані з урахуванням вимог чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, EN) та принципів енергоефективного будівництва. Передбачені конструктивні й технологічні рішення забезпечують безпечну експлуатацію, довговічність обладнання та зниження експлуатаційних витрат.

Ключові слова: енергоефективна система, житловий будинок.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	14
1.1 Загальна характеристика енергоефективної системи житлового будинку	14
1.1.1. Роль та місце системи опалення в енергоефективному житловому будинку	16
1.1.1.1 Концепція низькотемпературного опалення.	16
1.1.1.2. Джерела теплоти для системи опалення	17
1.1.1.3. Розрахунок теплових навантажень системи опалення	18
1.1.1.4 Автоматизація та регулювання системи опалення	19
1.2. Призначення та роль системи охолодження в енергоефективному житловому будинку	20
1.2.1. Основні принципи проєктування системи охолодження	21
1.2.2. Джерела холоду та обладнання системи охолодження	21
1.2.3 Розрахунок холодового навантаження житлового будинку	22
1.2.4. Автоматизація та керування системою охолодження	23
1.3 Призначення та значення системи вентиляції та кондиціонування повітря	23
1.3.1. Основні принципи проєктування енергоефективних систем вентиляції	25
1.3.2. Кондиціонування повітря як складова системи мікроклімату	25
1.3.3. Розрахунок повітрообміну в житлових приміщеннях	26
1.3.4. Теплові та холодові навантаження системи вентиляції	26
1.3.5. Автоматизація та енергоефективне керування системами	27
1.4. Призначення та роль системи водопостачання і каналізації	27
1.4.1. Система холодного та гарячого водопостачання	29
1.4.2. Рециркуляція гарячої води та зменшення теплових втрат	29

1.4.3. Розрахунок витрат води	30
1.4.4. Енергоефективні насосні установки	30
1.4.5. Система каналізації житлового будинку	30
1.4.6. Автоматизація та облік споживання води	31
1.5. Значення тепломеханічних рішень у складі енергоефективної системи будівлі	31
1.5.1. Вибір схем теплохолодопостачання	32
1.5.2. Гідравлічний розрахунок трубопроводів	32
1.5.3. Насосне обладнання та енергоефективність	33
1.5.4. Теплоізоляція трубопроводів	33
1.5.5. Запірно-регулювальна арматура та балансування систем	35
1.5.6. Інтеграція тепломеханічних рішень із системами автоматизації	35
1.6. Загальна характеристика системи центрального порохотягу	35
1.6.1. Принцип роботи та склад системи	37
1.6.2. Розміщення та компоновка елементів системи	37
1.6.3. Розрахунок повітряних параметрів системи	37
1.6.4. Енергоспоживання та енергоефективність системи	38
1.6.5. Вплив системи центрального порохотягу на мікроклімат будівлі	38
1.7 Постановка задач	39
2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	42
2.1 Технологічні рекомендації по монтажу системи підлогового опалення.	42
2.1.1 Конструкція теплої водяної підлоги	42
2.1.2 Технологічні вказівки по монтажу підлогового опалення	42
2.2 Технологічні рекомендації по монтажу системи стінового охолодження	45
2.3 Технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische	47
2.4 Система підлогового опалення	51
2.5 Прокладання демпферної стрічки	55

2.6 Система стінового охолодження	60
2.7 Система стельового охолодження	64
2.8 Схема підключень колекторів	69
2.9 Схема розташування кімнатних термостатів	75
2.10 Система вентиляції	81
2.11 Система охолодження фанкойлами	89
2.12 Висновки до розділу	99
3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	101
3.1 Система водопостачання	101
3.2 Система каналізації	110
3.3 Система теплопостачання	118
3.4 Система центрального порохотягу	130
3.5 Висновки до розділу	136
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	138
4.1 Огляд вимог до пожежної безпеки (ПБ)	138
4.2 Правила евакуації і планування випадків пожежі	139
4.3 Додаткові рекомендації для забезпечення ефективної евакуації	139
4.4 Поради щодо запобігання пожежі в житлових будинках	140
4.5 Установка і обслуговування пожежного обладнання	141
4.6 Дії населення при вибухах та руйнуванні будинків	141
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	144
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	147

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах зростання вартості енергоресурсів, виснаження традиційних джерел енергії і загострення екологічних проблем питання підвищення енергоефективності житлових будинків набуває особливої актуальності. Значна частина житлового фонду характеризується високими витратами теплової та електричної енергії через застарілі інженерні системи, низьку якість теплоізоляції та відсутність автоматизованого управління енергоспоживанням.

Для України проблема енергоефективності є особливо важливою з огляду на потребу зменшення енергетичної залежності, підвищення надійності енергопостачання та адаптації житлової інфраструктури до сучасних вимог сталого розвитку. Впровадження енергоефективних систем у житлових будинках дозволяє підвищити комфорт проживання мешканців, зменшити експлуатаційні витрати.

Підвищення енергоефективності житлових будинків є надзвичайно актуальним завданням у межах спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», оскільки житловий сектор становить значну частку споживання електричної та теплової енергії і безпосередньо впливає на режими роботи електричних мереж та енергосистеми в цілому. Неефективне використання електроенергії в будівлях призводить до зростання пікових навантажень, перевантаження розподільчих мереж, збільшення втрат електричної енергії та зниження надійності електропостачання.

Суттєва частина існуючого житлового фонду експлуатується з використанням застарілих електротехнічних рішень, малоефективних електроприймачів і систем електроопалення, що не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Це обумовлює підвищене електроспоживання, нерівномірність добових графіків навантаження та нераціональне використання встановленої потужності електрообладнання. У таких умовах впровадження сучасних електротехнічних і електромеханічних рішень, зокрема

енергоефективних електродвигунів, частотно-регульованих приводів, автоматизованих систем керування електроспоживанням та інтелектуальних систем обліку електроенергії, є необхідною умовою оптимізації режимів роботи електромереж.

Важливу роль у підвищенні енергоефективності житлових будинків відіграють системи електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії, акумулявальних установок і сучасних силових перетворювачів. Їх інтеграція дозволяє зменшити навантаження на централізовані мережі, підвищити енергетичну автономність будівель та покращити показники якості електричної енергії. Крім того, застосування енергоефективних систем освітлення, електричного опалення та теплових насосів сприяє зниженню питомих витрат електроенергії та більш рівномірному розподілу навантажень протягом доби.

Таким чином, підвищення енергоефективності житлових будинків з позицій електроенергетики, електротехніки та електромеханіки є комплексним технічним завданням, що передбачає оптимізацію електричних навантажень, зменшення втрат електроенергії, підвищення надійності та якості електропостачання, а також впровадження сучасних систем керування та енергоощадних електротехнічних рішень. Реалізація таких заходів сприяє сталому розвитку енергосистеми, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню комфорту та безпеки проживання населення.

Отже, розробка комплексної енергоефективної системи житлового будинку являється актуальним науково-технічним завданням на кваліфікаційну роботу магістра [1].

Мета та завдання роботи. Розробка і обґрунтування енергоефективної системи житлового будинку, спрямованої на зменшення споживання енергоресурсів, підвищення енергетичної ефективності і забезпечення комфортних умов проживання.

Завдання:

1. Обґрунтувати конструктивні та технологічні рішення системи водяного підлогового опалення, визначивши послідовність монтажних робіт, вимоги до підготовки основи, укладання теплоізоляції, демпферної стрічки, трубопроводів, проведення гідравлічних випробувань і улаштування стяжки з використанням труб Frankische.
2. Дослідити та узагальнити технологію монтажу систем стінового та стельового опалення й охолодження променистого типу, а також оцінити їх енергоефективність і доцільність застосування у поєднанні з тепловими насосами та вентиляційними системами з осушенням повітря.
3. Проаналізувати вимоги до вибору штукатурних матеріалів для систем стінового опалення та охолодження залежно від умов експлуатації й вологісного режиму приміщень з метою забезпечення довговічності конструкцій і запобігання утворенню конденсату.
4. Розробити технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische alrex з урахуванням вимог до кріплення, звукоізоляції, компенсації лінійних деформацій і забезпечення надійної роботи безшовних підлогових покриттів.
5. Запроектувати схеми систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження для підвального, першого та другого поверхів будівлі з виконанням зонування приміщень відповідно до їх функціонального призначення.
6. Обґрунтувати застосування демпферної стрічки та деформаційних швів у конструкціях підлог і огорожувальних елементів з метою компенсації теплових деформацій та зниження рівня структурного шуму.
7. Розробити схеми підключення розподільчих колекторів, що забезпечують гідравлічне балансування, зональне регулювання та інтеграцію систем опалення й охолодження з автоматизованими системами керування мікрокліматом.

8. Обґрунтувати розміщення кімнатних термостатів і датчиків температури, у тому числі з використанням Wi-Fi-термостатів DEVIreg Smart, для реалізації ефективного зонального керування та зниження енергоспоживання.

9. Проаналізувати та врахувати у проєктних рішеннях систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти для забезпечення нормативного повітрообміну, допустимих параметрів мікроклімату та безпечної роботи поверхневих систем охолодження.

10. Дослідити систему охолодження фанкойлами, визначити її місце у загальній структурі інженерних систем будівлі та обґрунтувати доцільність застосування каналних фанкойлів у приміщеннях зі змінним тепловим навантаженням.

11. Розробити систему водопостачання будівлі для забезпечення подачі холодної та гарячої води з нормативними параметрами тиску і температури, обґрунтувати застосування колекторної схеми розводки трубопроводів з метою підвищення надійності, рівномірності водорозподілу та зручності експлуатації.

12. Запроєктувати систему гарячого водопостачання з використанням бойлера непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP, адаптованого до роботи з тепловими насосами, та обґрунтувати вибір об'єму накопичувальної ємності з урахуванням режимів споживання і зменшення пікових теплових навантажень.

13. Розробити систему внутрішньої та зовнішньої каналізації будівлі, що забезпечує надійне та безпечне відведення побутових і дощових стічних вод, із дотриманням нормативних ухилів, застосуванням сучасних полімерних труб і організацією фанової вентиляції.

14. Обґрунтувати вибір та запроєктувати систему тепlopостачання приватного будинку на базі теплового насоса типу «повітря–вода» Najster NEBO split потужністю 12 кВт, з урахуванням кліматичних умов України, енергоефективності та можливості інтеграції з низькотемпературними системами опалення.

15. Розробити комбіновану систему розподілу тепла, що поєднує підлогове водяне та радіаторне опалення, з метою забезпечення оптимальних температурних режимів у приміщеннях різного функціонального призначення та підвищення рівня теплового комфорту.

16. Запроектувати систему автоматизації та керування тепlopостачанням, яка включає погодозалежне регулювання, зональне керування та можливість дистанційного контролю, з метою оптимізації режимів роботи та зниження енергоспоживання.

17. Розробити систему центрального порохотягу для житлового будинку, яка забезпечує ефективне видалення пилу та алергенів за межі житлової зони, з підвищенням санітарно-гігієнічних показників і якості повітря у приміщеннях.

18. Забезпечити проектування всіх інженерних систем відповідно до вимог чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, EN) та принципів енергоефективного будівництва, з обґрунтуванням конструктивних і технологічних рішень, що гарантують безпечну експлуатацію, довговічність обладнання та мінімізацію експлуатаційних витрат.

Об'єкт дослідження – система енергоспоживання та енергозабезпечення житлового будинку.

Предмет дослідження – методи, технічні рішення та інженерні засоби підвищення енергоефективності житлового будинку, зокрема системи опалення, вентиляції, електропостачання, автоматизованого управління.

Наукова новизна отриманих результатів: комплексний підхід до проектування енергоефективної системи житлового будинку з урахуванням сучасних технологій енергозбереження; обґрунтування оптимальних технічних рішень щодо зниження енергоспоживання при збереженні нормативного рівня комфорту; удосконалення підходів до інтеграції інженерних систем будинку з елементами автоматизованого управління енергоресурсами.

Практичне значення отриманих результатів: використання розроблених рішень при проектуванні нових та модернізації існуючих житлових будинків; зменшення експлуатаційних витрат на електричну і теплову енергію; підвищення енергоефективності житлових будинків відповідно до сучасних нормативних вимог.

Апробація результатів. Результати за темою кваліфікаційної роботи «Розробка енергоефективної системи житлового будинку» були представлені на Міжнародній науково-технічній конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ присвяченій 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (28-29 травня 2025 року), м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (20 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 149 сторінок, 4 таблиць, 93 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика енергоефективної системи житлового будинку

Розробка енергоефективної системи житлового будинку є складним науково-практичним завданням, що потребує комплексного підходу до проєктування інженерних систем із урахуванням сучасних вимог до енергозбереження, екологічної безпеки та комфорту проживання. В умовах зростання вартості енергоресурсів і посилення нормативних вимог до енергоефективності будівель особливої актуальності набуває впровадження інтегрованих інженерних рішень, орієнтованих на раціональне використання енергії.

Енергоефективна система житлового будинку включає сукупність взаємопов'язаних інженерних підсистем, узгоджена робота яких забезпечує оптимальні параметри мікроклімату при мінімальних питомих витратах енергоресурсів. До основних складових такої системи належать система опалення, система охолодження, система вентиляції і кондиціонування повітря, система водопостачання та каналізації, тепломеханічні рішення, а також система центрального пороходу.

Система опалення призначена для забезпечення нормативних температурних умов у приміщеннях будинку в холодний період року. В межах енергоефективного проєктування перевага надається низькотемпературним системам тепlopостачання, таким як підлогове або стінове опалення, у поєднанні з високоефективними джерелами теплоти та автоматизованими системами регулювання теплового режиму.

Система охолодження забезпечує підтримання допустимих температурних параметрів у теплий період року та розглядається як складова єдиного теплохолодопостачального комплексу. Енергоефективні рішення передбачають використання реверсивних теплових насосів, систем поверхневого

охолодження або інших технологій з високим коефіцієнтом енергетичної ефективності.

Система вентиляції та кондиціонування повітря виконує функції забезпечення нормативного повітрообміну, видалення забрудненого повітря та подачі свіжого повітря з необхідними параметрами температури і вологості. Важливим елементом підвищення енергоефективності є застосування припливно-витяжних вентиляційних установок з рекуперацією теплоти відпрацьованого повітря та систем автоматичного керування.

Система водопостачання та каналізації забезпечує подачу холодної і гарячої води, а також відведення побутових стічних вод. У межах енергоефективного проєктування особлива увага приділяється зниженню енергоспоживання насосного обладнання, оптимізації гідравлічних режимів та впровадженню рішень, спрямованих на зменшення втрат теплової енергії у системах гарячого водопостачання.

Тепломеханічні рішення охоплюють вибір і розрахунок трубопроводів, теплоізоляції, запірно-регулювальної арматури, насосного обладнання та вузлів автоматизації. Дані рішення мають вирішальне значення для забезпечення надійної і економічної роботи інженерних систем протягом всього терміну експлуатації будівлі.

Система центрального порохотягу є допоміжною інженерною системою, яка забезпечує централізоване видалення пилу з житлових приміщень. Її впровадження сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов, зменшенню навантаження на систему вентиляції та підвищенню загального рівня комфорту проживання.

Таким чином, комплексне проєктування енергоефективної системи житлового будинку з урахуванням взаємодії всіх інженерних підсистем дозволяє досягти зниження енергоспоживання, підвищення експлуатаційної надійності та забезпечення відповідності сучасним вимогам до енергоефективності будівель.

1.1.1. Роль та місце системи опалення в енергоефективному житловому будинку

Система опалення є базовою складовою енергоефективної системи житлового будинку, оскільки саме на теплопостачання припадає найбільша частка сумарного річного енергоспоживання будівлі. В умовах помірного клімату витрати теплової енергії на опалення можуть становити 50–70 % загального енергобалансу житлового будинку, що зумовлює необхідність детального техніко-економічного обґрунтування прийнятих проєктних рішень.

Основним завданням системи опалення є забезпечення нормативних параметрів мікроклімату внутрішніх приміщень у холодний період року відповідно до вимог чинних будівельних норм, за умови мінімальних питомих витрат теплової енергії та високої експлуатаційної надійності. У сучасних енергоефективних будівлях система опалення розглядається не ізольовано, а як елемент інтегрованої інженерної системи, тісно пов'язаної з системами вентиляції, охолодження, гарячого водопостачання та автоматизованого керування енергоспоживанням [2].

Монтаж системи опалення в приватному будинку показано на рис. 1.1 [5].

1.1.1.1 Концепція низькотемпературного опалення.

Одним із ключових принципів проєктування системи опалення енергоефективного житлового будинку є застосування низькотемпературних тепловіддаючих систем. Зниження температури теплоносія дозволяє істотно підвищити ефективність джерел теплоти, зменшити теплові втрати в мережах та покращити тепловий комфорт у приміщеннях.

До низькотемпературних систем опалення належать водяні системи підлогового, стінового та стельового опалення, які працюють з температурним графіком, як правило, 35/28 °C або 40/30 °C. Завдяки значній площі тепловіддачі такі системи забезпечують рівномірний розподіл температури в приміщенні, зменшення вертикального градієнта температур та зниження конвективних потоків повітря.



Рисунок 1.1 - Монтаж системи опалення в приватному будинку.

Застосування низькотемпературних систем є особливо доцільним у поєднанні з тепловими насосами, оскільки при зменшенні температури подаючого теплоносія зростає коефіцієнт перетворення (COP), що безпосередньо впливає на загальну енергоефективність будівлі.

1.1.1.2. Джерела теплоти для системи опалення

Вибір джерела теплоти є одним з визначальних етапів проєктування системи опалення. В енергоефективних житлових будинках доцільно застосовувати високоефективні та екологічно безпечні джерела теплоти, зокрема: теплові насоси типу «повітря–вода» або «грунт–вода»; конденсаційні газові котли; комбіновані системи із використанням ВДЕ.

Теплові насоси дають змогу використовувати низькопотенційне тепло навколишнього середовища та забезпечують значне скорочення споживання первинних енергоресурсів. Конденсаційні котли, у свою чергу,

характеризуються підвищеним коефіцієнтом корисної дії за рахунок утилізації прихованої теплоти конденсації водяної пари із продуктів згоряння.

1.1.1.3. Розрахунок теплових навантажень системи опалення

Розрахунок теплового навантаження являється основою для вибору потужності джерела теплоти, тепловіддаючих приладів та елементів тепломеханічної частини системи опалення. Загальне розрахункове теплове навантаження будівлі визначається як сума тепловтрат через огорожувальні конструкції та втрат теплоти на інфільтрацію і вентиляцію.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції. Тепловтрати через окрему огорожувальну конструкцію визначаються за залежністю:

$$Q_{огр} = k \cdot F \cdot (t_в - t_з),$$

де k – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

F – площа конструкції, м²;

$t_в$ – розрахункова внутрішня температура повітря, °С;

$t_з$ – розрахункова зовнішня температура повітря, °С.

Коефіцієнт теплопередачі k визначається як обернена величина сумарного термічного опору конструкції:

$$k = \frac{1}{R_{\Sigma}}.$$

Сумарні тепловтрати будівлі через огорожувальні конструкції визначаються як сума втрат через стіни, вікна, перекриття, покриття та підлогу над неопалюваними приміщеннями.

Тепловтрати на вентиляцію та інфільтрацію. Втрати теплоти на нагрівання припливного повітря визначаються за формулою:

$$Q_{вент} = 0,335 \cdot L \cdot (t_в - t_з),$$

де L – витрата повітря, м³/год.

За наявності вентиляційних установок з рекуперацією теплоти фактичні втрати теплоти зменшуються з урахуванням коефіцієнта рекуперації:

$$Q_{\text{вент.еф}} = Q_{\text{вент}} \cdot (1 - \eta_p),$$

де η_p – коефіцієнт корисної дії рекуператора.

Загальне теплове навантаження будівлі. Загальне розрахункове теплове навантаження системи опалення визначається:

$$Q_{\text{заг}} = \Sigma Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент.еф}}$$

Отримане значення використовується для вибору потужності джерела теплоти та основних елементів системи опалення.

1.1.1.4 Автоматизація та регулювання системи опалення

Важливим елементом енергоефективної системи опалення є автоматичне регулювання, яке забезпечує адаптацію роботи системи до змін зовнішніх і внутрішніх умов. До основних засобів автоматизації належать погодозалежне регулювання, зональне керування температурою приміщень, термостатичні клапани та програмовані контролери.

Застосування систем автоматичного регулювання дає змогу знизити споживання теплової енергії на 10–25% без зниження рівня теплового комфорту.

Таким чином, система опалення енергоефективного житлового будинку є багатокомпонентною інженерною системою, ефективність якої визначається правильністю розрахунку теплових навантажень, вибором джерела теплоти, застосуванням низькотемпературних тепловіддаючих систем та впровадженням сучасних засобів автоматизації. Комплексна реалізація зазначених заходів дозволяє істотно знизити питомі витрати енергії та забезпечити відповідність будівлі сучасним вимогам енергоефективності.

1.2. Призначення та роль системи охолодження в енергоефективному житловому будинку

Система охолодження є важливою складовою енергоефективної системи житлового будинку, призначеною для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в теплий період року. В умовах сучасного житлового будівництва, з огляду на зростання теплових надходжень від сонячної радіації, побутового обладнання та людей, потреба в ефективному охолодженні приміщень набуває дедалі більшої актуальності [3].

У межах концепції енергоефективного будівництва система охолодження розглядається як елемент інтегрованої системи теплохолодопостачання, що функціонує у взаємозв'язку з системами опалення, вентиляції та автоматизованого керування енергоспоживанням. Основною метою її впровадження є мінімізація витрат електричної енергії при забезпеченні теплового комфорту користувачів.

На рисунку 1.2 показано систему підлогового охолодження [6].

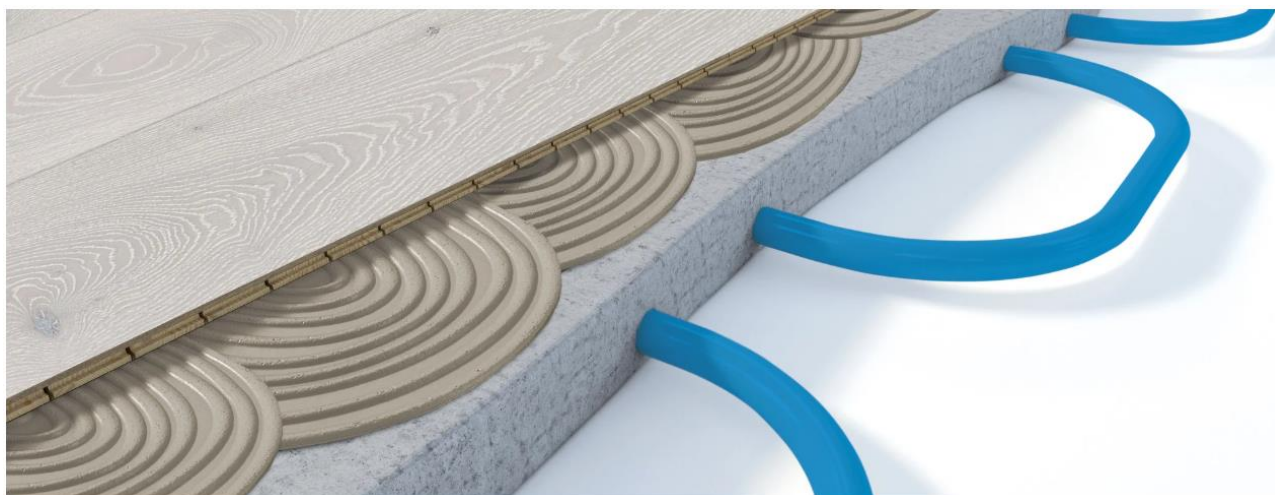


Рисунок 1.2 - Система підлогового охолодження.

1.2.1. Основні принципи проєктування системи охолодження

Проектування системи охолодження енергоефективного житлового будинку базується на принципах зменшення теплових надходжень, застосування високоефективного обладнання та використання низькотемпературних режимів роботи. Велика увага приділяється архітектурно-будівельним рішенням, таким як теплоізоляція огорожувальних конструкцій, сонцезахисні пристрої та оптимальна орієнтація будівлі, що дозволяють зменшити розрахункове холодове навантаження.

У якості систем охолодження в енергоефективних житлових будинках доцільно застосовувати системи з водяним холодоносієм, зокрема стінове, стельове або підлогове охолодження, а також фанкойлові системи з індивідуальним регулюванням. Такі системи забезпечують рівномірний розподіл температури та знижують питомі витрати електроенергії порівняно з традиційними повітряними кондиціонерами.

1.2.2. Джерела холоду та обладнання системи охолодження

Джерелом холоду в системі охолодження енергоефективного житлового будинку, як правило, є реверсивні теплові насоси типу «повітря–вода» або «ґрунт–вода», які забезпечують роботу системи як у режимі опалення, так і в режимі охолодження. Застосування теплових насосів дозволяє досягти високих значень коефіцієнта енергетичної ефективності (EER, SEER) та скоротити експлуатаційні витрати.

До складу системи охолодження входять джерело холоду, циркуляційні насоси, теплообмінники, розподільні колектори, трубопроводи, регулювальна арматура та прилади холодовіддачі. Для підвищення енергоефективності застосовуються насосні агрегати з частотним регулюванням та системи автоматичного керування холодопродуктивністю.

1.2.3 Розрахунок холодового навантаження житлового будинку

Розрахунок холодового навантаження є основою для вибору потужності джерела холоду та елементів системи охолодження. Загальне холодове навантаження будівлі визначається як сума теплових надходжень від зовнішніх і внутрішніх джерел.

Теплові надходження через огороджувальні конструкції в літній період визначаються за формулою:

$$Q_{огр} = k \cdot F \cdot (t_g - t_z)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К);

F – площа конструкції, м²;

t_g – розрахункова зовнішня температура повітря, °С;

t_z – розрахункова внутрішня температура повітря, °С.

Теплові надходження від сонячної радіації через світлопрозорі конструкції визначаються за виразом:

$$Q_{сон} = F_{скл} \cdot q_{сон} \cdot \tau \cdot \mu,$$

де $F_{скл}$ – площа скління, м²;

$q_{сон}$ – питома інтенсивність сонячної радіації, Вт/м²;

τ – коефіцієнт світлопропускання скла;

μ – коефіцієнт сонцезахисту.

Внутрішні теплові надходження включають тепловиділення від людей, побутового обладнання та освітлення:

$$Q_{вн} = Q_{л} + Q_{об} + Q_{осв},$$

Теплові надходження з припливним повітрям визначаються за формулою:

$$Q_{вент} = 0,335 \cdot L \cdot (t_z - t_g),$$

де L – витрата припливного повітря, м³/год.

За наявності систем рекуперації або ентальпійних теплообмінників фактичні теплові надходження зменшуються з урахуванням їх ефективності.

Загальне розрахункове холодове навантаження визначається за залежністю:

$$Q_{хол} = \Sigma Q_{огр} + Q_{сон} + Q_{вн} + Q_{вент}$$

Отримане значення використовується для вибору холодопродуктивності джерела холоду та параметрів системи охолодження.

1.2.4. Автоматизація та керування системою охолодження

Ефективність роботи системи охолодження великою мірою залежить від рівня автоматизації. У сучасних енергоефективних будинках застосовуються системи погодозалежного та зонального регулювання, які забезпечують адаптацію холодопродуктивності до реальних теплових навантажень.

Інтеграція системи охолодження в єдину систему диспетчеризації будівлі (BMS) дозволяє оптимізувати режими роботи обладнання, зменшити пікові навантаження та підвищити загальну енергоефективність.

Таким чином, система охолодження енергоефективного житлового будинку є складною інженерною системою, проектування якої ґрунтується на детальному розрахунку холодкових навантажень, застосуванні високоефективних джерел холоду та сучасних засобів автоматичного керування. Комплексна реалізація зазначених рішень забезпечує зниження питомого споживання електричної енергії і створення комфортних умов проживання у теплий період року.

1.3 Призначення та значення системи вентиляції та кондиціонування повітря

Система вентиляції та кондиціонування повітря є однією з ключових складових енергоефективної системи житлового будинку, оскільки вона безпосередньо впливає на якість повітряного середовища, тепловий комфорт мешканців та загальний рівень енергоспоживання будівлі. У сучасних житлових будинках з підвищеним рівнем герметичності огорожувальних конструкцій роль організованої вентиляції значно зростає, оскільки природний

повітрообмін є недостатнім для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов [4].

Основним призначенням системи вентиляції є забезпечення необхідного повітрообміну, видалення забрудненого та вологого повітря з приміщень і подача свіжого повітря із зовнішнього середовища. Система кондиціонування, у свою чергу, забезпечує підтримання заданих параметрів температури і вологості повітря у теплий період року, а в ряді випадків – і в перехідні періоди експлуатації будівлі.

У межах концепції енергоефективного будівництва система вентиляції та кондиціонування повітря розглядається як інтегрований інженерний комплекс, тісно пов'язаний із системами опалення, охолодження та автоматизованого керування енергоспоживанням.

На рисунку 1.3 показано систему вентиляції та кондиціонування [7].

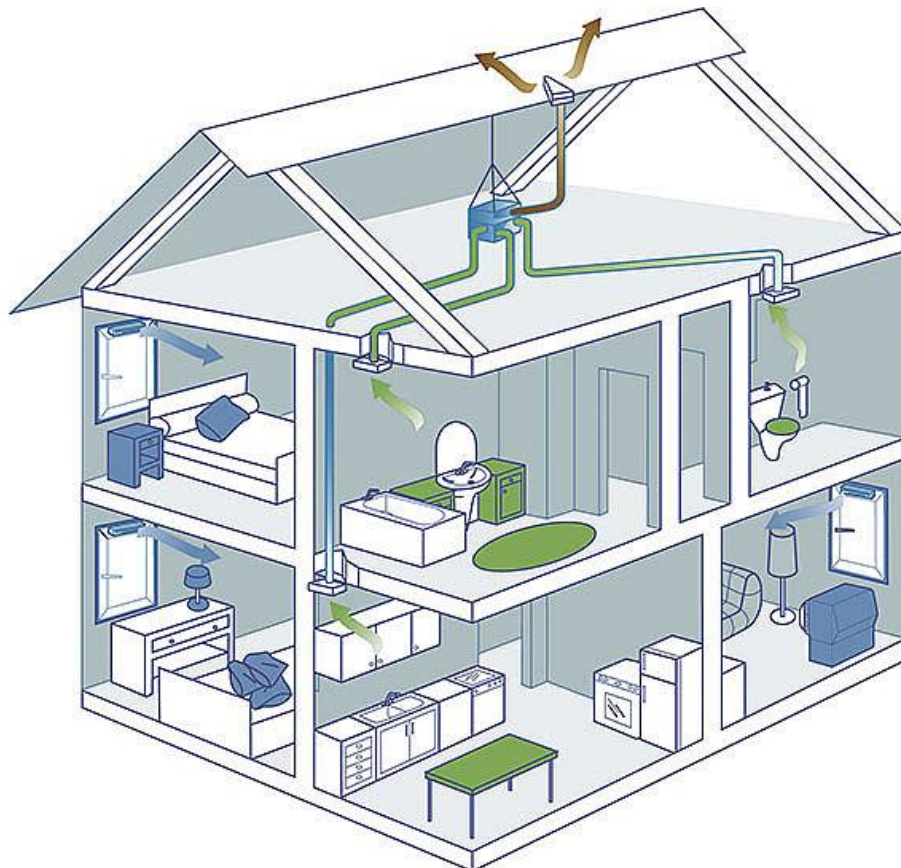


Рисунок 1.3 - Система вентиляції та кондиціонування

1.3.1. Основні принципи проєктування енергоефективних систем вентиляції

Проєктування системи вентиляції енергоефективного житлового будинку базується на принципах мінімізації теплових і холодових втрат, застосування високоефективного обладнання та оптимізації режимів роботи системи. Одним з базових рішень є використання механічної припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти відпрацьованого повітря.

Застосування вентиляційних установок з рекуперацією теплоти дозволяє повернути до 70–90% теплової енергії, що в іншому випадку втрачалася б з витяжним повітрям. Це істотно знижує навантаження на систему опалення у холодний період року і на систему охолодження в теплий період.

В енергоефективних житлових будинках найбільш поширеними є централізовані або децентралізовані припливно-витяжні системи вентиляції з автоматичним регулюванням повітрообміну залежно від фактичної потреби.

1.3.2. Кондиціонування повітря як складова системи мікроклімату

Система кондиціонування повітря забезпечує підтримання комфортних параметрів температури та відносної вологості повітря, особливо у літній період. У енергоефективних житлових будинках система кондиціонування, як правило, інтегрується з системою вентиляції або системою охолодження будівлі.

Доцільним є застосування систем кондиціонування з водяним холодоносієм, зокрема фанкойлових систем або систем поверхневого охолодження, які характеризуються вищою енергоефективністю порівняно з індивідуальними спліт-системами. Вибір конкретного типу системи кондиціонування визначається архітектурними особливостями будівлі, рівнем теплових навантажень та вимогами до комфорту.

1.3.3. Розрахунок повітрообміну в житлових приміщеннях

Розрахунок необхідного повітрообміну є основою для проєктування системи вентиляції. Витрата припливного повітря визначається за санітарними нормами або за кратністю повітрообміну.

Розрахунок за кількістю мешканців.

Витрата повітря за кількістю мешканців визначається за формулою:

$$L_n = n \cdot L_n,$$

де n – кількість осіб, що постійно перебувають у приміщенні;

L_n – нормативна витрата повітря на одну особу, м³/год.

Розрахунок за кратністю повітрообміну.

Витрата повітря за кратністю визначається як:

$$L_k = k \cdot V$$

де k – кратність повітрообміну, 1/год;

V – об'єм приміщення, м³.

Розрахункова витрата повітря приймається за максимальним значенням із визначених способів.

1.3.4. Теплові та холодні навантаження системи вентиляції

Система вентиляції істотно впливає на тепловий та холодний баланс будівлі. Теплове навантаження на нагрівання припливного повітря в холодний період року визначається за формулою:

$$Q_{\text{вент}} = 0,335 \cdot L \cdot (t_3 - t_6)$$

де L – витрата припливного повітря, м³/год.

За наявності рекуператора ефективне теплове навантаження зменшується:

$$Q_{\text{вент.еф}} = Q_{\text{вент}} \cdot (1 - \eta_p)$$

де η_p – коефіцієнт корисної дії рекуператора.

У літній період холодове навантаження, пов'язане з вентиляцією, визначається аналогічно з урахуванням різниці температур та вологості припливного і внутрішнього повітря.

1.3.5. Автоматизація та енергоефективне керування системами

Для підвищення енергоефективності системи вентиляції та кондиціонування широко застосовуються системи автоматичного керування. До таких рішень належать регулювання продуктивності вентиляторів за допомогою частотних перетворювачів, керування за показниками температури, вологості та концентрації CO₂, а також погодозалежні алгоритми керування.

Інтеграція систем вентиляції та кондиціонування у систему диспетчеризації будівлі (BMS) дозволяє оптимізувати режими роботи обладнання, зменшити енергоспоживання та забезпечити стабільні параметри мікроклімату.

Таким чином, система вентиляції та кондиціонування повітря енергоефективного житлового будинку є складною багатофункціональною інженерною системою, ефективність якої визначається правильністю розрахунку повітрообміну, застосуванням рекуперації теплоти, використанням енергоефективного обладнання та сучасних засобів автоматичного керування. Комплексна реалізація зазначених заходів забезпечує зниження енергетичних витрат та створення комфортних і безпечних умов проживання.

1.4. Призначення та роль системи водопостачання і каналізації

Система водопостачання та каналізації є невід'ємною складовою енергоефективної системи житлового будинку, оскільки вона забезпечує санітарно-гігієнічні умови проживання, комфорт користувачів та істотно впливає на рівень споживання водних і енергетичних ресурсів. У сучасних умовах проєктування житлових будівель особлива увага приділяється не лише

надійності та безперебійності водопостачання, але й мінімізації енерговитрат на підготовку, транспортування та відведення води [19, 20].

В енергоефективних будівлях системи водопостачання і каналізації розглядаються як частина інтегрованого інженерного комплексу, тісно пов'язаного з системами тепlopостачання, вентиляції та автоматизованого керування енергоспоживанням. Рациональне проектування цих систем дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати та негативний вплив будівлі на довкілля.

На рисунку 1.4 показано монтаж водопостачання та каналізації [8].

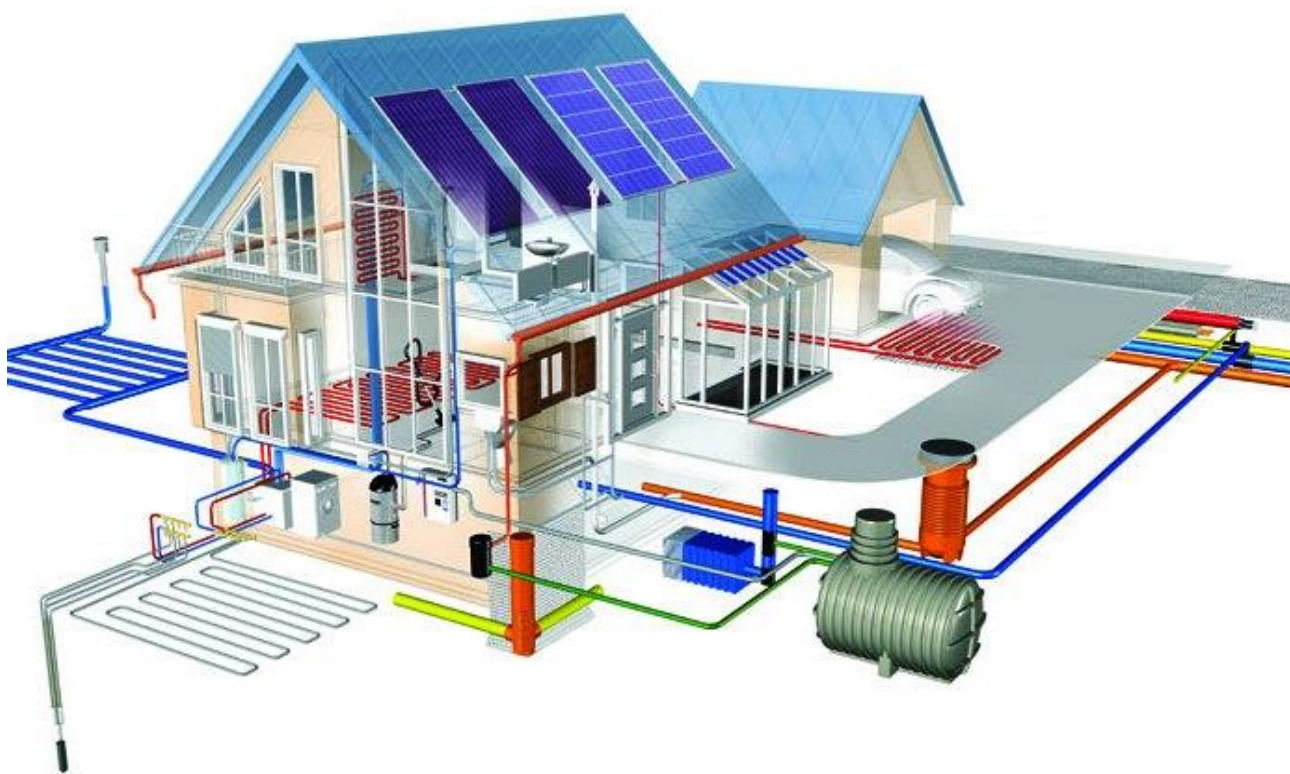


Рисунок 1.4 - Монтаж водопостачання та каналізації

1.4.1. Система холодного та гарячого водопостачання

Система водопостачання житлового будинку включає систему холодного водопостачання (ХВП) та систему гарячого водопостачання (ГВП). Основним завданням системи ХВП є забезпечення подачі води необхідної якості та кількості до санітарно-технічних приладів. Система ГВП, у свою чергу, забезпечує подачу води нормативної температури для побутових потреб мешканців.

В енергоефективних житлових будинках доцільним є застосування централізованих або локальних систем ГВП з використанням високоефективних джерел теплоти, зокрема теплових насосів або конденсаційних котлів. Важливим елементом енергоощадного проєктування є мінімізація теплових втрат у трубопроводах шляхом застосування ефективної теплоізоляції та оптимізації трас прокладання мереж.

1.4.2. Рециркуляція гарячої води та зменшення теплових втрат

Для забезпечення швидкої подачі гарячої води до споживачів та зменшення витрат води в енергоефективних будівлях застосовується система рециркуляції гарячого водопостачання. Рециркуляційні трубопроводи забезпечують підтримання температури води у стояках і магістралях, що дозволяє зменшити час очікування гарячої води та скоротити втрати водних ресурсів.

Втрати теплової енергії в системі рециркуляції визначаються за залежністю:

$$Q_{\text{рец}} = k \cdot F \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{ср}})$$

де k – коефіцієнт теплопередачі трубопроводу;

F – площа поверхні трубопроводу;

$t_{\text{гв}}$ – температура гарячої води;

$t_{\text{ср}}$ – температура навколишнього середовища.

1.4.3. Розрахунок витрат води

Розрахунок системи водопостачання базується на визначенні розрахункових витрат води. Максимальна секундова витрата води визначається за формулою:

$$q_c = q_0 \cdot \varphi,$$

де q_0 – сумарна номінальна витрата води санітарно-технічних приладів;

φ – коефіцієнт одночасності їх роботи.

Розрахункова годинна витрата води визначається як:

$$Q_c = q_c \cdot 3600.$$

Отримані значення використовуються для гідравлічного розрахунку трубопроводів та вибору насосного обладнання.

1.4.4. Енергоефективні насосні установки

Важливим елементом системи водопостачання є насосні установки, які забезпечують необхідний тиск у мережі. В енергоефективних житлових будинках доцільно застосовувати насосні агрегати з частотним регулюванням, що дозволяє адаптувати продуктивність насосів до реальних витрат води.

Споживана потужність насосного обладнання визначається за формулою:

$$N = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot H) / \eta$$

де ρ – густина води;

g – прискорення вільного падіння;

Q – подача насоса;

H – напір;

η – загальний коефіцієнт корисної дії насосної установки.

1.4.5. Система каналізації житлового будинку

Система каналізації призначена для відведення побутових стічних вод від санітарно-технічних приладів до зовнішніх мереж. В енергоефективних будинках застосовуються самотливні системи внутрішньої каналізації з

оптимізованими ухилами трубопроводів, що забезпечує надійність роботи системи без додаткових витрат енергії.

Для зменшення впливу на навколишнє середовище і зниження споживання водних ресурсів можливе застосування систем повторного використання технічної води, наприклад для змиву санітарних приладів або поливу зелених насаджень.

1.4.6. Автоматизація та облік споживання води

Енергоефективність систем водопостачання і каналізації значною мірою залежить від рівня автоматизації та контролю. Використання автоматизованих систем обліку води, датчиків тиску та витрати дозволяє своєчасно виявляти витоки, оптимізувати режими роботи насосного обладнання та зменшувати невиробничі втрати води й енергії.

Таким чином, система водопостачання та каналізації енергоефективного житлового будинку є важливою інженерною складовою, проєктування якої ґрунтується на раціональному використанні водних і енергетичних ресурсів, застосуванні енергоощадного обладнання і сучасних засобів автоматизації. Комплексна реалізація зазначених заходів забезпечує зниження експлуатаційних витрат та підвищення рівня комфорту проживання.

1.5. Значення тепломеханічних рішень у складі енергоефективної системи будівлі

Тепломеханічні рішення є важливою складовою енергоефективної системи житлового будинку та охоплюють комплекс технічних заходів, пов'язаних із вибором, розрахунком і компоновкою трубопроводів, теплообмінного обладнання, насосів, арматури та теплоізоляції. Саме від якості прийнятих тепломеханічних рішень значною мірою залежить ефективність роботи систем опалення, охолодження, вентиляції і гарячого водопостачання, а також рівень експлуатаційних витрат протягом усього життєвого циклу будівлі.

У контексті енергоефективного проектування тепломеханічні рішення повинні забезпечувати мінімальні втрати енергії при транспортуванні тепло- та холодоносіїв, гідравлічну стійкість систем, можливість автоматичного регулювання та надійну роботу інженерного обладнання в різних режимах експлуатації.

1.5.1. Вибір схем теплохолодопостачання

Одним із ключових тепломеханічних рішень є вибір принципової схеми теплохолодопостачання житлового будинку. В енергоефективних будівлях, як правило, застосовуються двотрубні або колекторні системи розподілу тепло- і холодоносія, які забезпечують рівномірний розподіл витрат та можливість індивідуального регулювання споживання в окремих зонах.

Колекторні системи з променевою розводкою трубопроводів є доцільними для використання у сучасних житлових будинках, оскільки вони спрощують балансування системи, зменшують гідравлічні втрати та забезпечують високий рівень експлуатаційної надійності.

1.5.2. Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Гідравлічний розрахунок є обов'язковим етапом розробки тепломеханічних рішень та виконується з метою визначення діаметрів трубопроводів, втрат тиску та параметрів насосного обладнання.

Витрата теплоносія в трубопроводі системи опалення або охолодження визначається за формулою:

$$G = Q / (c \cdot \Delta t),$$

де Q – теплова або холодова потужність ділянки, Вт;

c – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К);

Δt – різниця температур подаючого та зворотного теплоносія, К.

Втрати тиску на тертя в трубопроводах визначаються за залежністю:

$$\Delta P = \lambda \cdot (L \cdot d) \cdot (\rho \cdot v^2 / 2),$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

L – довжина трубопроводу, м;

d – внутрішній діаметр труби, м;

ρ – густина теплоносія, кг/м³;

v – середня швидкість руху теплоносія, м/с.

Сумарні втрати тиску враховують також місцеві опори арматури та фасонних частин.

1.5.3. Насосне обладнання та енергоефективність

Насосне обладнання відіграє ключову роль в забезпеченні циркуляції тепло- та холодоносія. В енергоефективних житлових будинках доцільно застосовувати циркуляційні насоси з частотним регулюванням, які дозволяють автоматично змінювати подачу залежно від фактичного теплового навантаження.

Необхідна потужність насоса визначається:

$$N = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot H) / \eta$$

де H – розрахунковий напір насоса, м;

η – загальний коефіцієнт корисної дії насосної установки.

Застосування частотного регулювання дозволяє знизити споживання електроенергії насосами на 20–40 % у порівнянні з нерегульованими агрегатами.

1.5.4. Теплоізоляція трубопроводів

Теплоізоляція трубопроводів є важливим елементом тепломеханічних рішень, спрямованих на зменшення теплових втрат при транспортуванні теплоносія. В енергоефективних системах опалення та гарячого

водопостачання застосовуються теплоізоляційні матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності та високою довговічністю.

Втрати теплової енергії через ізольований трубопровід визначаються:

$$Q_{вт} = k_{із} \cdot F \cdot (t_{мп} - t_{ср})$$

де $k_{із}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі ізольованого трубопроводу;

F – площа поверхні трубопроводу;

$t_{мп}$ – температура теплоносія;

$t_{ср}$ – температура навколишнього середовища.

Оптимальний вибір товщини теплоізоляції дозволяє мінімізувати сумарні енергетичні втрати та експлуатаційні витрати.

На рисунку 1.5 показано види теплоізоляційних матеріалів для труб [9].



Рисунок 1.5 - Види теплоізоляційних матеріалів для труб.

1.5.5. Запірно-регулювальна арматура та балансування систем

Для забезпечення стабільної і ефективної роботи інженерних систем застосовується запірно-регулювальна арматура: балансувальні клапани, терморегулятори, зворотні клапани та автоматичні повітровідвідники. Гідравлічне балансування системи дозволяє забезпечити рівномірний розподіл теплоносія між споживачами та уникнути перевитрат енергії.

1.5.6. Інтеграція тепломеханічних рішень із системами автоматизації

Сучасні тепломеханічні рішення передбачають тісну інтеграцію з системами автоматичного керування та диспетчеризації будівлі (BMS). Датчики температури, тиску та витрати дозволяють здійснювати моніторинг роботи систем у реальному часі та оптимізувати режими їх функціонування.

Таким чином, тепломеханічні рішення енергоефективної системи житлового будинку є комплексом взаємопов'язаних інженерних заходів, спрямованих на забезпечення високої енергоефективності, надійності та довговічності роботи інженерних систем. Раціональний вибір схем теплохолодопостачання, оптимізація гідравлічних режимів, застосування енергоефективного насосного обладнання та якісної теплоізоляції дозволяють суттєво знизити експлуатаційні витрати і підвищити загальний рівень енергоефективності будівлі.

1.6. Загальна характеристика системи центрального порохотягу

Система центрального порохотягу є складовою комплексу інженерних рішень енергоефективного житлового будинку та призначена для забезпечення високого рівня санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях. На відміну від автономних побутових пиłosосів, центральний порохотяг забезпечує централізований збір пилу та дрібнодисперсних забруднень з житлових і допоміжних приміщень з подальшим їх видаленням у спеціальний контейнер або фільтраційний блок, розташований у технічному приміщенні.

Інтеграція системи центрального пороходу в енергоефективну інженерну концепцію будинку дозволяє зменшити внутрішні тепловиділення, покращити якість повітря та знизити навантаження на систему вентиляції й кондиціювання.

На рисунку 1.6 показано систему центрального пороходу [10].

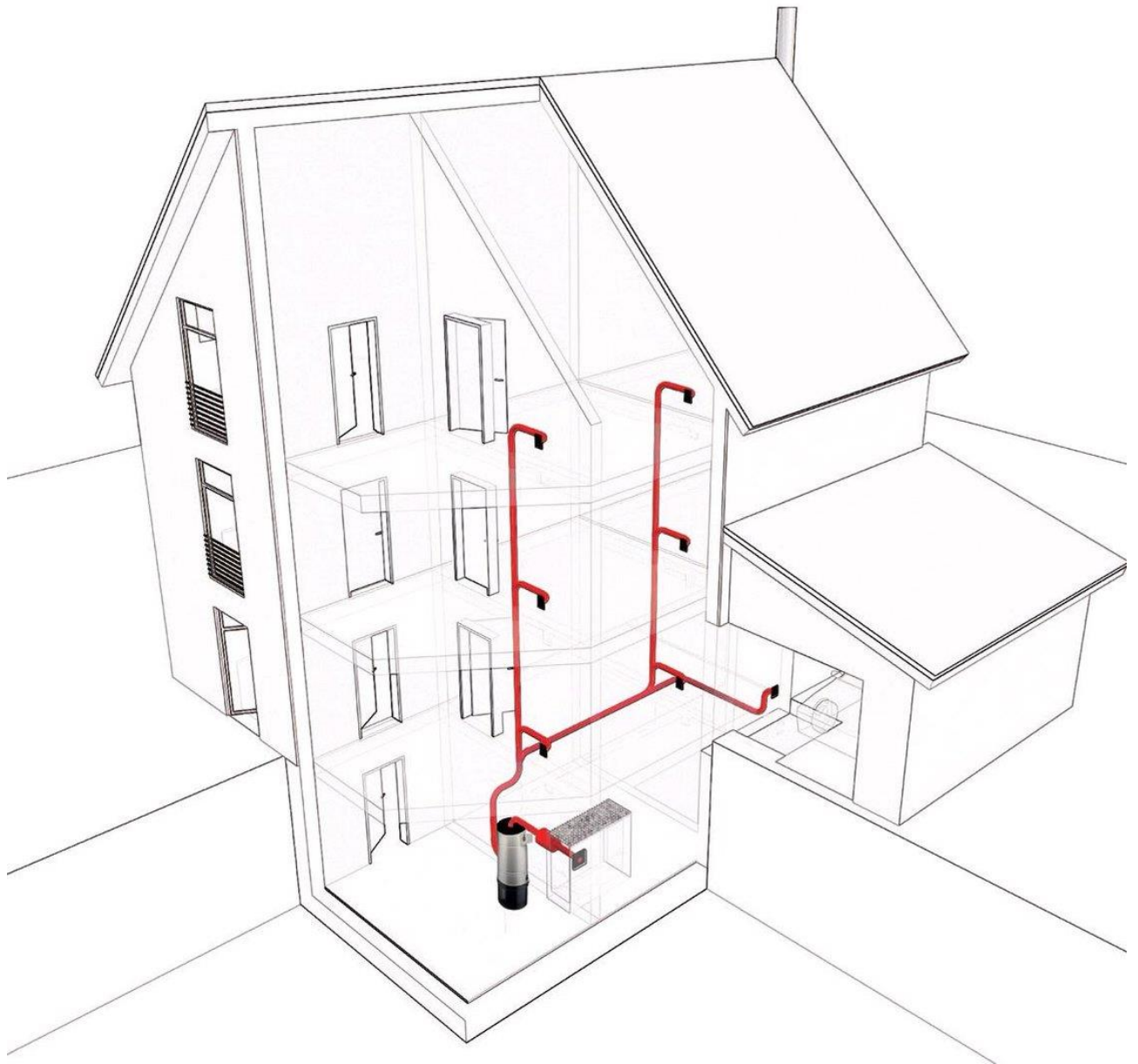


Рисунок 1.6 - Система центрального пороходу.

1.6.1. Принцип роботи та склад системи

Система центрального порохотягу складається з таких основних елементів: центральний вакуумний агрегат з електродвигуном і турбіною, мережа повітропроводів (вакуумних трубопроводів), настінні пневморозетки, гнучкі шланги для прибирання, система фільтрації та пилозбірник.

Під час роботи системи електродвигун створює розрідження в трубопроводах, внаслідок чого пил і забруднення через пневморозетки транспортуються повітряним потоком до центрального агрегату. Очищене повітря після фільтрації виводиться за межі житлової зони або в технічні приміщення, що мінімізує вторинне забруднення повітря.

1.6.2. Розміщення та компоновка елементів системи

Центральний вакуумний агрегат, як правило, розміщується у підвальному або технічному приміщенні житлового будинку, що дозволяє знизити рівень шуму в житлових зонах. Повітропроводи прокладаються в міжповерхових перекриттях, шахтах або технічних каналах з урахуванням мінімізації гідравлічного опору та довжини трас.

При проектуванні системи центрального порохотягу важливим є узгодження трас трубопроводів із системами вентиляції, опалення та водопостачання з метою уникнення взаємних перешкод та забезпечення зручності експлуатації.

1.6.3. Розрахунок повітряних параметрів системи

Ефективність роботи центрального порохотягу визначається витратою повітря та рівнем розрідження в системі. Розрахункова витрата повітря визначається залежно від кількості одночасно працюючих пневморозеток та їх пропускної здатності:

$$L = n \cdot L_0$$

де L – загальна витрата повітря, м³/год;

n – кількість одночасно задіяних пневморозеток;

L_0 – витрата повітря через одну пневморозетку, м³/год.

Втрати тиску в трубопроводах системи визначаються за формулою:

$$\Delta p = \Sigma \left(\lambda \cdot \left(\frac{L_i}{d_i} \right) \cdot \left(\rho \cdot \frac{v_i^2}{2} \right) + \Sigma \xi \cdot \left(\rho \cdot \frac{v^2}{2} \right) \right),$$

де λ – коефіцієнт тертя;

L_i, d_i – довжина та діаметр окремих ділянок трубопроводів;

ξ – коефіцієнти місцевих опорів.

Необхідне розрідження, яке має створювати вакуумний агрегат, визначається як сума всіх втрат тиску в системі з урахуванням запасу на забруднення фільтрів.

1.6.4. Енергоспоживання та енергоефективність системи

Енергоспоживання системи центрального порохотягу залежить від потужності електродвигуна вакуумного агрегату та тривалості його роботи. Орієнтовна електрична потужність агрегату визначається за залежністю:

$$P = (L \cdot \Delta P) / \eta,$$

де η – загальний коефіцієнт корисної дії вакуумного агрегату.

Застосування сучасних високоефективних електродвигунів та оптимізація трас трубопроводів дозволяє знизити споживання електроенергії без погіршення експлуатаційних характеристик системи.

1.6.5. Вплив системи центрального порохотягу на мікроклімат будівлі

Використання центрального порохотягу сприяє зменшенню концентрації пилу, алергенів та мікрочастинок у повітрі приміщень, що позитивно впливає на якість внутрішнього повітря. Оскільки система виводить повітря разом із забрудненнями за межі житлової зони, зменшується повторна циркуляція пилу та знижується навантаження на фільтри систем вентиляції.

Таким чином, система центрального порохотягу є ефективним доповненням енергоефективної інженерної інфраструктури житлового будинку.

Її впровадження забезпечує підвищення санітарно-гігієнічного рівня приміщень, покращення якості повітря та опосередковане зниження енергетичних витрат на вентиляцію та кондиціонування. Раціональне проєктування та правильний вибір обладнання дозволяють інтегрувати систему центрального опалення в загальну концепцію енергоефективної будівлі без суттєвого збільшення експлуатаційних витрат.

1.7 Постановка завдань

1. Обґрунтувати конструктивні та технологічні рішення системи водяного підлогового опалення, визначивши послідовність монтажних робіт, вимоги до підготовки основи, укладання теплоізоляції, демпферної стрічки, трубопроводів, проведення гідравлічних випробувань і улаштування стяжки з використанням труб Frankische.

2. Дослідити та узагальнити технологію монтажу систем стінового та стельового опалення й охолодження променистого типу, а також оцінити їх енергоефективність і доцільність застосування у поєднанні з тепловими насосами та вентиляційними системами з осушенням повітря.

3. Проаналізувати вимоги до вибору штукатурних матеріалів для систем стінового опалення та охолодження залежно від умов експлуатації й вологісного режиму приміщень з метою забезпечення довговічності конструкцій і запобігання утворенню конденсату.

4. Розробити технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische alrex з урахуванням вимог до кріплення, звукоізоляції, компенсації лінійних деформацій і забезпечення надійної роботи безшовних підлогових покриттів.

5. Запроєктувати схеми систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження для підвального, першого та другого поверхів будівлі з виконанням зонування приміщень відповідно до їх функціонального призначення.

6. Обґрунтувати застосування демпферної стрічки та деформаційних швів у конструкціях підлог і огорожувальних елементів з метою компенсації теплових деформацій та зниження рівня структурного шуму.

7. Розробити схеми підключення розподільчих колекторів, що забезпечують гідравлічне балансування, зональне регулювання та інтеграцію систем опалення й охолодження з автоматизованими системами керування мікрокліматом.

8. Обґрунтувати розміщення кімнатних термостатів і датчиків температури, у тому числі з використанням Wi-Fi-термостатів DEVIreg Smart, для реалізації ефективного зонального керування та зниження енергоспоживання.

9. Проаналізувати та врахувати у проєктних рішеннях систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти для забезпечення нормативного повітрообміну, допустимих параметрів мікроклімату та безпечної роботи поверхневих систем охолодження.

10. Дослідити систему охолодження фанкойлами, визначити її місце у загальній структурі інженерних систем будівлі та обґрунтувати доцільність застосування каналних фанкойлів у приміщеннях зі змінним тепловим навантаженням.

11. Розробити систему водопостачання будівлі для забезпечення подачі холодної та гарячої води з нормативними параметрами тиску і температури, обґрунтувати застосування колекторної схеми розводки трубопроводів з метою підвищення надійності, рівномірності водорозподілу та зручності експлуатації.

12. Запроєктувати систему гарячого водопостачання з використанням бойлера непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP, адаптованого до роботи з тепловими насосами, та обґрунтувати вибір об'єму накопичувальної ємності з урахуванням режимів споживання і зменшення пікових теплових навантажень.

13. Розробити систему внутрішньої та зовнішньої каналізації будівлі, що забезпечує надійне та безпечне відведення побутових і дощових стічних

вод, із дотриманням нормативних ухилів, застосуванням сучасних полімерних труб і організацією фанової вентиляції.

14. Обґрунтувати вибір та запроєктувати систему теплопостачання приватного будинку на базі теплового насоса типу «повітря–вода» Najster NEBO split потужністю 12 кВт, з урахуванням кліматичних умов України, енергоефективності та можливості інтеграції з низькотемпературними системами опалення.

15. Розробити комбіновану систему розподілу тепла, що поєднує підлогове водяне та радіаторне опалення, з метою забезпечення оптимальних температурних режимів у приміщеннях різного функціонального призначення та підвищення рівня теплового комфорту.

16. Запроєктувати систему автоматизації та керування теплопостачанням, яка включає погодозалежне регулювання, зональне керування та можливість дистанційного контролю, з метою оптимізації режимів роботи та зниження енергоспоживання.

17. Розробити систему центрального порохотягу для житлового будинку, яка забезпечує ефективне видалення пилу та алергенів за межі житлової зони, з підвищенням санітарно-гігієнічних показників і якості повітря у приміщеннях.

18. Забезпечити проєктування всіх інженерних систем відповідно до вимог чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, EN) та принципів енергоефективного будівництва, з обґрунтуванням конструктивних і технологічних рішень, що гарантують безпечну експлуатацію, довговічність обладнання та мінімізацію експлуатаційних витрат.

2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологічні рекомендації по монтажу системи підлогового опалення.

2.1.1 Конструкція теплої водяної підлоги

Приклад конструкції підлоги представлений на рисунку 2.1.

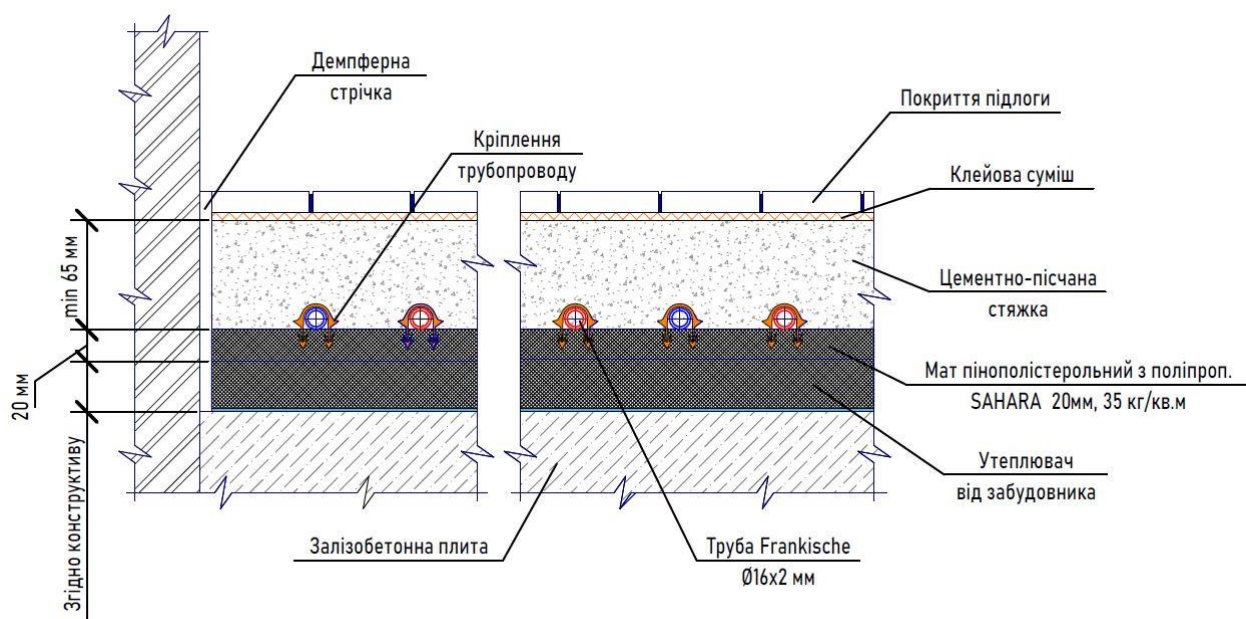


Рисунок 2.1 - Конструкція теплої підлоги при використанні гріючих труб Frankische ff-therm Ø16x2

2.1.2 Технологічні вказівки по монтажу підлогового опалення

Система водяного підлогового опалення призначена для рівномірного обігріву приміщень шляхом передачі тепла від теплоносія, що циркулює в трубопроводах, до поверхні підлоги. Монтаж системи виконується відповідно до проєктної документації, вимог ДБН В.2.5-67:2013 [17], ДСТУ EN 1264 [18] та рекомендацій виробників обладнання.

Монтажні роботи повинні виконуватись спеціалізованими бригадами з дотриманням правил охорони праці та техніки безпеки.

Підготовка основи. Перед монтажем системи підлогового опалення необхідно: очистити основу від пилу, бруду, будівельного сміття; перевірити рівність поверхні (допустиме відхилення — не більше ± 5 мм на 2 м довжини); у разі потреби виконати вирівнювальну стяжку; забезпечити гідроізоляцію в приміщеннях з підвищеною вологістю.

Основа повинна бути сухою, міцною та здатною сприймати навантаження від конструкції підлоги.

Укладання теплоізоляції. На підготовлену основу укладається теплоізоляційний шар з екструдованого пінополістиролу або спеціальних теплоізоляційних плит для підлогового опалення товщиною 20–50 мм (залежно від теплотехнічного розрахунку).

Теплоізоляція виконує такі функції: зменшення тепловтрат у напрямку перекриття; підвищення енергоефективності системи; забезпечення рівномірного теплового потоку в приміщення.

Плити укладаються щільно одна до одної без зазорів.

Монтаж демпферної стрічки. По периметру приміщення, уздовж стін та конструктивних елементів, встановлюється демпферна стрічка товщиною 5–10 мм.

Демпферна стрічка призначена для: компенсації теплового розширення стяжки; запобігання утворенню тріщин; зменшення передачі структурного шуму на огорожувальні конструкції.

Укладання трубопроводів. Для підлогового опалення застосовуються труби з зшитого поліетилену (PEX), металополімерні або поліетиленові труби з кисневим бар'єром.

Труби укладаються відповідно до проєкту за схемою: «равлик» (спіраль) — рекомендовано для більшості приміщень; «змійка» — допускається для приміщень з малою площею.

Основні вимоги: крок укладання труб: 100–300 мм; максимальна довжина одного контуру: не більше 80–100 м; мінімальний радіус вигину труби — не менше 5 зовнішніх діаметрів труби.

Кріплення труб виконується за допомогою кліпс, монтажних шин або сітки.

Підключення до колектора. Кінці труб підключаються до розподільного колектора, встановленого у колекторній шафі. Колектор оснащується: запірною та регулювальною арматурою; витратомірами; термостатичними клапанами; повітровідвідниками та зливними кранами.

Підключення контурів здійснюється з дотриманням маркування подаючої та зворотної ліній.

Гідравлічні випробування. Перед заливанням стяжки система повинна бути випробувана на герметичність: система заповнюється водою; випробувальний тиск — 1,5 робочого, але не менше 0,6 МПа; тривалість випробування — не менше 24 годин.

Падіння тиску та протікання не допускаються.

Улаштування стяжки. Бетонна або цементно-піщана стяжка заливається при робочому тиску в системі. Товщина стяжки над трубами повинна становити не менше 30–50 мм.

Стяжка виконується з використанням пластифікаторів для підлогового опалення з метою: підвищення теплопровідності; зменшення ризику утворення тріщин; покращення міцнісних характеристик.

Пусконаладжувальні роботи. Після повного висихання стяжки (не раніше ніж через 28 діб) виконується поетапний пуск системи: початкова температура теплоносія — 20–25 °С; щоденне підвищення температури — не більше 5 °С; робоча температура підлоги — не вище 29 °С для житлових приміщень.

Вимоги з охорони праці. Під час монтажу необхідно дотримуватися: правил безпечної роботи з інструментом; вимог електробезпеки; санітарних норм при роботі з будівельними сумішами.

2.2 Технологічні рекомендації по монтажу системи стінового охолодження

Оштукатурювання повинно проводитися гіпсовою штукатуркою в один шар, а вапняноцементною штукатуркою в два шари.

Настінні штукатурки, що обігріваються.

За правилами виконане оштукатурювання стін є запорукою безаварійної роботи настінних елементів системи стінового опалення/охолодження. Перш за все, слід дотримуватися всіх вимог виробників штукатурних сумішей, особливо в разі подальшого обклеювання стін шпалерами або облицювання керамічною плиткою.

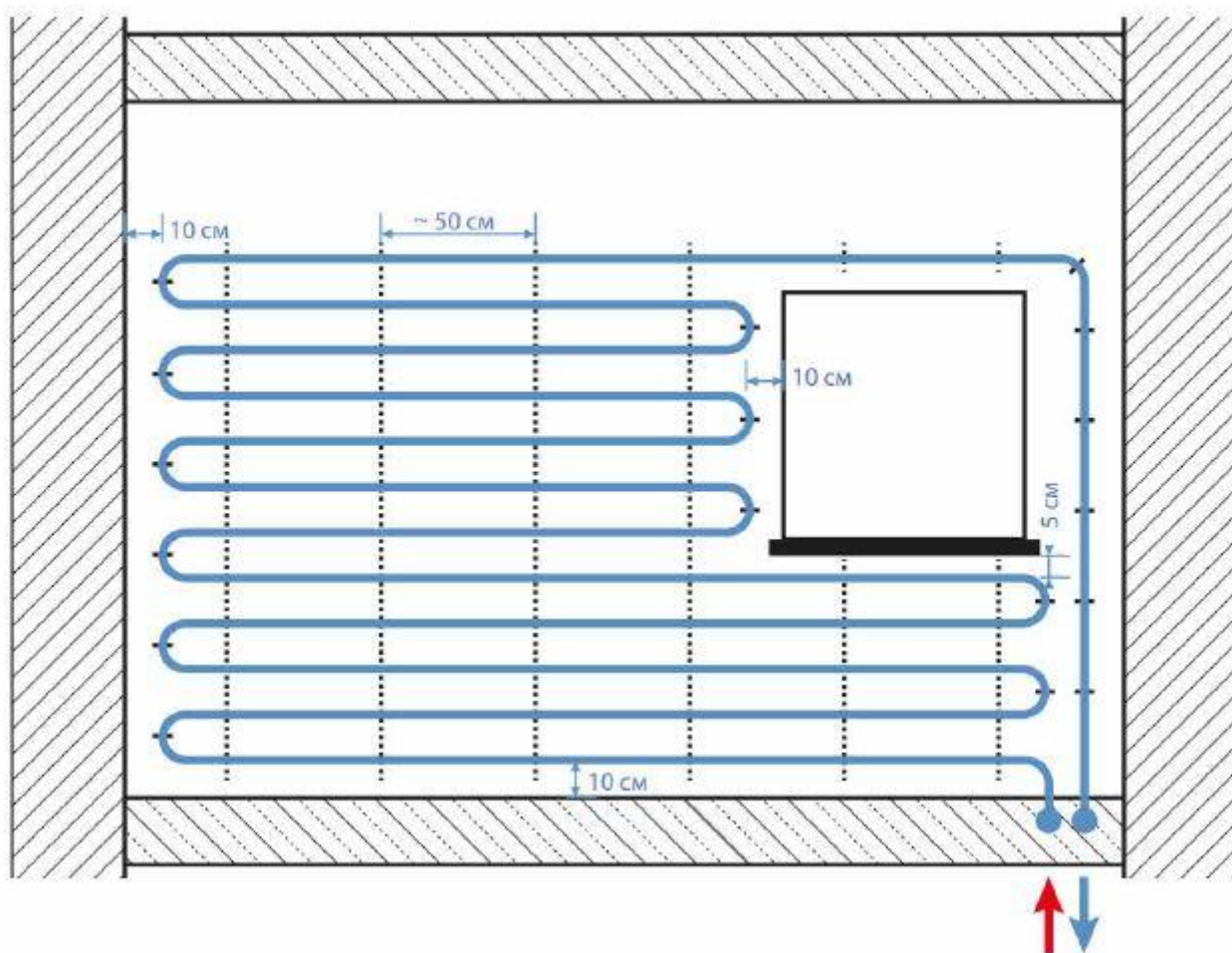


Рисунок 2.2 - Мінімальні монтажні відстані при укладанні стінового контуру

Види штукатурок. Штукатурки для системи стінового опалення/охолодження повинні мати високу теплопровідність. Для цього підходять спеціальні гіпсо-вапняні, вапняні, вапняно-цементні і цементні штукатурки, а також спеціально рекомендовані виробниками для цих цілей, наприклад глиняні.

Для систем настінного охолодження підходять тільки спеціальні вапняно-цементні і цементні штукатурки.

Область застосування різних типів штукатурок для системи стінового опалення/охолодження залежить головним чином від: -призначення приміщення; - його вологісного режиму; - постійної робочої температури; - обслуговування поверхні стін.

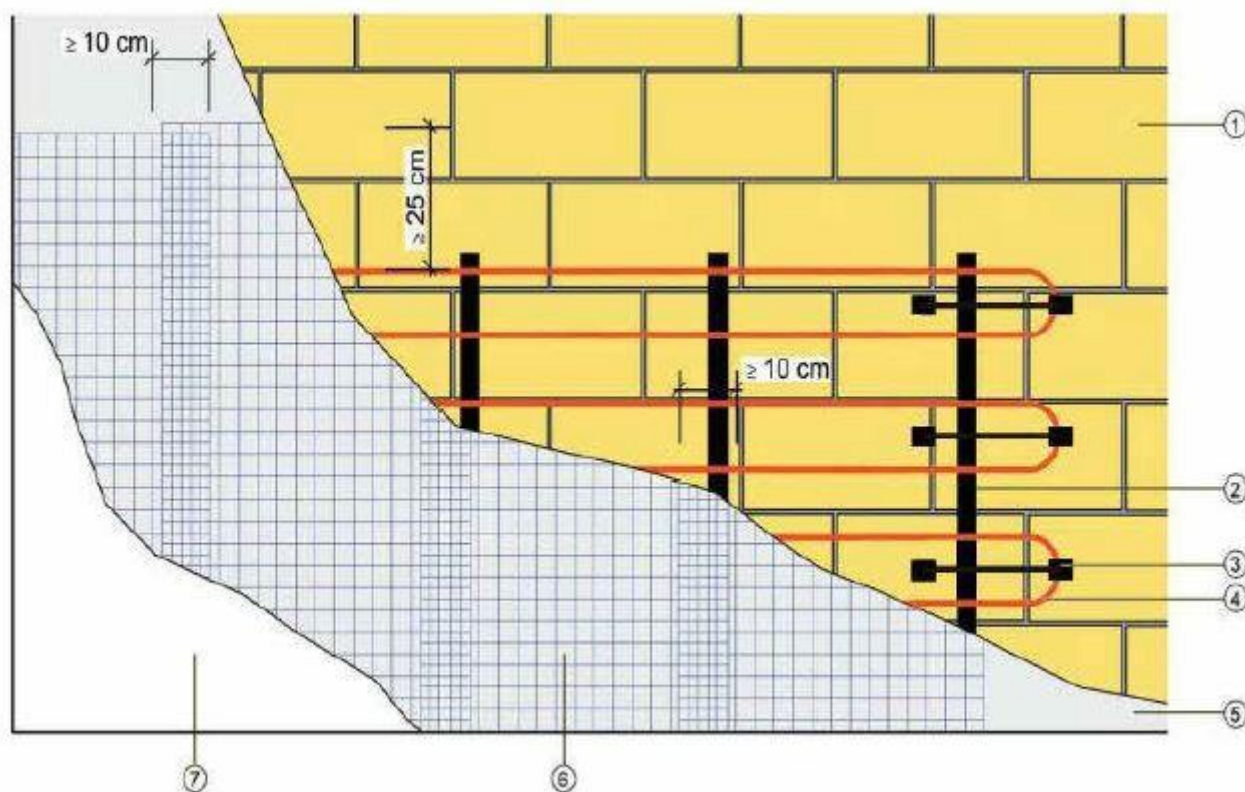


Рисунок 2.3 - Конструкція "теплої/холодної стіни" при мокрому способі укладання

1. Стіна без оздоблення; 2. Фіккуюча шина; 3. Подвійний фіксатор; 4. Труба Eurotherm 10x1,3; 5. Перший шар штукатурки; 6. Штукатурна сітка; 7. Другий шар штукатурки

Таблиця 2.1 - Область застосування різних типів штукатурок

Область застосування	Тип штукатурки
Внутрішні приміщення житлових будинків з малим виділенням вологи	Глиняні, гіпсово-вапняні, вапняні, вапняно-цементні, цементні
Внутрішні приміщення з періодичними виділеннями вологи і настінним охолодженням, (кухні, ванні кімнати)	Вапняно-цементні, цементні
Мокрі приміщення громадських будівель з високим надлишком вологи і системою настінного охолодження	Цементні, спеціальні

2.3 Технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische

На рисунку 2.4 показано конструкцію підлоги під безшовним покриттям з ізолюваною трубою alrex

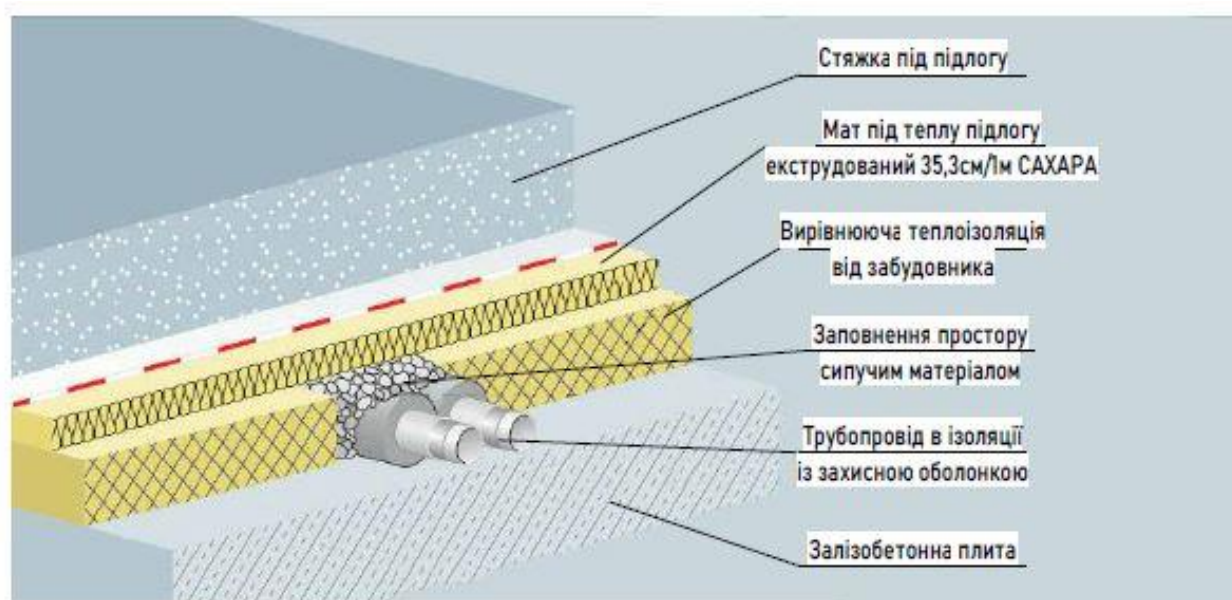


Рисунок 2.4 - Конструкція підлоги під безшовним покриттям з ізолюваною трубою alrex

Трубопроводи необхідно встановити і міцно закріпити на несучій основі. Для цього необхідно використовувати пластикові анкерні гачки для одинарного і подвійного кріплення.

Укладання вирівнюючого шару здійснюється з термоізоляцією і звукоізоляцією від ударних шумів як мінімум до рівня верху встановленої труби. При монтажі ізольованого трубопроводу верх ізоляції труби відповідно вважається мінімальною висотою.

Вирівнюючий шар слід підвести безпосередньо до прокладених труб. Порожнину, що виникла в результаті укладання труб в вирівнюючому шарі, слід заповнити зв'язаною сипучою масою до верхньої кромки вирівнюючого шару. Це дозволяє створити рівну поверхню для укладання суцільного настилу звукоізоляції від ударних шумів, що охоплює всю конструкцію підлоги.

Не дозволяється застосовувати незв'язані сипучі маси з природного або дробленого піску, перліту. Настил звукоізоляції від ударних шумів слід покрити поліетиленовою або аналогічною плівкою товщиною не менше 0,1 мм (захист від вологи), при цьому кромки укладаються внапуск шириною не менше 80 мм. Якщо використовується наливна самовирівнююча підлога, то кромки слід склеїти. Верхнє покриття для звукоізоляції від ударних шумів в поєднанні з крайовою демпферною стрічкою запобігає потраплянню на ізоляцію маси для безшовної підлоги або води для її замішування.

Трубопровід alrex, прокладений на несучій основі (бетон), слід закріплювати через кожен метр. При поверхневому монтажі закріплювати труби alrex слід за допомогою хомутів для труб зі звукоізоляційній прокладкою.

Матеріал звукоізоляційної прокладки повинен бути сумісним з пластиком. Кріплення труб alrex в пристінних конструкціях повинно здійснюватися на відповідних опорних системах за допомогою вищезазначених хомутів. Максимальна відстань між точками кріплення S для труб alrex вільного укладання наведено в таблиці 2.2.

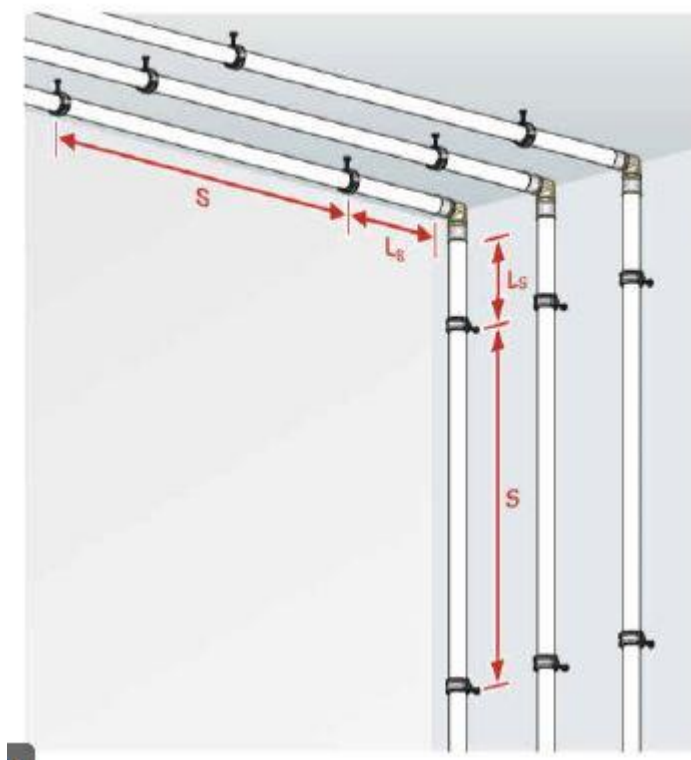


Рисунок 2.5 - Відстані між точками кріплення

Таблиця 2.2 - Максимальна відстань між точками кріплення S для труб різних вільного укладання

DN	Розмір труби [мм]	Макс. відстань між точками кріплення S [см]	
		горизонт.	вертик.
12	16×2,0	120	150
15	20×2,0	135	150
20	26×3,0	150	175
25	32×3,0	165	200
32	40×3,5	200	200
40	50×4,0	250	250

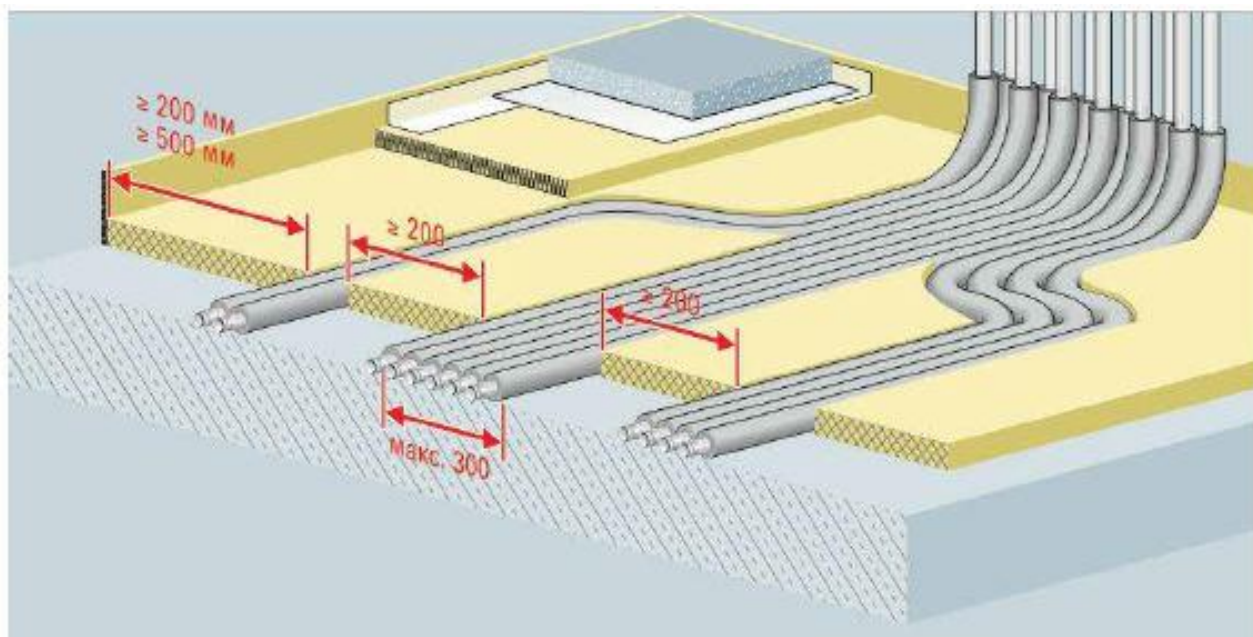


Рисунок 2.6 - Ширина траси трубопроводів і ширина опорних поверхонь.

З метою запобігання негативного впливу статичного навантаження на плиту безшовного покриття і пов'язаної з цим втрати стійкості необхідно розділити трубопроводи на відрізки і визначити опорні поверхні між ними.

При укладанні труб алрех паралельно, особливо до колекторів опалення, необхідно дотримуватися наступних монтажних відстаней і розмірів траси. Ширина траси укладених паралельно трубопроводів макс. 300 мм. Ширина вирівнюючого шару відповідно близько трас або між трасами ≥ 200 мм. Ширина зазору між стіною і трубою або трасою трубопроводу в приміщеннях, крім коридорів, ≥ 500 мм і в коридорах ≥ 200 мм. Спираючись на вищеназвані рекомендації, в сфері опалення можливе укладання не більше п'яти контурів опалення двотрубною системи у вигляді однієї траси трубопроводу (без переривання вирівнюючим шаром). Число контурів опалення (п'ять) включає в себе і товщину ізоляції 9 мм, що покриває труби алрех. Порожнини, обумовлені зазорами між трубопроводами, слід заповнити зв'язаною сипучою масою до верхньої кромки вирівнюючого шару.

Місце опуску пучка трубопроводів додатково зміцнити армованою сіткою і листовою сталлю.

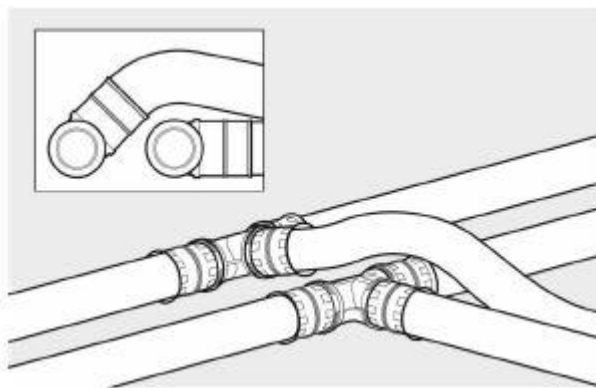


Рисунок 2.7 - Монтаж трійника з верхньою перехідною дугою в системах alrex

Під час укладання трубопроводу з верхньою перехідною дугою потрібно звертати особливу увагу на професійний монтажних вільним від напруги способом. При кріпленні трубопроводу не повинно бути перешкод термічного лінійного розширення.

2.4 Система підлогового опалення

На рисунку 2.8 показана система підлогового опалення, план підвалу.

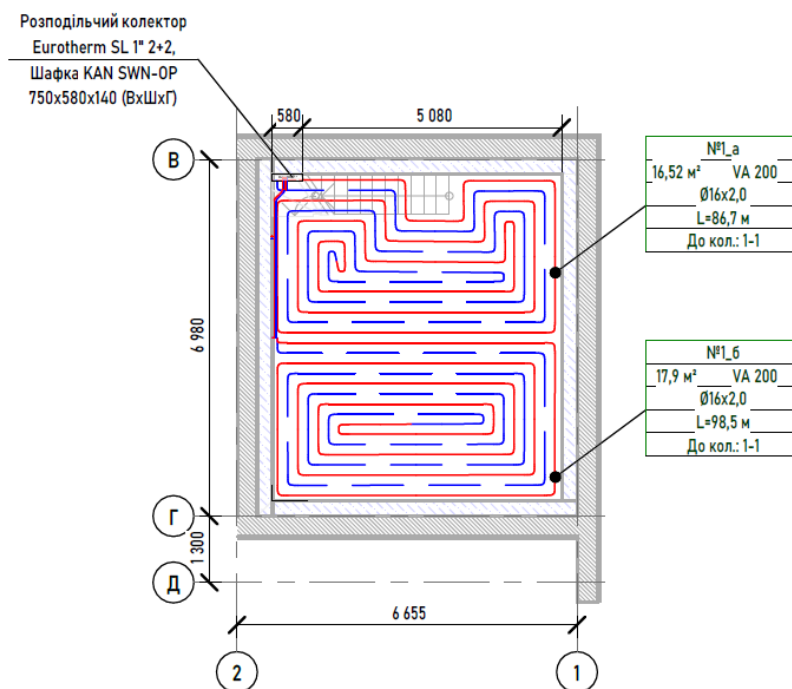
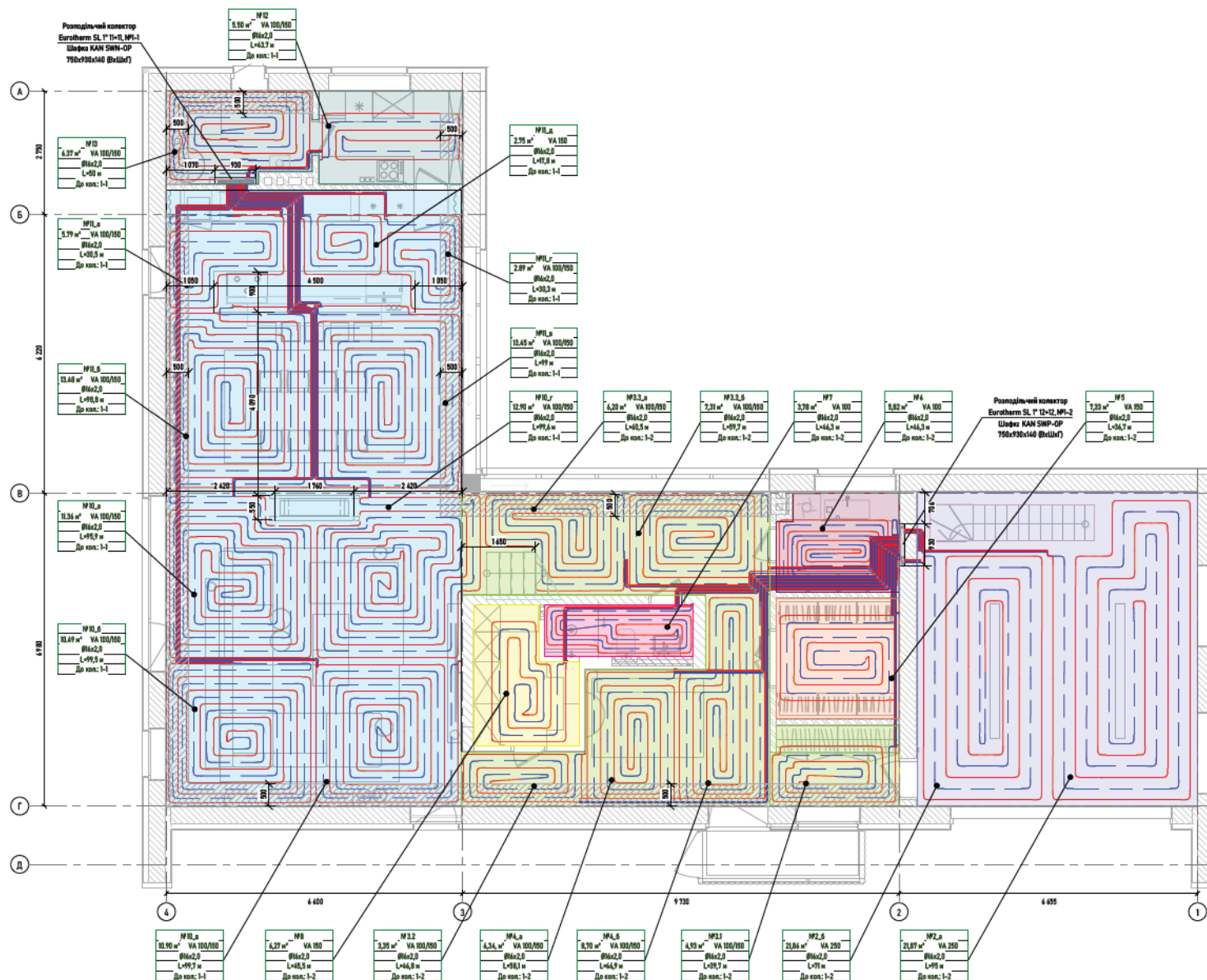


Рисунок 2.8 - Система підлогового опалення. План підвалу

На рисунку 2.9 показана система підлогового опалення, план 1-го поверху.



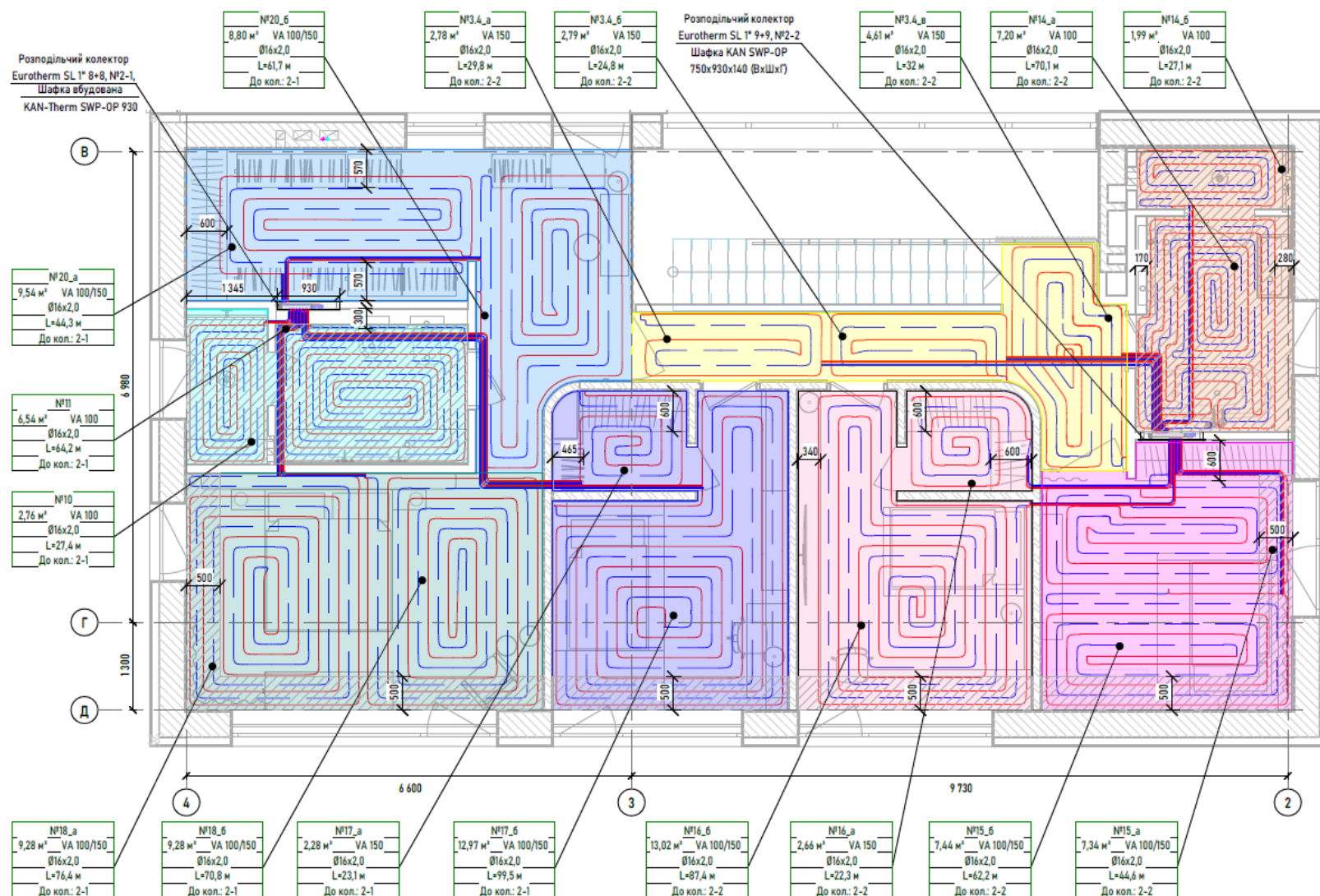


Рисунок 2.10 - Система підлогового опалення. План 2-го поверху

Таблиця 2.3 – Дані до рисунку 2.9.

№ прим.	Найменування приміщення
2	Гараж
3.1	Коридор
3.2	Коридор
3.3	Коридор
4	Хол
5	Гардероб
6	Прал. кімната
7	Сан. вузол
8	Кладова/Гардероб
9	Сходи
10	Вітальня
11	Кухня
12	Спіжарка
13	Котельня

Таблиця 2.4 – Дані до рисунку 2.10.

№ прим.	Найменування приміщення
3.4	Коридор
14	Сан. вузол
15	Спальня/Кабінет
16	Спальня
17	Спальня
18	Спальня
19	Сан. вузол
20	Гардероб

2.5 Прокладання демпферної стрічки

Призначення демпферної стрічки. Демпферна стрічка застосовується в системах підлогового опалення для компенсації лінійного теплового розширення бетонної або цементно-піщаної стяжки. Її використання запобігає виникненню внутрішніх напружень у конструкції підлоги, утворенню тріщин у стяжці та передачі вібрацій і структурного шуму на огорожувальні конструкції будівлі.

Матеріал та технічні характеристики. Демпферна стрічка виготовляється з еластичного спіненого поліетилену з закритою пористою структурою.

Основні параметри: товщина: 5–10 мм; висота: 100–150 мм (з урахуванням товщини теплоізоляції та стяжки); щільність матеріалу: не менше 25 кг/м³; коефіцієнт водопоглинання — мінімальний; температурна стійкість — до +80 °С.

Місця встановлення. Демпферна стрічка прокладається: по всьому периметру приміщення уздовж зовнішніх та внутрішніх стін; навколо колон, пілонів, сходових маршів та інших вертикальних конструкцій; у місцях примикання підлоги до дверних прорізів; у зонах деформаційних швів між приміщеннями.

Технологія прокладання. Прокладання демпферної стрічки виконується до монтажу трубопроводів підлогового опалення та улаштування стяжки.

Послідовність виконання робіт:

1. Поверхня стін у зоні монтажу очищається від пилу та бруду.
2. Демпферна стрічка встановлюється вертикально вздовж стіни по периметру приміщення.
3. Кріплення здійснюється за допомогою самоклеючого шару, будівельного клею або дюбелів (за потреби).
4. Стики стрічки виконуються з перекриттям не менше 50 мм.
5. Верхній край стрічки повинен бути вище рівня проєктної стяжки не менше ніж на 20–30 мм.

Вимоги до монтажу. Під час прокладання демпферної стрічки необхідно дотримуватись таких вимог: стрічка повинна бути встановлена без розривів і

пошкоджень; не допускається стиснення або деформація стрічки до заливання стяжки; забороняється жорстке з'єднання стяжки зі стінами та іншими конструкціями; надлишок стрічки зрізається лише після повного висихання стяжки та укладання чистового покриття.

Контроль якості. Якість прокладання демпферної стрічки перевіряється візуально та шляхом контролю: суцільності монтажу по периметру приміщення; відповідності висоти стрічки товщині конструкції підлоги; відсутності жорстких контактів між стяжкою та стінами.

Значення для експлуатації системи. Правильно змонтована демпферна стрічка забезпечує: довговічність конструкції підлоги; стабільну роботу системи підлогового опалення; зниження ризику руйнування стяжки; покращення акустичного комфорту в приміщенні.

На рисунку 2.11 показана схема прокладання демпферної стрічки, план підвалу.

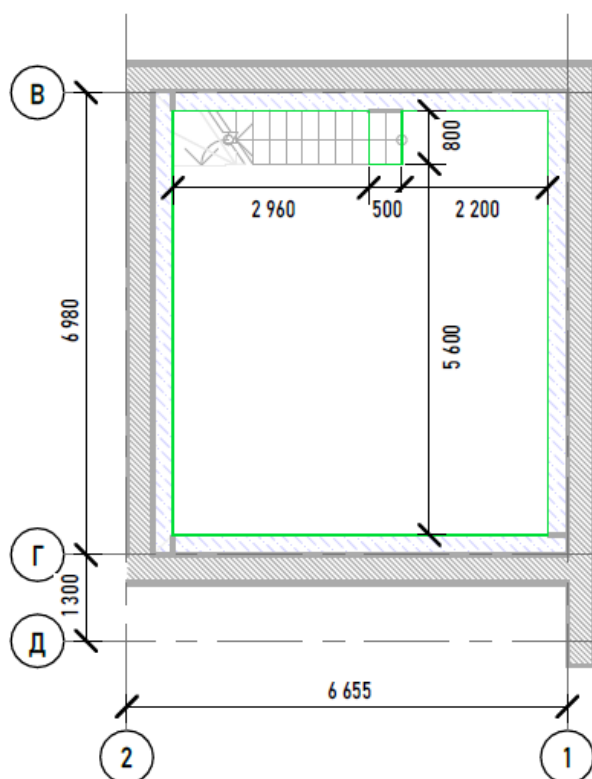


Рисунок 2.11 - Схема прокладання демпферної стрічки. План підвалу.

На рисунку 2.12 показана схема прокладання демпферних стрічок та деформаційних швів, план 1-го поверху.

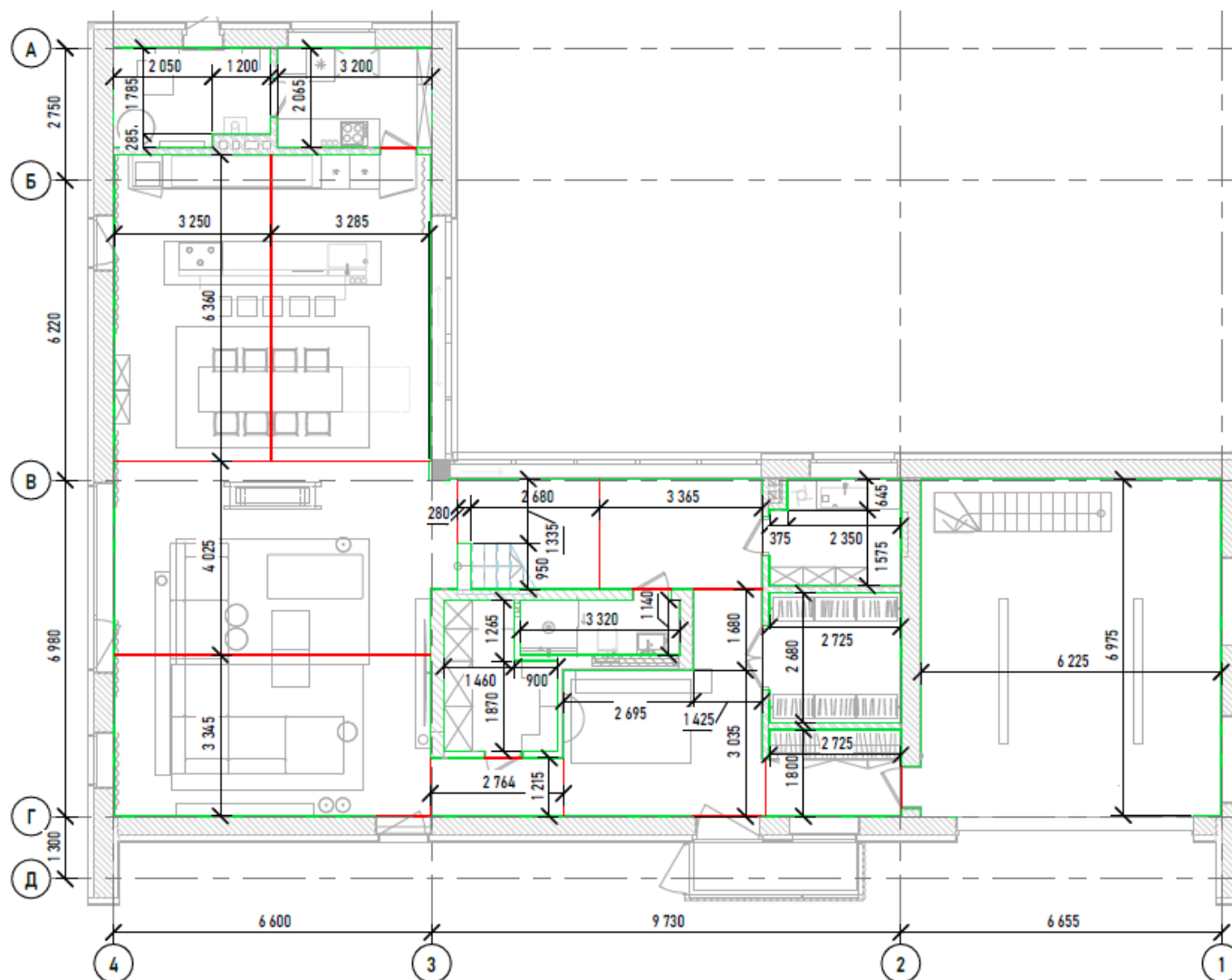


Рисунок 2.12 - Схема прокладання демпферних стрічок та деформаційних швів. План 1-го поверху

На рисунку 2.13 показано прокладання транзитних труб через деформаційний шов.

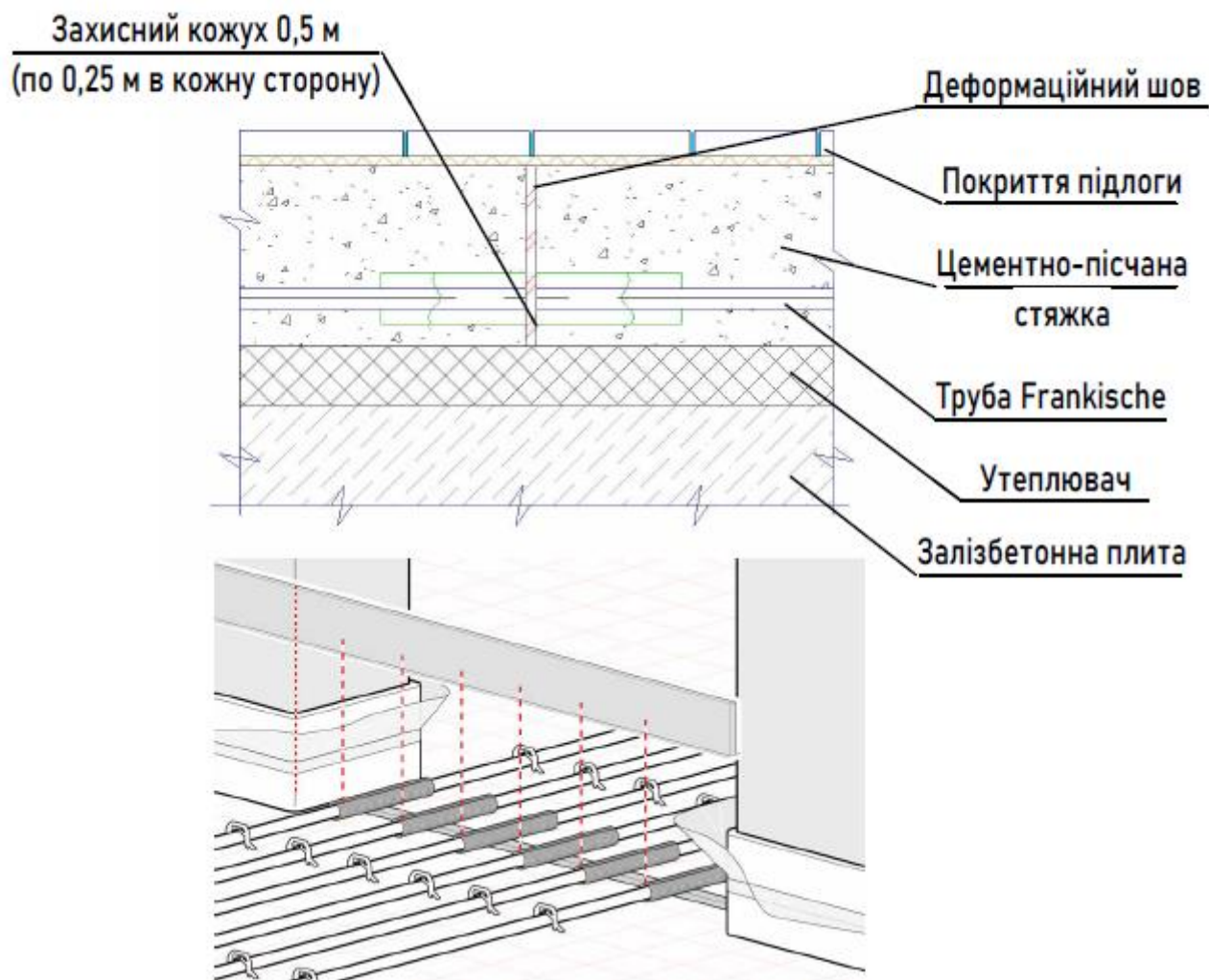


Рисунок 2.13 - Прокладання транзитних труб через деформаційний шов

На рисунку 2.14 показана схема прокладання демпферних стрічок та деформаційних швів, план 2-го поверху.

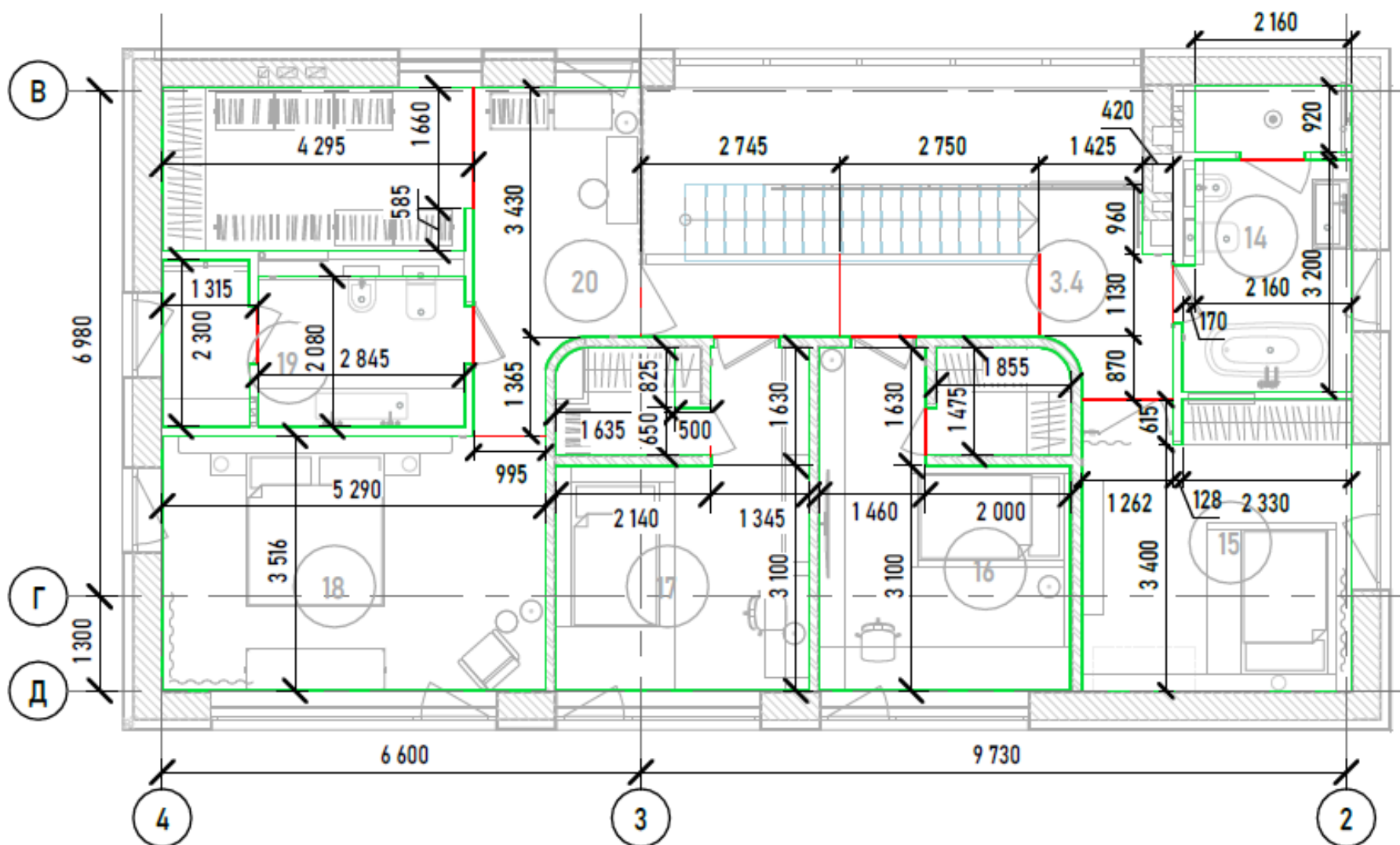


Рисунок 2.14 - Схема прокладання демпферних стрічок та деформаційних швів. План 2-го поверху

2.6 Система стінового охолодження

Система стінового охолодження є різновидом поверхневих систем кондиціонування повітря, у яких зниження температури в приміщенні здійснюється шляхом відведення тепла від внутрішніх огорожувальних поверхонь стін. Охолодження відбувається переважно за рахунок променистого теплообміну та частково конвекції, що забезпечує високий рівень теплового комфорту за мінімальних енерговитрат.

Система широко застосовується в енергоефективних житлових та громадських будівлях, зокрема у поєднанні з тепловими насосами, геотермальними або ґрунтовими джерелами холоду.

Принцип дії. Принцип роботи системи стінового охолодження полягає у циркуляції холодоносія (охолодженої води) по трубопроводах, вмонтованих у внутрішні стіни будівлі. Внаслідок різниці температур між поверхнею стіни та повітрям приміщення тепло відводиться від внутрішнього простору до стіни та передається теплоносію.

Основні механізми теплообміну: променистий теплообмін між поверхнями; природна конвекція повітря біля стін.

Температура теплоносія, як правило, становить $+16...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, що запобігає утворенню конденсату.

Конструкція системи. До складу системи стінового охолодження входять: трубопроводи з полімерних матеріалів (PEX, PE-RT або багат шарові труби); теплоізоляційний шар зі сторони зовнішньої огорожувальної конструкції; розподільний колектор із запірною-регулювальною арматурою; джерело холоду (тепловий насос, чилер, система free-cooling); автоматика керування температурою та вологістю повітря.

Трубопроводи розміщуються у шарі штукатурки або сухих монтажних панелях.

Технологія монтажу. Монтаж системи стінового охолодження виконується у такій послідовності:

1. Підготовка поверхні стін (очищення, вирівнювання).
2. Монтаж теплоізоляції зі сторони зовнішніх стін для зменшення тепловтрат.
3. Укладання трубопроводів з фіксацією на монтажних шинах або сітці.
4. Підключення контурів до колектора з маркуванням подаючих і зворотних ліній.
5. Проведення гідравлічних випробувань системи.
6. Закриття труб штукатурним шаром або облицювальними панелями.

Крок укладання труб зазвичай становить 100–200 мм, а довжина одного контуру — не більше 60–80 м.

Регулювання та автоматизація. Регулювання роботи системи здійснюється за допомогою: кімнатних термостатів; сервоприводів на колекторі; датчиків температури та вологості повітря; автоматики захисту від конденсації.

Система автоматично обмежує температуру подачі теплоносія у разі досягнення точки роси в приміщенні.

Переваги системи стінового охолодження. До основних переваг належать: висока енергоефективність; рівномірний розподіл температури; відсутність протягів і шуму; сумісність із системами підлогового опалення; зменшення експлуатаційних витрат.

Обмеження та особливості експлуатації. До недоліків та обмежень системи належать: необхідність точного контролю вологості повітря; обмеження щодо розміщення меблів уздовж охолоджуваних стін; вищі вимоги до проєктування та монтажу.

Галузі застосування. Системи стінового охолодження застосовуються: у житлових будинках з підвищеними вимогами до енергоефективності; у пасивних будинках; у громадських та офісних приміщеннях; у будівлях із низькотемпературними системами тепло- та холодопостачання.

Система стінового охолодження є сучасним та ефективним рішенням для забезпечення теплового комфорту в енергоефективних будівлях. Її застосування

дозволяє знизити енергоспоживання, підвищити комфортність перебування людей та забезпечити інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії.

На рисунку 2.15 показана система стінового охолодження, план 1-го поверху.

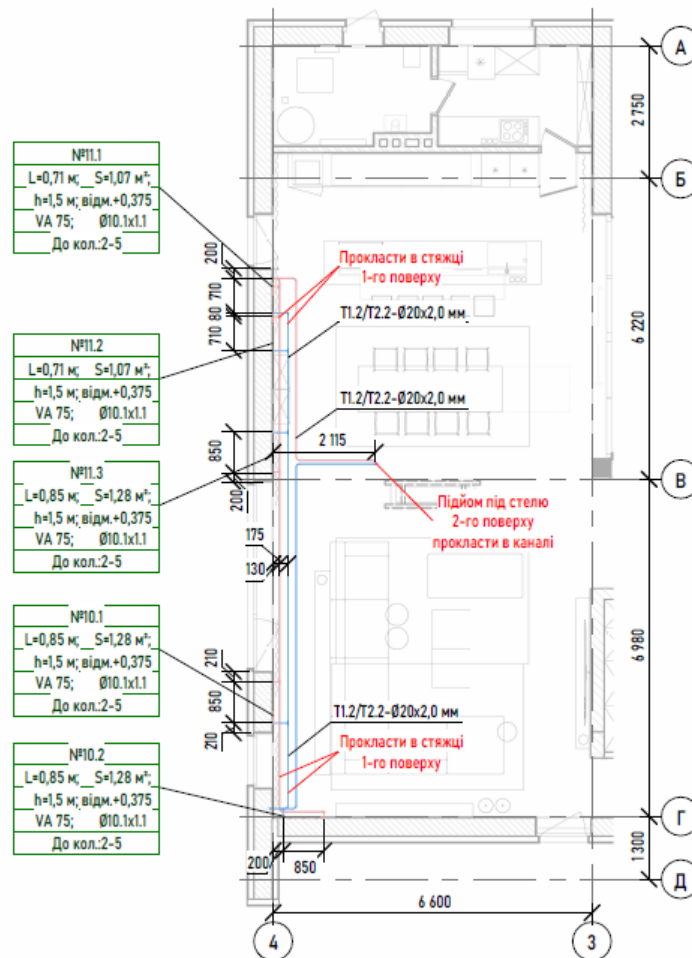


Рисунок 2.15 - Система стінового охолодження. План 1-го поверху.

На рисунку 2.16 показана схема облаштування системи стінового охолодження.

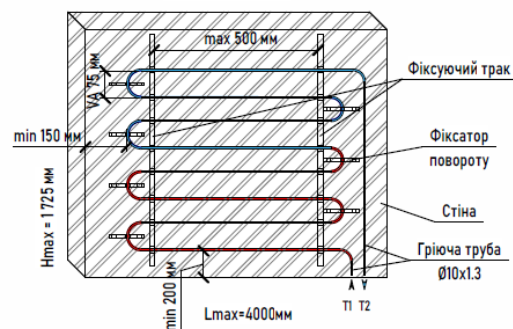


Рисунок 2.16 - Схема облаштування системи стінового охолодження.

На рисунку 2.17 показано 3D вид системи стінового охолодження.

2.7 Система стельового охолодження

Система стельового охолодження належить до поверхневих (радіаційних) систем кондиціонування повітря, у яких відведення надлишкового тепла з приміщення здійснюється через охолоджені поверхні стелі. Передача тепла відбувається переважно шляхом променистого теплообміну, що забезпечує високий рівень теплового комфорту та рівномірний розподіл температури у приміщенні.

Системи стельового охолодження широко застосовуються в сучасних енергоефективних будівлях у поєднанні з тепловими насосами, чилерами та системами вентиляції з осушенням повітря.

Принцип дії. Принцип роботи системи полягає у циркуляції охолодженого теплоносія (води) по трубопроводах або капілярних матах, змонтованих у конструкції стелі. Тепло від повітря та внутрішніх поверхонь приміщення передається холоднішій поверхні стелі та відводиться теплоносієм.

Основні особливості: температура теплоносія: $+15...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура поверхні стелі: не нижче $+17...+19\text{ }^{\circ}\text{C}$; відсутність інтенсивних повітряних потоків і протягів.

Конструктивні рішення. Система стельового охолодження може виконуватися у таких варіантах: мокра система — трубопроводи, закладені у шар штукатурки або тонку бетонну плиту; суха система — модульні панелі або капілярні мати, змонтовані за підвісною стелею; гіпсокартонні охолоджувальні панелі з інтегрованими трубами.

Основними елементами системи є: трубопроводи з PEX, PE-RT або капілярні мати; теплоізоляція з боку перекриття; розподільний колектор; автоматика керування температурою та вологістю; джерело холоду.

Технологія монтажу. Монтаж системи стельового охолодження виконується в такій послідовності:

1. Підготовка поверхні перекриття або каркаса підвісної стелі.

2. Улаштування теплоізоляції для запобігання тепловим втратам у напрямку перекриття.
3. Монтаж трубопроводів або охолоджувальних панелей з фіксацією до несучих конструкцій.
4. Підключення контурів до колектора та маркування подаючих і зворотних ліній.
5. Проведення гідравлічних випробувань.
6. Закриття системи фінішним оздобленням стелі.

Крок укладання труб зазвичай становить 100–200 мм, довжина одного контуру — до 60–80 м.

Регулювання та автоматизація. Керування системою здійснюється за допомогою: кімнатних термостатів; сервоприводів на колекторі; датчиків температури та відносної вологості; автоматики захисту від утворення конденсату.

При наближенні температури поверхні стелі до точки роси система автоматично зменшує холодопродуктивність або вимикається.

Переваги системи. Основні переваги стельового охолодження: високий рівень теплового комфорту; відсутність шуму та протягів; рівномірний розподіл температури; зниження енергоспоживання; сумісність із системами підлогового опалення та вентиляції.

Обмеження та вимоги. До особливостей експлуатації належать: необхідність обов'язкового контролю вологості повітря; обмеження щодо максимального теплового навантаження; підвищені вимоги до проєктування та автоматики.

Сфера застосування. Системи стельового охолодження застосовуються: у житлових будинках з підвищеними вимогами до енергоефективності; у пасивних та «розумних» будинках; у офісних та громадських будівлях; у приміщеннях з підвищеними вимогами до акустичного комфорту.

Система стельового охолодження є сучасним та ефективним рішенням для забезпечення комфортного мікроклімату в будівлях з низькотемпературними

системами холодопостачання. Її використання дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити комфорт і забезпечити інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії.

На рисунку 2.18 показана система стельового охолодження, план 1-го поверху.

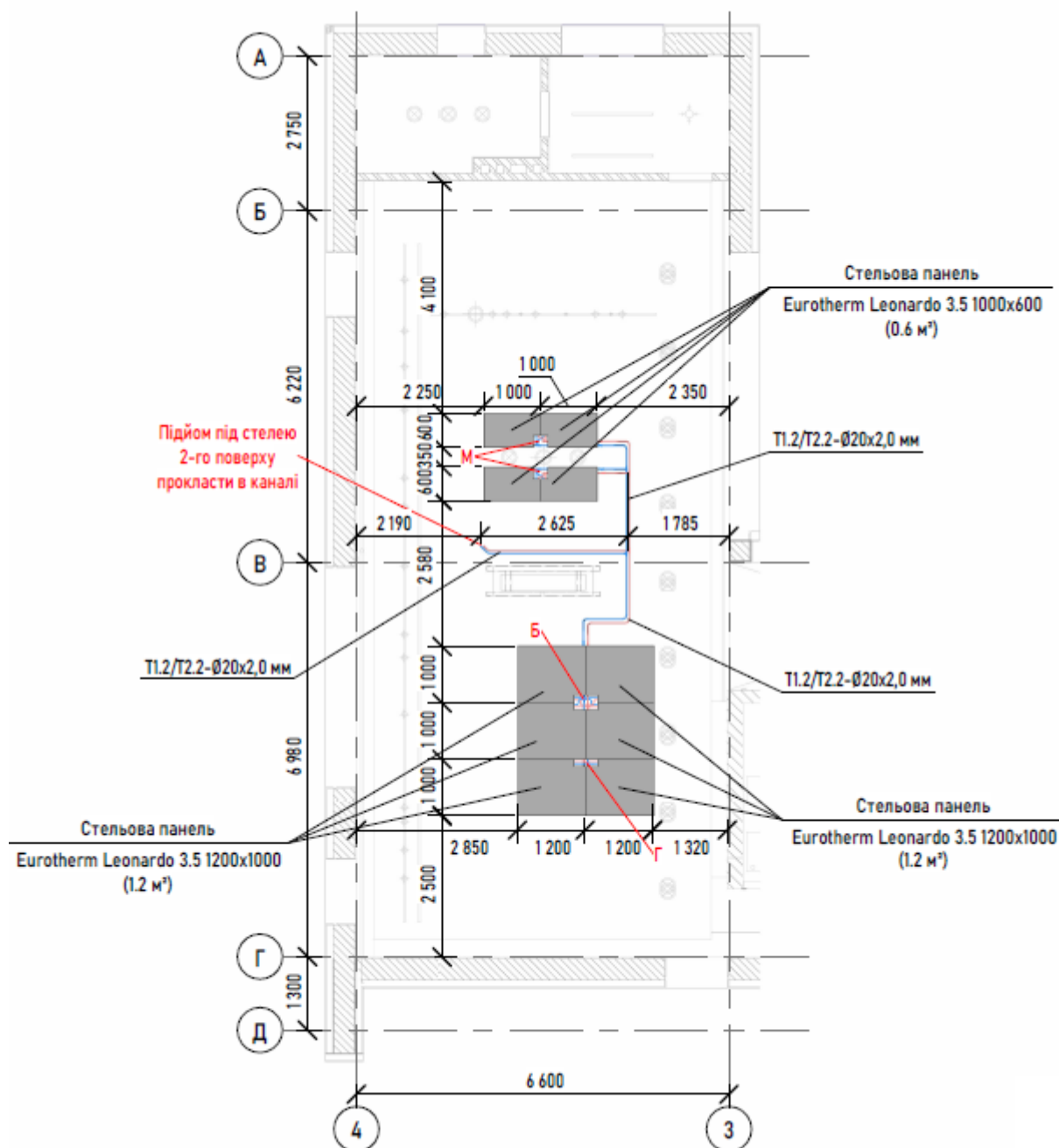


Рисунок 2.18 - Система стельового охолодження. План 1-го поверху.

На рисунку 2.19 показано систему стельового охолодження, план 2-го поверху.

Рисунок 2.19 - Система стельового охолодження. План 2-го поверху

На рисунку 2.20 показано 3D вид системи стельового охолодження 1-го поверху.

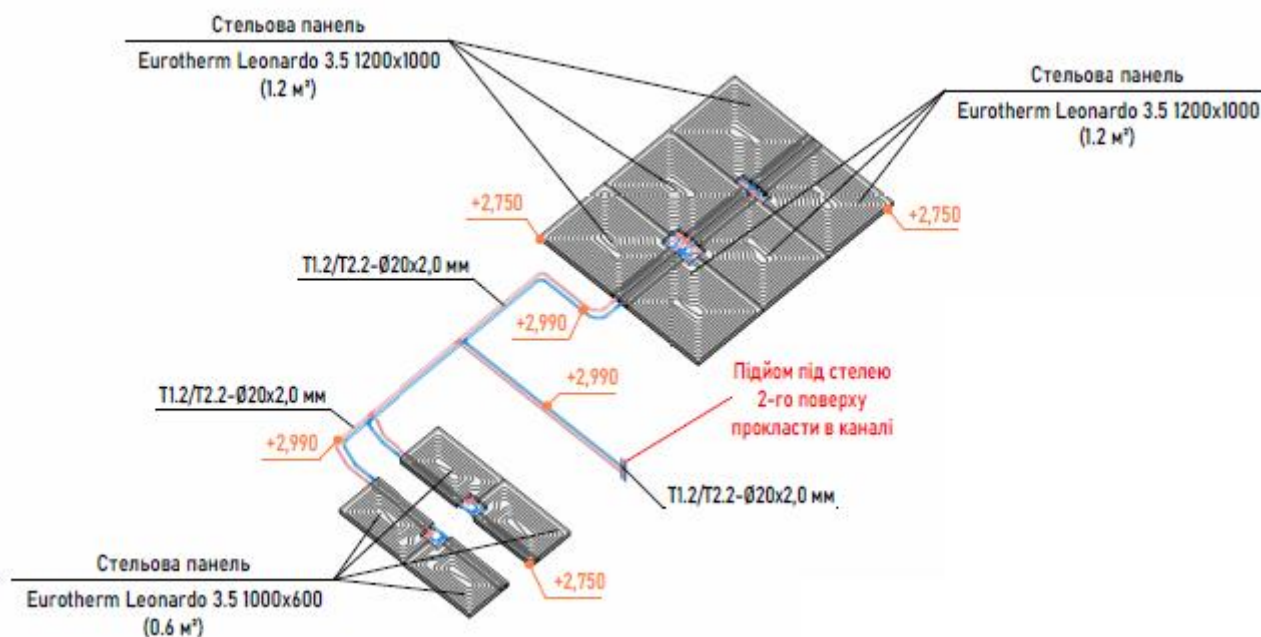


Рисунок 2.20 - 3D вид системи стельового охолодження 1-го поверху.

На рисунку 2.21 показано 3D вид системи стельового охолодження 2-го поверху.

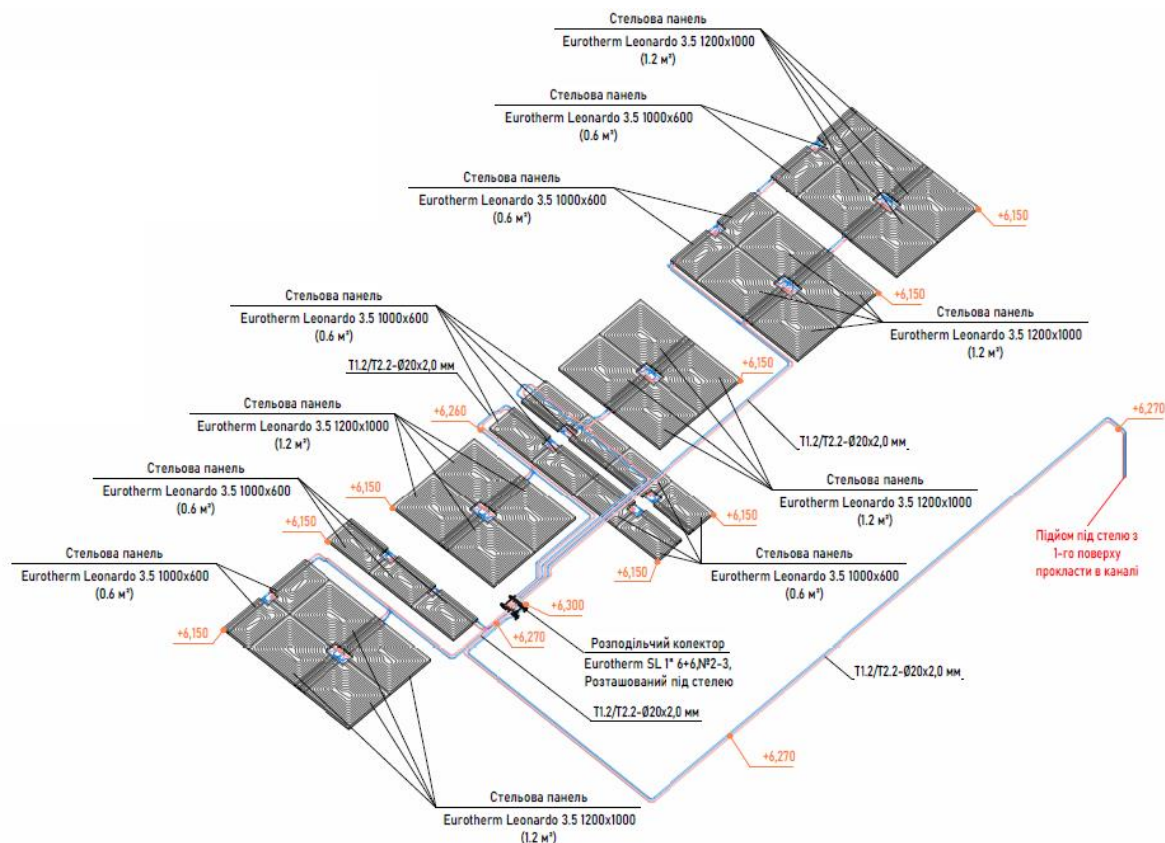


Рисунок 2.21 - 3D вид системи стельового охолодження 2-го поверху

2.8 Схема підключень колекторів

На рисунку 2.22 показано розподільчий колектор SL [11].

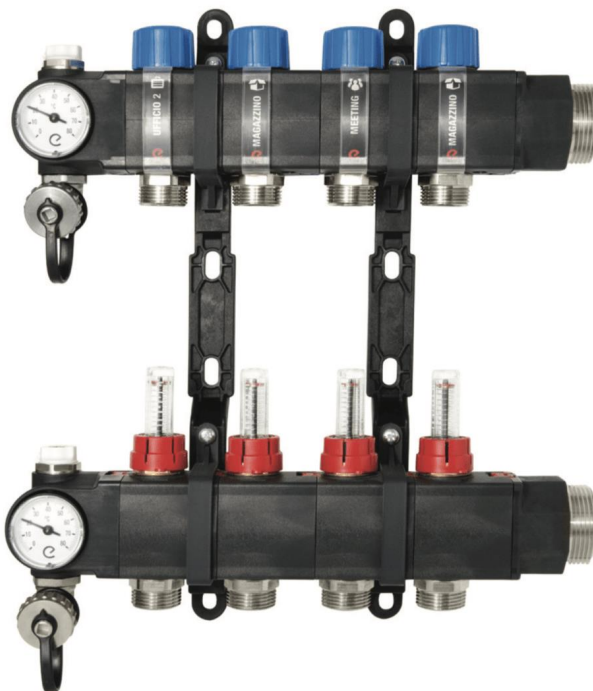


Рисунок 2.22 - Розподільчий колектор SL

SL-колектор (часто маркується виробниками сантехніки та систем опалення) — це розподільчий вузол для контурів теплої підлоги, стінового охолодження або інших гідравлічних систем. Він використовується для рівномірного розподілу теплоносія з магістралі по окремих петлях.

У різних виробників скорочення SL може мати різні позначення: Slim Line - компактне виконання; Standard Line - базова серія обладнання; System Line - серія для комплексних систем. Тобто це не універсальна характеристика, а код моделі/лінійки.

Основні елементи й функції розподільчого колектора. Зазвичай складається з: подаючого та зворотного колекторного гребеня; витратомірів (балансування контурів); запірних клапанів або сервоприводів; повітровідводчика та зливного крана; кронштейнів для монтажу

Застосовується: система теплої підлоги; стінове охолодження та опалення; фанкойли; низькотемпературні гідравлічні схеми.

Колекторна група призначена для розподілу теплоносія між окремими контурами поверхневих систем опалення та охолодження, а також для гідравлічного балансування, регулювання та автоматичного керування режимами роботи системи.

Схема підключення колекторів повинна забезпечувати: рівномірний розподіл витрат теплоносія; можливість індивідуального регулювання кожного контуру; безпечну та надійну експлуатацію системи; інтеграцію з автоматикою керування мікрокліматом.

Склад колекторного вузла. Типова колекторна група включає: подаючий колектор з витратомірами; зворотний колектор з термостатичними клапанами; запірну арматуру на вході та виході; автоматичні повітровідвідники; зливні крани; сервоприводи (за наявності зонального керування); термометри та манометри.

Колектори розміщуються у спеціальній колекторній шафі.

Схема гідравлічного підключення. Підключення до джерела тепла/холоду.

Колекторна група підключається до: теплового насоса; котла; чилера; комбінованої системи теплохолодопостачання.

Подаюча магістраль під'єднується до верхньої частини подаючого колектора, зворотна — до нижньої частини зворотного колектора.

У разі використання низькотемпературного джерела між джерелом і колектором встановлюється: насосна група; змішувальний вузол (за потреби).

Підключення контурів. Кожен контур (підлогового, стінового або стельового опалення/охолодження): підключається окремою парою труб до відповідних відводів подаючого та зворотного колекторів; маркується для ідентифікації приміщення; має індивідуальний регулювальний елемент.

Вимоги: довжина одного контуру не повинна перевищувати проєктних значень (60–100 м); діаметри труб підбираються за гідравлічним розрахунком; перехрещення подаючих і зворотних труб не допускається.

Схема автоматичного керування. Для забезпечення зонального регулювання застосовується така схема: кімнатний термостат → сервопривід на

зворотному колекторі; датчик температури та вологості → контролер системи; при охолодженні — додатковий захист від конденсації (датчик точки роси).

Сервоприводи встановлюються на клапанах зворотного колектора та керують витратою теплоносія в кожному контурі.

Особливості для систем охолодження. При роботі колекторів у режимі охолодження необхідно передбачити: ізоляцію труб подачі холодоносія; обмеження мінімальної температури теплоносія; автоматику захисту від утворення конденсату; сумісну роботу з вентиляційною системою з осушенням повітря.

Контроль і балансування. Після монтажу виконується: гідравлічне балансування контурів за витратомірами; перевірка роботи сервоприводів; контроль герметичності з'єднань; тестування автоматичного регулювання.

Правильно спроектована схема підключень колекторів забезпечує ефективну, енергоощадну та стабільну роботу систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження. Колекторна система дозволяє реалізувати зональне керування, знизити енергоспоживання та підвищити комфорт у приміщеннях.

На рисунку 2.23 показана схема підключень колекторів, план підвалу.

На рисунку 2.25 показано вузол обв'язки розподільчого колектора.

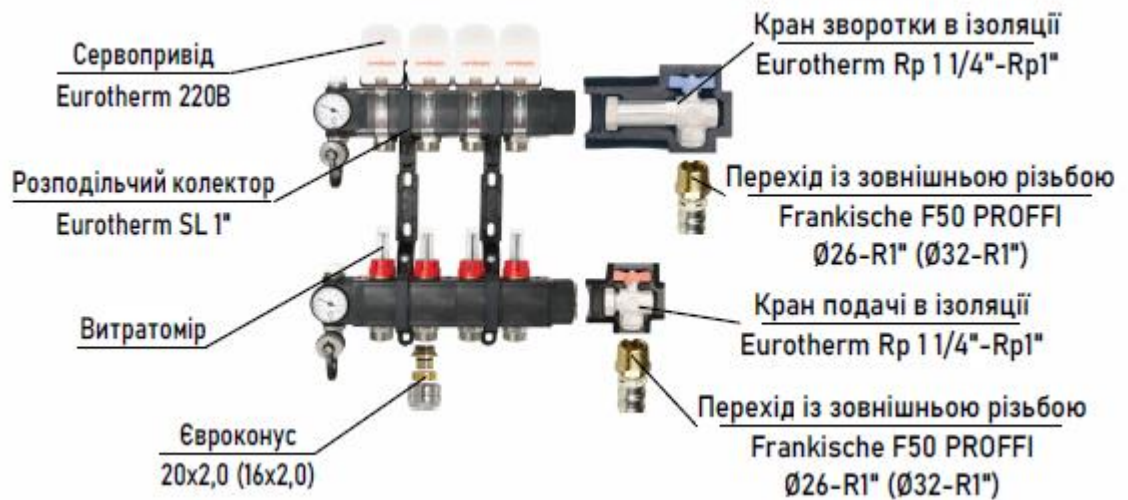


Рисунок 2.25 - Вузол обв'язки розподільчого колектора.

На рисунку 2.26 показано підключення розподільчих колекторів, план 2-го поверху.

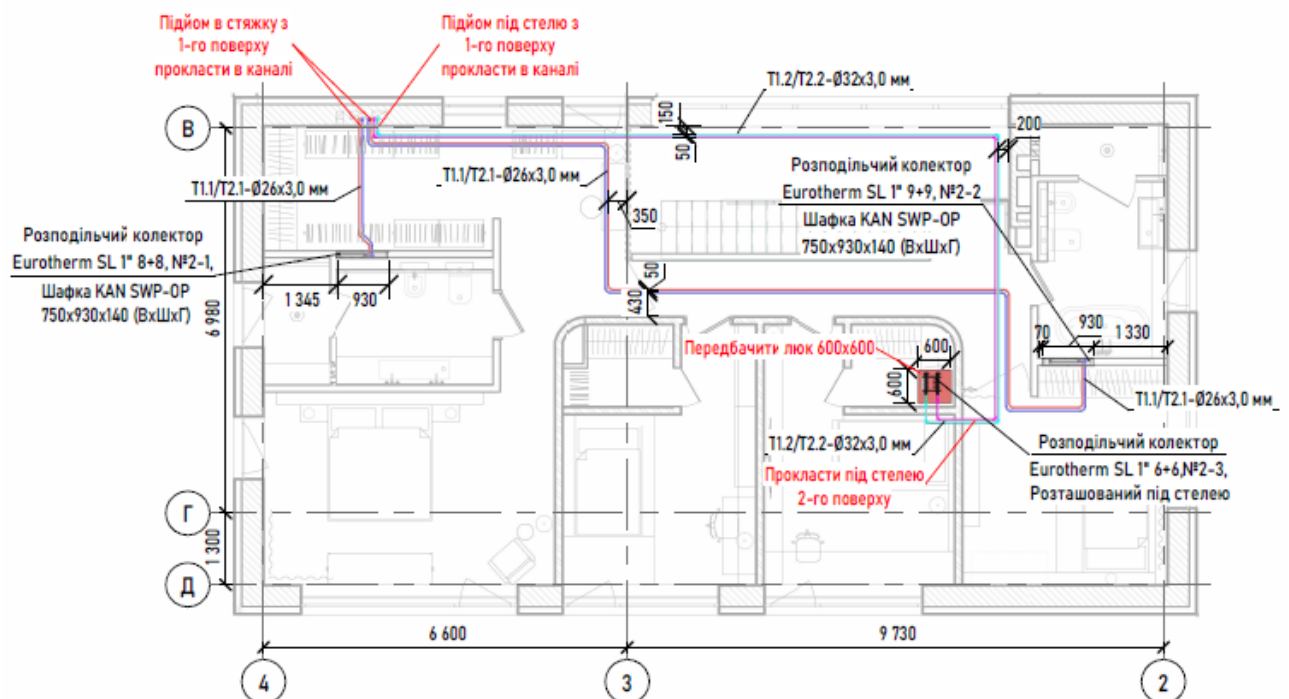


Рисунок 2.26 - Підключення розподільчих колекторів. План 2-го поверху.

На рисунку 2.27 показано 3D вид підключення розподільчих колекторів.

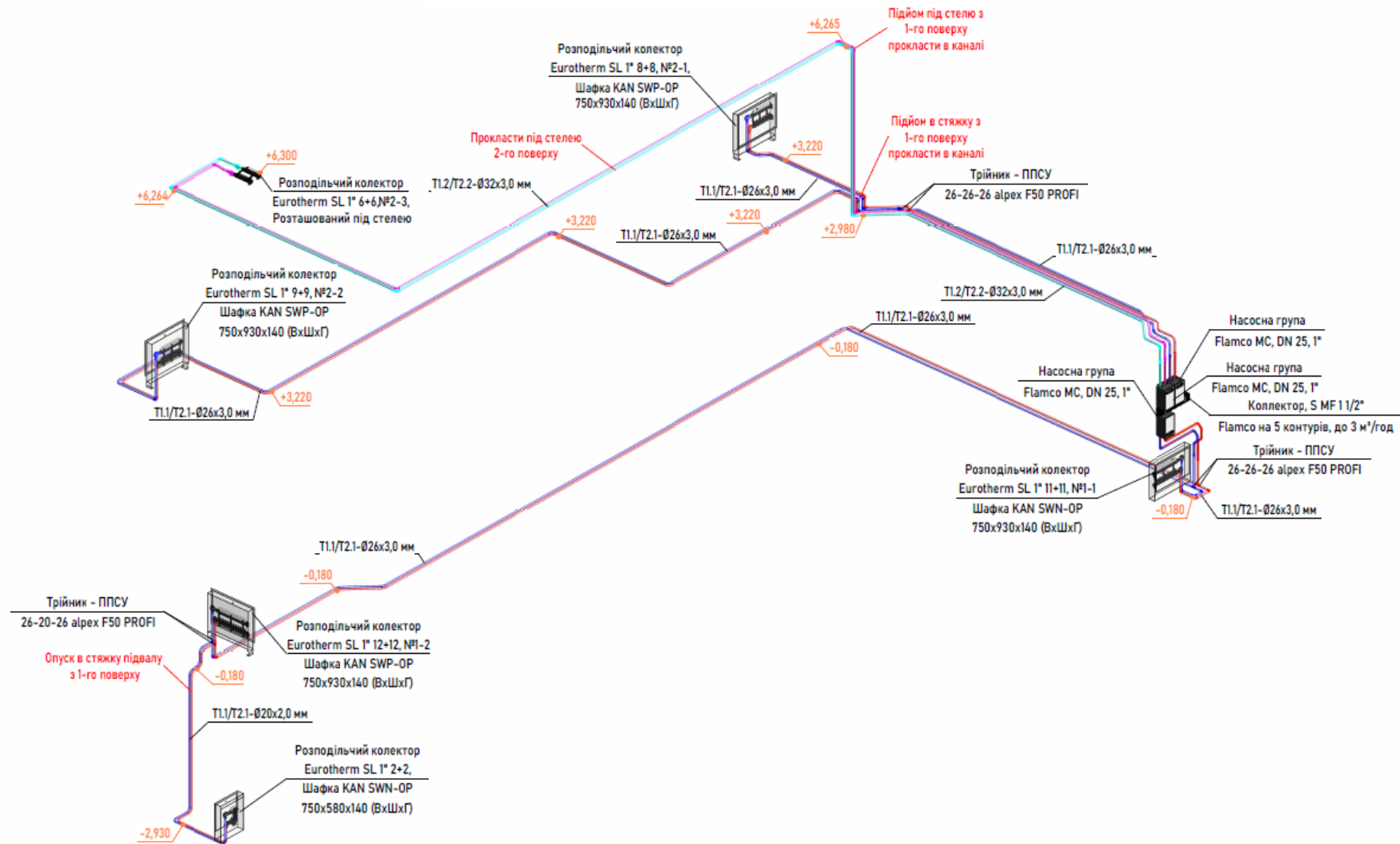


Рисунок 2.27 - 3D вид підключення розподільчих колекторів

2.9 Схема розташування кімнатних термостатів

Кімнатні термостати призначені для автоматичного підтримання заданої температури повітря в окремих приміщеннях шляхом керування роботою контурів підлогового опалення, стінового та стельового охолодження через сервоприводи колекторної групи.

Схема їх розташування повинна забезпечувати коректне вимірювання температури та стабільну роботу системи зонального регулювання.

Принцип зонування. Кожне приміщення або група приміщень з однаковим тепловим режимом формує окрему зону керування, що оснащується одним кімнатним термостатом.

Типові зони: житлові кімнати (вітальня, спальня); кухня; санвузли; коридори та допоміжні приміщення; кабінети або робочі зони.

Рекомендовані місця встановлення. Кімнатні термостати встановлюються: на внутрішніх стінах приміщень; на висоті 1,2–1,5 м від рівня підлоги; у зонах з вільною циркуляцією повітря; на відстані не менше 0,5 м від дверних та віконних прорізів.

Заборонені місця встановлення. Не допускається встановлення термостатів: на зовнішніх стінах; над або поблизу опалювальних приладів; у зонах прямого сонячного випромінювання; поруч з вентиляційними решітками; за меблями, шторами або декоративними елементами.

Функціональна схема підключення. Функціонально схема розташування термостатів передбачає: кожен термостат підключений до відповідної зони колекторної групи; сигнал з термостата передається на сервопривід клапана зворотного колектора; у системах охолодження додатково використовуються датчики вологості або точки роси; централізований контролер координує роботу всіх зон.

Типи кімнатних термостатів. Залежно від рівня автоматизації застосовуються: механічні термостати; електронні програмовані термостати;

цифрові термостати з датчиками вологості; бездротові (радіокеровані) термостати; інтегровані в систему «розумного будинку».

Особливості для систем охолодження. Для стельового та стінового охолодження схема розташування термостатів доповнюється: датчиками відносної вологості; контролем точки роси; обмеженням мінімальної температури поверхонь.

У разі досягнення критичних параметрів система автоматично знижує холодопродуктивність або вимикається.

Контроль та налаштування. Після монтажу здійснюється: перевірка коректності показників термостатів; калібрування температурних датчиків; перевірка зв'язку з сервоприводами; тестування режимів нагріву та охолодження.

Правильно спроектована схема розташування кімнатних термостатів забезпечує ефективне зональне керування мікрокліматом, зменшення енергоспоживання та підвищення комфорту користувачів енергоефективного житлового будинку.

На рисунку 2.28 показано терморегулятор DEVI Devireg Smart Black.



Рисунок 2.28 - Терморегулятор DEVI Devireg Smart Black

Основні можливості:

- Wi-Fi-підключення та дистанційне керування через мобільний додаток DEVIsmart™ (Android / iOS) з будь-якого місця.
- Можливість керувати кількома пристроями з одного додатку, а один термостат можна пов'язати до 10 мобільних пристроїв.
- Сенсорний дисплей і простий інтерфейс для локального налаштування.
- Енергозберігаючі функції: таймер, адаптивний старт/стоп, виявлення відкритого вікна.
- Програмування за розкладом (щотижневі програми, різні періоди).
- Енергоспоживання, відображення статистики та допомога у зниженні витрат.

Технічні характеристики

- Живлення: 220 В – 240 В, 50/60 Hz.
- Навантаження: до 16 А (≈ 3680 Вт @ 230 В).
- Діапазон регулювання температури:
 - повітря: 5 °C – 35 °C
 - підлога: 5 °C – 35 °C (до 45 °C із зовнішнім датчиком)
- Сумісність з NTC-датчиками: 6.8 k Ω , 10 k Ω , 12 k Ω , 15 k Ω (за замовчуванням), 33 k Ω , 47 k Ω .
- Клас захисту: IP21 (для побутового використання).
- Розміри: $\approx 85 \times 85 \times 20-24$ мм.

Сценарії застосування:

- Керування електричною теплою підлогою (кабелі/мати)
- Повноцінне опалення приміщення (поверх/над підлогою)
- Режим реле-вмикання/вимикання без контролю температури

Можуть бути використані з зовнішніми датчиками температури підлоги та повітря.

Переваги:

- Зручність керування «розумним» термостатом через смартфон
- Підтримка графіка опалення за днями та годинами

- Адаптивне керування для економії електроенергії
- Сумісність з широкою лінійкою датчиків та рамок інших виробників

Це сучасний Wi-Fi-термостат для систем теплої підлоги й опалення, що поєднує зручність локального керування з можливістю дистанційного моніторингу через смартфон.

На рисунку 2.29 показано схему розташування кімнатних термостатів, план 1-го поверху.

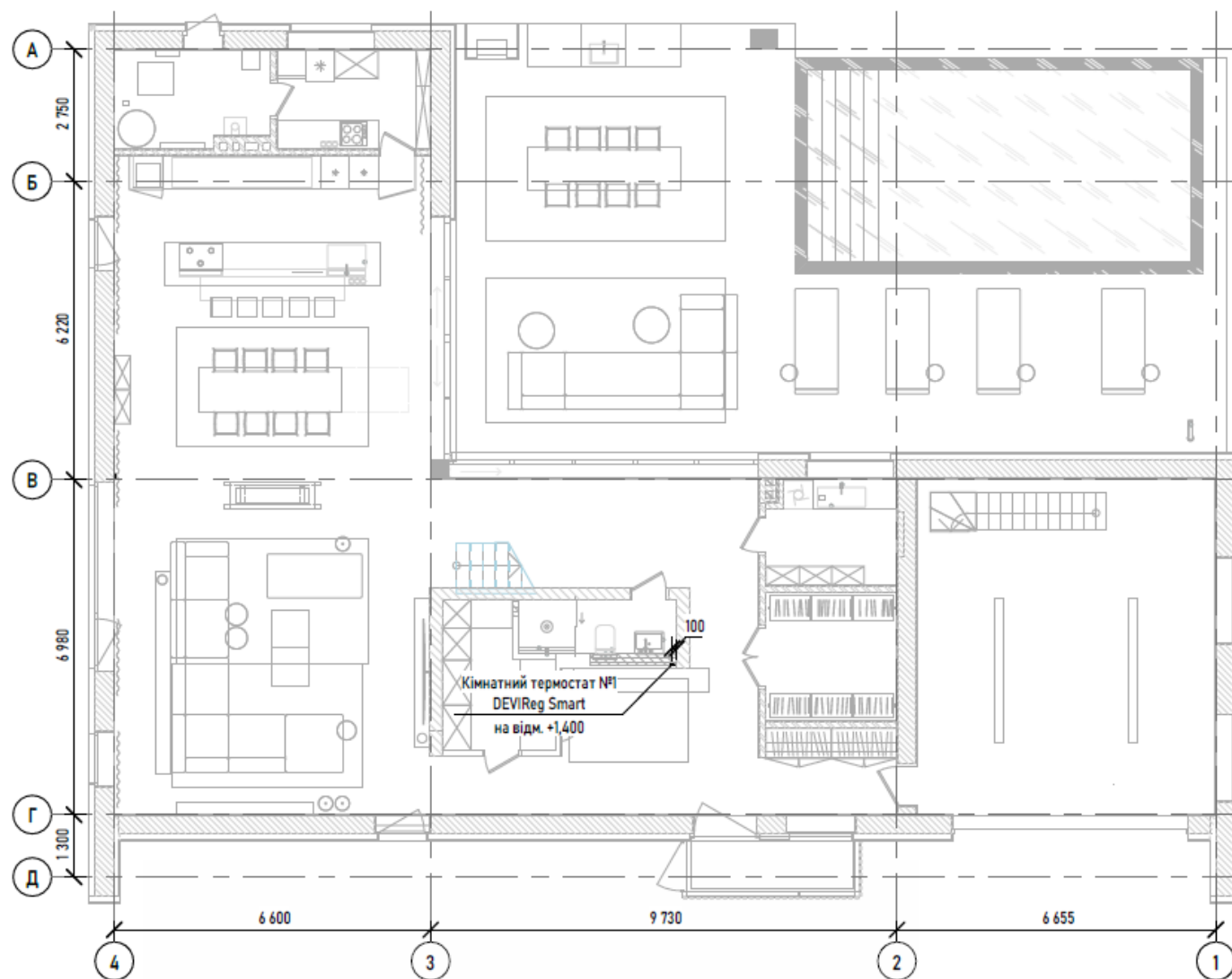


Рисунок 2.29 - Схема розташування кімнатних термостатів. План 1-го поверху

На рисунку 2.30 показана схема розташування кімнатних термостатів, план 2-го поверху.

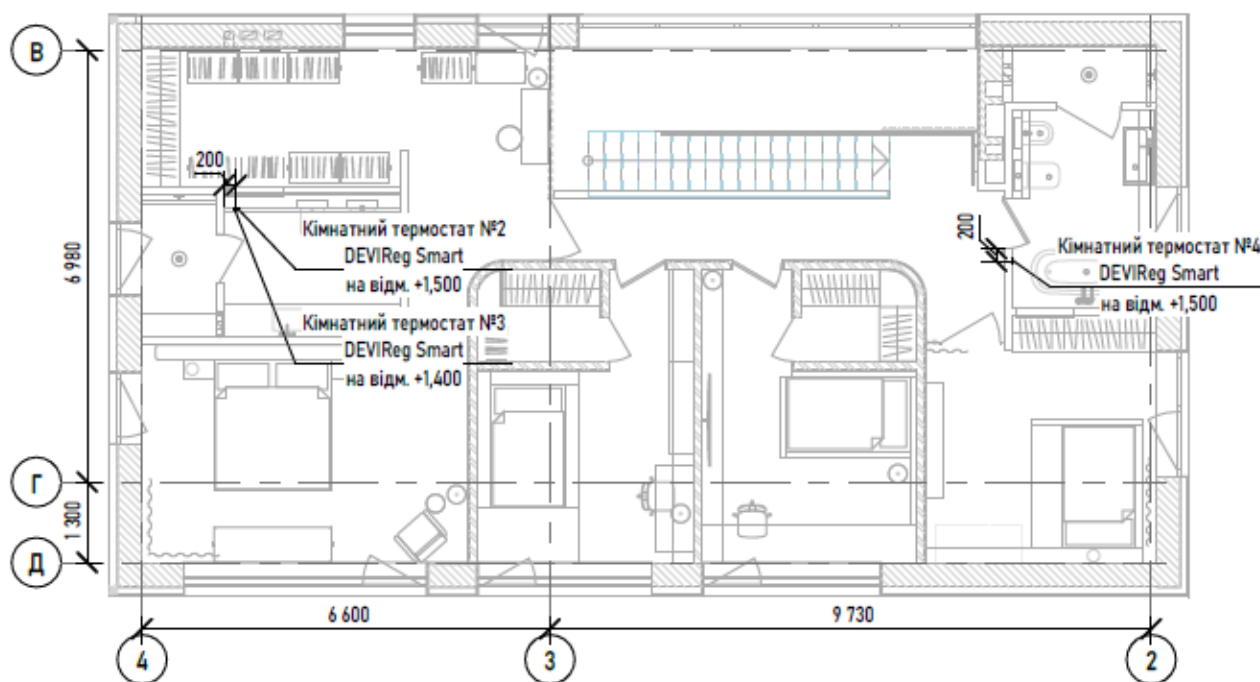


Рисунок 2.30 - Схема розташування кімнатних термостатів. План 2-го поверху.

На рисунку 2.31 показана схема розташування датчиків температури.

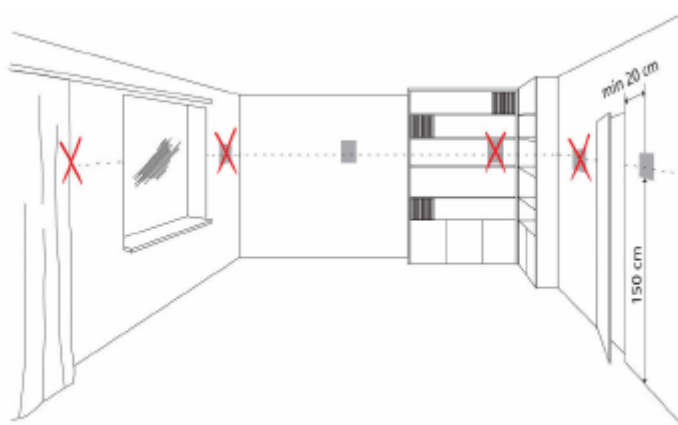


Рисунок 2.31 – Схема розташування датчиків температури.

2.10 Система вентиляції

Система вентиляції призначена для забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища в приміщеннях житлового будинку шляхом організованого повітрообміну. Основними завданнями системи є подача свіжого повітря, видалення відпрацьованого повітря, підтримання нормативної концентрації CO₂, вологості та температури, а також забезпечення санітарно-гігієнічних умов проживання.

У сучасних енергоефективних будівлях застосовується механічна припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією теплоти.

Нормативні вимоги. Проектування та монтаж системи вентиляції виконуються відповідно до вимог:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки»;
- ДСТУ EN 16798;
- санітарно-гігієнічних норм мікроклімату.

Мінімальні витрати повітря приймаються відповідно до призначення приміщень.

Тип системи вентиляції. Для енергоефективного житлового будинку передбачається централізована припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням та рекуперацією тепла, що забезпечує: постійний контроль повітрообміну; мінімальні тепловтрати; незалежність від природних факторів.

Принцип роботи системи. Принцип роботи системи полягає в організованій подачі очищеного та підігрітого (або охолодженого) повітря в житлові приміщення та видаленні забрудненого повітря з кухонь, санвузлів і допоміжних приміщень.

У рекуператорі теплота витяжного повітря передається припливному без їх змішування, що дозволяє зменшити витрати енергії на підігрів повітря до 60–85 %.

Основні елементи системи. До складу вентиляційної системи входять: припливно-витяжна вентиляційна установка з рекуператором; повітроводи (круглі або прямокутні); повітророзподільні решітки та дифузори; фільтри очищення повітря (G4, F7); шумоглушники; автоматика керування; датчики температури, вологості та CO₂.

Схема повітрообміну. Повітрообмін у будинку організовується за таким принципом: приплив повітря — у вітальні, спальні, кабінети; перетік повітря — через коридори та піддверні зазори; витяжка повітря — з кухні, ванної кімнати, санвузла, гардеробних.

Такий підхід забезпечує правильний напрям руху повітря та запобігає поширенню запахів.

Інтеграція з системами опалення та охолодження. Система вентиляції працює спільно з: підлоговим опаленням; стельовим та стіновим охолодженням; тепловим насосом; системою автоматичного керування будівлею.

У літній період вентиляція забезпечує осушення повітря, що є критично важливим для поверхневих систем охолодження.

Автоматизація та керування. Керування системою вентиляції здійснюється автоматично та включає: регулювання продуктивності вентиляторів; контроль температури припливного повітря; керування рекуперацією; роботу за сигналами датчиків CO₂ та вологості; програмування добових та тижневих режимів.

Переваги системи. Основні переваги: стабільна якість повітря; значне зниження тепловтрат; підвищення енергоефективності будинку; зниження рівня шуму; комфортний мікроклімат упродовж року.

Система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією є обов'язковим елементом енергоефективного житлового будинку. Її застосування забезпечує нормативний повітрообмін, зменшення енергоспоживання та створення здорового мікроклімату для мешканців.

На рисунку 2.32 показано систему вентиляції (план підвалу).

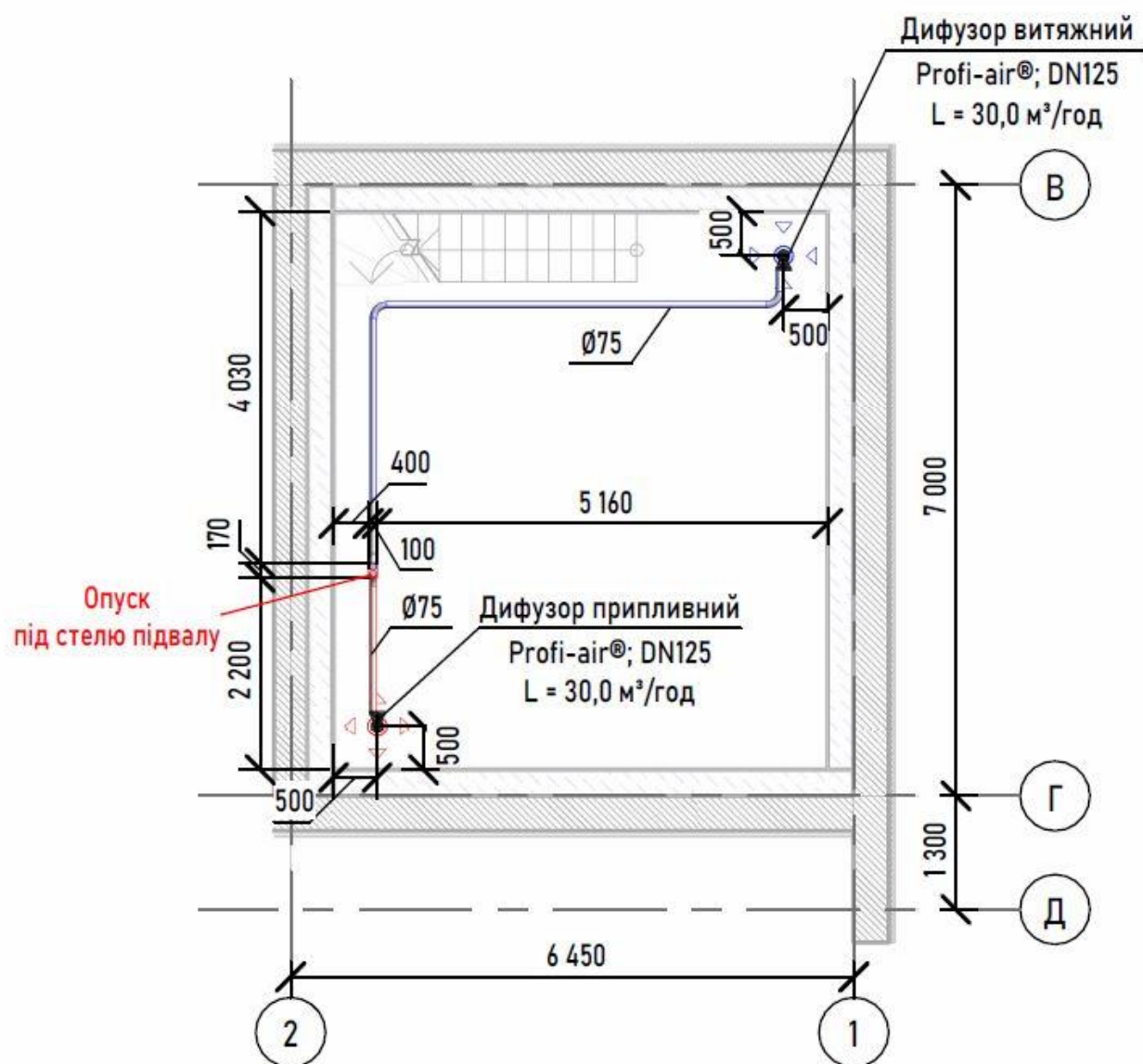


Рисунок 2.32 - Система вентиляції. План підвалу.

На рисунку 2.33 показано систему вентиляції (план 1-го поверху).

На рисунку 2.34 показано систему вентиляції (план 2-го поверху).

На рисунку 2.35 показано 3D вид системи вентиляції.

На рисунку 2.36 показано вузол підключення вентиляційної установки.



Рисунок 2.34 - Система вентиляції. План 2-го поверху

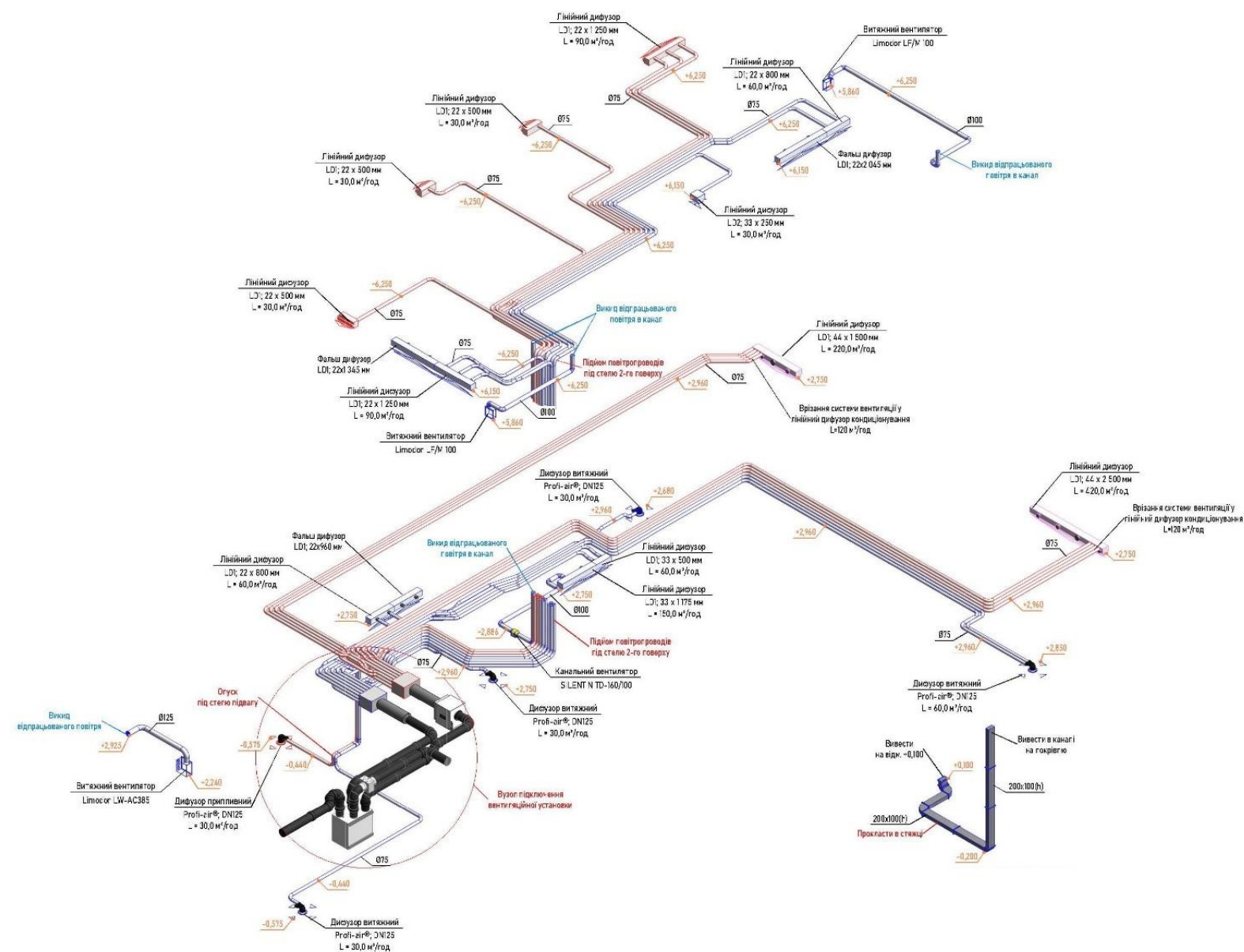


Рисунок 2.35 - 3D вид системи вентиляції

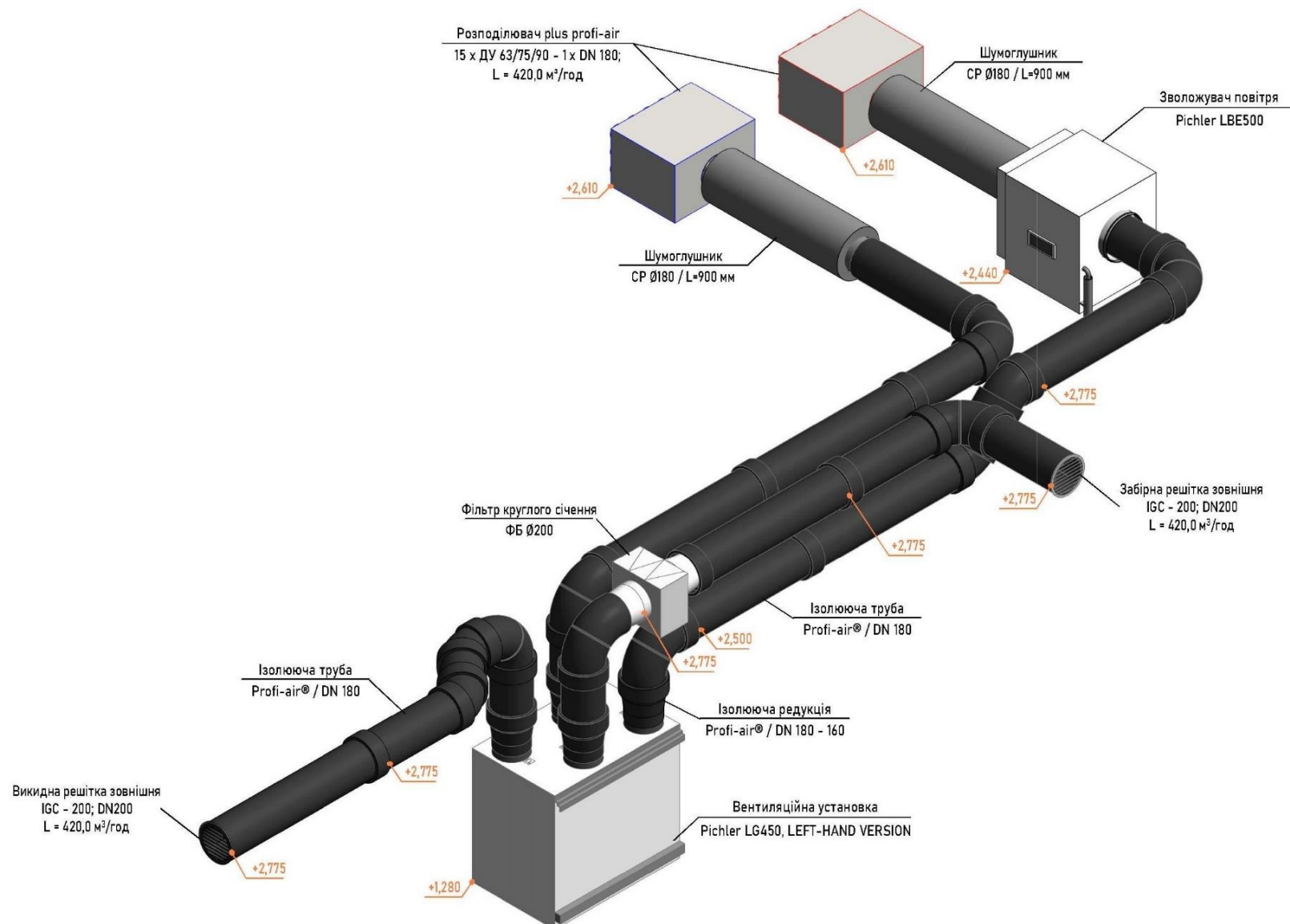


Рисунок 2.36 - Вузол підключення вентиляційної установки

На рисунку 2.37 показано систему вентиляції (план кухонного витяжного зонта).

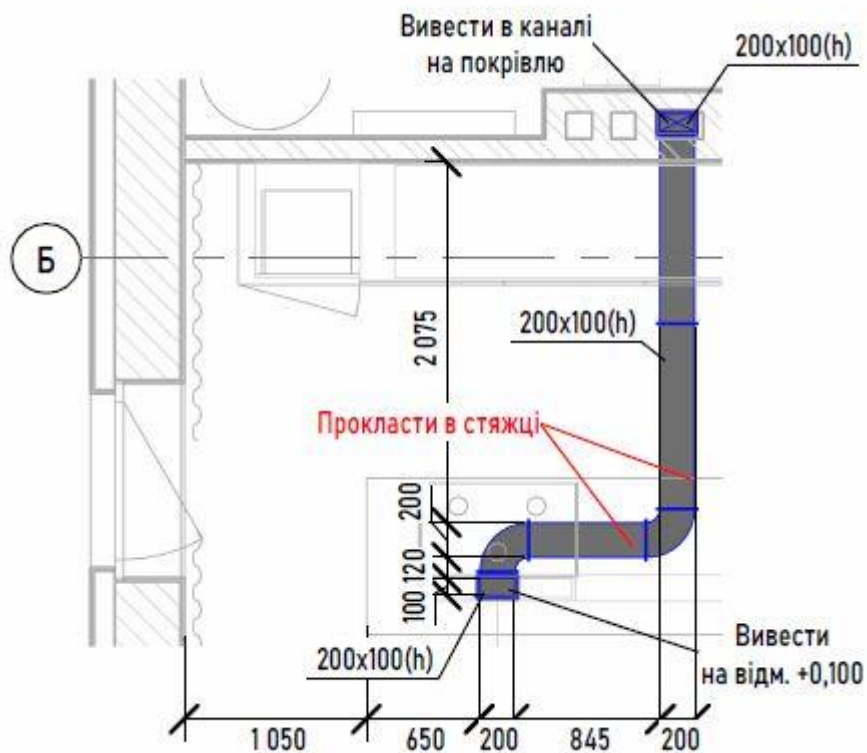


Рисунок 2.37 - Система вентиляції. План кухонного витяжного зонта

На рисунку 2.38 показано схему кріплення повітропроводів.

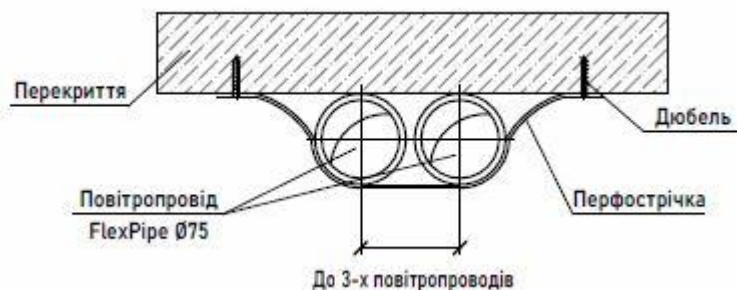


Рисунок 2.38 - Схема кріплення повітропроводів.

2.11 Система охолодження фанкойлами

Система охолодження фанкойлами є різновидом водяних систем кондиціонування повітря, у яких тепло від повітря приміщення відводиться за допомогою теплообмінників (фанкойлів), через які циркулює охолоджений теплоносіє. Система забезпечує підтримання заданої температури повітря, а за необхідності — і його часткове осушення.

Фанкойлові системи широко застосовуються в житлових, адміністративних та громадських будівлях, особливо у поєднанні з тепловими насосами та чилерами.

Принцип роботи. Принцип роботи системи полягає в наступному:

1. охолоджена вода (або водно-гліколева суміш) з джерела холоду подається до фанкойлів;
2. вентилятор фанкойла прокачує повітря приміщення через теплообмінник;
3. тепло з повітря передається теплоносію;
4. охолоджене повітря повертається в приміщення.

Типові параметри теплоносія: температура подачі: $+6...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура зворотної лінії: $+12...+16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Класифікація фанкойлів. За конструктивним виконанням розрізняють: настінні фанкойли; касетні фанкойли (для підвісних стель); каналні фанкойли; підлогово-стельові фанкойли.

За схемою трубопроводів: двотрубна система — тільки охолодження або опалення; чотиритрубна система — одночасна можливість нагріву й охолодження.

Основні елементи системи. До складу системи охолодження фанкойлами входять: фанкойлові агрегати; джерело холоду (чилер або тепловий насос); трубопроводи подачі та звороту теплоносія; циркуляційні насоси; колекторні вузли або гідравлічні розподільники; запірно-регулювальна арматура; система автоматизації; дренажна система відведення конденсату.

Схема підключення. Фанкойли підключаються до магістральних трубопроводів або колекторної системи. Кожен фанкойл обладнується: запірними клапанами; регулювальними клапанами з сервоприводом; повітровідвідником; піддоном і дренажною лінією для конденсату.

Для зонального керування передбачається індивідуальне підключення кожного фанкойла до автоматики.

Регулювання та автоматизація. Керування роботою фанкойлів здійснюється за допомогою: кімнатних термостатів; регуляторів швидкості вентиляторів; електроприводів клапанів; централізованої системи диспетчеризації (BMS).

У разі досягнення заданої температури вентилятор зменшує оберти або вимикається, а подача теплоносія обмежується.

Переваги системи. Основні переваги фанкойлової системи: висока холодопродуктивність; швидка реакція на зміну теплових навантажень; можливість зонального регулювання; сумісність із вентиляційними системами; гнучкість у проєктуванні.

Недоліки та обмеження. До недоліків системи належать: наявність шуму від вентиляторів; необхідність відведення конденсату; вищі експлуатаційні витрати порівняно з поверхневими системами; локальні повітряні потоки.

Сфера застосування. Системи охолодження фанкойлами застосовуються: у житлових будинках; в офісних приміщеннях; у готелях; у торговельно-адміністративних будівлях; у приміщеннях зі змінним тепловим навантаженням.

Система охолодження фанкойлами є ефективним і гнучким рішенням для забезпечення комфортного мікроклімату. Вона дозволяє реалізувати індивідуальне керування температурою в кожному приміщенні та добре поєднується з іншими інженерними системами будівлі.

На рисунку 2.39 показано фанкойл PS-DC та PS-DCE [12].



Рисунок 2.39 - Фанкойл PS-DC та PS-DCE.

Технічні характеристики — PS-DC 2Т-160:

- Тип: каналний фанкойл (ductable), 2-трубна система (охолодження + нагрів)
- Монтаж: прихований у стелі з підключенням повітроводів
- Вентилятор: триступінчастий АС тип центробіжний вентилятор
- Максимальний статичний тиск: до 150 Па (можливість під'єднання повітроводів)
- Корпус і матеріали: оцинкована сталева рама з антикондесатним покриттям і звукопоглинаючим матеріалом
- Панель: поставляється з піддоном для конденсату та фільтром повітря

Продуктивність

- Теплова потужність (нагрів): 7.50 кВт (низька швидкість); 12.48 кВт (середня); 14.64 кВт (висока)
- Холодильна потужність (охолодження): 5.86 кВт (низька); 9.70 кВт (середня); 11.34 кВт (висока)
- Повітряний потік: ~890 / 1625 / 1975 м³/год (три швидкості)

- Рівень звукового тиску: ~ 46 дБ(А)
- Споживана потужність вентилятора: до ~ 262 Вт

Габарити та вага:

- Розміри: $1300 \times 620 \times 275$ мм (Ш $\times$ Г $\times$ В)
- Вага: приблизно 42 кг

На рисунку 2.40 показана система охолодження фанкойлами, план 1-го поверху.

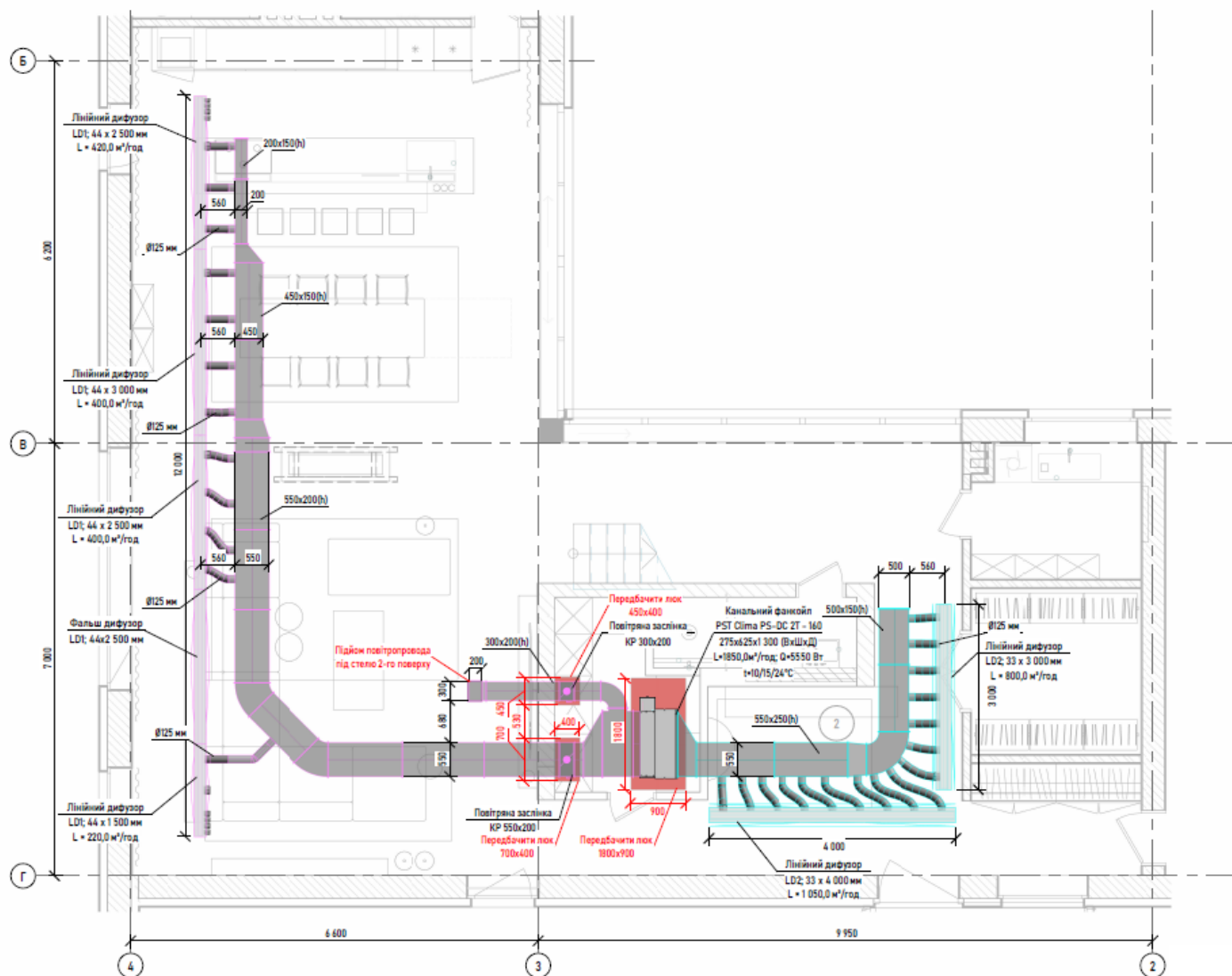


Рисунок 2.40 - Система охолодження фанкойлами. План 1-го поверху

На рисунку 2.41 показана схема кріплення каналного блоку

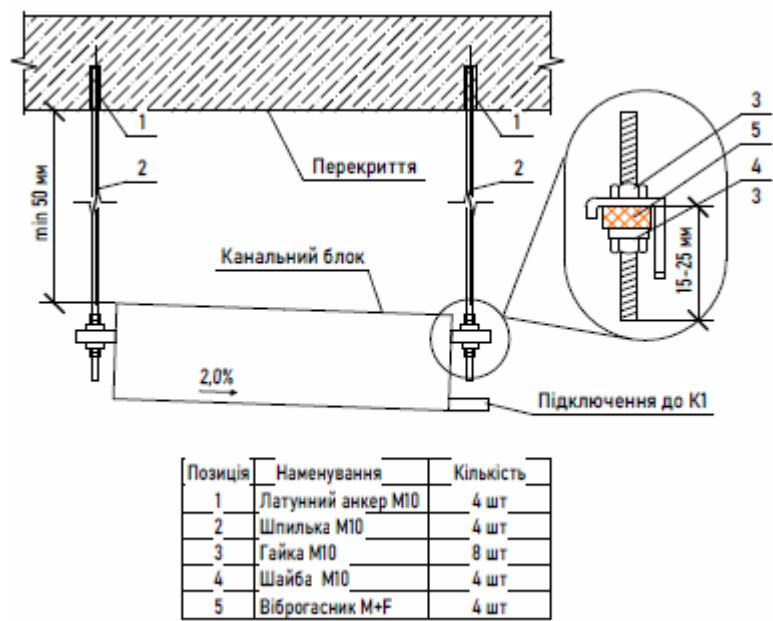


Рисунок 2.41 - Схема кріплення каналного блоку.

На рисунку 2.42 показана система охолодження фанкойлами, план 2-го поверху.

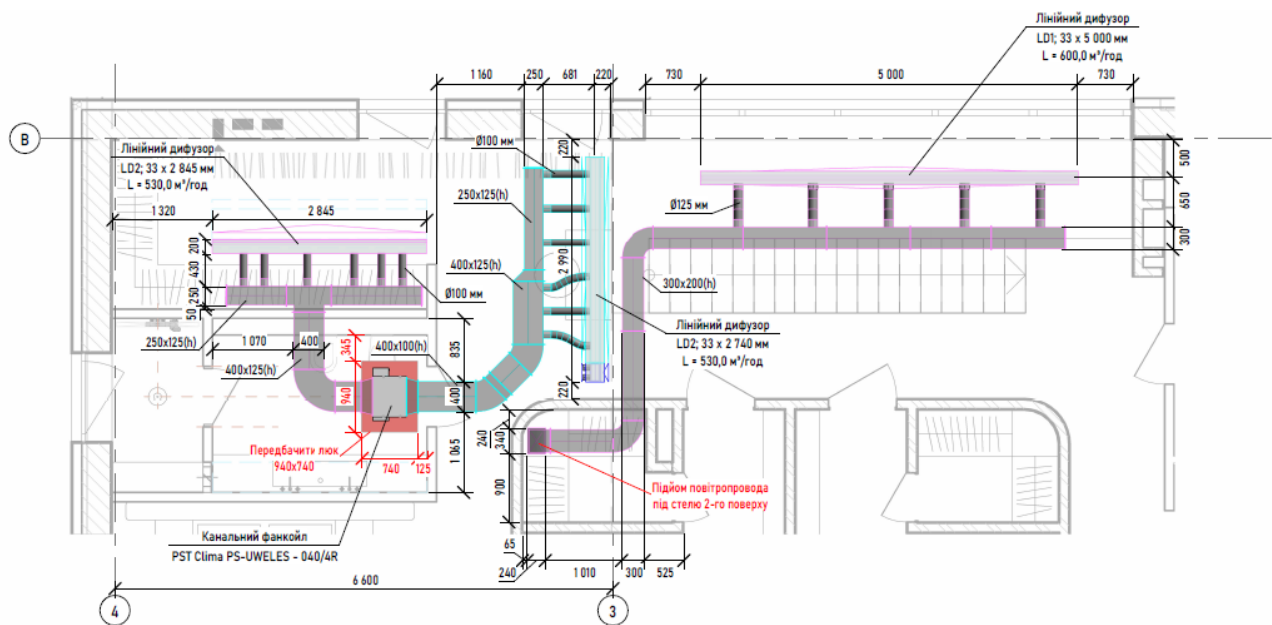


Рисунок 2.42 - Система охолодження фанкойлами. План 2-го поверху.

На рисунку 2.43 показано 3D вид системи кондиціонування.

На рисунку 2.44 показана система холодопостачання фанкойлів, план 1-го поверху

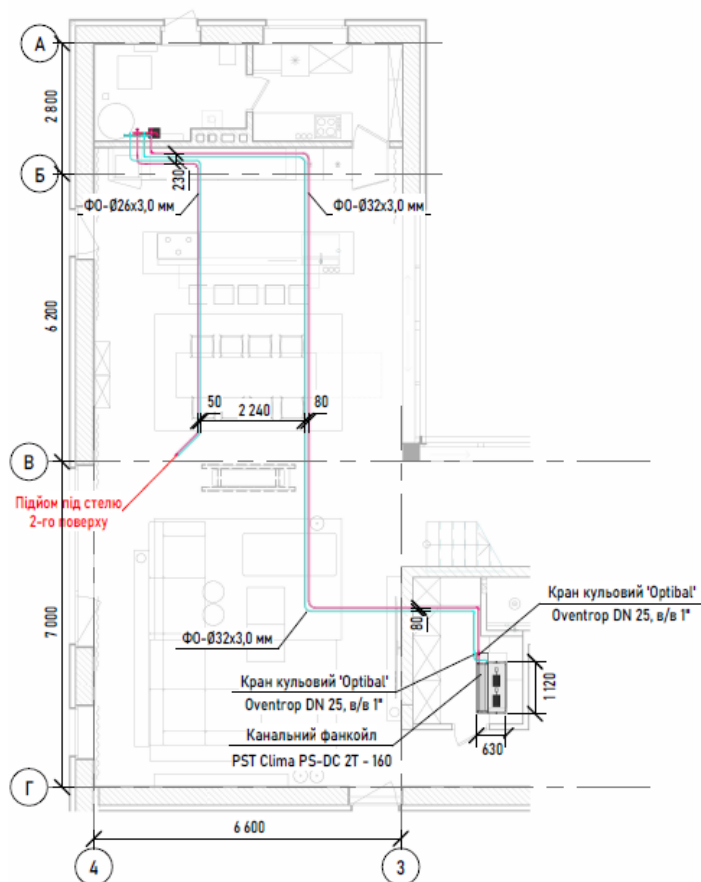


Рисунок 2.44 - система холодопостачання фанкойлів, план 1-го поверху

На рисунку 2.45 показана система холодопостачання фанкойлів, план 2-го поверху.

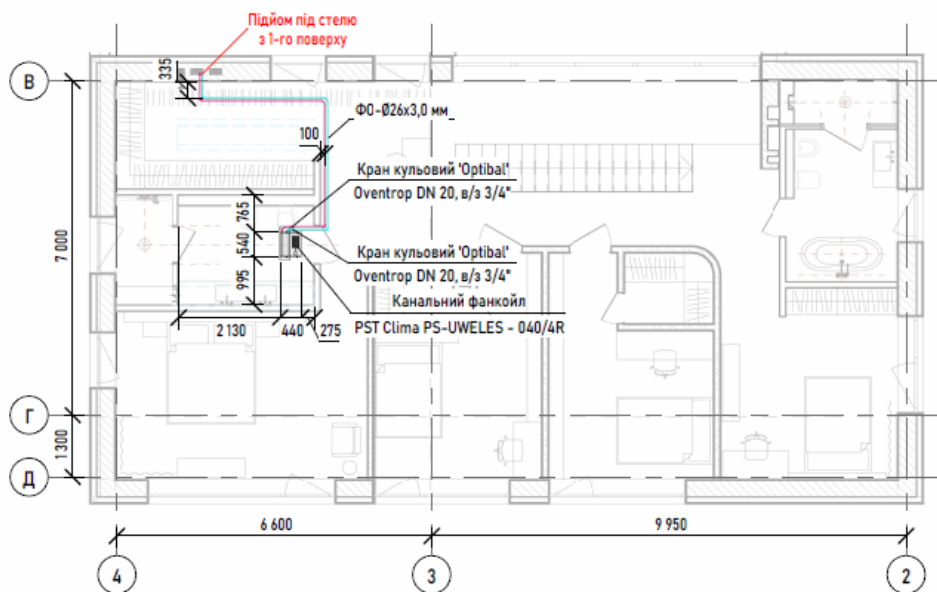


Рисунок 2.45 - Система холодопостачання фанкойлів. План 2-го поверху.

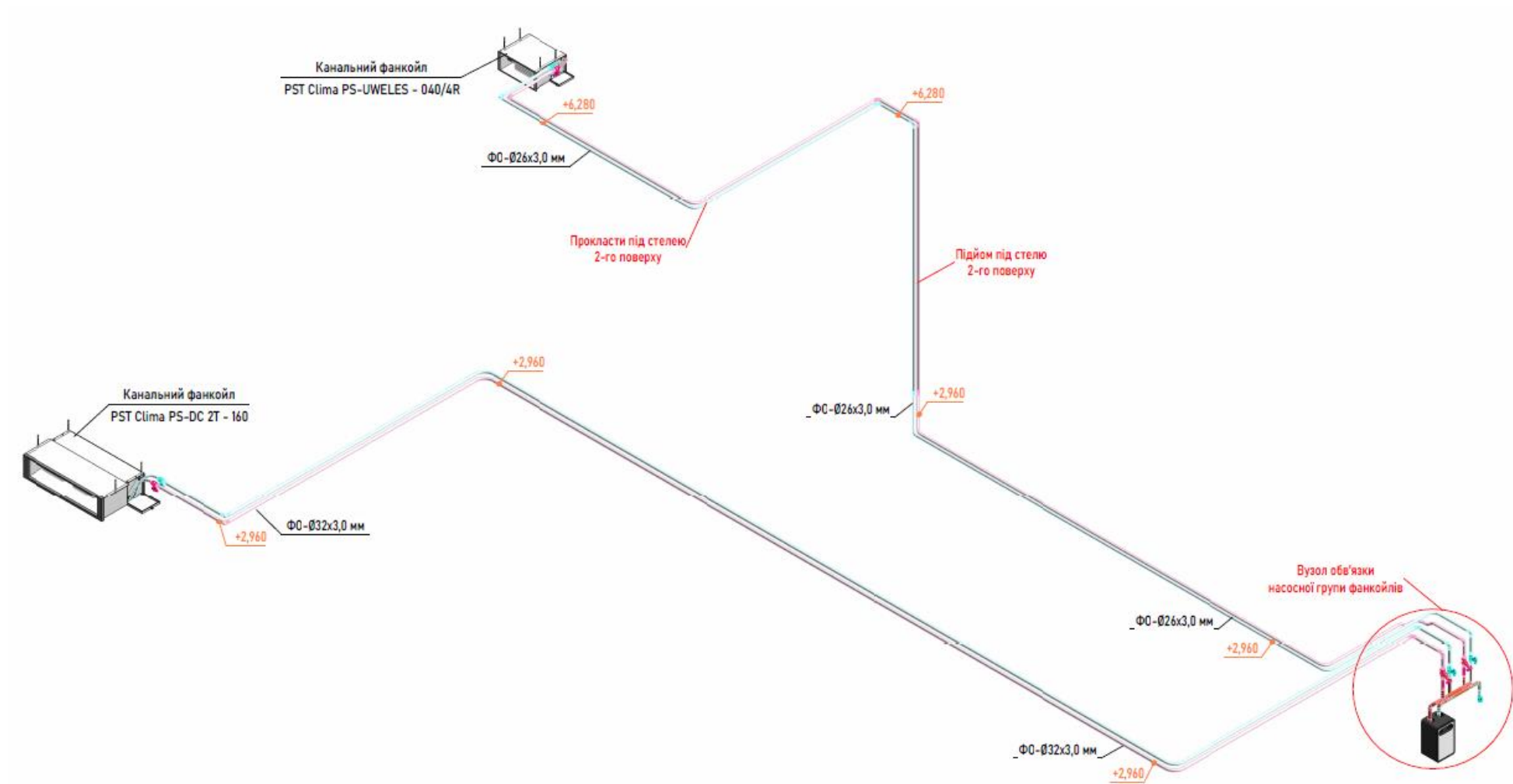


Рисунок 2.46 - 3D вид холодопостачання фанкойлів

На рисунку 2.47 показана система холодопостачання фанкойлів, план котельні.

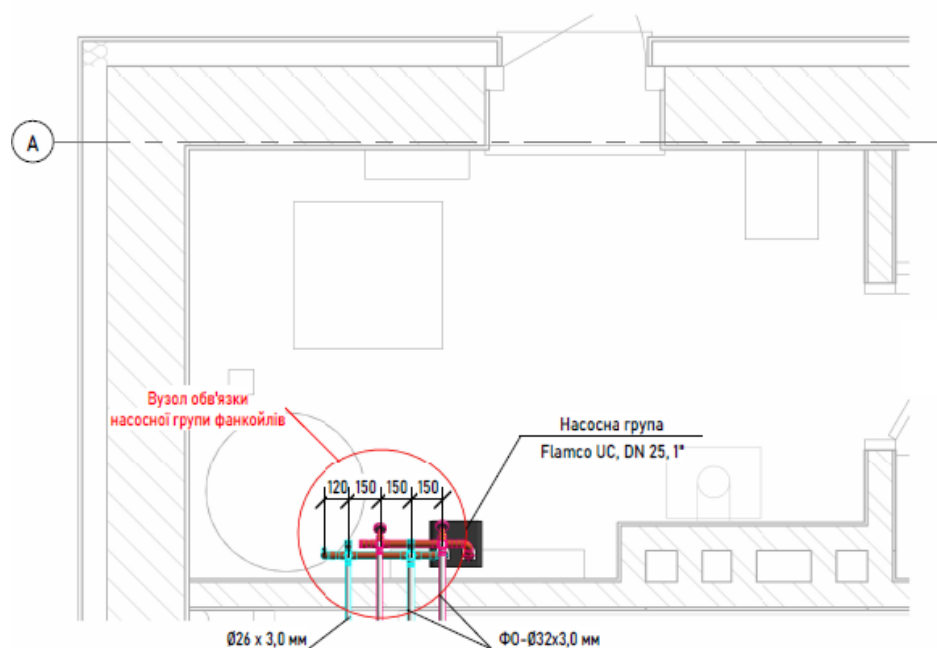


Рисунок 2.47 - Система холодопостачання фанкойлів. План котельні.

На рисунку 2.48 показано вузол обв'язки насосної групи фанкойлів.

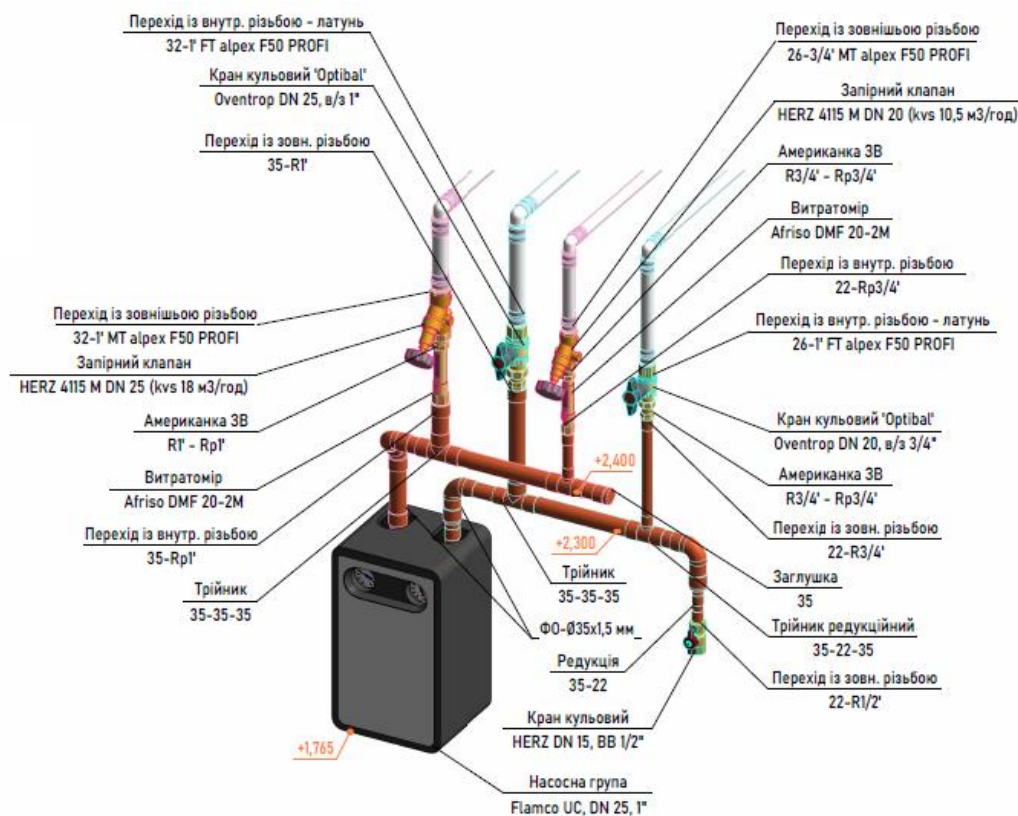


Рисунок 2.48 - Вузол обв'язки насосної групи фанкойлів.

2.12 Висновки до розділу

1. Обґрунтовано конструктивні та технологічні рішення системи водяного підлогового опалення, зокрема визначено послідовність монтажних робіт, вимоги до підготовки основи, укладання теплоізоляції, демпферної стрічки, трубопроводів, гідравлічних випробувань і улаштування стяжки. Показано, що застосування труб Frankische забезпечує високу надійність, довговічність і рівномірність тепловіддачі підлоги.

2. Розглянуто технологію монтажу систем стінового та стельового охолодження, які працюють за принципом променистого теплообміну. Встановлено, що такі системи забезпечують високий рівень теплового комфорту за мінімальних енерговитрат і є ефективними при використанні в поєднанні з тепловими насосами та системами вентиляції з осушенням повітря.

3. Проаналізовано вимоги до вибору та застосування штукатурних матеріалів для систем стінового опалення й охолодження, визначено області застосування гіпсових, вапняно-цементних та цементних штукатурок залежно від вологісного режиму приміщень, що дозволяє запобігти деградації конструкцій та утворенню конденсату.

4. Наведено технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische alrex, включно з правилами кріплення, допустимими відстанями між опорами, вимогами до звукоізоляції та компенсації лінійних деформацій. Дотримання цих рекомендацій забезпечує механічну стійкість трубопроводів і збереження експлуатаційних характеристик безшовних підлогових покриттів.

5. Розроблено схеми систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження для підвального, першого та другого поверхів будівлі. Виконано зонування приміщень відповідно до їх функціонального призначення, що дозволяє забезпечити індивідуальне регулювання температурних режимів.

6. Обґрунтовано застосування демпферної стрічки та деформаційних швів, які компенсують теплові деформації стяжок і запобігають виникненню тріщин та передачі структурного шуму на огорожувальні конструкції.

7. Розглянуто схеми підключення розподільчих колекторів, які забезпечують гідравлічне балансування, зональне регулювання та можливість інтеграції систем опалення й охолодження з автоматикою керування мікрокліматом будівлі.

8. Обґрунтовано розміщення кімнатних термостатів та датчиків температури, зокрема з використанням сучасних Wi-Fi-термостатів DEVIreg Smart, що дозволяє реалізувати ефективне зональне керування та зменшити енергоспоживання.

9. Розглянуто систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти, яка забезпечує нормативний повітрообмін, підтримання допустимих параметрів температури та вологості повітря, а також необхідні умови для безпечної роботи поверхневих систем охолодження.

10. Проаналізовано систему охолодження фанкойлами, визначено її місце у загальній структурі інженерних систем будівлі та показано доцільність застосування каналних фанкойлів для приміщень зі змінним тепловим навантаженням.

Встановлено, що комплексне поєднання підлогового опалення, стінового та стельового охолодження, вентиляції з рекуперацією і фанкойлових систем дозволяє забезпечити високий рівень теплового комфорту, енергоефективності та надійності експлуатації житлового будинку. Запропоновані технологічні рішення відповідають вимогам чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ EN) та можуть бути рекомендовані для практичного впровадження в сучасних енергоефективних будівлях.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Система водопостачання

Призначення та загальна характеристика. Система водопостачання призначена для забезпечення будівлі холодною та гарячою водою у необхідній кількості, з нормативними показниками тиску та якості, відповідно до вимог ДБН і санітарних норм. Вона забезпечує господарсько-побутові, санітарно-гігієнічні та, за потреби, технологічні потреби споживачів.

Джерело водопостачання. Залежно від умов проєктування, система водопостачання може використовувати: централізоване водопостачання (міська або селищна мережа); автономне водопостачання (свердловина або колодязь).

Для автономних систем обов'язково передбачаються: насосне обладнання; система фільтрації та знезалізнення; гідроаккумулятор для стабілізації тиску.

Склад системи водопостачання. Система водопостачання будівлі включає: ввід водопроводу; вузол обліку води (лічильник); запірну та регулюючу арматуру; магістральні та розподільчі трубопроводи; сантехнічні прилади (умивальники, унітази, душі тощо); систему гарячого водопостачання (бойлер або теплогенератор); запобіжні та зворотні клапани.

Система холодного водопостачання (ХВП). Холодне водопостачання забезпечує подачу води безпосередньо до споживачів та до системи гарячого водопостачання.

Основні вимоги: робочий тиск у мережі: 0,2–0,6 МПа; температура води: не вище +25 °С; матеріал труб: поліпропілен (PP-R), зшитий поліетилен (PEX), металопластик.

Система гарячого водопостачання (ГВП). Гаряче водопостачання може бути: централізованим; децентралізованим (індивідуальний бойлер, тепловий насос, газовий або електричний котел).

Температура гарячої води підтримується в межах $+55...+60$ °С, що забезпечує санітарну безпеку та зменшує ризик утворення легіонели.

Схеми розводки трубопроводів. Застосовуються такі схеми: тупикова (послідовна) — проста та економічна; колекторна (променева) — забезпечує рівномірний тиск і зручність експлуатації; комбінована — поєднання двох попередніх.

Для енергоефективних будівель рекомендується колекторна схема.

Заходи енергоефективності та надійності. Для підвищення ефективності роботи системи передбачаються: теплоізоляція труб ГВП; використання водозберігаючої сантехніки; встановлення редукторів тиску; зонування системи; застосування автоматизованих насосних станцій; рециркуляція гарячої води (для великих будівель).

Вимоги до монтажу: прокладання труб з урахуванням температурних деформацій; дотримання ухилів і компенсаційних петель; доступність арматури для обслуговування; гідравлічні випробування системи перед введенням в експлуатацію.

Правильно спроектована та змонтована система водопостачання забезпечує комфортні умови проживання, безпечну експлуатацію та зменшення експлуатаційних витрат. Застосування сучасних матеріалів і енергоефективних рішень дозволяє підвищити надійність системи та знизити споживання води й енергії.

На рисунку 3.1 показано систему водопостачання, план 1-го поверху.

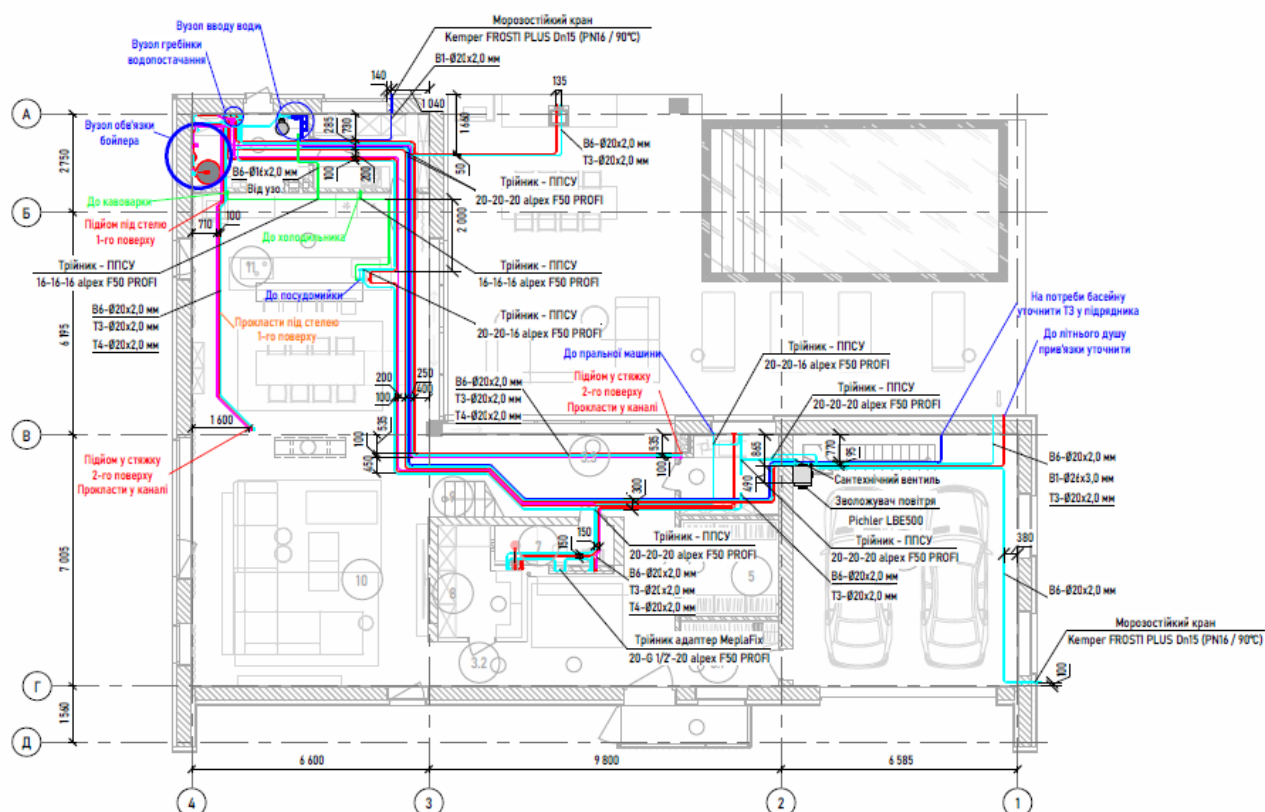


Рисунок 3.1 - Система водопостачання. План 1-го поверху

На рисунку 3.2 показано вузол гребінки водопостачання.

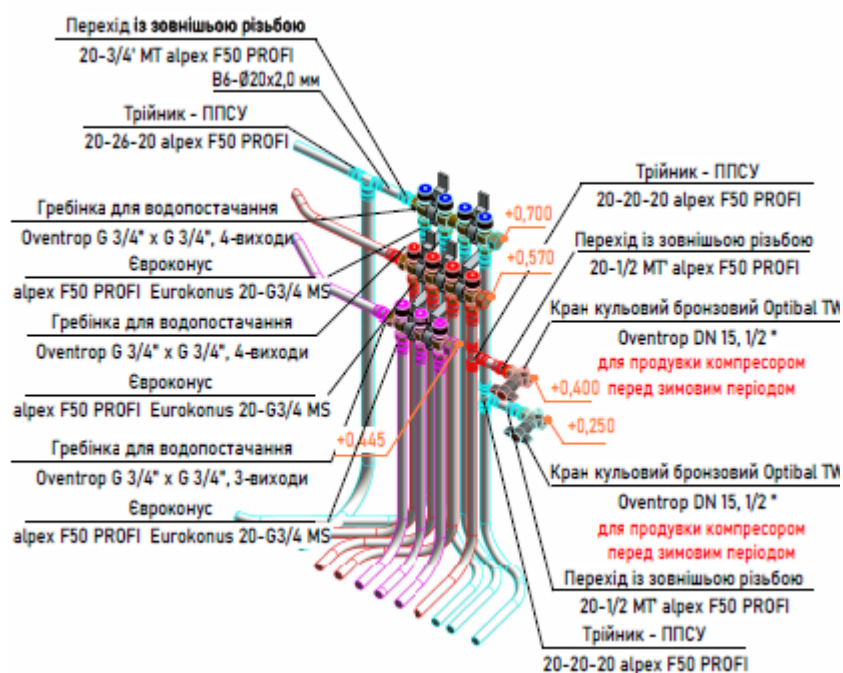


Рисунок 3.2 - Вузол гребінки водопостачання.

На рисунку 3.3 показано систему водопостачання, план 2-го поверху.

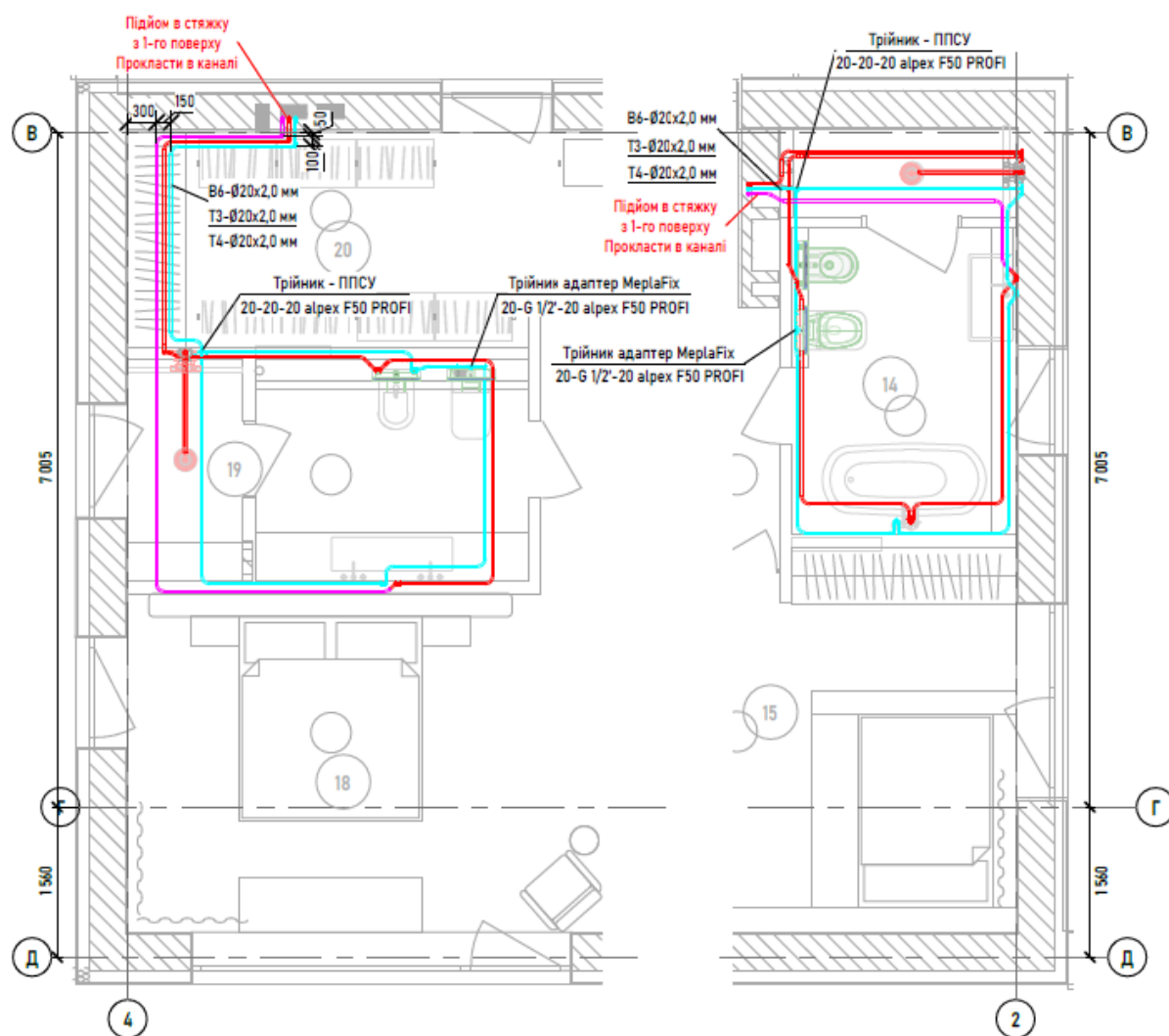


Рисунок 3.3 - Система водопостачання. План 2-го поверху

На рисунку 3.4 показано вузол підключення умивальника.

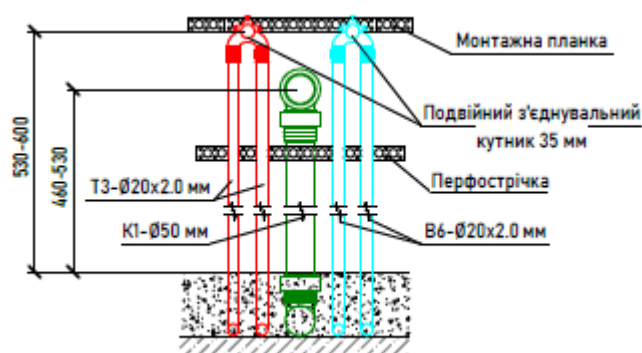


Рисунок 3.4 - Вузол підключення умивальника.

На рисунку 3.5 показано вузол вводу води.

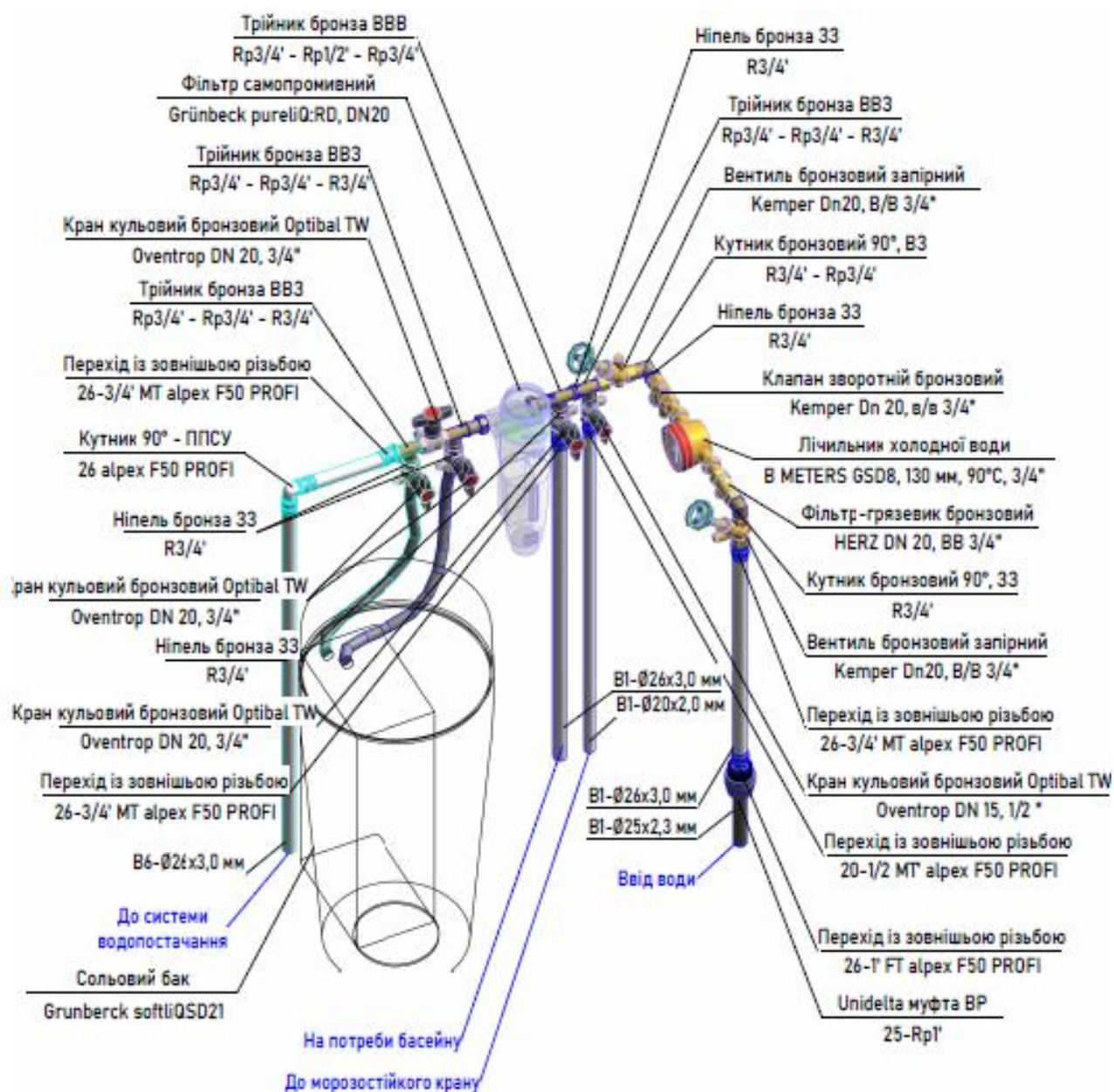


Рисунок 3.5 - Вузол вводу води.

На рисунку 3.6 показано загальний вигляд бойлеру непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP



Рисунок 3.6 - Загальний вигляд бойлеру непрямого нагріву Drazice OKC

Drazice OKC 300 NTR/HP — це бойлер (водонагрівач) непрямого нагріву великого об'єму ($\approx 295\text{--}300$ л), призначений для підключення до зовнішнього джерела тепла, наприклад теплового насоса, котла або іншого низькотемпературного джерела.

Основні характеристики:

- Тип: бойлер / водонагрівач непрямого нагріву (без власного електричного ТЕН у стандартній комплектації).
- Об'єм бака: $\sim 295\text{--}300$ л.
- Монтаж: підлоговий, вертикальний.
- Внутрішній бак: сталь з емалевим покриттям і магнієвим анодом для захисту від корозії.

- Теплообмінник: великий спіральний теплообмінник ($\sim 3.2 \text{ м}^2$) для ефективної передачі тепла від зовнішнього джерела.
- Теплоізоляція: поліуретанова піна без фреонів для мінімальних теплових втрат.
- Підключення: бічні патрубки для входу/виходу теплоносія й води.
- Працездатний тиск: до 10 бар у баку й теплообміннику.
- Максимальна температура: гаряча вода $\sim 90 \text{ }^\circ\text{C}$, теплоносії у контурі нагріву до $\sim 110 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Габарити: приблизно $1558 \times 670 \times 670 \text{ мм}$ (висота $\times$ діаметр).
- Вага: близько 133–138 кг без води.

Призначення. Такий бойлер використовується для нагромадження та роздачі гарячої води (ГВП), яка нагрівається не безпосередньо електричними ТЕНами, а через теплообмін з теплоносієм від джерела тепла (тепловий насос, котел, група ТЕНів у окремому модулі тощо). Це робить його ефективним у системах з тепловими насосами або котлами опалення.

Додаткові можливості:

- Можлива установка додаткового електричного нагрівача (ТЕН) у спеціальний фланцевий отвір для резервного або допоміжного нагріву (опція).
- Підходить для різних джерел тепла, включно з низькотемпературними системами теплового насоса. 300 NTR/HP

На рисунку 3.7 показано систему водопостачання, план котельні 1-го поверху.

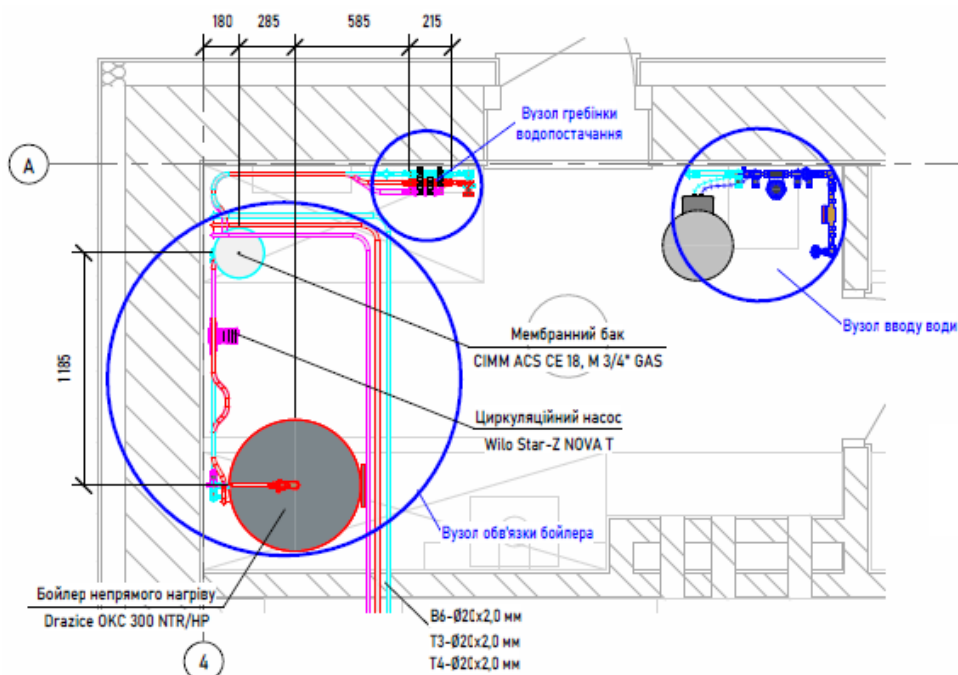


Рисунок 3.7 - Система водопостачання. План котельні 1-го поверху

На рисунку 3.8 показано вузол обв'язки бойлера.

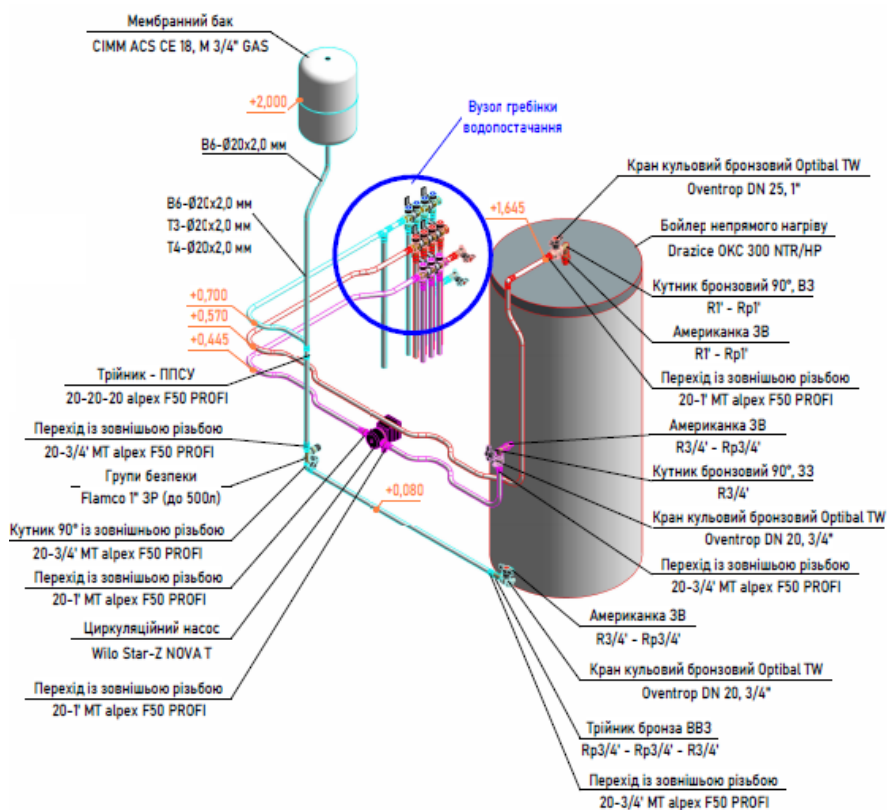


Рисунок 3.8 - Вузол обв'язки бойлера.

На рисунку 3.9 показано 3D вид системи водопостачання.

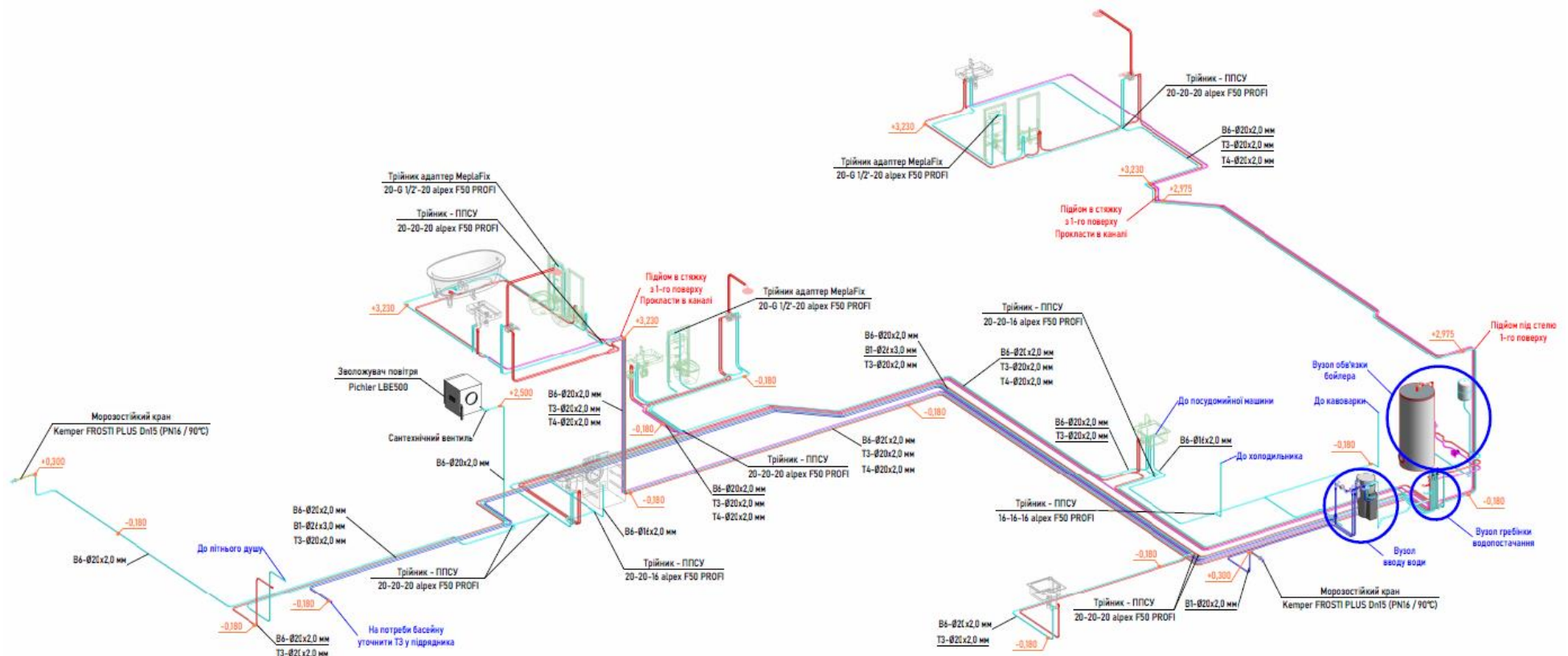


Рисунок 3.9 - 3D вид системи водопостачання.

3.2 Система каналізації

Призначення та загальна характеристика. Система каналізації призначена для відведення та очищення побутових і, за необхідності, виробничих стічних вод від сантехнічних приладів будівлі з подальшим транспортуванням їх до зовнішніх мереж або локальних очисних споруд. Надійна робота каналізаційної системи є важливою умовою санітарно-гігієнічної безпеки та комфортної експлуатації будівлі.

Види каналізації. У складі інженерних систем будівлі передбачаються такі види каналізації: внутрішня каналізація — збір і транспортування стічних вод усередині будівлі; зовнішня каналізація — відведення стоків за межі будівлі; побутова каналізація — для господарсько-побутових стоків; ливнева (дощова) каналізація — для відведення атмосферних опадів.

Склад системи каналізації. Система каналізації включає: сантехнічні прилади (унітази, умивальники, душові кабінки, мийки); внутрішні каналізаційні трубопроводи; стояки та горизонтальні відгалуження; випуски з будівлі; ревізії та прочищення; фанова вентиляція; зовнішні каналізаційні мережі; очисні споруди або підключення до централізованої мережі.

Внутрішня каналізація. Внутрішня каналізація виконується самотісною. Основні вимоги:

- мінімальний ухил трубопроводів: Ø50 мм — 0,03; Ø100–110 мм — 0,02;
- матеріали труб: ПВХ, поліпропілен (PP), поліетилен (HDPE);
- герметичність з'єднань і стійкість до корозії.

Для забезпечення безперешкодного руху стоків і зменшення шуму застосовуються шумопоглинальні каналізаційні труби.

Вентиляція каналізаційної мережі. Для стабілізації тиску в системі передбачається: фановий стояк, виведений вище покрівлі; або вакуумні (повітряні) клапани — як допоміжне рішення.

Вентиляція запобігає зриву гідрозатворів і проникненню запахів у приміщення.

Зовнішня каналізація. Зовнішня каналізація призначена для відведення стічних вод від будівлі: до централізованої каналізаційної мережі; або до локальних очисних споруд (септик, біостанція).

Основні вимоги: прокладання труб нижче рівня промерзання ґрунту; мінімальний ухил труб — 0,008–0,01; облаштування оглядових колодязів.

Ливнева каналізація. Ливнева каналізація забезпечує відведення дощових і талих вод з покрівель та вимощення будівлі.

Система включає: водостічні воронки; труби та жолоби; пісковловлювачі; колодязі або дренажні поля.

Відведення ливневих стоків не допускається в систему побутової каналізації без попереднього очищення.

Заходи енергоефективності та експлуатаційної надійності. Для підвищення ефективності роботи системи передбачаються: застосування водозберігаючої сантехніки; мінімізація довжини трубопроводів; оптимізація діаметрів труб; шумоізоляція стояків; доступність ревізій для обслуговування.

Вимоги до монтажу: дотримання проєктних ухилів; жорстке кріплення стояків і компенсація температурних деформацій; гідравлічні випробування системи; герметизація проходів через перекриття та стіни.

Раціонально спроектована система каналізації забезпечує надійне та безпечне відведення стічних вод, відповідає санітарним нормам і сприяє довговічності будівлі. Використання сучасних матеріалів і технічних рішень дозволяє знизити експлуатаційні витрати та підвищити комфорт користування.

На рисунку 3.10 показано систему каналізації, план 1-го поверху.

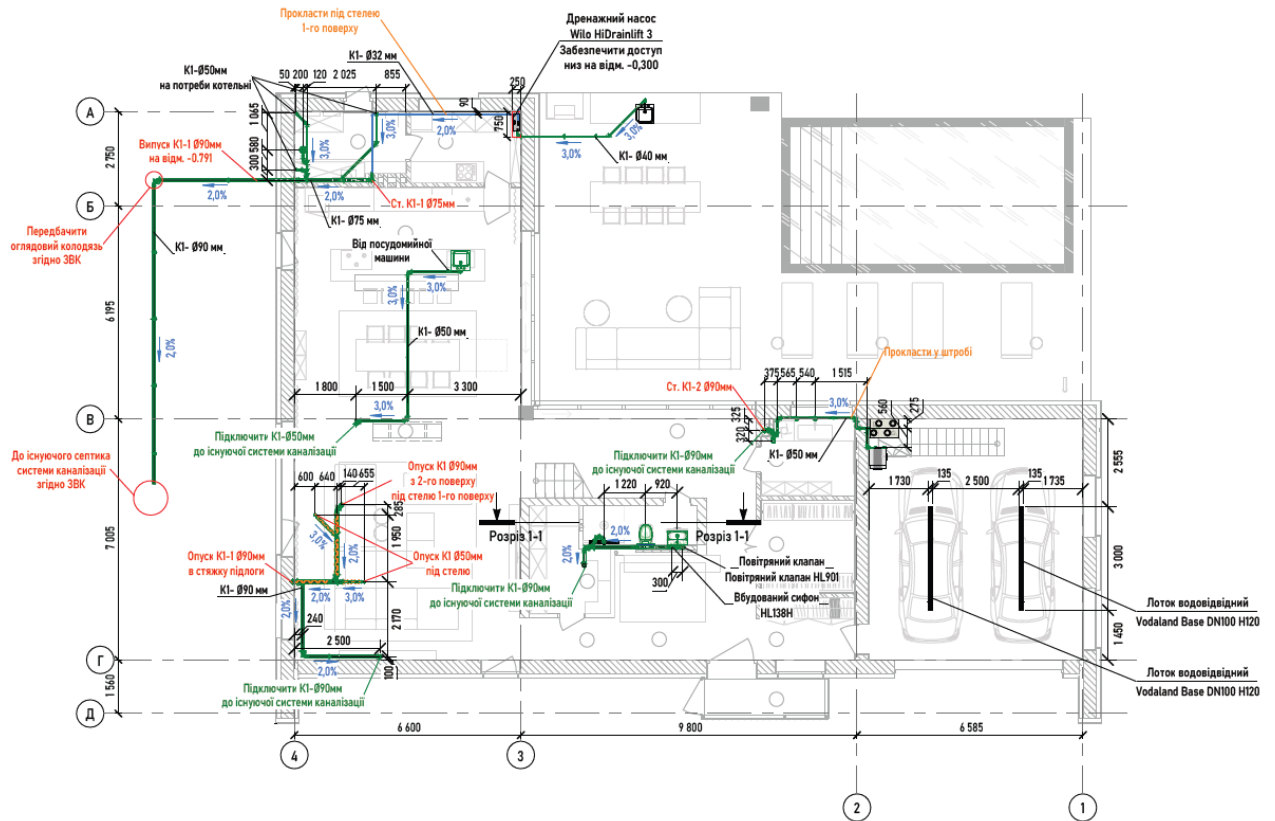


Рисунок 3.10 - Система каналізації. План 1-го поверху

На рисунку 3.11 показано вузол системи каналізації під стелею 1-го поверху.

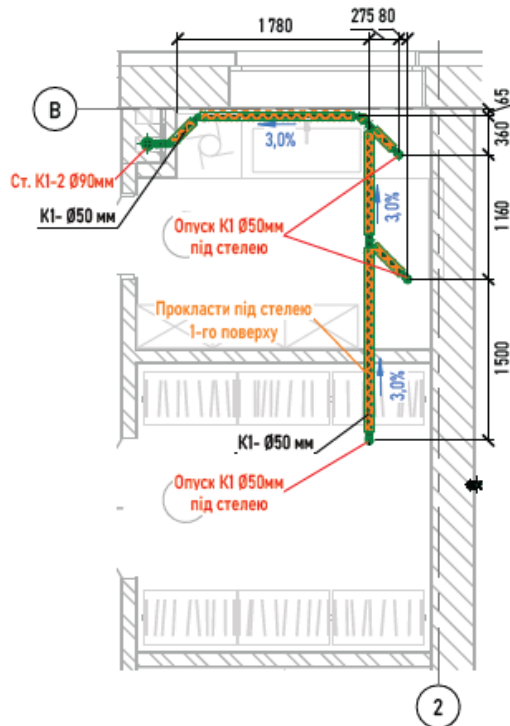


Рисунок 3.11 - Вузол системи каналізації під стелею 1-го поверху

На рисунку 3.12 показано систему каналізації, план 2-го поверху.

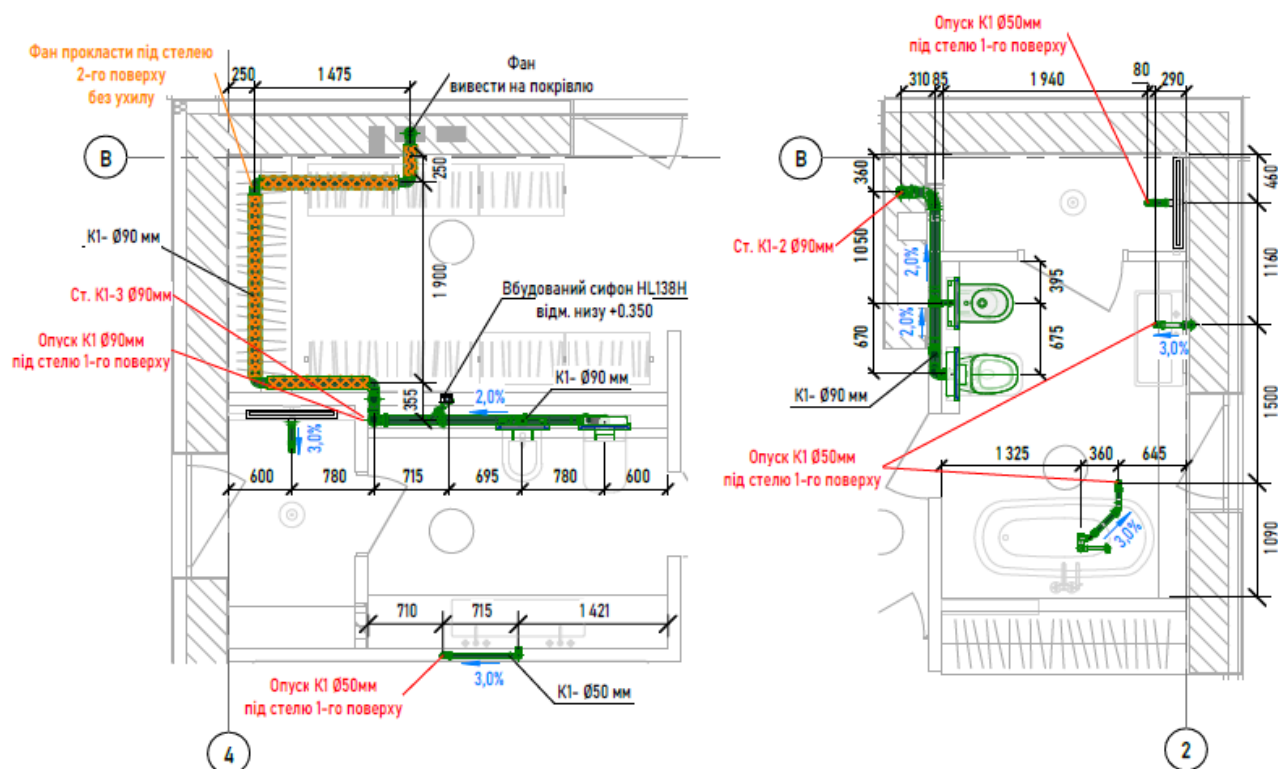


Рисунок 3.12 - Система каналізації. План 2-го поверху.

На рисунку 3.13 показано вузол прокладання каналізації під стелею.

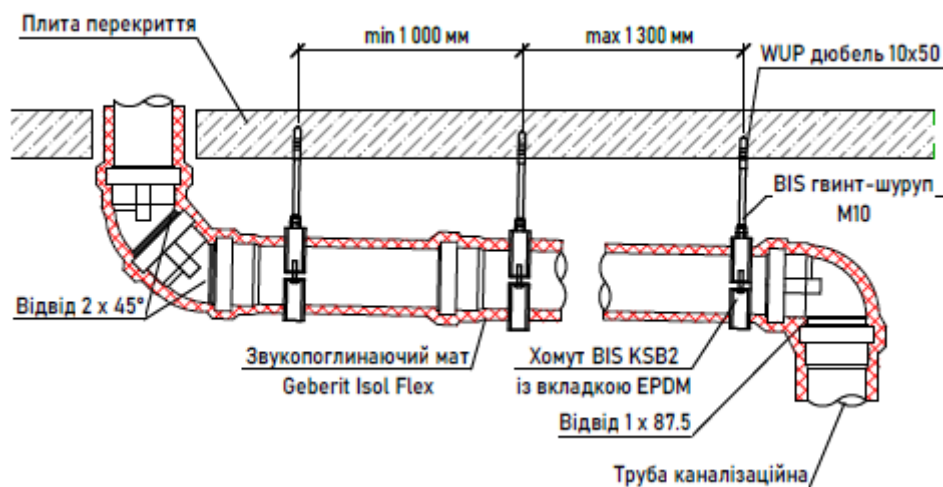


Рисунок 3.13 - Вузол прокладання каналізації під стелею

На рисунку 3.14, рисунку 3.15 та рисунку 3.16 показано 3D вид системи каналізації.

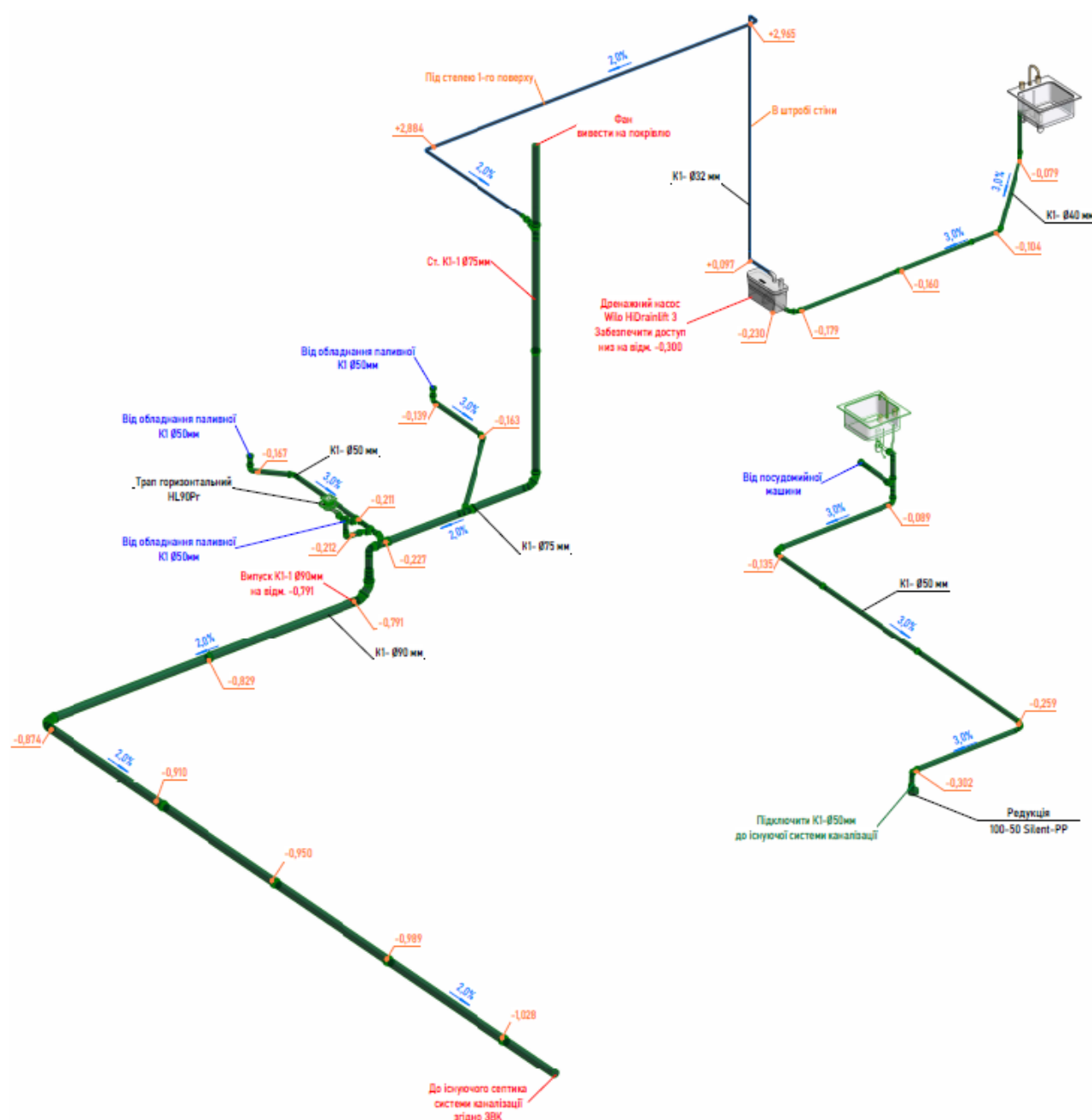


Рисунок 3.14 – 3D вид системи каналізації. Ч1

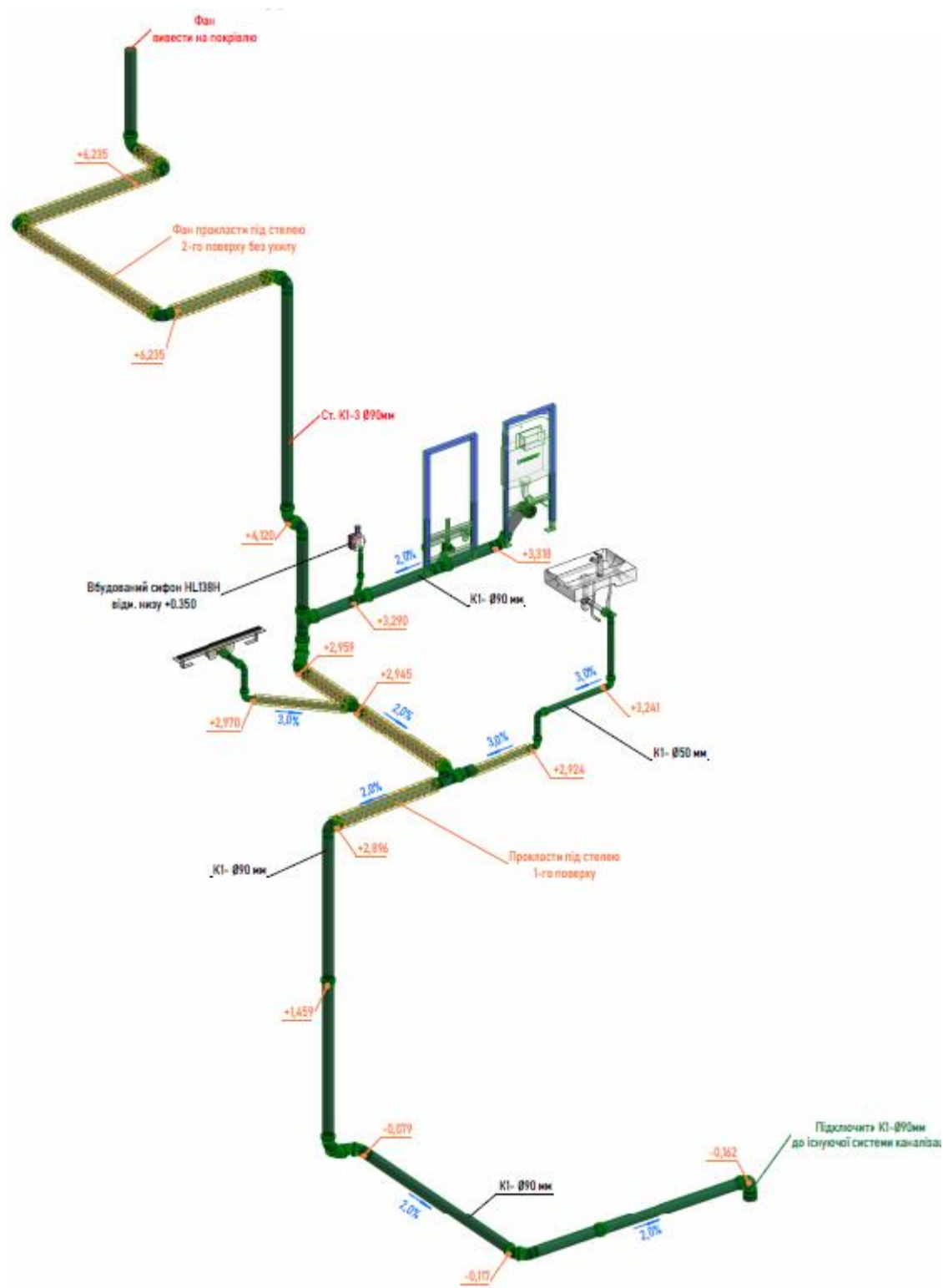


Рисунок 3.15 - 3D вид системи каналізації. Ч2

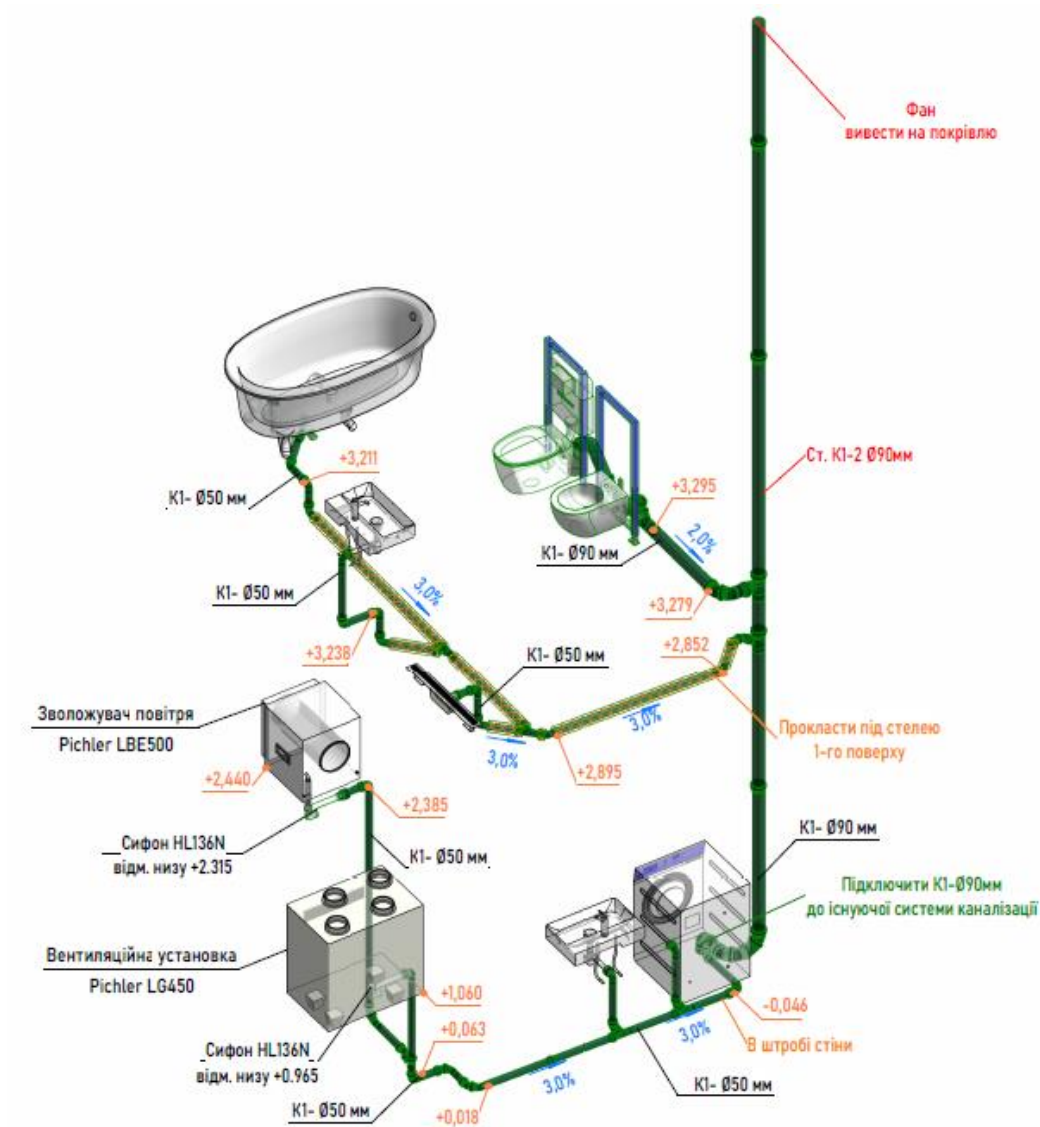


Рисунок 3.16 - 3D вид системи каналізації. ЧЗ

На рисунку 3.17 показано 3D вид системи каналізації сан. вузла 1-го поверху.

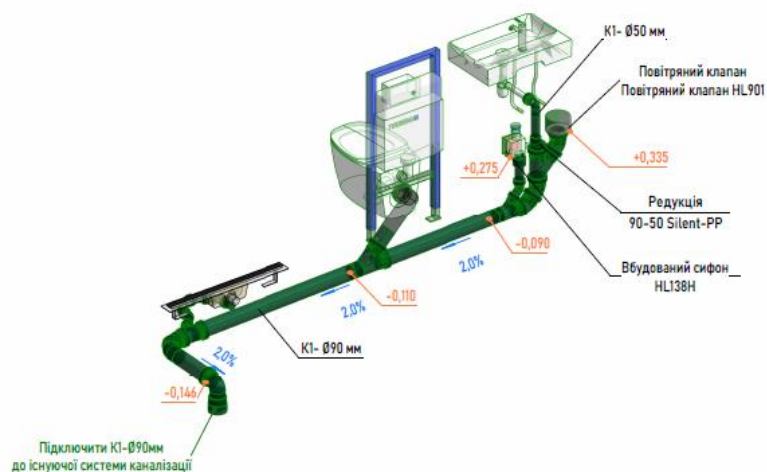


Рисунок 3.17 - 3D вид системи каналізації сан. вузла 1-го поверху

На рисунку 3.18 показано систему дощової каналізації, план 1-го поверху.

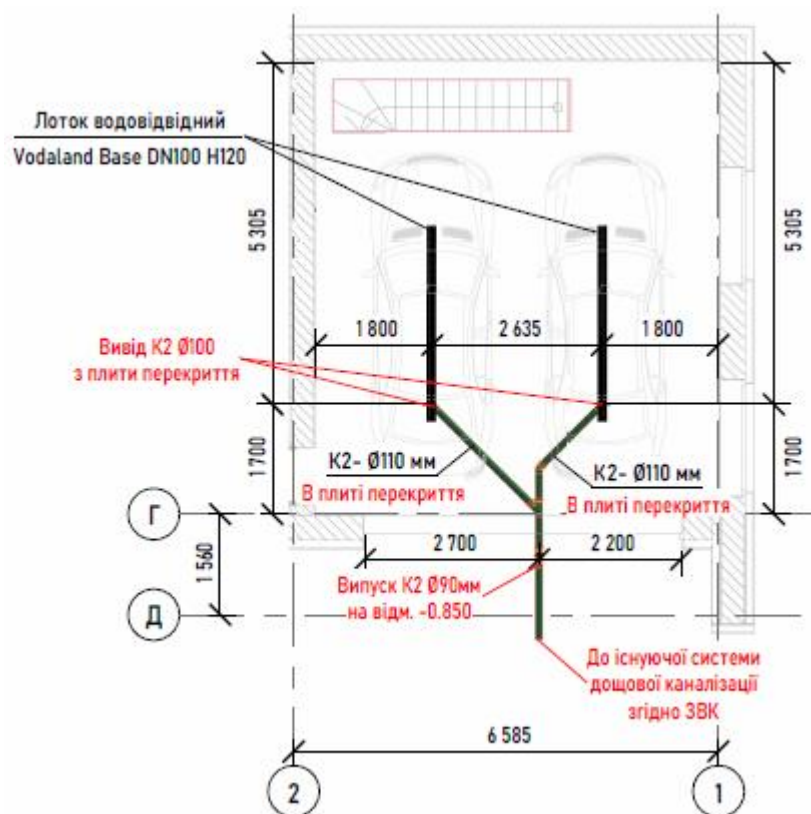


Рисунок 3.18 - Система дощової каналізації. План 1-го поверху.

На рисунку 3.19 показано 3D дощової системи каналізації.

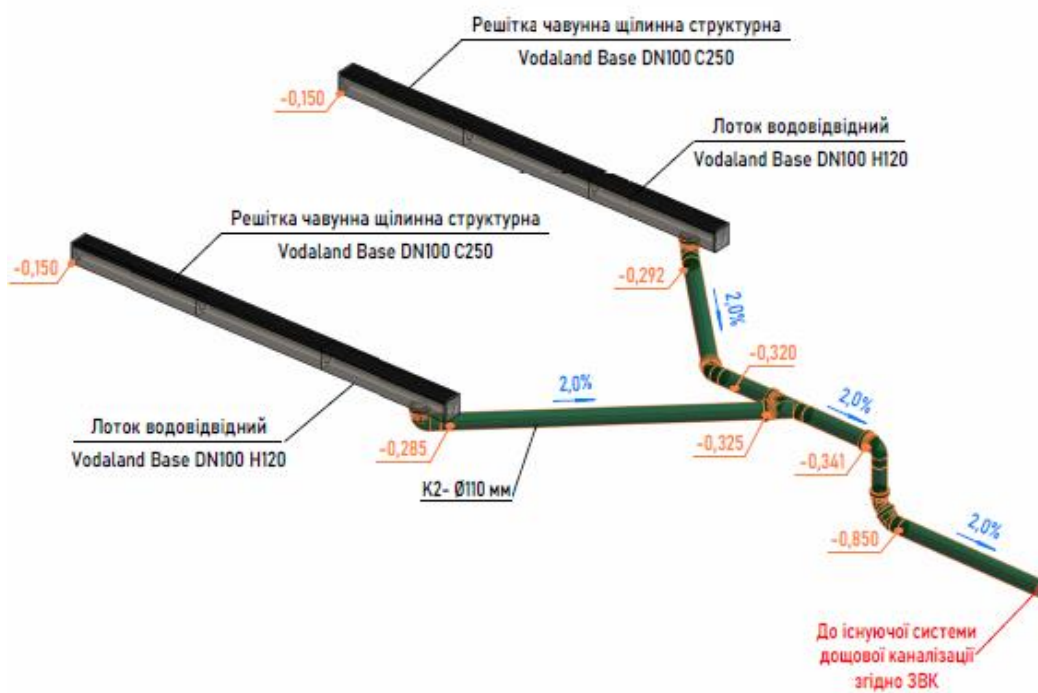


Рисунок 3.19 - 3D дощової системи каналізації.

3.3 Система теплопостачання

Призначення та загальна характеристика. Система теплопостачання приватного будинку призначена для забезпечення комфортного мікроклімату в житлових і допоміжних приміщеннях шляхом підтримання нормативної температури внутрішнього повітря в опалювальний період. Система повинна забезпечувати надійну, економічну та безпечну експлуатацію з урахуванням енергоефективності будівлі.

Джерела теплопостачання. Для приватних будинків застосовуються такі джерела тепла: газовий котел (конденсаційний); електричний котел; твердопаливний котел (пелетний, піролізний); тепловий насос (повітря–вода, ґрунт–вода); гібридні системи (поєднання декількох джерел).

Найбільш енергоефективним рішенням для сучасних будинків є використання теплових насосів у поєднанні з низькотемпературними системами опалення.

Склад системи теплопостачання. Система теплопостачання включає: джерело теплової енергії; теплогенератор або тепловий насос; систему розподілу тепла; опалювальні прилади; трубопроводи; циркуляційні насоси; колекторні вузли; запірно-регулюючу арматуру; систему автоматики та керування.

Системи розподілу тепла. У приватних будинках застосовуються такі системи опалення:

- Радіаторне опалення: температура теплоносія: 70/55 °С або 55/45 °С; швидкий прогрів приміщень; можливість зонального регулювання.
- Підлогове водяне опалення: температура теплоносія: 30–40 °С; рівномірний розподіл тепла; високий рівень комфорту; сумісність із тепловими насосами.
- Комбінована система.

Поєднання радіаторів і теплої підлоги дозволяє оптимізувати тепловий режим у різних зонах будинку.

Теплоносії та гідравлічний режим. Як теплоносії використовується: вода; водно-гліколеві суміші (для захисту від замерзання).

Система може бути: закритого типу з мембранним розширювальним баком; з примусовою циркуляцією теплоносія.

Автоматизація та регулювання. Для підвищення енергоефективності застосовується: погодозалежне регулювання; кімнатні термостати; зональне керування; сервоприводи на колекторах; дистанційне керування (Smart Home).

Теплоізоляція та енергоефективність. Заходи з підвищення ефективності системи: теплоізоляція трубопроводів; застосування низькотемпературних режимів; балансування системи; використання насосів з частотним регулюванням; інтеграція з системами вентиляції з рекуперацією.

Вимоги до монтажу: дотримання гідравлічних розрахунків; правильне розміщення колекторів; забезпечення доступу до елементів обслуговування; опресування системи перед введенням в експлуатацію; дотримання норм пожежної безпеки.

Сучасна система тепlopостачання приватного будинку повинна бути енергоефективною, автоматизованою та адаптованою до потреб мешканців. Використання низькотемпературних систем у поєднанні з тепловими насосами або конденсаційними котлами дозволяє суттєво зменшити витрати на опалення та підвищити рівень комфорту.

На рисунку 3.20 показано тепловий насос Hajster NEBO split [13].



Рисунок 3.20 - Тепловий насос Hajster NEBO split

Основні характеристики Hajster NEBO split 12 кВт

- Тип: повітря-вода, спліт-система
- Потужність тепла: ~12 кВт при А-7 / W35 (повітря – 7 °С, вода – 35 °С) — розрахункова потужність саме для опалення будинку ~120–150 м² (орієнтовно, залежить від тепловтрат)
- Споживана електрична потужність: ~3.6 кВт при А-7 / W35
- COP (коефіцієнт ефективності): ~3.33 при А-7 / W35 — більше ефективності означає менше електрики на одиницю тепла
- Діапазон роботи зовнішнього блоку: від -25 °С до +50 °С
- Максимальна температура подачі теплоносія: до ~60–62 °С (може тримати гаряче теплоносії до ~50-60 °С)
- Холодоагент: R32 (безпечний для озонового шару, сучасний фреон)
- Особливості: спліт-конструкція (зовнішній та внутрішній блоки, з'єднані фреоновими трубами) — гнучке розміщення й кращі показники в холодному кліматі; сенсорний контролер з віддаленим Wi-Fi доступом; тихий

режим роботи та низький рівень шуму; інтегрований електронагрівач для підтримки температури при екстремально низьких зовнішніх температурах.

Енергоефективність: $COP \approx 3.3$ означає, що на 1 кВт спожитої електроенергії система дає ≈ 3.3 кВт тепла.

Зимова експлуатація: здатність працювати до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ робить його придатним для клімату України.

Функції: опалення, охолодження (в літній період) та підігрів гарячої води з повним контролем через додаток.

На рисунку 3.21 показано принципову схему теплопостачання.

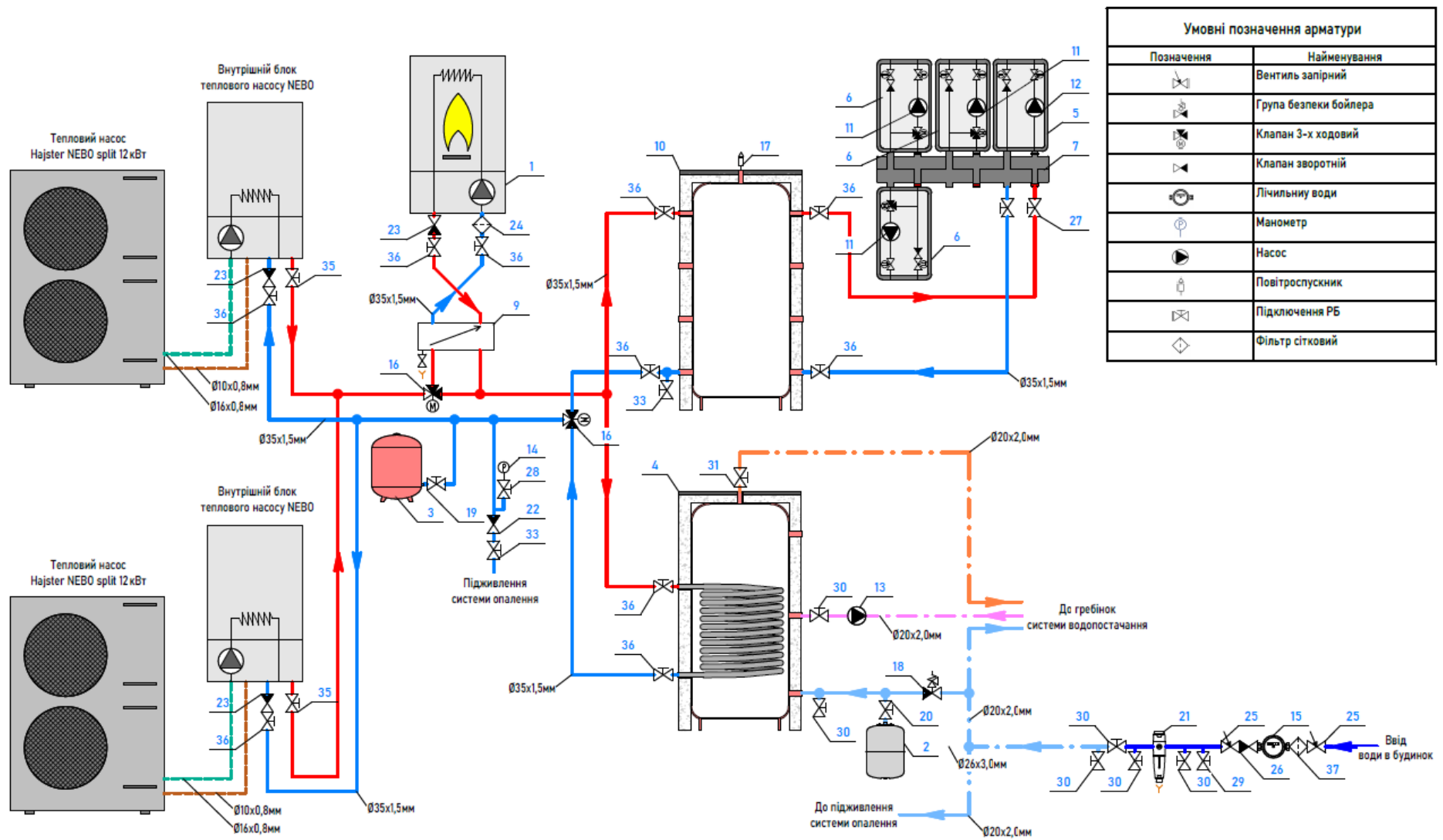


Рисунок 3.21 - Принципова схема теплопостачання

На рисунку 3.22 показано план котельні 1-го поверху. Ч1.

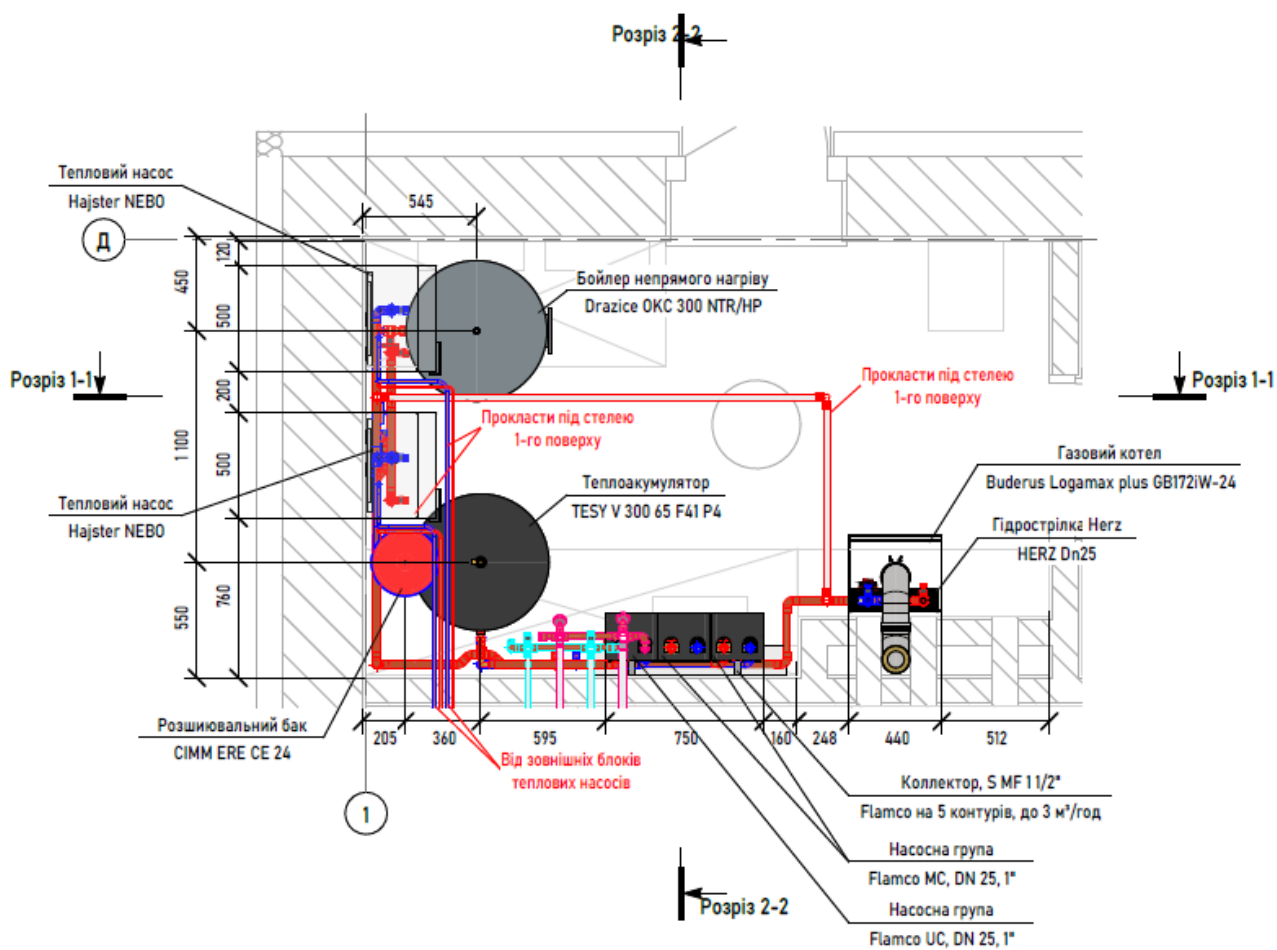


Рисунок 3.22 - План котельні 1-го поверху. Ч1

На рисунку 3.23 та рисунку 3.24 показано план котельні 1-го поверху, ч1 та ч2.

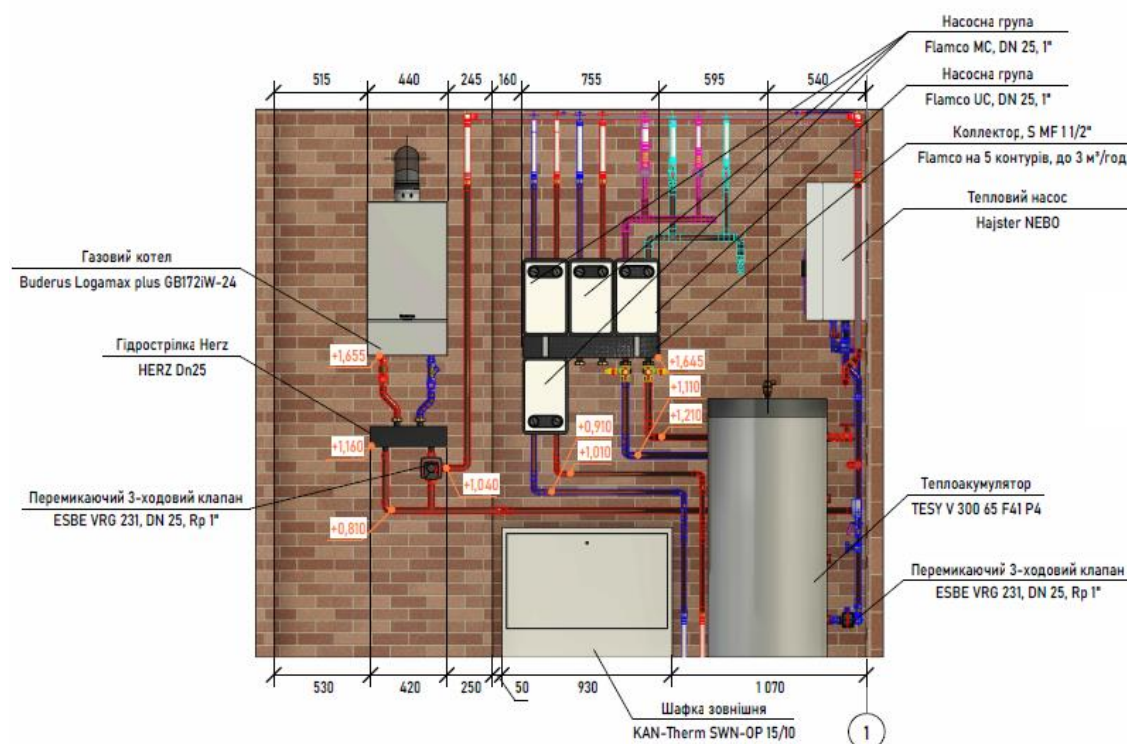


Рисунок 3.23 - План котельні 1-го поверху. Ч2

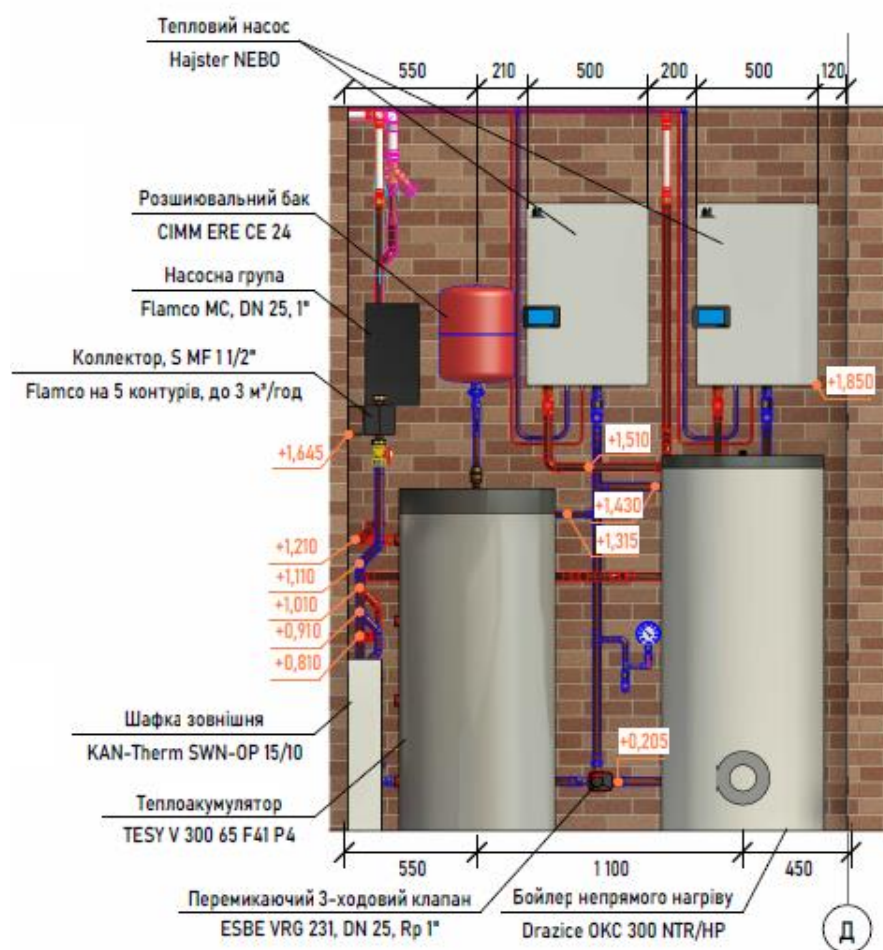


Рисунок 3.24 - План котельні 1-го поверху. Ч3

На рисунку 3.27 показано 3D вид обв'язки бойлера і буфера.

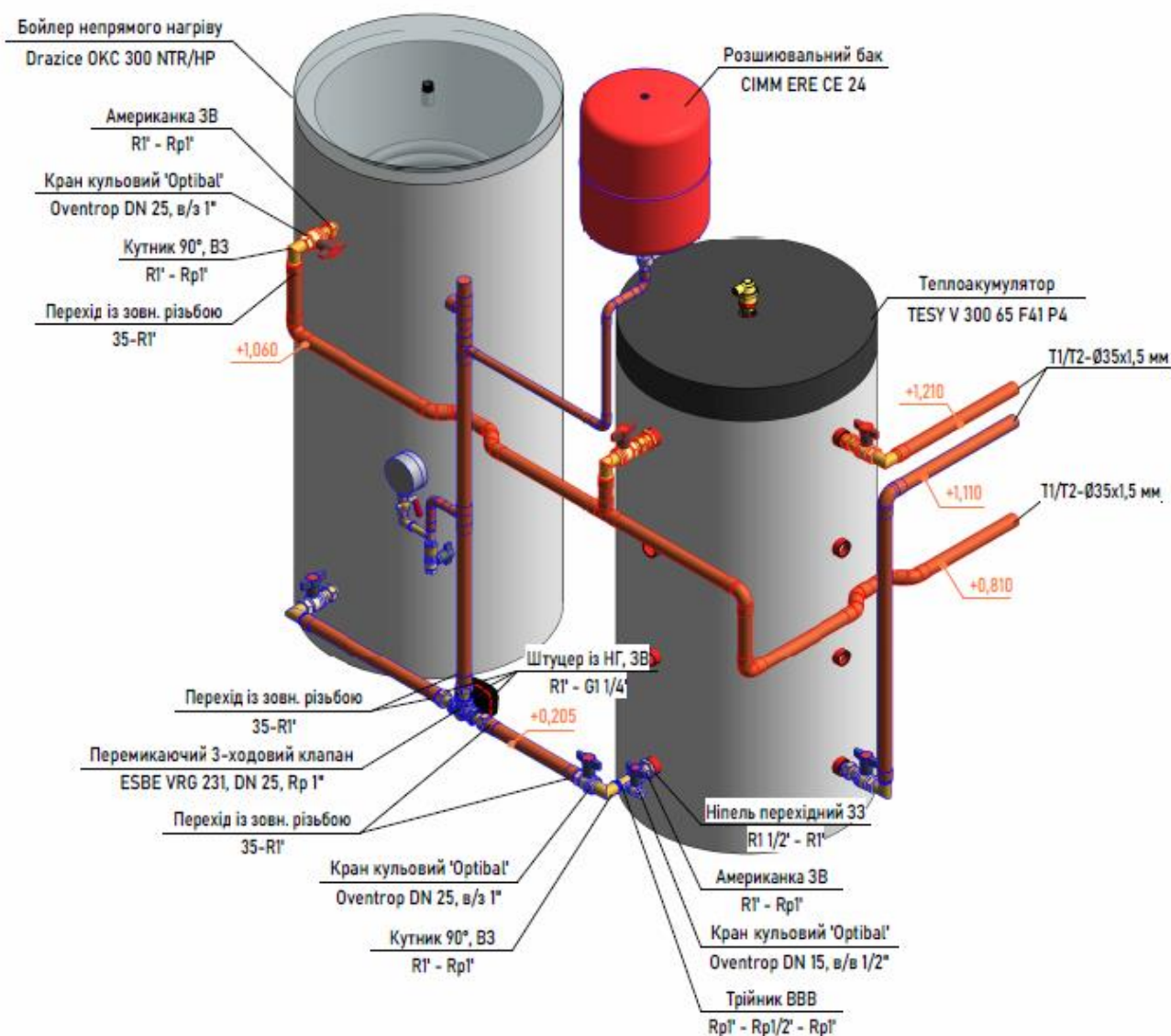


Рисунок 3.27 - 3D вид обв'язки бойлера і буфера

На рисунку 3.28 показано вузол обв'язки внутрішніх блоків теплового насосу.

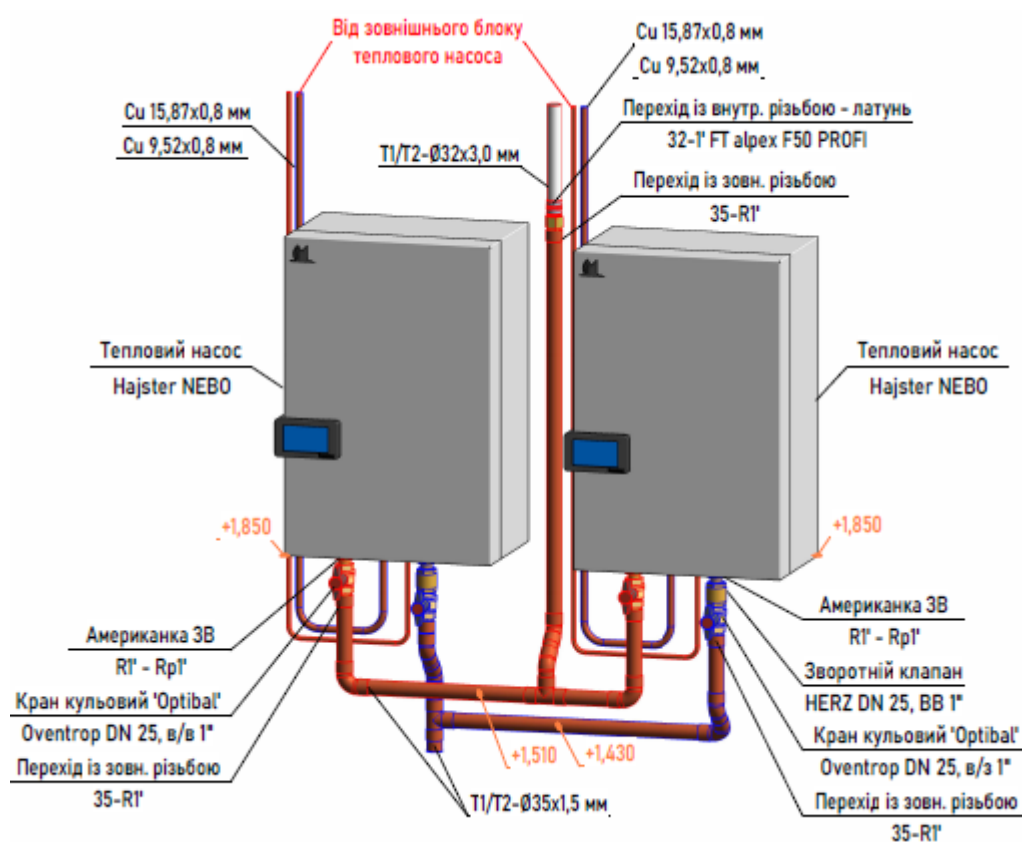


Рисунок 3.28 - Вузол обв'язки внутрішніх блоків теплового насосу

На рисунку 3.29 показано вузол підживлення системи опалення.

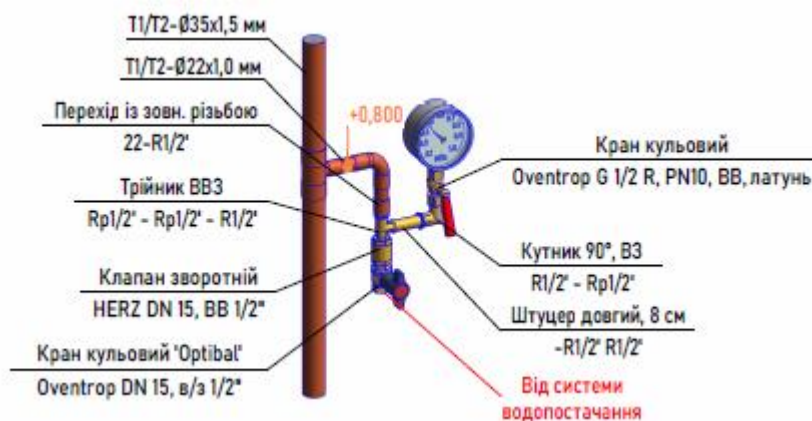


Рисунок 3.29 - Вузол підживлення системи опалення

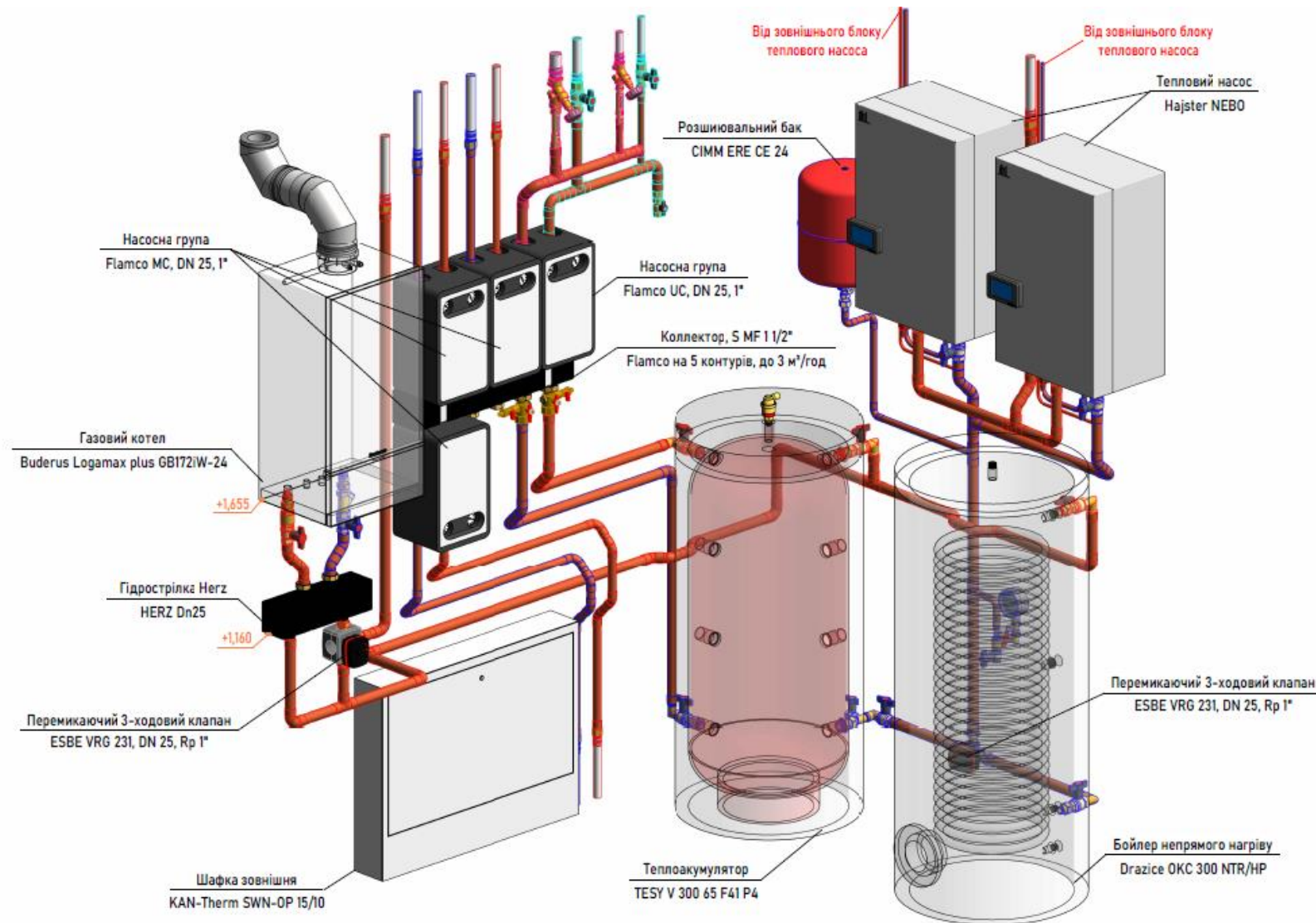


Рисунок 3.30 - 3D вид обладнання в котельні

На рисунку 3.31 та рисунку 3.32 показано розташування зовнішніх блоків, план 1-го поверху, ч1 та ч.2.

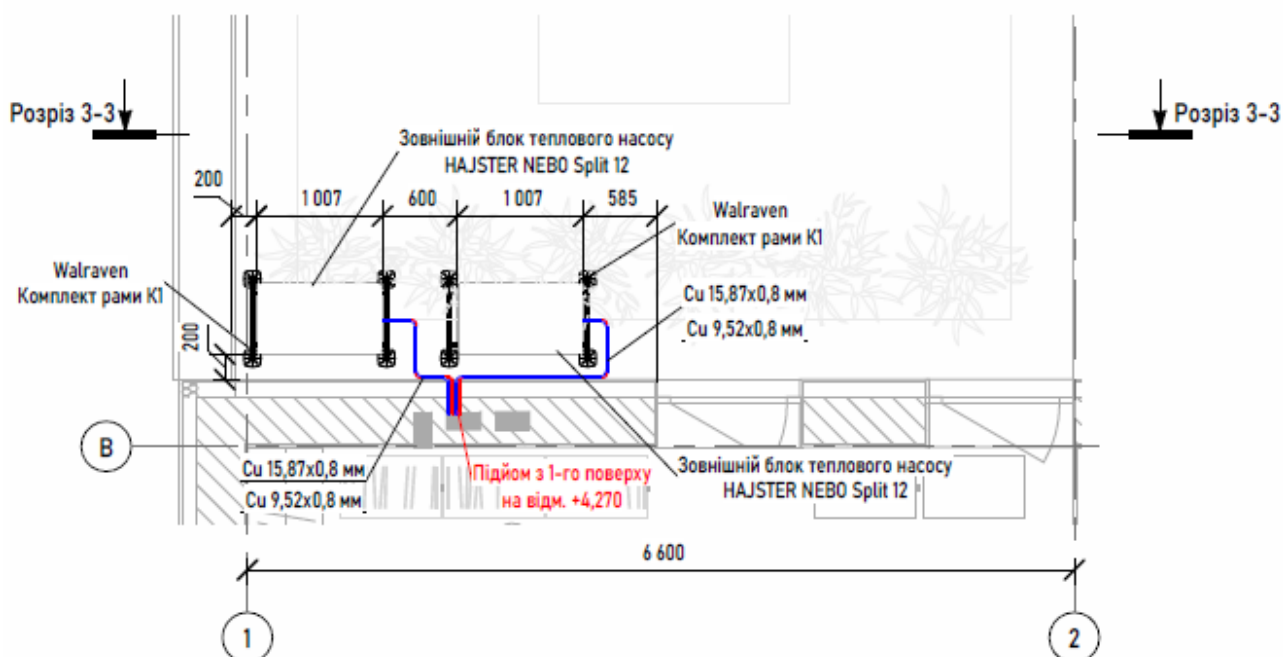


Рисунок 3.31 - Розташування зовнішніх блоків. План 1-го поверху. Ч1

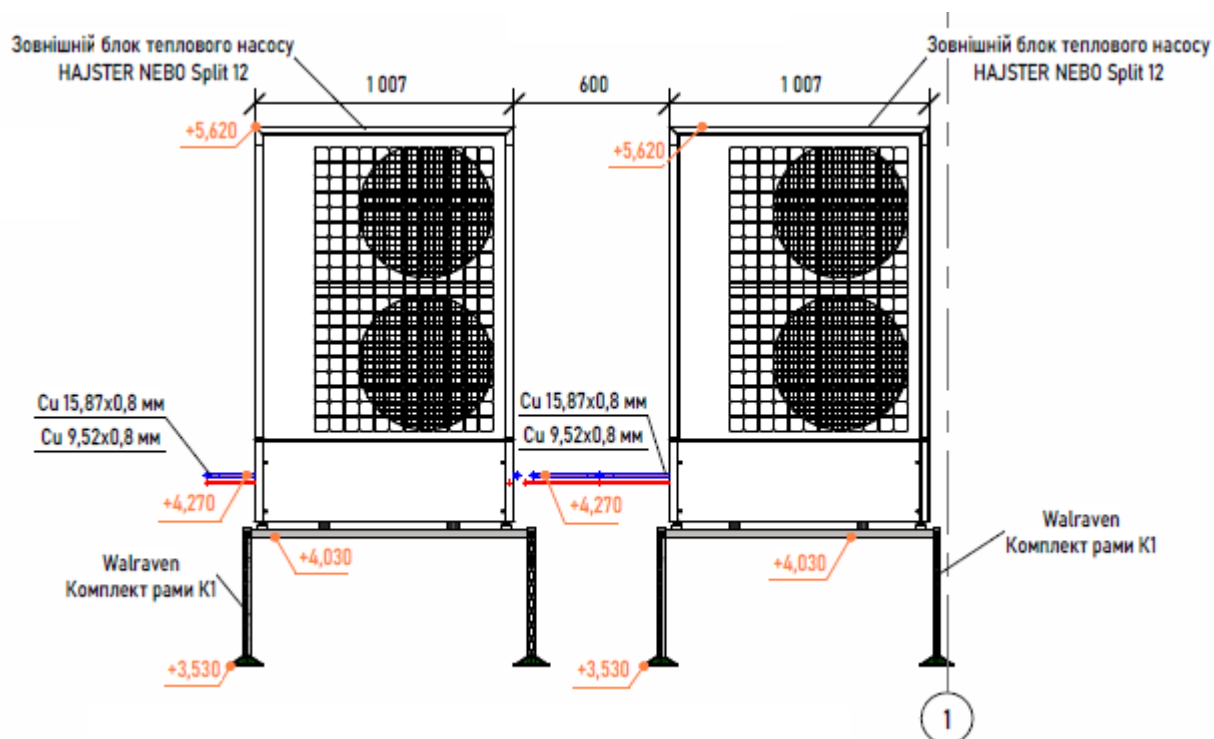


Рисунок 3.32 - Розташування зовнішніх блоків. План 1-го поверху. Ч2

На рисунку 3.33 показано 3D вид підключення зовнішніх блоків.

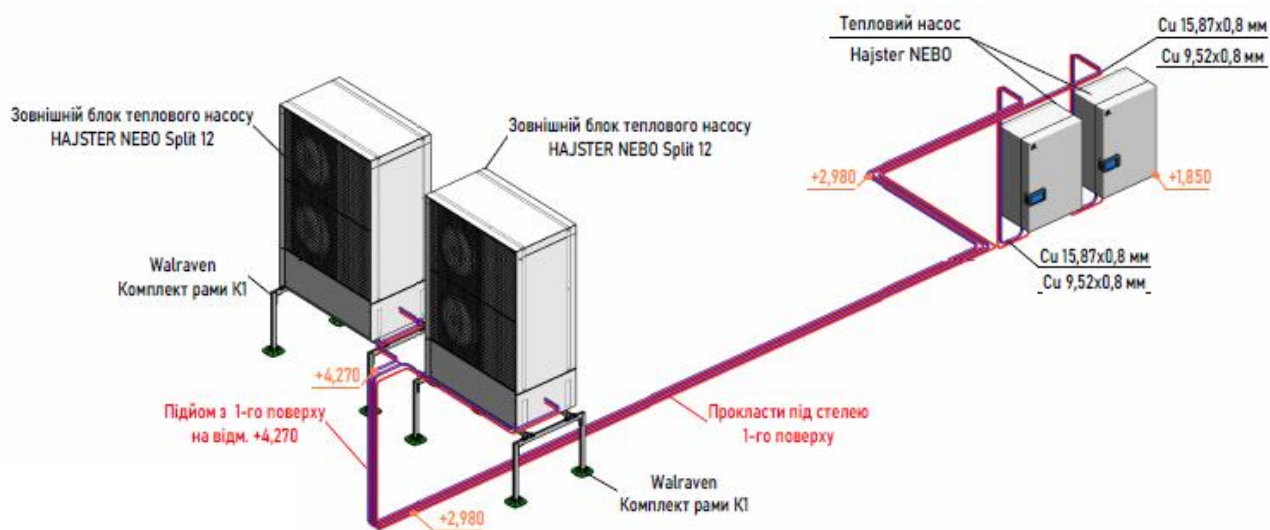


Рисунок 3.33 - 3D вид підключення зовнішніх блоків

3.4 Система центрального пороходу

Призначення та загальна характеристика. Система центрального пороходу призначена для централізованого прибирання приміщень шляхом відсмоктування пилу, дрібного сміття та алергенів через мережу вбудованих повітропроводів. Основною перевагою системи є винесення пилозбірника і двигуна за межі житлових приміщень, що значно покращує санітарно-гігієнічні умови та рівень комфорту.

Основні переваги системи: зниження рівня шуму в житлових приміщеннях; повне видалення дрібнодисперсного пилу та алергенів; підвищення якості повітря в будинку; зручність експлуатації; довговічність і мінімальне обслуговування; сумісність з енергоефективними будівлями.

Склад системи центрального пороходу. Система включає такі основні елементи: центральний силовий агрегат (вакуумний блок); мережу повітропроводів; всмоктувальні розетки; гнучкий шланг із насадками; пилозбірник (контейнер або циклон); вихлопний канал; система керування (пуск через розетку або дистанційно).

Центральний вакуумний агрегат. Центральний блок встановлюється в нежитловому приміщенні (котельня, гараж, підсобка). Основні характеристики: потужність двигуна: 1,5–3,5 кВт; розрідження: 20–35 кПа; рівень шуму в приміщенні експлуатації — мінімальний для житлових зон.

Викид очищеного повітря здійснюється за межі будівлі.

Повітропроводи системи. Для монтажу застосовуються: спеціальні ПВХ-труби для центральних пирососів (Ø50–51 мм); гладка внутрішня поверхня для зменшення втрат тиску; мінімальна кількість поворотів і з'єднань.

Трубопроводи прокладаються в перекриттях, стінах або технічних каналах.

Всмоктувальні розетки. Розетки розміщуються таким чином, щоб забезпечити доступ до всіх зон будинку: одна розетка обслуговує 30–50 м²; рекомендована висота монтажу — 300–500 мм від підлоги; можливе встановлення підлогових совків для кухні.

Система керування. Запуск порохотягу здійснюється: автоматично при підключенні шланга; за допомогою низьковольтної керуючої лінії (12–24 В); через систему «розумний будинок».

Вимоги до монтажу: герметичність усіх з'єднань; використання плавних відводів (радіусні коліна); ухил трубопроводів у бік агрегату; заземлення вакуумного блоку; випробування системи перед введенням в експлуатацію.

Енергоефективність та експлуатація. Хоча система центрального порохотягу не є постійно працюючою, її застосування: зменшує повторне запилення повітря; знижує навантаження на систему вентиляції; сприяє підтриманню здорового мікроклімату.

Система центрального порохотягу є ефективним інженерним рішенням для сучасного приватного будинку. Вона підвищує комфорт проживання, покращує якість повітря та відповідає вимогам енергоефективного будівництва.

На рисунку 3.34 показано будову центрального пороходу.гу.

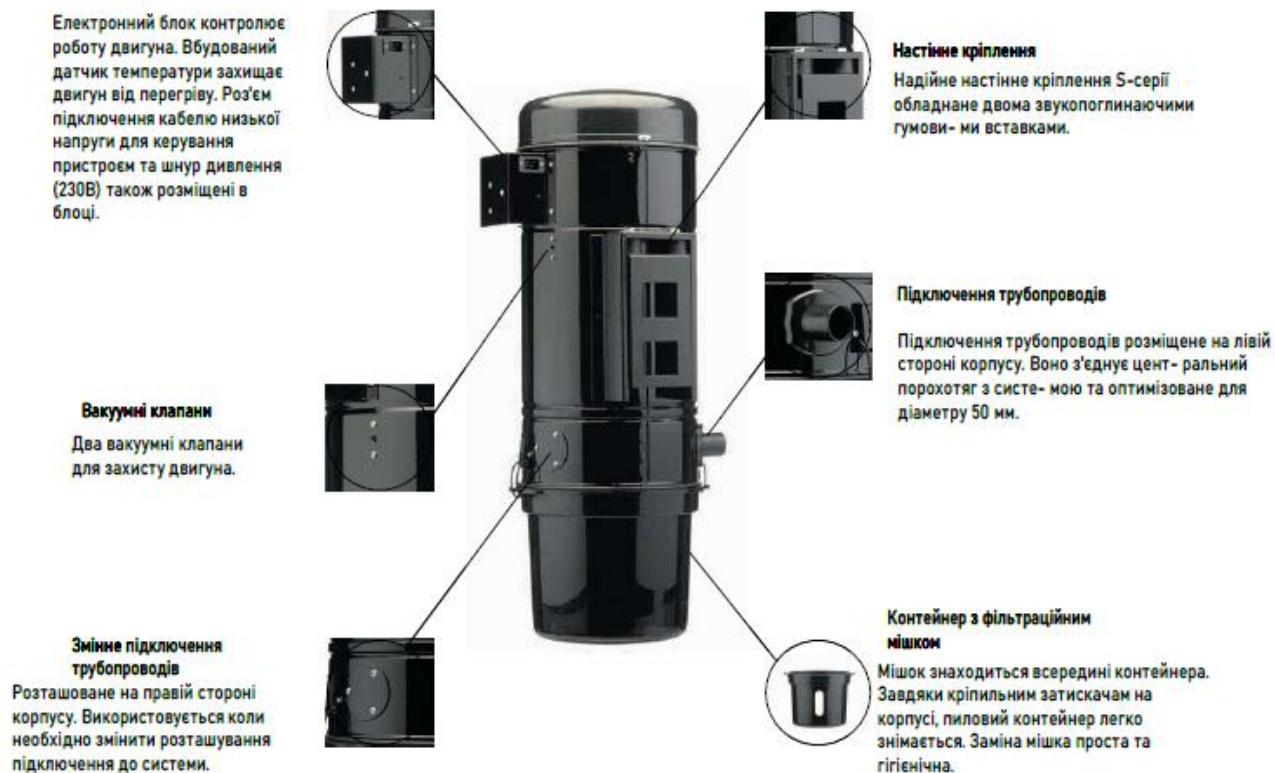


Рисунок 3.34 – Будова центрального пороходу.гу.

На рисунку 3.35 показано схему монтажу пороходуягу та підключення до трубопроводів.



Рисунок 3.35 - Схема монтажу пороходуягу та підключення до трубопроводів

На рисунку 3.36 показано схему монтажу кабелю керування та трубопроводів.

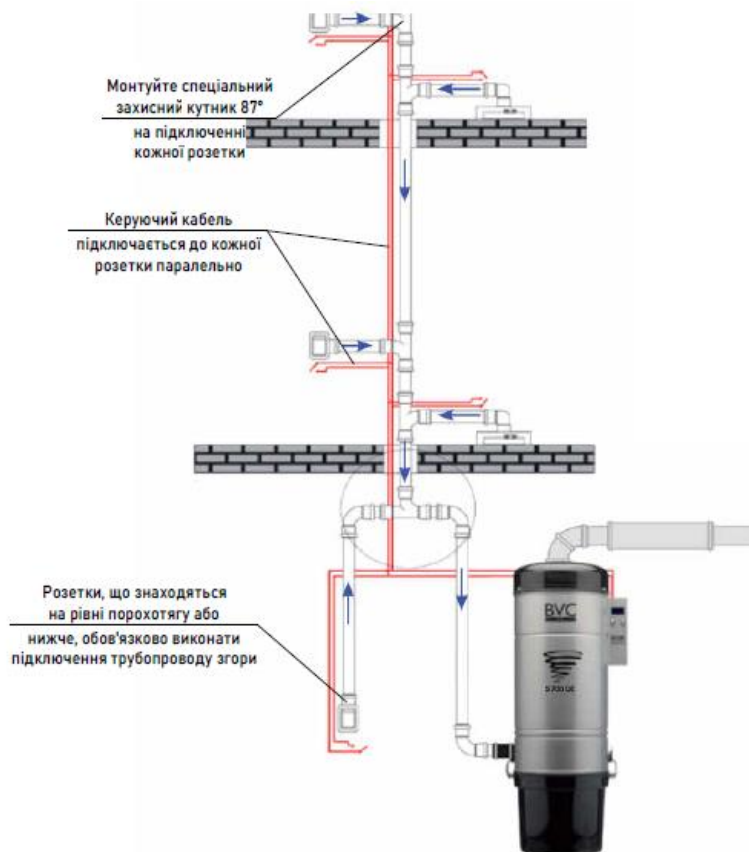


Рисунок 3.36 - Схема монтажу кабелю керування та трубопроводів

На рисунку 3.37 показано систему центрального пороховтягу, план 1-го поверху.

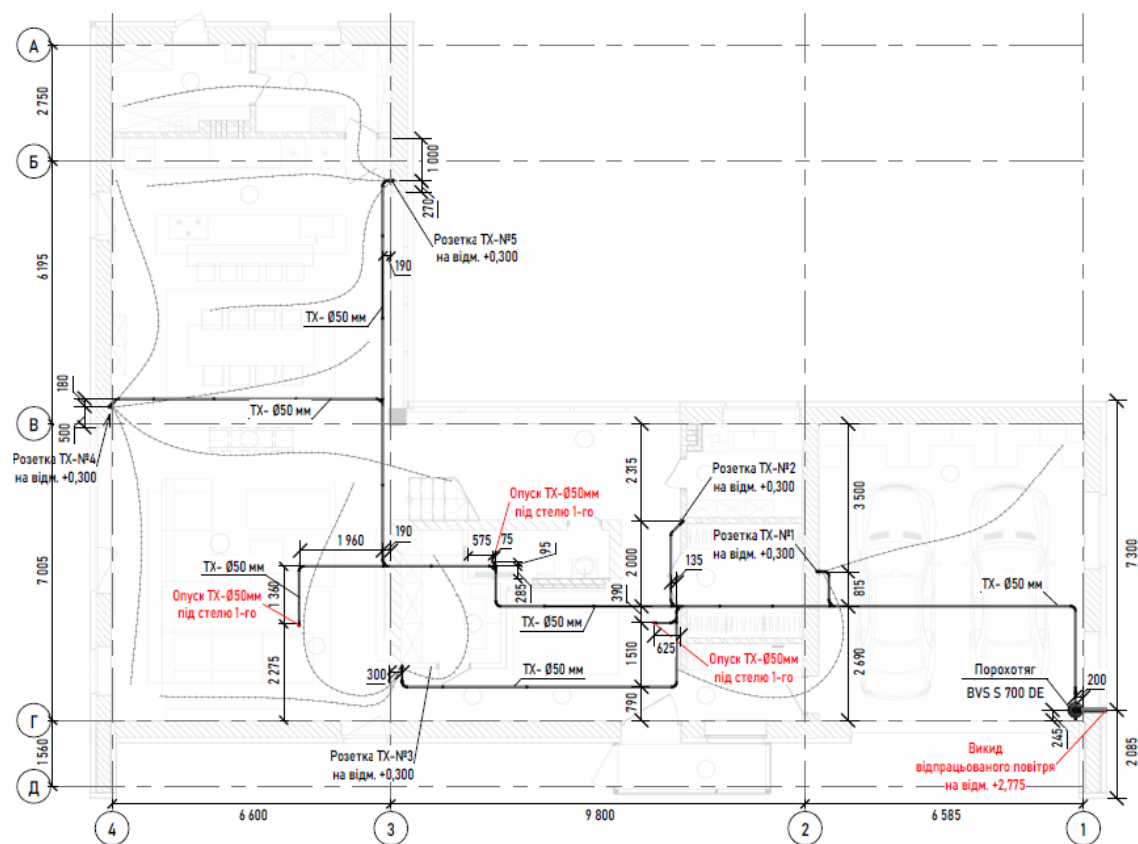


Рисунок 3.37 - Система центрального пороховтягу. План 1-го поверху

На рисунку 3.38 показано систему центрального пороховтягу, план 2-го поверху.

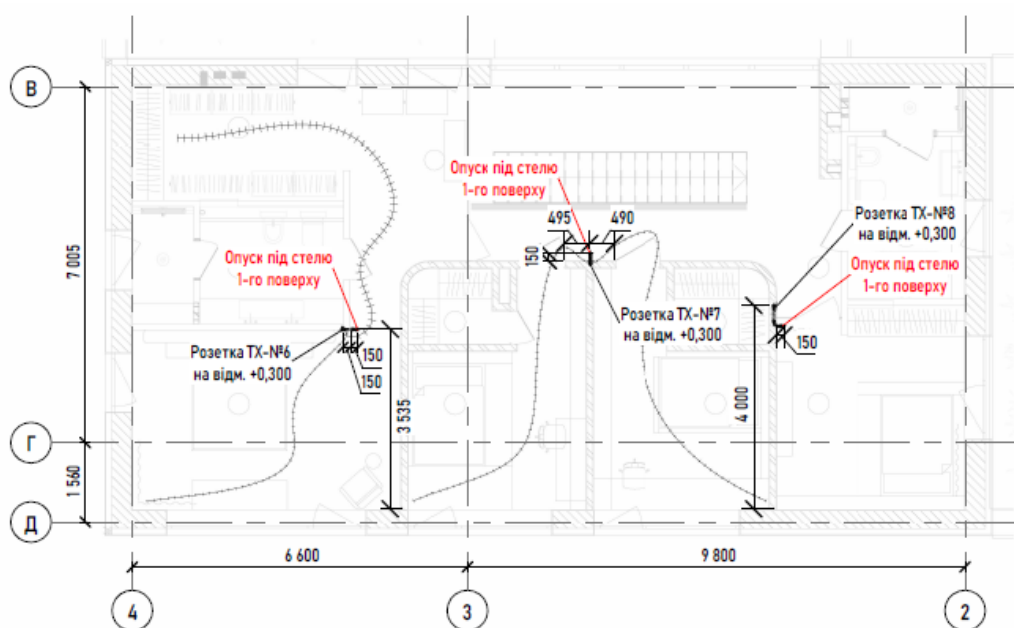


Рисунок 3.38 - Система центрального пороховтягу. План 2-го поверху

3.5 Висновки до розділу

1. Розроблено систему водопостачання будівлі, яка забезпечує подачу холодної та гарячої води з нормативними параметрами тиску і температури. Обґрунтовано застосування колекторної схеми розводки трубопроводів, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тиску, підвищити експлуатаційну надійність та зручність обслуговування системи.

2. Запроєктовано систему гарячого водопостачання з використанням бойлера непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP, який адаптований до роботи з низькотемпературними джерелами тепла, зокрема тепловими насосами. Застосування бойлера значного об'єму забезпечує стабільне гаряче водопостачання та зменшує пікові навантаження на джерело теплової енергії.

3. Сформовано систему внутрішньої та зовнішньої каналізації, яка забезпечує надійне відведення побутових і дощових стічних вод. Дотримання нормативних ухилів, застосування сучасних полімерних труб та передбачення фанової вентиляції гарантує стабільну роботу системи, відсутність запахів і зниження рівня шуму.

4. Розроблено систему тепlopостачання приватного будинку, в основу якої покладено тепловий насос типу «повітря–вода» Hajster NEBO split потужністю 12 кВт. Вибір даного джерела тепла обґрунтований його високою енергоефективністю, адаптованістю до кліматичних умов України та можливістю інтеграції з низькотемпературними системами опалення.

5. Запроєктовано комбіновану систему розподілу тепла, що поєднує підлогове водяне опалення та радіаторне опалення, що дозволяє забезпечити оптимальні температурні режими в приміщеннях різного функціонального призначення та підвищити тепловий комфорт мешканців.

6. Передбачено систему автоматизації та керування тепlopостачанням, яка включає погодозалежне регулювання, зональне керування та можливість дистанційного контролю. Застосування

автоматизованих рішень сприяє зниженню споживання енергії та оптимізації режимів роботи системи.

7. Розроблено систему центрального порохотягу, яка забезпечує ефективне прибирання приміщень із винесенням пилу та алергенів за межі житлової зони. Запроєктована система підвищує санітарно-гігієнічний рівень будинку, зменшує навантаження на вентиляційну систему та покращує якість повітря.

8. Усі інженерні системи спроєктовані з урахуванням вимог чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, EN) та принципів енергоефективного будівництва. Передбачені конструктивні й технологічні рішення забезпечують безпечну експлуатацію, довговічність обладнання та зниження експлуатаційних витрат.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Огляд вимог до пожежної безпеки (ПБ)

1. Встановлення димових детекторів та вуглекислотних датчиків

Димові детектори та вуглекислотні датчики – це перші лінії оборони проти пожежі. Вони реагують на підвищення рівня диму та вуглекислого газу в повітрі, активуючи сигнал тривоги. Встановлення цих пристроїв у правильних місцях в будинку може значно зменшити ризик виникнення пожежі та врятувати життя. Для забезпечення ефективності системи оповіщення про пожежу необхідно регулярно перевіряти димові детектори та вуглекислотні датчики. Це включає перевірку їх роботи, заміну батарей та видалення будь-яких перешкод, які можуть завадити їхній роботі. Крім того, важливо вести журнал перевірок для відстеження стану системи та своєчасного вжиття заходів у разі виявлення проблем.

2. Розташування та кількість вогнегасників у будинку

Вогнегасники – це необхідний елемент будь-якої системи пожежної безпеки. Розташування та кількість вогнегасників повинні бути розраховані з урахуванням розміру будинку, його конфігурації та особливостей. Зазвичай рекомендується мати щонайменше один вогнегасник на кожному поверсі та ще один у кухні. Вони також повинні бути легкодоступні та не закриті меблями чи іншими предметами. Також важливо щорічно проводити огляд вогнегасників та перезаряджати після кожного використання.

3. Запобігання пожежі у кухонних та інших небезпечних зонах

Кухні та інші небезпечні зони, такі як гаражі, часто стають місцями виникнення пожежі через використання вогню та гарячих предметів. Запобігти пожежі допоможе уважне та обережне використання газової або електричної плити, не залишайте їжі на плиті без нагляду та правильне зберігання легкозаймистих речовин.

Це лише деякі аспекти основних стандартів пожежної безпеки для житлових будинків.

4.2 Правила евакуації і планування випадків пожежі

1. Розробка та практика пожежного евакуаційного плану

Пожежний евакуаційний план — це документований набір інструкцій, які описують процедури поведінки у разі пожежі. Цей план повинен включати схему будинку з визначеними маршрутами евакуації, місцями збору та інструкціями для всіх членів сім'ї. План потрібно регулярно оновлювати та практикувати з усіма членами сім'ї, включаючи маленьких дітей, щоб всі знали, що робити у разі пожежі.

2. Перевірка шляхів евакуації та аварійних виходів

Перед пожежною ситуацією важливо перевірити шляхи евакуації та аварійні виходи. Вони повинні бути легкодоступні та не закриті ніякими предметами, такими як меблі чи речі. Крім того, переконайтеся, що всі члени сім'ї знають, як відчинити аварійні виходи та де знаходяться збірні місця.

3. Важливість тренувань з пожежної безпеки

Тренування з пожежної безпеки є важливою частиною підготовки до пожежі. Це можуть бути симуляції пожежі, ситуацій евакуації та тренування використання вогнегасників. Вони допомагають усім знати, як діяти в небезпечній ситуації та уникнути паніки.

4.3 Додаткові рекомендації для забезпечення ефективної евакуації

Встановіть додаткові димові детектори та вуглекислотні датчики у спальнях та інших кімнатах, де може виникнути пожежа.

Навчіть дітей, як викликати службу пожежної охорони та як називати свою адресу в разі екстреної ситуації.

Навчіть всіх членів сім'ї використовувати тканину або рушники для закриття обличчя у разі задимлення через загоряння. Це допоможе зменшити ризик проникнення диму у дихальні шляхи.

Важливо дотримуватися цих правил та рекомендацій для забезпечення безпеки в умовах небезпеки.

4.4 Поради щодо запобігання пожежі в житлових будинках

Поради щодо запобігання пожежі у житлових будинках:

- Правильно використовуйте електроприлади та електричні системи.
- Перевіряйте електричні кабелі та розетки на ознаки пошкодження та замініуйте, якщо вони вийшли з ладу.
- Уникайте перевантаження розеток. Не підключайте одночасно занадто багато електроприладів до однієї розетки та мережевих фільтрів живлення.
- Вимикайте електричні прилади, які не використовуються, особливо під час відсутності вдома.
- Перевіряйте, щоб обігрівачі та каміни були розташовані на безпечній відстані від горючих матеріалів, таких як меблі, занавіски та килими.
- Не залишайте обігрівачі без нагляду та вимикайте їх перед виходом з дому або перед сном.
- Регулярно очищуйте димоходи та камінні труби від нашарувань чи засмічень.
- Уникайте зберігання легкозаймистих матеріалів, таких як лаки, розчинники та керосин, в неправильних місцях. Зберігайте їх у спеціально призначених для цього контейнерах та подалі від джерел тепла.
- Використовуйте легкозаймисті речовини відповідно до інструкцій та уникайте надмірного використання.

4.5 Установка і обслуговування пожежного обладнання

Встановлюйте димові детектори та вуглекислотні датчики у правильних місцях та перевіряйте їх роботу регулярно.

Перевіряйте та обслуговуйте вогнегасники та інші пожежогасники відповідно до інструкцій виробника та регулярно проводьте їхню перевірку.

Знайомтеся з процедурами евакуації та навчайте всіх членів сім'ї користуватися пожежним обладнанням.

Ці поради є лише деякими засобами, які можна використовувати для запобігання пожежі у житлових будинках. Дотримання цих порад допоможе зберегти будинок та вашу родину в безпеці.

Перевірте своє пожежне обладнання, розробіть план евакуації, навчіться правильно використовувати вогнегасники та інше пожежне обладнання, та практикуйте процедури у разі екстреної ситуації з усією вашою сім'єю. Не зволікайте, дійте зараз — ваше життя та безпека ваших близьких варті кожного зусилля.

4.6 Дії населення при вибухах та руйнуванні будинків

Надзвичайні ситуації, які пов'язані із руйнуванням житлових будинків і споруд внаслідок вибухів, призводить до великої кількості загиблих та поранених.

Тому важливо знати й при необхідності виконувати основні правила поведінки під час раптового руйнування будівлі.

Почувши вибух або виявивши, що будівля втрачає свою стійкість, покваптесь якнайшвидше залишити її. Візьміть із собою документи, гроші і предмети першої необхідності. Спускайтеся сходами, а не ліфтом, оскільки він у будь-який момент може вийти з ладу. Не панікуйте, не стрибайте з балконів і вікон з поверхів, вищих за перший. Опинившись на вулиці, не стійте поблизу будівлі, відійдіть на відкритий простір.

Якщо ви опинились у завалі, алгоритм дій має бути таким:

- Глибоко дихайте і не панікуйте.
- Спробуйте пристосуватися до ситуації, в яку потрапили, оцініть обставини і пошукайте можливий вихід.
- Визначте, де ви перебуваєте, чи немає поряд інших людей, прислухайтеся, покричіть.
- Пам'ятайте, що людина здатна витримати спрагу й голод протягом тривалого часу, якщо не буде дарма витрачати енергію.
- Пошукайте в кишенях або поблизу предмети, які могли б допомогти подати звукові сигнали (наприклад, металеві предмети, якими можна постукати по трубі або стіні і тим самим привернути увагу). Спробуйте зміцнити завал – встановивши підпорку над собою.
- Якщо єдиним шляхом виходу є вузький отвір – спробуйте пролізти крізь нього. Просувайтесь обережно, намагаючись не спричинити нового обвалу.
- Якщо відчуваєте спрагу, покладіть у рот невеликий камінчик і смочіть його, дихаючи носом.

Налаштуйтеся на те, що рятувальники обов'язково прийдуть на допомогу!

При виникненні вибуху на підприємстві необхідно:

- Попередити робітників і службовців, зателефонувати в аварійно-рятувальну службу, а також оповістити населення, яке проживає поблизу.
- Скористатися індивідуальними засобами захисту, а у разі їх відсутності для захисту органів дихання від пилу використовувати ватно-марлеву пов'язку.
- При пошкодженні будівлі вибухом входити та виходити з неї необхідно дуже обережно, переконавшись у відсутності значних ушкоджень перекриттів, стін, ліній електро-, газо- та водопостачання, а також пожежі та витоків газу.
- Якщо вибух спричинив займання, необхідно скористатися первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками, протипожежним інвентарем).

Для недопущення поширення вогню треба задіяти внутрішні пожежні кран-комплекти та пожежні гідранти.

- Надати допомогу тим, хто опинився під уламками конструкцій.
- Допомогти витягти людей з-під завалів.

У будь-який момент кожен із нас може опинитися в складній і небезпечній ситуації. І якщо ми не піддамося паніці, якщо згадаємо, як потрібно діяти у екстремальній ситуації, то це суттєво зменшить небезпеку для нашого здоров'я та життя.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано конструктивні та технологічні рішення системи водяного підлогового опалення, зокрема визначено послідовність монтажних робіт, вимоги до підготовки основи, укладання теплоізоляції, демпферної стрічки, трубопроводів, гідравлічних випробувань і улаштування стяжки. Показано, що застосування труб Frankische забезпечує високу надійність, довговічність і рівномірність тепловіддачі підлоги.

2. Розглянуто технологію монтажу систем стінового та стельового охолодження, які працюють за принципом променистого теплообміну. Встановлено, що такі системи забезпечують високий рівень теплового комфорту за мінімальних енерговитрат і є ефективними при використанні в поєднанні з тепловими насосами та системами вентиляції з осушенням повітря.

3. Проаналізовано вимоги до вибору та застосування штукатурних матеріалів для систем стінового опалення й охолодження, визначено області застосування гіпсових, вапняно-цементних та цементних штукатурок залежно від вологісного режиму приміщень, що дозволяє запобігти деградації конструкцій та утворенню конденсату.

4. Наведено технологічні рекомендації щодо монтажу трубопроводів Frankische alrex, включно з правилами кріплення, допустимими відстанями між опорами, вимогами до звукоізоляції та компенсації лінійних деформацій. Дотримання цих рекомендацій забезпечує механічну стійкість трубопроводів і збереження експлуатаційних характеристик безшовних підлогових покриттів.

5. Розроблено схеми систем підлогового опалення, стінового та стельового охолодження для підвального, першого та другого поверхів будівлі. Виконано зонування приміщень відповідно до їх функціонального призначення, що дозволяє забезпечити індивідуальне регулювання температурних режимів.

6. Обґрунтовано застосування демпферної стрічки та деформаційних швів, які компенсують теплові деформації стяжок і запобігають виникненню тріщин та передачі структурного шуму на огорожувальні конструкції.

7. Розглянуто схеми підключення розподільчих колекторів, які забезпечують гідравлічне балансування, зональне регулювання та можливість інтеграції систем опалення й охолодження з автоматикою керування мікрокліматом будівлі.

8. Обґрунтовано розміщення кімнатних термостатів та датчиків температури, зокрема з використанням сучасних Wi-Fi-термостатів DEVIreg Smart, що дозволяє реалізувати ефективне зональне керування та зменшити енергоспоживання.

9. Розглянуто систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти, яка забезпечує нормативний повітрообмін, підтримання допустимих параметрів температури та вологості повітря, а також необхідні умови для безпечної роботи поверхневих систем охолодження.

10. Проаналізовано систему охолодження фанкойлами, визначено її місце у загальній структурі інженерних систем будівлі та показано доцільність застосування каналних фанкойлів для приміщень зі змінним тепловим навантаженням.

11. Розроблено систему водопостачання будівлі, яка забезпечує подачу холодної та гарячої води з нормативними параметрами тиску і температури. Обґрунтовано застосування колекторної схеми розводки трубопроводів, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тиску, підвищити експлуатаційну надійність та зручність обслуговування системи.

12. Запроектовано систему гарячого водопостачання з використанням бойлера непрямого нагріву Drazice OKC 300 NTR/HP, який адаптований до роботи з низькотемпературними джерелами тепла, зокрема тепловими насосами. Застосування бойлера значного об'єму забезпечує стабільне гаряче водопостачання та зменшує пікові навантаження на джерело теплової енергії.

13. Сформовано систему внутрішньої та зовнішньої каналізації, яка забезпечує надійне відведення побутових і дощових стічних вод. Дотримання нормативних ухилів, застосування сучасних полімерних труб та передбачення

фанової вентиляції гарантує стабільну роботу системи, відсутність запахів і зниження рівня шуму.

14. Розроблено систему теплопостачання приватного будинку, в основу якої покладено тепловий насос типу «повітря–вода» Hajster NEBO split потужністю 12 кВт. Вибір даного джерела тепла обґрунтований його високою енергоефективністю, адаптованістю до кліматичних умов України та можливістю інтеграції з низькотемпературними системами опалення.

15. Запроектовано комбіновану систему розподілу тепла, що поєднує підлогове водяне опалення та радіаторне опалення, що дозволяє забезпечити оптимальні температурні режими в приміщеннях різного функціонального призначення та підвищити тепловий комфорт мешканців.

16. Передбачено систему автоматизації та керування теплопостачанням, яка включає погодозалежне регулювання, зональне керування та можливість дистанційного контролю. Застосування автоматизованих рішень сприяє зниженню споживання енергії та оптимізації режимів роботи системи.

17. Розроблено систему центрального пороходу, яка забезпечує ефективне прибирання приміщень із винесенням пилу та алергенів за межі житлової зони. Запроектована система підвищує санітарно-гігієнічний рівень будинку, зменшує навантаження на вентиляційну систему та покращує якість повітря.

18. Усі інженерні системи спроектовані з урахуванням вимог чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, EN) та принципів енергоефективного будівництва. Передбачені конструктивні й технологічні рішення забезпечують безпечну експлуатацію, довговічність обладнання та зниження експлуатаційних витрат.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Данилів, О. В., Ємшанов, Д. О., Зінь, М. М., Стасів, А. З., & Сисак, І. М. (2025). Використання сучасного програмного забезпечення для 3D моделювання обладнання в котельні. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*, 25-26.
2. Демішонкова, С. А., & Ковальковський, Д. Б. (2021). Система опалення і кондиціювання будинку. In *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг*. Київський національний університет технологій та дизайну.
3. Тарасов, В. Р., & Сотнікова, Т. Г. (2021). Аналіз сучасного стану систем охолодження приміщення. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, (5 (269)), 42-46.
4. Holiakova, I. V., Petrenko, V. O., & Petrenko, A. O. (2024). Energy efficiency of life support systems of buildings in «green construction». *Environmental Safety and Natural Resources*, 49(1), 60–67. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.60-67>
5. Монтаж системи опалення в приватному будинку - Інстал Центр. Інстал Центр. URL: <https://instalcenter.com.ua/montazh-sistemy-opalennya-v-pryvatnomy-budynku/> (дата звернення: 21.12.2025).
6. Система підлогового охолодження | Barlinek. Barlinek -Головна сторінка. URL: <https://www.barlinek.ua/sistema-pidlogovogo-oholodzhennya-instrukciya-z-ustanovki-i-ekspluatacii-bagatosharovoi-doshki/> (дата звернення: 21.12.2025).
7. Системи вентиляції та кондиціювання: від побутового кондиціонера до промислової вентиляції в Сімферополі. Купити або замовити промислові системи кондиціювання в Україні. Порівняти ціни на

Труба.ua. *truba.ua*. URL: <https://www.truba.ua/ua/kondicioneri/28387-systemy-ventylyatsyy-y-kondytsyonyrovanyya-ot> (дата звернення: 21.12.2025).

8. Проектування систем водопостачання та каналізації "під ключ" в Одесі | Saen. *Захищена сторінка*. URL: <https://saen.com.ua/uk/sistemy-vodosnabzheniya-i-kanalizatsii-pod-klyuch.html> (дата звернення: 21.12.2025).

9. FASTPANEL. *FASTPANEL*. URL: <https://pipemastak.com.ua/insulation-and-heating-pipes/vidi-teploizolyacijnih-materialiv-dlya-trub-perevagi-i-nedoliki-pravila-ukladannya.html> (date of access: 21.12.2025).

10. Центральні порохотяги. *Компанія Сахара - повний спектр послуг для енергоефективного будинку* | ТОВ «Сахара». URL: <https://caxapa.ua/kompaniya-statti-tsentralni-porohotjagi> (дата звернення: 21.12.2025).

11. Розподільчий колектор SL. *Компанія Сахара - повний спектр послуг для енергоефективного будинку* | ТОВ «Сахара». URL: <https://caxapa.ua/obladdnannia-poverkhneve-opalennia-ta-okholodzhennia-eurotherm-rozpodilnyky#tab1> (дата звернення: 21.12.2025).

12. Фанкойли PS-DC та PS-DCE. *Компанія Сахара - повний спектр послуг для енергоефективного будинку* | ТОВ «Сахара». URL: <https://caxapa.ua/obladdnannia-systemy-kondytsionuvannia-ta-okholodzhennia-pst-clima-fankoy-ly-ps-dc-ta-ps-dce#tab0> (дата звернення: 21.12.2025).

13. Теплові насоси Hajster NEBO split. *Компанія Сахара - повний спектр послуг для енергоефективного будинку* | ТОВ «Сахара». URL: <https://caxapa.ua/obladdnannia-teplov-nasosy-teplov-nasosy-hajster-povitriani-teplov-nasosy-hajster-hajster-nebo-split> (дата звернення: 21.12.2025).

14. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.

15. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

16. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

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

18. ДСТУ EN 1264-1:2022 Водяні поверхневі вбудовані системи опалення та охолодження. Частина 1. Визначення та символи (EN 1264-1:2021, IDT)

19. Крилова І. І. Аналіз сучасного стану сфери водопостачання та водовідведення в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 23. С. 118–125. DOI: [10.32702/2306-6814.2018.23.118](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2018.23.118)

20. Тишевич, Б. Л. (2021). СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ. *EDITORIAL BOARD*, 589.