КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

на тему: **Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря житлового комплексу з торгівельно-розважальним центром в м. Дніпро.**

Марченко Дмитро Сергійович

(прізвище, ім’я та по батькові студента повністю)

Київ 2026р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М.

«___» _____20___р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему:

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря житлового комплексу з торгівельно-розважальним центром в м. Дніпро.

(назва)

Виконав студент групи **ТВс-23**
Спеціальність: **192 Будівництво та цивільна інженерія**
ОПП: **теплогазопостачання і вентиляція**

Марченко Дмитро Сергійович
(прізвище, ім’я та по батькові повністю)

Керівник **Москвітіна А.С.**
(прізвище та ініціали)

доц., к.т.н
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую.

Київ 2026р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: інженерних систем і екології
Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції
Освітній рівень: «бакалавр»
Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М.
_____
«___» _____20___р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Марченко Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи **Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря житлового комплексу з торгівельно-розважальним центром в м. Дніпро.**

затверджена наказом ректора КНУБА № ___від «___» _____ 20___р.

2. Керівник роботи
Москвітіна Анна Сергіївна, к.т.т., доц.
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту_____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Розділ 1. Загальна частина_____
Розділ 2 Опалення_____
Розділ 3 Вентиляція і кондиціонування повітря_____
Розділ 4. Заходи з енергоефективності_____
Розділ 5. Заходи з охорони праці_____

Розділ 6. Організація та технологія монтажу інженерних систем_____
5. Графічний матеріал за розділами
Розділ 1.Відсутній_____
Розділ 2. Креслення системи опалення житлового комплексу та торгівельно-розважального центру, аксонометричні схеми систем опалення, вузли обв'язки_____
Розділ 3. Креслення систем вентиляції та кондиціонування повітря торгівельно-розважального центру, аксонометричні схеми систем вентиляції_____
Розділ 4. Відсутній_____
Розділ 5. Відсутній_____
Розділ 6. Монтажна схема системи вентиляції календарний план-графік виконання монтажних робіт._____

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Загальна частина	
Розділ 2. Опалення	
Розділ 3. Вентиляція і кондиціонування повітря	
Розділ 4. Заходи з енергоефективності	
Розділ 5. Заходи з охорони праці	
Розділ 6. Організація та технологія монтажу інженерних систем	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 5.	Клімова І.В.		
Розділ 6.	Сенчук М.П		

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Предун К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник _____ Москвітіна А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)
Студент _____ Марченко Д. С..
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної випускної роботи студента:	**Марченко Дмитра Сергійовича**

Заклад вищої освіти	Київський національний університет будівництва і архітектури				
Тема КРБ	Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря житлового комплексу з торгівельно-розважальним центром в м. Дніпро				
	Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems for a Residential Complex with a Shopping and Entertainment Center in Dnipro				
Освітній ступень	Бакалавр				
Факультет	Факультет інженерних систем та екології				
Кафедра	Теплогазопостачання та вентиляції				
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія				
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляція				
Керівник	к.т.н., доц. Москвітіна А.С.				
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка				креслень формату А1
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
	122	6	31	9	5
Розділ 1	Загальна частина				
Розділ 2	Опалення				
Розділ 3	Вентиляція і кондиціонування повітря				
Розділ 4	Заходи з енергоефективності				
Розділ 5.	Заходи з охорони праці				
Розділ 6.	Технології та організація монтажу інженерних систем				
Висновки по роботі:	Розроблено проект системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря житлового комплексу з торгівельно-розважальним центром в м. Дніпро.				
Ключові слова: *Енергоефективність, забезпечення мікроклімату, опалення, вентиляція, кондиціонування повітря.* Keywords: *Energy efficiency, indoor climate control,,heating, ventilation, air conditioning.*					

Керівник _____ Москвітіна А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Марченко Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____20___р.

Зміст

	Вступ	
1. 1.1 1.2 1.3	Загальна частина. Характеристика об’єкту проєктування. Вибір і обґрунтування параметрів мікроклімату у приміщеннях. Вибір і обґрунтування параметрів зовнішнього повітря.	
2. 2.1. 2.2. 2.3. 2.4. 2.5. 2.6.	Опалення: Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огороджень. Розрахунок тепловтрат і теплонадходжень. Визначення теплової потужності системи опалення. Гідравлічний розрахунок трубопроводів. Тепловий розрахунок опалювальних приладів. Розрахунок і вибір обладнання ІТП, теплового лічильника тощо.	
3. 3.1. 3.2. 3.3. 3.4. 3.5. 3.6.	Вентиляція і кондиціонування повітря: Види шкідливостей, які надходять у приміщення. Розрахунок їх кількостей. Розрахунок повітрообмінів у приміщеннях. Складання повітряного балансу. Вибір і обґрунтування систем вентиляції та кондиціонування повітря. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів/каналів тощо. Розрахунок і вибір обладнання систем вентиляції/кондиціонування повітря. Розрахунок повітророзподілення	
4.	Заходи з енергоефективності	
5.	Заходи з охорони праці.	
6.	Технології та організація монтажу систем інженерного забезпечення параметрів мікроклімату.	
	Список літератури	

Вступ

Система ОВК є дуже важливою для сучасних будинків та будівель. Вона дозволяє керувати кліматом і підтримувати комфорт для кожного. **ОВК** означає **опалення, вентиляція та кондиціювання**. Типова система ОВК складається з кількох частин. Більшість систем включають кондиціонер для охолодження вашого будинку. Вони також мають опалювальний котел або тепловий насос для забезпечення тепла або центральну теплову мережу, як джерело теплопостачання.

Системи ОВК можуть здаватися простими, але вони базуються на цікавій науці. Серцем опалення та охолодження є теплообмін. Якщо ви хочете обігріти свій будинок взимку або охолодити його влітку, управління тепловою енергією має вирішальне значення.

Система ОВК працює шляхом переміщення тепла. Це включає електричні теплові насоси, які можуть як нагрівати, так і охолоджувати, або системи, які використовують природний газ для опалення та електроенергію для охолодження. Коли ви розумієте, як системи ОВК працюють з охолодженням та теплообміном, ви стаєте більш обізнаним власником житла.

Для створення комфортного внутрішнього простору важливо розуміти, як працює система ОВК. Кожен елемент, такий як термостат і вентиляція, дозволяє контролювати температуру та якість повітря. Коли ви знаєте принципи роботи систем ОВК, ви розумієте, як вони підтримують у будівлях прохолоду або тепло. Вибір правильної системи ОВК може покращити споживання енергії та комфорт як для дому, так і для бізнесу.

Розділ 1. Загальна частина.

1.1. Характеристика об’єкту проєктування.

Дослідження вентиляції

Вентиляція, як правило, передбачає використання припливної та витяжної вентиляції для контролю викидів, впливу шкідливих факторів та хімічних небезпек на робочому місці. Традиційно, нежитлові вентиляційні системи, відомі як системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), створювалися для контролю температури, вологості та запахів.

А. Вентиляція може бути недостатньою у наступних випадках:

- замкнені простори;
- об'єкти, на яких не забезпечується належне обслуговування вентиляційного обладнання;
- об'єкти, що експлуатуються з метою максимальної економії енергії;
- приміщення без вікон;
- зони з високою щільністю людей.

Будь-який дефіцит вентиляції повинен бути підтверджений вимірюваннями.

Б. Існує п'ять основних типів вентиляційних систем:

1. Розбавлення та видалення за допомогою загальнообмінної витяжної вентиляції;
2. Місцева витяжна вентиляція (див. рис. 1.1);
3. Припливна (або заміщувальна) вентиляція;
4. HVAC (переважно для забезпечення комфорту);
5. Системи рециркуляції.

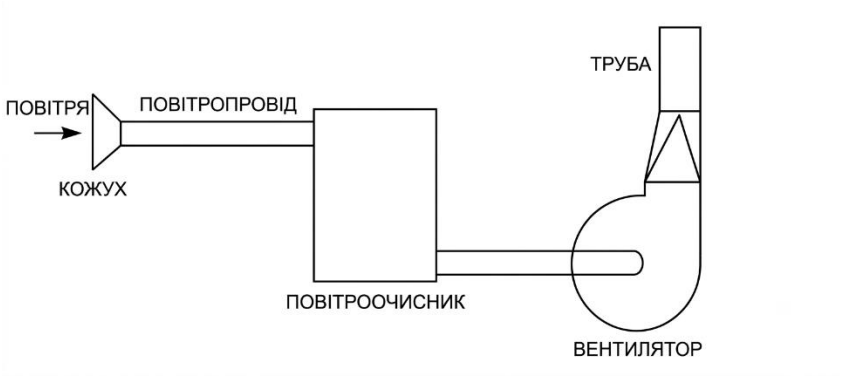


Рис. 1.1. Компоненти системи місцевої витяжної вентиляції

В. Вентиляційні системи, як правило, передбачають поєднання цих типів.

Наприклад, велика система місцевої витяжної вентиляції може також виконувати роль системи розбавлення, а система HVAC може слугувати системою припливної вентиляції.

II. Вплив на здоров'я

Неадекватна або неправильна вентиляція є причиною близько половини всіх проблем із якістю повітря в приміщеннях (IAQ) на нежитлових робочих місцях.

А. Забруднювачі повітря в приміщеннях

Забруднювачі повітря включають тверді частинки, пилок, мікробні агенти та органічні токсини. Вони можуть транспортуватися системою або виникати у:

- вологих фільтрах;
- вологій ізоляції;
- вологих піддонах під змійовиками;
- градирнях;
- випарних зволожувачах.

Люди можуть відчувати симптоми «лихоманки зволожувача», «легенів зволожувача» або «легенів кондиціонера», а також професійну астму чи гіперчутливий пневмоніт.

Б. Леткі органічні та реактивні хімічні речовини

Такі речовини (наприклад, формальдегід) часто сприяють забрудненню. Вентиляційна система може транспортувати їх з джерела в інші частини будівлі. Тютюновий дим також часто переноситься таким чином. Крім того, зовнішнє повітря для вентиляції може містити забруднювачі (наприклад, вихлопні гази автомобілів).

Стандарти та кодекси

А. Консенсусні стандарти

Найважливішими є стандарти від AMCA, ASHRAE, ANSI, SMACNA, NFPA та ACGIH. ANSI розробило стандарти, які були прийняті OSHA у 1971 році та кодифіковані в 29 CFR 1910.94.

Б. OSHA Regulations

Критерії вентиляції включені до нормативних кодексів OSHA для захисту працівників. Стандарти в 29 CFR 1910.94 стосуються систем місцевої витяжної вентиляції, а стандарти 29 CFR 1926 — вентиляції при зварюванні.

Рекомендації щодо проведення розслідувань

А. Фази розслідування

Розслідування можуть бути ініційовані скаргами працівників, ризиками пожежі чи вибуху, або проблемами IAQ. Друга фаза включає вивчення фізичних та експлуатаційних характеристик системи.

Б. Несправні умови вентиляції та їх причини

Поширені умови та причини наведені в таблиці 1.1. Питання для оцінки ефективності наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1.

Поширені умови вентиляції та їх причини

Стан (умова)	Можлива(і) причина(и)
Скарги працівників, неналежне використання системи, невикористання системи, самовільна зміна системи працівниками.	Кожух (витяжний пристрій) заважає роботі.Кожух забезпечує незадовільний контроль забруднювачів.
Надмірний вплив шкідливих факторів на	Потребують покращення методи роботи працівників.Вентиляційна система заважає

працівників, хоча об'єми потоку та швидкість захоплення знаходяться на проектних рівнях.	роботі або продуктивності праці, що спонукає працівників обходити систему.Недостатнє навчання працівників.Погане проєктування системи.
Постійне засмічення (забивання) повітропроводу.	Засмічення виникають, коли швидкість транспортування повітря є недостатньою або коли пара конденсується в повітропроводі, зволожує частинки та спричиняє накопичення матеріалів.Ці проблеми спричинені поганим проєктуванням, відкритими контрольними дверцятами поблизу вентилятора, несправностями вентилятора або іншими причинами.
Знижена швидкість захоплення або надмірні неорганізовані викиди (фугитивні емісії).	Причиною цих умов зазвичай є зниження швидкості потоку повітря (якщо сам технологічний процес не змінився).Зниження швидкості потоку виникає в таких ситуаціях:• засмічені або пошкоджені (зім'яті) повітропроводи;• проковзування пасів вентилятора;• відкриті контрольні дверцята;• отвори в повітропроводах або колінах;• закрита заслінка на відгалуженні або відкриті заслінки на інших відгалуженнях, або корозія та заклинювання заслінок;• вентилятор обертається у зворотному напрямку (це може статися, якщо переплутані дроти живлення, що змушує двигун і вентилятор обертатися назад. Відцентрові вентилятори, що обертаються назад, можуть видавати лише до 50% номінальної потужності);• зношені лопаті вентилятора;• додавання нових відгалужень або кожухів до системи після початкового встановлення;• забруднений очищувач повітря.

Характеристика проблем

Джерело викидів

- Де розташовані всі джерела викидів або потенційні джерела викидів?
- Які саме джерела викидів сприяють виникненню експозиції (впливу)?
- Який відносний внесок кожного джерела у загальний рівень впливу?

Характеристика кожного джерела:

- хімічний склад;

- температура;
- інтенсивність викидів;
- напрямок викиду;
- початкова швидкість викиду;
- характер викиду (безперервний або періодичний);
- часові інтервали викидів;
- маса викинутого матеріалу.

Поведінка повітря

- Температура повітря;
- Рух повітря (напрямок, швидкість);
- Потенціал змішування;
- Умови припливного та витяжного потоків, включаючи перепади тиску між приміщенням та навколишнім середовищем;
- Джерела підготовленого (з регульованою температурою) та непідготовленого припливного повітря;
- Кількість повітрообмінів на годину;
- Вплив існуючих систем HVAC (опалення, вентиляції та кондиціонування);
- Вплив швидкості та напрямку вітру;
- Вплив погодних умов та пори року.

Працівник

- Взаємодія працівника з джерелом викидів;
- Рівні впливу на працівника;
- Розташування працівника;
- Освіта, підготовка та рівень співпраці працівника.

B. Основне обладнання для тестування

Димові трубки, велометри, анемометри (крильчасті, термоанемометри), прилади для вимірювання тиску (U-подібні манометри, трубки Піто), шумоміри, вимірювальні стрічки, детектори горючих газів тощо.

Г. Документація

Характеристики системи: справність обладнання, фізичні вимірювання, практики використання.

Д. Справність обладнання

Перед вимірюваннями перевірте стан фільтрів, положення заслінок, роботу припливних установок та наявність креслень.

Е. Вимірювання

- **Діаметри:** Вимірюються для обчислення площі.
- **Ковпаки:** Швидкість біля отвору оцінюється велометрами або димовими трубками.
- **Дим:** Використовується для візуалізації потоку (Рис. 1.2).
- **Тиск:** Статичний тиск ковпака (SPH) вимірюється за допомогою трубки Піто або статичного відводу (Рис. 1.3).
- **Потоки:** Використовуйте метод траверсу для більшої точності.

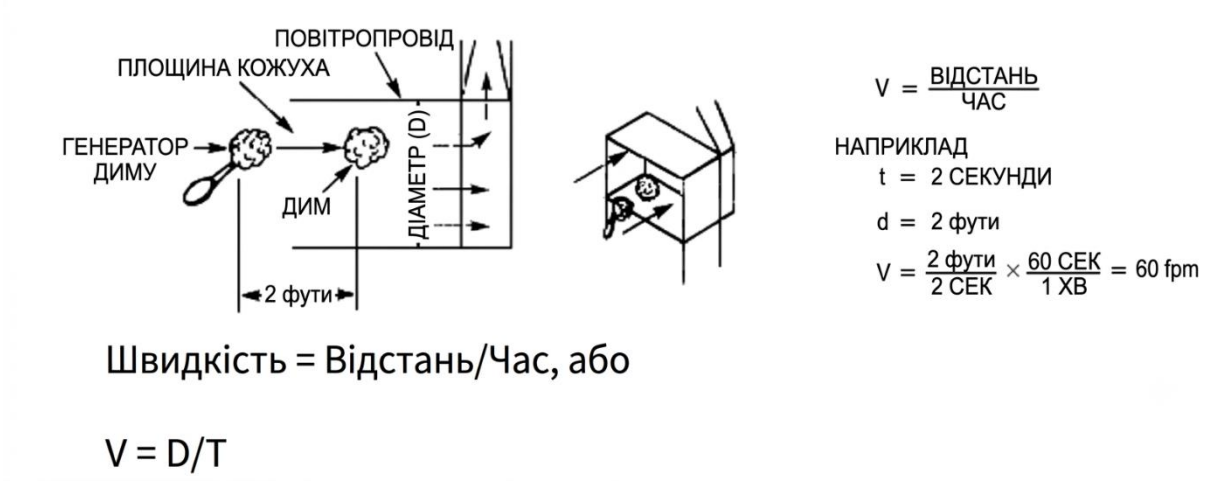


Рис. 1.2. Використання диму для демонстрації потоку повітря

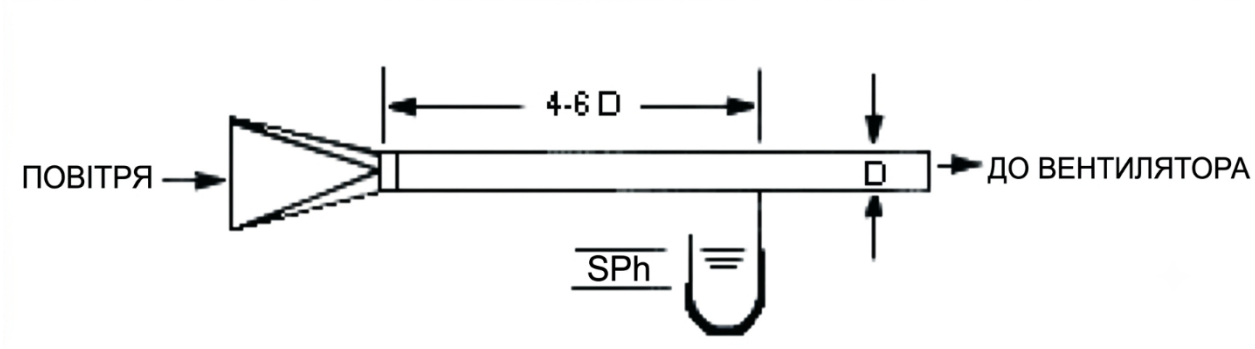


Рис. 1.3. Використання статичного відводу для вимірювання статичного тиску

Є. Добрі практики

- Максимальна відстань до джерела не повинна перевищувати 1,5 діаметра повітропроводу (Рис. 1.5).
- Співвідношення швидкості захоплення (Vc) до швидкості в повітропроводі (Vd) показано на Рис. 1.4.
- Ширина фланця (Рис. 1.6).
- Правило «шести та трьох» для вентиляторів (Рис. 1.7).
- Мінімальна висота витяжної труби (Рис. 1.8).

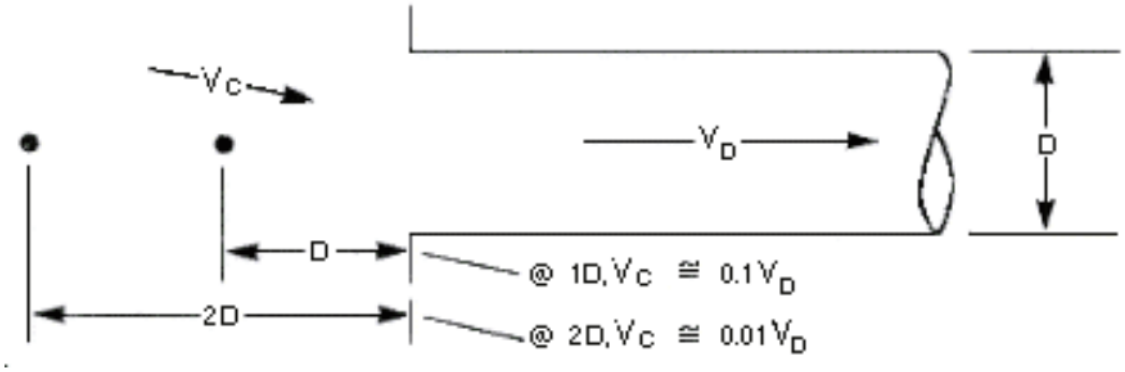


Рис. 1.4. Співвідношення швидкості захоплення (Vc) до швидкості в повітропроводі (Vd)

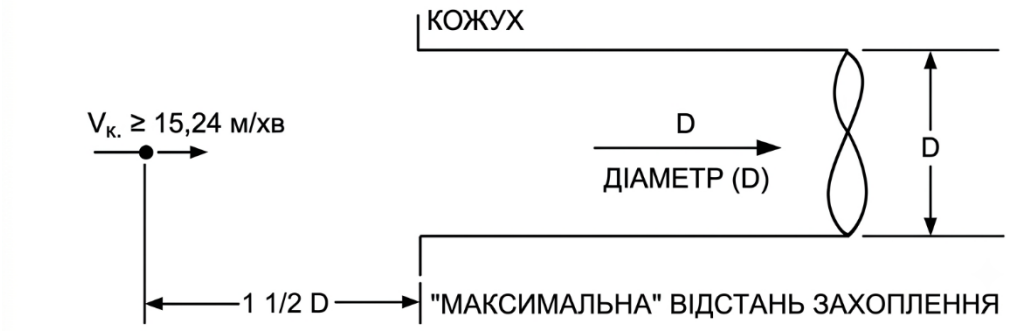


Рис. 1.5. Емпіричне правило для простих всмоктувальних ковпаків

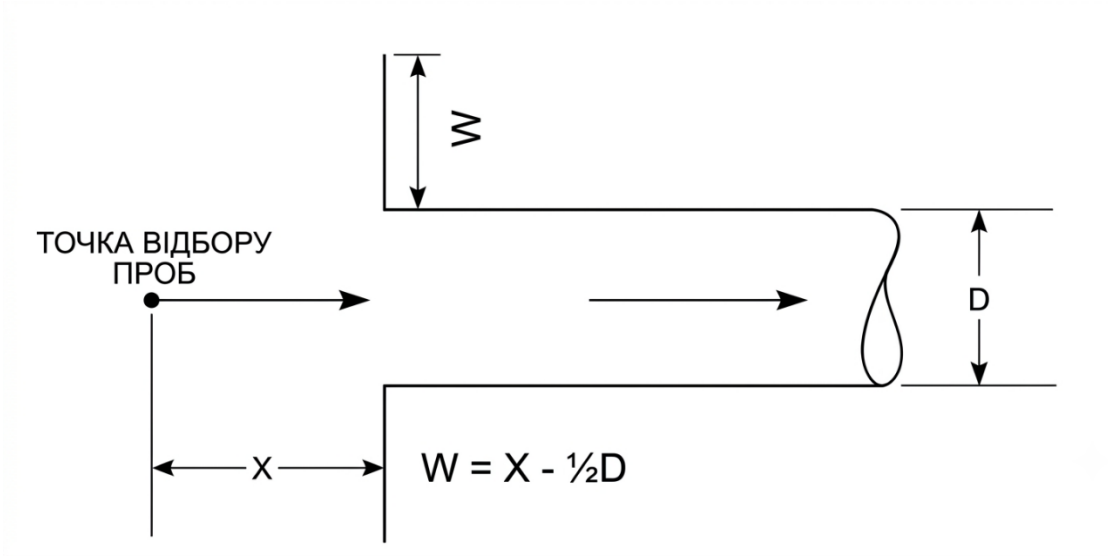


Рис. 1.6. Ефективна ширина фланця (W)

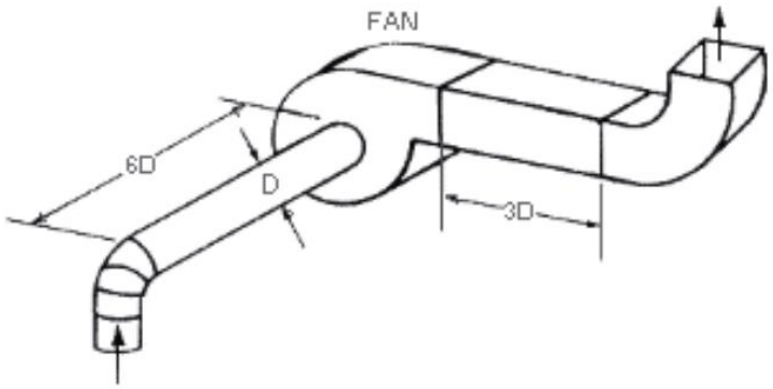


Рис. 1.7. Ілюстрація правила «шести та трьох»

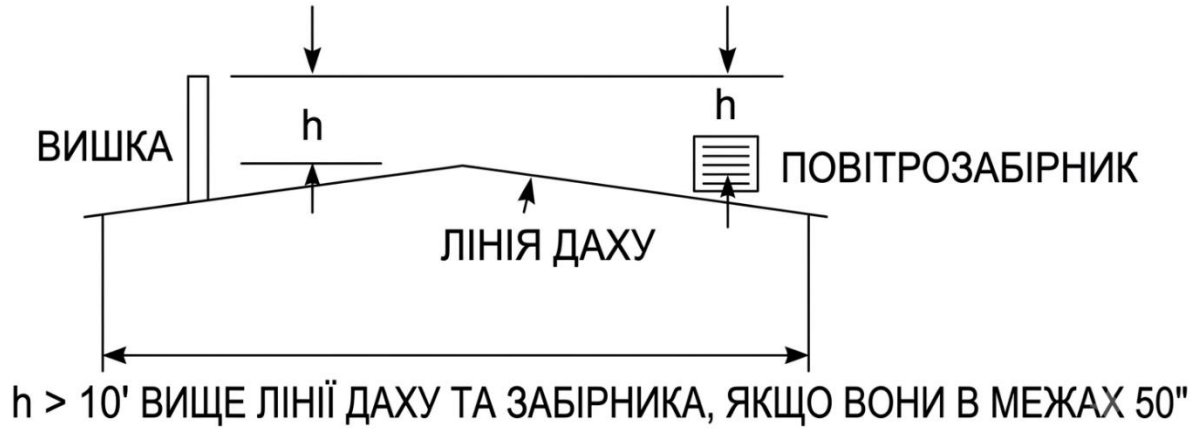


Рис. 1.8. Мінімальна висота витяжної труби

Добрі практики при перегляді планів та специфікацій

- **Дослідіть передумови та цілі проекту.**

 Зрозумійте обсяг проекту. Що саме має бути включено і чому?

 Зверніть увагу на стислість і точність викладу. Відзначте неоднозначні фрази, «юридичну мову» (legalese) та повтори.

 Чи чітко у специфікаціях зазначено, що саме потрібно? Що очікується?

 Чи відповідають плани та технічні умови відповідним нормам, стандартам, вимогам, політикам? Чи рекомендують вони належні практики, встановлені в галузі?

 Чи зможе проектувальник спроектувати, а підрядник побудувати систему на основі цих планів і специфікацій?

 Чи відповідатиме проект вимогам OSHA (Управління з охорони праці), якщо він буде реалізований згідно з пропозицією?

V. Запобігання та контроль

A. Елементи якісної програми обслуговування

- **Щоденно:** Візуальний огляд, перевірка тиску, опитування користувачів.
- **Щотижня:** Перевірка очищувачів, корпусів вентиляторів, ременів.
- **Щомісяця:** Перевірка компонентів очищувача повітря.

Запобіжні заходи для зменшення мікробних проблем у будівлях

- Запобігайте накопиченню вологи в зайнятих приміщеннях (відносна вологість 60% або менше).
- Запобігайте збору вологи в компонентах системи HVAC.
- Видаляйте застійну воду та слиз із механічного обладнання.
- Використовуйте пару для зволоження.
- Уникайте використання розпилювачів води в системах HVAC.
- Використовуйте фільтри з рейтингом ефективності уловлювання 50–70%.
- Знайдіть та утилізуйте меблі та обладнання, пошкоджені мікроорганізмами.

- Забезпечте регулярне профілактичне обслуговування.

Б. Інші заходи

- **Мікроорганізми:** Перевірка на застійну воду, плісняву або слиз.
- **Хімічні речовини:** Додаткова вентиляція, видалення джерела, переведення чутливих працівників.
- **Тютюновий дим:** Виділені зони з негативним тиском, витяжка без рециркуляції.

Вступ до вентиляції (Primer)

Вибір системи

Вибір залежить від джерел викидів, поведінки працівників та руху повітря.

Критерії вибору для загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції

Загальнообмінна (розбавлювальна) вентиляція є доцільною, коли:

- Джерела викидів містять речовини відносно низької небезпеки (ступінь небезпеки залежить від токсичності, швидкості отримання дози та індивідуальної сприйнятливості);
- Викиди переважно складаються з парів, газів або дрібних аерозолів, придатних для дихання (тих, що навряд чи осядуть);
- Викиди відбуваються рівномірно;
- Викиди широко розсіяні;
- Переважають помірні кліматичні умови;
- Потрібно видалити тепло з приміщення шляхом його продування зовнішнім повітрям;
- Необхідно зменшити концентрацію парів у закритому просторі;
- Потрібно контролювати переносні або мобільні джерела викидів.

Місцева витяжна вентиляція є доцільною, коли:

- Джерела викидів містять речовини відносно високої небезпеки;

- Викинуті матеріали переважно складаються з твердих частинок більшого діаметру (які схильні до осідання);
- Викиди змінюються з часом;
- Джерела викидів є точковими;
- Працівники працюють у безпосередній близькості до джерела викидів;
- Підприємство розташоване в суворих кліматичних умовах;
- Необхідно мінімізувати повітрообмін.

Загальнообмінна (розбавлювальна) вентиляція

Дозволяє забруднювачу потрапити в повітря, після чого розбавляє його до прийнятного рівня. Потребує ефективного змішування.

Місцева витяжна вентиляція

Складається з вентиляторів, ковпаків, повітропроводів, очищувачів та витяжних труб. Захоплює забруднювач біля джерела.

- **Вентилятори:** Вибір залежить від об'єму повітря, тиску, типу забруднювача та шуму.
- **Ковпаки:** Повинні бути максимально близькими до джерела. Уникайте викривлення потоку повітря в зоні дихання працівника.
- **Повітропроводи:** Турбулентний потік 2000–6000 футів/хв (fpm).
- **Витяжні труби:** Мінімальна висота 10 футів над дахом, розміщення подалі від повітрозабірників.

Припливні системи (Make-up Air)

Заміщують витягнуте повітря, щоб уникнути розрідження (негативного тиску), яке знижує ефективність витяжки.

HVAC

Використовується для комфорту, контролю запахів та CO_2. Включає фільтрацію, нагрівання/охолодження та контроль вологості.

Рециркуляція

Зазвичай не рекомендується. Якщо використовується, повинна включати очищувачі, системи моніторингу та регулярне обслуговування (див. Таблицю 1.6).

Критерії рециркуляції

- Захист працівників має бути основним критерієм при проєктуванні.
- Система повинна видаляти стільки забруднювальних речовин, скільки економічно доцільно відокремити від витяжного повітря.
- Система не повинна проєктуватися виключно для досягнення гранично допустимих рівнів впливу (PEL).
- Система ніколи не повинна допускати, щоб рециркуляція суттєво підвищувала існуючий рівень впливу шкідливих речовин.
- Рециркуляція не повинна використовуватися, якщо присутні канцерогени.
- Система повинна мати відмовостійкі функції, наприклад, попереджувальні пристрої на критичних вузлах та резервні системи.
- Слід використовувати очисні та фільтрувальні пристрої, що забезпечують безперервне та надійне вловлювання забруднювальних речовин.
- Система повинна передбачати байпас (обхідний шлях) або допоміжну витяжну систему для використання під час виходу основної системи з ладу.
- Система повинна включати пристрої зворотного зв'язку, що контролюють продуктивність (наприклад, датчики статичного тиску, лічильники частинок, монітори сили струму).
- Система має бути спроєктована таким чином, щоб не здійснювати рециркуляцію повітря під час несправності обладнання.
- Роботодавець повинен навчати працівників правилам використання та експлуатації системи.

Чому розмір має значення: помилка при виборі системи HVAC

Одна з найгірших помилок, яку можна зробити при купівлі нового обладнання HVAC (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря), — це вибір пристрою неправильного розміру для вашого приміщення. Особливо якщо ваш старий пристрій не забезпечував належного опалення або

охолодження, у вас може виникнути спокуса обрати більш потужний пристрій, думаючи, що так ви досягнете комфортніших умов.

Ви їх не отримаєте. Коли мова йде про печі, котли та кондиціонери, «більше» не обов'язково означає «краще». Вам потрібен пристрій з потужністю, яка точно відповідає потребам вашого приміщення.

Ось 8 причин, чому пристрій завеликої потужності — це неправильний вибір для ваших потреб у опаленні та кондиціонуванні:

1. Пристрій часто вмикається та вимикається. Це називається «короткими циклами» (short cycling) і є типовою ознакою завеликої печі або кондиціонера. Це означає, що ваша система працює набагато інтенсивніше, споживає більше палива та забезпечує менш комфортні умови.

2. Частіші поломки. Коли пристрій вмикається і вимикається так багато разів протягом дня, це створює значне зношування деталей обладнання. Будь-яка фахова сервісна компанія HVAC у Нью-Йорку підтвердить, що в результаті деталі виходитимуть з ладу раніше, ніж очікувалося, а рахунки за ремонт комерційних кондиціонерів або печей зростатимуть. Не кажучи вже про незручності та можливі перерви в роботі бізнесу через поломку системи.

3. Зменшений термін служби обладнання. Усі ці часті цикли згубно впливають на вашу систему HVAC. Якщо ви придбали пристрій з очікуваним терміном служби 15–20 років, він може вийти з ладу всього за 10 років.

4. Вищі рахунки за комунальні послуги. Пристрої завеликої потужності марнують енергію, оскільки обладнання споживає найбільше енергії під час запуску. Оскільки система запускається частіше протягом дня і до того ж має вищу потужність, ви побачите стрибок споживання енергії.

5. Непостійна температура. Короткі цикли створюють протяги, непостійне нагрівання та охолодження, а також можуть призвести до появи зон із різною температурою («гарячих» та «холодних» точок) у вашому приміщенні.

6. Проблеми з вологістю та низька якість повітря в приміщенні. Кондиціонери, які мають завелику потужність, не працюють достатньо довго,

щоб видалити вологу з повітря. Це призводить до надмірної вологості, яка може спричинити безліч проблем: від пошкодження меблів та комп'ютерів до розмноження та поширення бактерій, вірусів та небезпечної плісняви.

7. Шум. Потужний пристрій, який цілий день працює на повну потужність у режимі частих увімкнень, створює багато шуму, що може заважати вашому бізнесу. Якщо ви керуєте рестораном, магазином або медичним закладом, це може навіть відлякувати клієнтів.

8. Вищі витрати на купівлю, експлуатацію та обслуговування. Навіщо платити більше за те, що коштуватиме вам дорожче в експлуатації та забезпечить менший комфорт? Це випадок, коли ви не обов’язково отримуєте те, за що платите. Переплата за потужніший пристрій не принесе вам більше комфорту. Обирайте пристрій правильного розміру, щоб отримати саме те, що вам потрібно.

Іноді «менше — це більше».

У деяких випадках вам може знадобитися пристрій з меншою потужністю, ніж був раніше. Це пояснюється тим, що в багатьох будівлях Нью-Йорка встановлено обладнання HVAC, змонтоване будівельниками без належної кваліфікації. Іноді будівельники припускаються тієї ж помилки, що й власники будинків чи бізнесу, встановлюючи більший пристрій, ніж потрібно. Крім того, під час реконструкції будівель часто впроваджуються дизайнерські рішення та заходи з енергоефективності, які зменшують потреби в опаленні та охолодженні.

Охорона праці для підприємств HSL — безпечна робота в галузі опалення, сантехніки та вентиляції

Від котельні до монтажу на даху: фахівці працюють у тісних, часто складних умовах, з важкими конструкціями та підвищеною небезпекою падіння чи пожежі. XAFE гарантує, що ваша команда в галузі HSL (опалення, сантехніка, вентиляція) працюватиме безпечно та згідно з нормативними вимогами — завдяки індивідуальним рішенням спеціально для вашої галузі.

Небезпеки у сфері опалення, сантехніки та вентиляції — і як XAFE їх вирішує Робота з гарячими матеріалами, у тісних шахтах або на дахах несе особливі ризики та потребує професійних заходів з охорони праці. XAFE допоможе вам виявити ці небезпеки та забезпечити практичні заходи безпеки.

Типові небезпеки та приклади наших рішень:

- **Робота в тісних шахтах та технічних приміщеннях:** Високий ризик нещасних випадків через перечеплення, нестачу кисню або спеку — XAFE надає підтримку у проведенні оцінки ризиків та підборі відповідних захисних заходів.
- **Падіння під час роботи на драбинах або дахах:** Особливо під час монтажу вентиляційних систем — ми розробляємо плани захисту від падіння та проводимо навчання з безпечного використання драбин і риштувань.
- **Ризик пожежі та вибуху під час паяння або зварювання:** Забезпечуємо практичні інструктажі, концепції розміщення вогнегасників та вказівки для роботи з відкритим полум'ям.
- **Контакт із небезпечними речовинами:** Незалежно від того, чи це засоби для чищення, чи герметики — XAFE допоможе вам створити переліки небезпечних речовин та провести належний інструктаж персоналу.
- **Важка фізична праця та перенапруження:** Ми надаємо консультації щодо ергономіки праці, допоміжних засобів та режиму перерв, щоб у довгостроковій перспективі зберегти здоров'я ваших фахівців.

Правові основи — багато норм, багато обов'язків. Охорона праці у HSL-сфері чітко врегульована законом: Закон про охорону праці (ArbSchG) зобов'язує вас захищати працівників від таких небезпек, як падіння, опіки чи вплив небезпечних речовин. Постанова про безпеку обладнання (BetrSichV) визначає, як безпечно експлуатувати робочі засоби, такі як газове обладнання, драбини чи посудини під тиском.

Крім того, ви повинні забезпечити відповідність вашого підприємства вимогам Постанови про безпеку обладнання (BetrSichV). Це визначає, як необхідно надавати та експлуатувати робочі засоби. Але це далеко не все.

Важливі положення коротко:

- **DGUV Regel 100-500:** Безпека при роботі з газовими установками та пристроями під тиском.
- **DGUV Vorschrift 1:** Принципи запобігання нещасним випадкам у всіх професіях.
- **DGUV Vorschrift 38:** Будівельні роботи, актуально для будівельних майданчиків.
- **Обов'язок оцінки ризиків:** Кожен роботодавець повинен систематично оцінювати та документувати ризики.

Покращення кондиціонування повітря: уникайте цих 5 помилок при проєктуванні повітроводів

Робите ремонт у своєму комерційному приміщенні та прагнете водночас покращити кондиціонування повітря? Чи хочете ви, щоб після завершення робіт у вашому просторі панувала комфортна та стабільна температура? Як щодо хорошої якості повітря? Енергоефективності? Якщо так, то варто запланувати оновлення вашої системи HVAC та проєктування її повітроводів на ранніх етапах ремонту, щоб уникнути помилок.

Ймовірно, ви й не здогадувалися, що про систему HVAC та її повітроводи потрібно думати ще до того, як архітектор завершить роботу над кресленнями. Дізнайтеся, як покращити кондиціонування повітря за допомогою правильного проєктування повітроводів і чому необхідно залучати експертів із HVAC на ранній стадії ремонту.

Наслідки поганого проєктування повітроводів

За даними Міністерства енергетики України, середня система повітроводів HVAC ефективна лише приблизно на 60 відсотків. Це означає, що повітря не циркулює у вашому приміщенні та системі HVAC належним чином, що призводить до різноманітних небажаних наслідків:

- Поява гарячих і холодних зон, протягів та задухи в приміщенні через перешкоди для повітряного потоку.
- Додатковий знос кондиціонера, оскільки йому доводиться працювати довше і з більшим навантаженням, щоб компенсувати недоліки конструкції повітроводів.
- Триваліша робота обладнання призводить до скорочення терміну його служби.
- Погана якість повітря, через що люди в приміщенні піддаються впливу підвищеного рівня пилу, забруднюючих речовин, випарів і навіть плісняви через надмірну вологість.
- Незбалансований тиск повітря, через що неприємні запахи не вивітрюються, двері зачиняються самі по собі, а рівень шуму в приміщенні відволікає увагу.

Дізнатися більше: Серйозні проблеми з кондиціонуванням, викликані поганим потоком повітря

5 поширених помилок при проєктуванні повітроводів

Правильне проєктування повітроводів забезпечує такий рівень повітряного потоку, який необхідний вашій системі HVAC для ефективної роботи та створення бажаного й очікуваного комфорту в оновленому просторі. Ось кілька поширених помилок при проєктуванні повітроводів, які перешкоджають роботі вашого кондиціонування:

1. Замалий розмір (недостатній діаметр) Під час планування системи підрядники можуть не врахувати тип системи кондиціонування, потреби в навантаженні різних кімнат, розташування повітроводів та обладнання, а також матеріали, з яких вони виготовлені. Усі ці фактори впливають на правильний розмір ваших повітроводів. Помилка у цьому питанні часто призводить до того, що повітроводи HVAC виявляються замалими. *(Нижче наведено поради, як зробити все правильно).*

2. Занадто довгі лінії (траси) Якщо розташування обладнання HVAC та системи повітроводів не оптимізовано на етапі планування, обладнання може

опинитися далеко від приміщення, яке потрібно охолоджувати. Це може вимагати довгих ліній повітроводів, через що системі HVAC буде важче транспортувати охолоджене повітря до певних зон у приміщенні.

3. Гострі повороти Так само як і довгі траси повітроводів перешкоджають потоку повітря, занадто гострі або надто численні вигини повітроводів зменшують кількість повітря, що доходить до приміщення.

4. Витоки повітря Повітроводи кондиціонування, які герметизовані або закріплені неналежним чином, можуть у підсумку пропускати охолоджене повітря всередину стін, де воно не принесе жодної користі людям у вашому приміщенні.

5. Брак зворотних каналів (рециркуляції) Для підтримки збалансованого тиску повітря вашій системі повітроводів потрібні витяжні (зворотні) вентиляційні отвори, щоб повітря з кімнати могло затягуватися назад у систему HVAC. Недостатня кількість зворотних каналів — це поширена помилка проєктування, яка призводить до скарг на дискомфорт.

6 порад для правильного проєктування повітроводів

Щоб переконатися, що ваші повітроводи спроєктовані належним чином, почніть із залучення кваліфікованого спеціаліста з проєктування HVAC на ранній стадії розробки ремонту. Досвідчений професіонал працюватиме спільно з архітектором і підрядником, щоб виконати наступне:

1. Обрати найкраще місце для обладнання HVAC та повітроводів. При правильному плануванні обладнання HVAC має бути розташоване в центрі приміщення, щоб забезпечити найкоротші лінії повітроводів. Повітроводи слід розміщувати у внутрішніх стінах та стелі, щоб мінімізувати втрати кондиційованого повітря. Уникайте встановлення повітроводів на горищах та в некондиціонованих підполах для досягнення максимальної ефективності.

2. Детальний розрахунок навантаження. Особливо коли у вашому просторі є різні кімнати або зони з різними вимогами до опалення та

охолодження, важливо, щоб розрахунки навантаження проводилися індивідуально для кожної кімнати, а не лише для всього приміщення загалом.

Дізнатися більше: 4 причини, чому вам потрібне проєктування HVAC для встановлення кондиціонера

3. Врахувати тип вашого обладнання та допоміжні системи. Певні типи систем кондиціонування, наприклад, теплові насоси, можуть вимагати більших повітроводів. Якщо ваша система включає очищувачі повітря з фільтрами на активованому вугіллі, вони також впливають на потік повітря і можуть вимагати більших повітроводів та/або додаткових зворотних вентиляційних каналів.

4. Використовувати правильні матеріали, фітинги та кріплення. Матеріали повітроводів можуть відрізнятися залежно від вимог та бюджету, але переконайтеся, що ваш установник використовує найкращі матеріали для ваших потреб. Гнучкі повітроводи (часто звані «флекс») із армованого пластику простіші та дешевші в монтажі, але вони не такі довговічні, як листовий метал. Якщо для вас дуже важливі безшумна робота та енергоефективність, можливо, варто обрати повітроводи з пресованого скловолокна (duct board) — вони дорожчі, але дуже тихі та ефективні.

5. Обрати правильний розмір та схему повітроводів. Коли всі змінні системи визначені, ваш спеціаліст із проєктування HVAC зможе розробити найефективнішу схему повітроводів і розрахувати їхній правильний розмір. Щоб урахувати всі необхідні фактори, багато професіоналів використовують інструмент під назвою ACCA Manual D.

6. Забезпечити належну герметизацію повітроводів. Чи знаєте ви, що до 20 відсотків кондиційованого повітря може втрачатися, якщо стики повітроводів герметизовані неправильно? Проблема посилюється з високоефективними системами, які працюють довше на меншій потужності. Повітря перебуває в повітроводах протягом тривалішого періоду часу, тому більше його може вийти через негерметичні стики. Переконайтеся, що стики

ваших повітроводів герметизовані мастичною гумою (мастикою) або стрічкою на металевій основі для запобігання витокам.

Прочитавши це, чи не хвилюєтеся ви, що ваш установник HVAC може не мати достатньо досвіду для роботи з проєктуванням повітроводів? Для такої важливої справи, як ремонт, отримання бажаних результатів може вимагати від вас пошуку більш обізнаного та досвідченого постачальника послуг.

4 причини, чому вам потрібне проєктування HVAC для встановлення кондиціонера

Якщо ви перебуваєте в процесі ремонту комерційного приміщення в Нью-Йорку, ви знаєте, як багато планування вимагає цей проєкт. Архітектори, інженери, будівельники та підрядники — кожен робить свою справу, щоб простір виглядав і функціонував відповідно до вимог клієнта і був завершений у межах виділеного бюджету та термінів. Незважаючи на це, один із найважливіших аспектів планування ремонту іноді залишається поза увагою: проєктування HVAC.

У багатьох випадках саме скарги від клієнтів та орендарів будівлі спонукають до проведення ремонту. Це особливо актуально для готелів, ресторанів, роздрібних магазинів та інших підприємств, де задоволеність клієнтів може вирішити долю бізнесу. Як наслідок, власники та менеджери цих приміщень мають певні вимоги, коли починають проєкт реновації. Підвищений комфорт та якість повітря часто входять до цих очікувань, так само як і зниження витрат на енергію. Проєкт HVAC відіграє важливу роль у тому, чи будуть задоволені ці вимоги.

За даними *FacilitiesNet*, результати проєкту реновації часто не виправдовують цих очікувань через помилки, допущені під час самого процесу ремонту. Одна з найпоширеніших скарг полягає в тому, що системи HVAC та інші механічні системи важко обслуговувати через важкодоступність компонентів. Більше того, Управління з охорони праці США (OSHA) повідомляє, що скарги на якість повітря в приміщеннях

пов'язані як з поганим проєктуванням механічних систем, так і з неналежним доглядом за ними.

Залучення експертних знань досвідченої компанії зі встановлення кондиціонерів під час проєктування ремонту може усунути ці проблеми. Експерти з HVAC можуть запропонувати способи покращення доступу до обладнання та допомогти підібрати системи, які краще контролюють комфорт і якість повітря. Ось яким чином:

1. Вибір правильного типу системи для приміщення

Коли існуючий простір оновлюється, це можливість переосмислити спосіб його опалення та охолодження. Нові матеріали та структурні зміни вплинуть на потребу в опаленні та охолодженні, у багатьох випадках зменшуючи вимоги до навантаження завдяки вищій енергоефективності. Якщо змінюється характер використання приміщення (наприклад, з'являється новий орендар з іншим типом бізнесу), вимоги до опалення та охолодження також змінюються. Найпростіше — просто купити новішу модель вже існуючої системи, але це може більше не бути правильним вибором для нового простору. Замість спліт-системи, тепловий насос або система VRF можуть мати більше сенсу. Процес проєктування HVAC гарантує, що ви встановлюєте саме ту систему, яка відповідає потребам приміщення.

2. Розрахунок правильного розміру системи

Багато старих кондиціонерів є завеликими для потреб приміщення. У минулі роки логіка була такою: «чим більше, тим краще», і передбачалося, що потреби в кондиціонуванні з часом лише зростатимуть. Насправді ж усе навпаки. Завдяки підвищенню енергоефективності будівель та ефективності нових технологій, часто існуючому простору потрібен агрегат меншої потужності, ніж використовувався раніше. Якщо ви просто оберете блок такого ж розміру, після завершення ремонту він часто виявиться занадто великим.

Що поганого в занадто великій системі? Надпотужні кондиціонери не лише марно витрачають енергію, а й працюють неефективно. Це призводить

до нестабільної температури та вологості в приміщенні, а також до частіших поломок і скорочення терміну служби обладнання. Експерт із HVAC може виконати необхідні розрахунки, щоб переконатися, що нова система HVAC підібрана правильно за розміром для забезпечення ефективної роботи та максимального комфорту.

3. Вибір найкращого бренду обладнання

Вибір найдешевшого обладнання для встановлення кондиціонера може обернутися проти вас. Система, яка здавалася такою вигідною покупкою, може мати відомі проблеми з надійністю та продуктивністю, через що в довгостроковій перспективі вона коштуватиме дорожче.

Експерт із HVAC, який встановлює обладнання всіх брендів, може дати неупереджену рекомендацію на основі необхідного типу системи та розміру. Багато факторів впливають на вибір бренду, включаючи продуктивність, енергоефективність, довгострокову надійність та зручність в обслуговуванні.

4. Проєктування ефективної системи розподілу повітря

Навіть якщо ви обрали правильний тип, розмір і бренд обладнання, воно не буде виконувати свою роботу добре без належним чином спроєктованої системи розподілу. Щоб зробити простір рівномірно комфортним, механізми вентиляції та керування повинні бути ретельно сплановані, щоб кожна зона отримувала правильну кількість охолодження та тепла. У деяких випадках частині приміщення потрібне тепло, тоді як інші вимагають охолодження. Це часто трапляється у великих будівлях, де периметр, який отримує зовнішнє повітря та світло, має зовсім інші вимоги порівняно з внутрішньою частиною простору. Правильне проєктування HVAC гарантує, що весь простір залишатиметься стабільно комфортним.

Система ОВК — це система, яка переміщує тепле або холодне повітря в будівлі за допомогою повітроводів. Більшість людей називають ці системи «спліт-системами», оскільки вони мають частини, розташовані як всередині, так і зовні.

Система ОВК з двох компонентів складається з двох основних частин. Вона має зовнішній блок, який може бути кондиціонером або тепловим насосом. Всередині знаходяться такі пристрої, як газовий котел та вентиляційна установка (припливна установка). Вентиляційна установка використовує двигун вентилятора для переміщення повітря. Система також включає термостат і мережу повітроводів для циркуляції повітря.

Розуміння ролі термостата

Термостат — це головний пристрій вашої системи ОВК. Він допомагає вам вибрати бажану температуру в будинку. Якщо кімнатна температура відрізняється від встановленої вами, термостат посилає сигнал до вашої системи ОВК. Цей сигнал дає їй команду почати нагрівання або охолодження відповідно до потреб.

Коли ви налаштовуєте термостат на **21 °C** у спекотний літній день, він підтримує температуру у вашому домі, автоматично вмикаючи кондиціонер, якщо температура в приміщенні перевищує **21 °C**, або вмикаючи систему опалення, якщо вона опускається нижче **21 °C**.

Термостат контролює температуру у вашому домі. Він допомагає вашій системі ОВК підтримувати її на бажаному рівні.

Серце опалення: котли та теплові насоси

Котли та теплові насоси є ключовими елементами системи ОВК, яка забезпечує тепло. Опалювальному котлу потрібне джерело палива, наприклад, природний газ або пропан, для виробництва тепла. Він використовує теплообмінник для передачі цього тепла повітрю, яке потім циркулює по всьому будинку.

Тепловий насос — це система опалення, яка дозволяє заощаджувати енергію. Він не виробляє тепло самостійно. Замість цього він використовує холодоагент (хладагент) для вловлювання тепла з зовнішнього повітря та перенесення його у ваш будинок.

Як котли, так і теплові насоси можуть зберігати ваш будинок у теплі. Але теплові насоси часто споживають менше енергії. За екстремально холодної

погоди тепловому насосу може бути важко зібрати достатньо теплової енергії. У цьому випадку може знадобитися використання електричних нагрівальних елементів (ТЕНів). Ці елементи є менш ефективними для задоволення потреб в опаленні.

Охолодження: кондиціонери та принцип їхньої роботи

Кондиціонери охолоджують повітря в системі ОВК. Котли та теплові насоси, натомість, нагрівають повітря. Як і теплові насоси, кондиціонери використовують холодоагент. Цей холодоагент забирає тепло з внутрішнього повітря і виводить його назовні.

Тепле повітря з вашого будинку всмоктується через зворотні повітроводи у внутрішній блок вашої системи ОВК. Це повітря проходить через змійовик випарника, який містить холодний холодоагент. Коли тепле повітря проходить над холодоагентом, останній переходить з рідкого стану в газоподібний. Під час цієї зміни стану холодоагент поглинає тепло з повітря.

Охолоджене повітря повертається у ваш будинок за допомогою двигуна вентилятора системи. Нагрітий газ-холодоагент спрямовується до зовнішнього блоку. Там він переміщується в змійовик конденсатора і виділяє тепло, яке він поглинув з внутрішнього повітря.

Як системи ОВК використовують охолодження для охолодження будівель

Система ОВК охолоджує завдяки процесу рефрижерації (охолодження). Охолоджувальний блок розміщується зовні будівлі. Всередині цього блоку міститься спеціальна хімічна речовина, яка називається холодоагентом. Цей холодоагент рухається по системі, переходячи з рідкого стану в газоподібний, а потім знову в рідкий.

Холодоагент надходить у змійовик випарника у вигляді холодної рідини. Коли тепле повітря проходить над цим холодним змійовиком, холодоагент поглинає тепло з повітря і перетворюється на газ. Потім система повертає охолоджене повітря назад у будівлю. Цей процес триває доти, доки не буде досягнуто бажаної температури.

Холодоагент — це газ, який транспортує тепло з вашого будинку. Він переміщується до зовнішнього блоку, де охолоджується і знову стає рідким холодоагентом. Процес починається спочатку.

Процес теплообміну в системах ОВК

Теплообмін — це важливе поняття для розуміння роботи систем ОВК. Простіше кажучи, це передача тепла від гарячого об'єкта до холоднішого. Коли працює опалювальна частина системи ОВК, котел або тепловий насос генерує тепло. Це тепло потім зігріває холодне повітря навколо нього.

Тепле повітря циркулює через повітроводи по всьому будинку. Воно передає своє тепло прохолоднішому повітрю всередині приміщень. Коли тепле повітря надходить у кімнату, холодне повітря повертається назад у систему ОВК. Це холодне повітря проходить через зворотні повітроводи для повторного нагрівання.

Під час циклу охолодження випарник кондиціонера або теплового насоса поглинає тепло. Тепле повітря з вашого будинку проходить над випарником. При цьому теплова енергія передається холодоагенту. Цей процес утворює прохолодне повітря, яке потім розповсюджується по всьому будинку.

Вентиляція: циркуляція повітря для здоров'я та комфорту

Вентиляція є важливою для забезпечення гарної якості повітря всередині будівлі. Вона постачає свіже повітря з вулиці. Вона також видаляє затхле повітря зсередини, яке може містити шкідливі речовини.

Правильна вентиляція покращує якість повітря та знижує рівень забруднення всередині приміщень. Вона також запобігає накопиченню надмірної вологи. Висока вологість може призвести до проблем, таких як поява цвілі. Крім того, вентиляція дозволяє контролювати внутрішню температуру та може знизити витрати на електроенергію.

Хороша система ОВК сприяє створенню здоровішого та комфортнішого внутрішнього простору за допомогою вентиляції.

Типи систем ОВК та їх застосування

Системи ОВК доступні в різних типах і розмірах. Ви можете використовувати їх як у маленьких будинках, так і на великих підприємствах. Вибір правильної системи ОВК залежить від розміру будівлі, погодних умов та потреб людей всередині.

Існують принципові відмінності між житловими та комерційними системами ОВК. Канальні системи та безканальні міні-спліт-системи мають свої унікальні ситуації, де вони працюють найкраще.

Житлові та комерційні системи ОВК

- **Житлові системи ОВК** розроблені для приватних будинків та квартир.
- **Комерційні системи ОВК** використовуються у великих будівлях, таких як офіси, школи та лікарні.
- Житлові системи ОВК потребують менше ресурсів. Вони менші та простіші. Ці системи зазвичай коштують дешевше в установці та обслуговуванні.
- Натомість комерційні системи ОВК можуть задовольнити значно більші потреби в опаленні та охолодженні. Вони також є складнішими та дорожчими в налаштуванні.
- Житлові системи ОВК призначені для домівок, тоді як комерційні системи ОВК призначені для підприємств.
- Житлові системи зазвичай менші; комерційні системи більші та складніші.
- Потреби в обслуговуванні різняться. Житлові системи можуть вимагати менш частих перевірок, тоді як комерційні системи потребують регулярного технічного обслуговування.
- Встановлення житлових систем може бути простішим і швидшим. Натомість комерційні системи часто вимагають більше часу та спеціалізованих навичок.

- Енергоефективність важлива для обох типів, але комерційні системи часто мають вищі енергетичні рейтинги для обслуговування більших площ.

Характеристика	Житлові	Комерційні
Розмір	Менші та менш складні	Більші та складніші
Застосування	Будинки та квартири	Офісні будівлі, школи, лікарні
Ціна	Менш дорогі в установці та обслуговуванні	Дорожчі в установці та обслуговуванні

Канальні системи проти безканальних систем

Канальні системи ОВК та безканальні міні-спліт-системи мають внутрішній і зовнішній блоки. Вони працюють як роздільні (спліт) системи. Канальні системи використовують повітроводи для переміщення прохолодного або теплого повітря по всьому будинку. Натомість безканальні системи не мають повітроводів.

У канальній системі повітроводи часто приховані. Вони проходять крізь ваші стіни, стелю та підлогу, доставляючи повітря в кожну кімнату через вентиляційні отвори (решітки). Хоча ці системи працюють добре, їх встановлення може бути складним, оскільки воно вимагає прокладання великої кількості повітроводів.

Безканальні міні-спліт-системи прості в установці, оскільки вони не потребують повітроводів. Вони видувають прохолодне або тепле повітря безпосередньо в кожну кімнату за допомогою внутрішнього блоку, закріпленого на стіні. Кожен внутрішній блок має свій власний термостат. Це дозволяє контролювати температуру в кожній кімнаті або «зоні» вашого будинку окремо.

1.2. Вибір і обґрунтування параметрів мікроклімату у приміщеннях.

Період·року¤	Температура,·°С¤	φ,·%¤	V,·м/с¤
Теплий¤	22¤	55¤	0,2¤
Холодний¤	20¤	40¤	0,25¤

1.3. Вибір і обґрунтування параметрів зовнішнього повітря.

Період року	Температура t_{ext}, °С	Ентальпія I_{ext}, кДж/кг	Вологовміст d_{ext}, г/кг	Відносна вологість ϕ_{ext}, %
Теплий	28	73	13,5	69
Холодний	-22	-22	0,3	83

Таблиця додаткових тепловтрат β_v через зовнішні огородження за напрямками та повторюваністю вітру в м. Дніпро

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	Б	З	ПнЗ
Повторюваність вітру, %	9,0	13,0	10,0	15,0	15,0	13,0	9,0	11,0
Швидкість вітру V, м/с	5,0	5,0	4,9	5,1	5,1	4,9	5,0	5,6
Коефіцієнт β_v	**0**	**0**	**0**	**0,10**	**0,1**	**0**	**0,00**	**0**

Примітка: Таблиця складена на підставі ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"

Таблиця визначення додаткових тепловтрат Σβ через огородження.

	Пн	*ПнС*	*С*	*ПдС*	*Пд*	*ПдЗ*	*З*	*ПнЗ*
1 поверх	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10
2 поверх	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10
3 поверх	0,05	0,05	0,05	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05
4 поверх	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Типовий поверх	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00

Розділ 2. Опалення.

Опалення багатоквартирного будинку: які системи підходять?

Планування системи опалення в багатоквартирному будинку (МФХ) принципово схоже на планування в будинку для однієї родини. Однак тут необхідно враховувати значно більше взаємозв'язків, щоб знайти рішення, прийнятне для всіх сторін. Ми покажемо, які системи опалення підходять для багатоквартирних будинків.

Опалення багатоквартирного будинку – огляд

Нерухомість не буває однаковою. Відмінність між будинком для однієї родини та багатоквартирним будинком очевидна — це розмір. З цим пов'язане оптимальне проектування потужності відповідної опалювальної установки. Опалювальна система в багатоквартирному будинку повинна не лише забезпечувати теплом кількох власників, а й шляхи розподілу, які гаряча вода долає в будинку, подекуди є значно довшими, ніж у будинку для однієї чи двох родин. Крім того, опалювальний котел у багатоквартирному будинку повинен забезпечувати більшу потужність.

Тут розрізняють дві системи: центральне опалення та поквартирне газове опалення. Останнє працює ефективніше, оскільки не потребує довгих шляхів розподілу. Воно забезпечує кожен поверх у будинку окремо. Центральне опалення зазвичай розташовується в підвалі будинку. Звідти воно постачає тепло всім мешканцям аж до найвищого поверху.

Але яка система опалення найкраще підходить для багатоквартирного будинку? Незалежно від того, чи це газове опалення, централізоване теплопостачання (тепломережа), тепловий насос із сонячною термічною системою, пелетний котел чи паливний елемент, кожна система має свої специфічні переваги та недоліки. Залежно від стану та особливостей вашої нерухомості, деякі системи опалення підходять краще за інші.

Вартість систем опалення в багатоквартирному будинку

Витрати на опалення варіюються залежно від обраної системи та розміру будівлі. Конкретні витрати на модернізацію опалення в багатоквартирному

будинку безпосередньо залежать від кількості квартир (сторін). Тому вам у будь-якому випадку слід отримати індивідуальні пропозиції від спеціалізованих підприємств. Порада: порівнюйте кілька пропозицій між собою ще на етапі планування, щоб знайти найкращий варіант.

Однак і для одноквартирних, і для багатоквартирних будинків діє правило: перевагою газових, рідкопаливних (мазутних) та електроакумуляційних опалювальних систем часто є нижчі інвестиційні витрати. Але витрати на паливо цих систем у довгостроковій перспективі призводять до високих експлуатаційних видатків. Це не є ані привабливим для орендарів, ані вигідним з огляду на встановлені цілі щодо захисту клімату.

Відновлювані системи опалення, такі як теплові насоси та пелетні котли, пов'язані з суттєво вищими витратами на придбання. Проте в середньо- та довгостроковій перспективі вони працюють економічно, заощаджують гроші та часто приносять користь довкіллю.

Наступна таблиця показує можливий розподіл витрат на окремі системи опалення:

Тип опалення	Вартість
Газове конденсаційне опалення з сонячною термією	65 000 євро
Пелетне опалення (опалення на пелетах)	40 000 євро
Тепловий насос «повітря-вода»	33 000 євро
Тепловий насос «розсіл-вода» (ґрунтовий)	50 000 євро
БХКВ (блочна теплоелектроцентраль / когенераційна установка)*	40 000 євро

Ціни вказані з розрахунку на можливі витрати для багатоквартирного будинку на десять квартир. Конкретна вартість буде відрізнятися і залежить, наприклад, від розрахункової потужності установки, технічних умов будівлі та обраного виконавця.

Пам'ятайте: високі інвестиційні витрати можна знизити — залежно від обраної системи опалення — за допомогою державного субсидування.

Додаткові витрати виникають, наприклад, через:

- Для конденсаційних котлів потрібні відповідні системи відведення димових газів та димоходи, що у разі переобладнання з іншої системи означає додаткові витрати.
- Для пелетного та рідкопаливного опалення потрібне додаткове місце для зберігання пелет або баків для рідкого палива.
- Для газового опалення та паливних елементів необхідне підключення до державної газової мережі.
- Дооснащення повітряної системи для теплових насосів типу «повітря-повітря».
- Якщо ви обираєте геотермальний варіант, монтаж пов'язаний із дорогим бурінням свердловин.
- Додаткове утеплення вашої старої будівлі також часто є доцільним і пов'язане з додатковими фінансовими витратами.
- У будь-якому випадку важливим є гідравлічний баланс, за допомогою якого оптимізується розподіл тепла по окремих радіаторах у будинку.
- Залежно від системи опалення може знадобитися заміна старих радіаторів у будівлі.
- Крім того, враховуйте, що витрати на технічне обслуговування, паливо та можливі ремонтні роботи відрізняються від системи до системи.

Обов'язково зверніться за порадою до спеціалізованого підприємства з монтажу опалювальних систем у вашому регіоні. Експерт огляне ваші

індивідуальні умови безпосередньо на місці. Фахівці професійно проінформують вас про відповідні вимоги до окремих видів опалення, які підходять саме у вашому випадку.

Електроопалення: неекономічні теплоакумуляційні печі в багатоквартирному будинку

Хоча згідно з Положенням про енергозбереження (EnEV) від 2009 року ще йшлося про заборону теплоакумуляційних печей (нічних акумуляторів тепла), відповідно до параграфа 10a Положення про енергозбереження (EnEV) від 2013 року цієї заборони більше не існує. Закон про енергетику будівель (GEG), який діє з 2020 року, також не містить заборони на використання нічних теплоакумуляторів у багатоквартирних будинках. Однак це може змінитися за певних обставин із поправками до GEG 2023 року з огляду на чинні цілі щодо захисту клімату.

Якщо ви використовуєте електричне опалення в багатоквартирному будинку і виникла потреба в його заміні, слід враховувати, що нове електроопалення не є найефективнішим вибором. За умов постійного зростання тарифів на електроенергію використання електричного опалення як основної системи в багатоквартирному будинку є ані економічно вигідним, ані привабливим для орендарів. Сталішими альтернативами для багатоквартирного будинку є, наприклад, пелетне опалення, тепловий насос або когенераційна установка (БМЕЦ).

Теплові насоси як екологічна альтернатива

Як опалення для багатоквартирного будинку ви можете розглянути варіант встановлення теплового насоса. Він отримує тепло з навколишнього повітря або з землі, використовуючи при цьому певну частку електроенергії. У випадку моновалентного теплового насоса (коли тепловий насос повністю бере на себе все забезпечення теплом) цікавим варіантом може стати геотермальний тепловий насос («розсіл-вода») з глибоким бурінням.

Тепловий насос у багатоквартирному будинку коштує дорожче під час закупівлі, ніж газовий конденсаційний котел, проте за оптимальних умов

витрати на опалення є низькими, і він окупається протягом строку своєї служби. Тепловий насос є привабливим вибором для опалення багатоквартирного будинку, особливо в новобудовах. Крім того, на нього можна отримати субсидію у розмірі до 40 відсотків.

Важливо для теплових насосів: ідеальним приладом опалення є тепла підлога — з нею система працює найефективніше. Альтернативно цю роль можуть виконувати великі низькотемпературні радіатори. Старі секційні радіатори підходять для використання з тепловим насосом лише обмежено, проте їх використання не виключене.

Так само ваша будівля повинна мати хорошу теплоізоляцію, щоб зменшити втрати енергії. Інакше тепловий насос втратить свою економічну ефективність.

Ви також можете експлуатувати тепловий насос у бівалентному режимі — це означає, що пристрій підтримує вашу існуючу систему опалення. Наприклад, усі генератори тепла працюють на один спільний буферний накопичувач, або ж тепловий насос повністю перебирає на себе приготування гарячої води в багатоквартирному будинку. Однак це не є практичним у разі децентралізованого постачання гарячої води й підходить тільки для систем із централізованим гарячим водопостачанням.

Відновлюване джерело енергії: пелетне опалення в багатоквартирному будинку

Ще однією технологією опалення на відновлюваних джерелах є пелетний котел. Він спалює деревні пелети і тому є опаленням із дуже низьким рівнем викидів CO_2. Крім того, пелети тривалий час належали до найдешевших видів палива, доступних на ринку. Важливо: з 2022 року ціни на пелети також безперервно зростають. Якщо в січні 2022 року ціни становили в середньому близько семи центів за кіловат-годину, то в серпні 2022 року вони зросли приблизно до 13 центів за кіловат-годину. Тим не менш, вони все ще залишаються дешевшими, ніж, наприклад, газ.

Пелетний котел, на відміну від старіших моделей теплових насосів, менше залежить від низьких системних температур — він забезпечує високі температури без суттєвих втрат. Завдяки цьому дана система особливо добре підходить для об'єктів із високим рівнем споживання у немодернізованих старих будівлях та багатоквартирних будинках. Але: пелетне опалення, як і тепловий насос, належить до систем, які є відносно дорогими під час купівлі. Крім того, вам необхідно передбачити спеціальне приміщення (склад) для зберігання паливних пелет.

Когенерація забезпечує одночасне виробництво електроенергії та тепла

Для одноквартирного будинку така система тривалий час була занадто потужною, але як опалення для багатоквартирного будинку вона має великий сенс: блочна міні-електроцентраль. Завдяки принципу комбінованого виробництва тепла та електроенергії (когенерації), така установка "БМЕЦ" (BHKW) одночасно генерує електрику та тепло. Електроенергію ви споживаєте самі або віддаєте її в загальну мережу за встановлений тариф за вирощену електроенергію для БМЕЦ.

Дізнатися більше на цю тему ви можете в нашій статті про БМЕЦ у багатоквартирному будинку. Когенераційні установки можуть працювати на газі, рідкому паливі, а також на пелетах та інших видах палива.

Схожого принципу дотримується опалення на паливних елементах: ця система також одночасно генерує тепло та електроенергію під час електрохімічного процесу. На відміну від традиційної БМЕЦ, паливному елементу не потрібен додатковий генератор. Ця система особливо підходить для тривалого часу роботи та високих обсягів споживання.

Як паливо вам потрібен водень, який під час «холодного спалювання» перетворюється на тепло та електрику. Під час цього процесу не виділяються шкідливі відпрацьовані гази. Проте зважайте на те, що воднева інфраструктура в Німеччині ще не розбудована. Опалювальні установки на паливних елементах переважно працюють на природному газі. Тому експлуатаційні

витрати, доступність та екологічний аспект необхідно ретельно проаналізувати заздалегідь.

Сонячна термія знижує витрати на опалення

Принципово ви можете інтегрувати сонячну термальну установку в будь-яку існуючу центральну систему (будь то опалення чи приготування гарячої води). За умови наявності відповідного накопичувача та придатної покрівлі. Вона отримує тепло від сонячного випромінювання і направляє його в буферний накопичувач або в бак для приготування гарячої води.

Якщо ви дооснащуєте багатоквартирний будинок сонячною термією, тут також слід подумати про деякі передумови: як орієнтований ваш дах? Чи є затінення, яке обмежує економічну ефективність установки? Яка площа даху необхідна? За оптимальних умов за допомогою сонячної підтримки ви маєте можливість розвантажити систему приготування гарячої води існуючої центральної системи на величину до 60 відсотків. Протягом року сонячна термія підтримує систему опалення в обсязі до 30 відсотків.

Висновок: яке опалення підходить для багатоквартирного будинку?

Перед встановленням нового опалення задайте собі наступні питання:

- Що технічно можливо реалізувати в моїй будівлі?
- Якими є інвестиційні витрати?
- Якими є поточні експлуатаційні витрати?
- Які опалювальні установки підлягають субсидуванню і якою є сума допомоги?
- Наскільки важливим для мене є екологічність та сталість системи опалення?

Пам'ятайте також: залежно від системи можна заощадити кошти під час купівлі. Рідкопаливні та газові системи опалення приваблюють відносно низькими цінами. Проте проти них виступають підвищені експлуатаційні витрати, які згодом доведеться сплачувати орендарям. Саме з огляду на кліматичну політику, дефіцит сировини та зміну мислення серед населення, це

може мати наслідки для потенційних орендарів вашої нерухомості. Крім того, податок на CO2також суттєво знижує привабливість таких систем опалення.

Відновлювані джерела енергії також підтримуються державою, тому ви часто можете заощадити чималу суму від інвестиційних витрат. Можливість перекладення цих інвестицій на орендну плату слід перевірити заздалегідь. Очевидно одне: із забороною на рідкопаливні котли з 2026 року та положенням GEG з 2024 року щодо обов'язкового включення щонайменше 65 відсотків відновлюваної енергії в нові опалювальні установки, політика вже чітко визначає подальший шлях.

У будь-якому випадку вам слід звернутися за порадою до профільного підприємства з опалювальної техніки. Фахівці професійно та компетентно проконсультують вас щодо всіх систем опалення, які можуть бути застосовані у вашому випадку. Вони нададуть вам обґрунтовану інформацію про витрати, а також про відповідні переваги та недоліки. Таким чином, це допоможе вам знайти найкраще рішення для вашого багатоквартирного будинку.

Який термін служби системи ОВК? Система ОВК може служити від 15 до 20 років, якщо її добре обслуговувати. Термін її служби залежить від якості самої системи. Він також може змінюватися залежно від частоти використання та якості її технічного обслуговування досвідченим підрядником ОВК.

Як часто потрібно обслуговувати системи ОВК? Щоб ваша система ОВК працювала належним чином, її повинен щороку перевіряти кваліфікований підрядник ОВК. Ця перевірка зазвичай включає повний огляд та очищення.

ВИХІДНІ ДАНІ

Проектується житловий будинок у місті **Дніпро**

Кількість поверхів - **10**

Висота вікон, $h_в$ = 1,5 м

Висота зовнішніх і балконних дверей, $h_д$ = 2,1 м

Товщина міжповерхового перекриття, $\delta_{пер}$ = 0,3 м

Висота приміщень (від підлоги до стелі), $h_{пр}$ = **2,7** м

Конструкція зовнішних стін:

- *кладка із шлакобетонних блоків (за технологією "НЕВЕЛ")*

Конструкція панелей горищного перекриття та перекриття над підвалом:

- *суцільний залізобетон з утеплювачем із мінераловатних плит*

Конструкція покрівлі горища - з рулонних матеріалів

Джерело теплопостачання - ТЕЦ

Орієнтація зовнішньої стіни сходової клітки за сторонами світу: **ПнС**

Розрахунковий перепад температур у тепловій мережі $T_г - t_о$ = 130 - 70 °С

Розрахунковий перепад тисків на уводі теплової мережі в будинок:

$\Delta P_{ув}$ = 120 кПа

Розрахунковий переклад температур води в системі опалення:

$t_г - t_о$ = **85** - **65** °С

Опалювальні прилади:

- *сталеві панельні радіатори VONOVA (Vogel & Noot)*

Розташування опалювальних приладів: • *вільно у стіні*

Регулююча арматура на підводках до опалювальних приладів:

- *терморегулятори фірми "Herz"*

Підлога - *лінолеум*

Підвал: • *піркінг на 12 автомобілів з розрахунковою температурою +5 °С без світлових прорізів у зовнішніх стінах*

Згідно з дод.1 [1] кліматологічні дані для холодного періоду року становлять:

Місто	Середня температура за рік $t_{зовн.р}$, С	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби $t_{зовн.1}$, С	Температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{зовн.5}$, С	Опалювальний сезон		Кількість градусо-діб $S_{о.с}$, гр.-діб	Кліматична зона
					Середня температура $t_{о.с}$, С	Тривалість $Z_{о.с}$, діб		
Дніпро	8,7	С	-27	-24	-0,2	175	3535	I

2.1. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Результати розрахунку та підбору огороджуючих конструкцій зводимо у таблицю:

Найменування огороджуючої конструкції	R_{min}	$R_{заг}$	*Коефіцієнт теплопередачі k, Вт/(м²•°С)*	*Опис конструкцій*	$\delta^{заг}$
Зовнішня стіна	4,00	**4,45**	0,225	Бетон на гравії або щебені з природного каменю 2400 кг/м³ λ= 1,86 Вт/м°С - δ=0,08м. + Вермикулітобетон 400 кг/м3 λ= 0,13 Вт/м°С - δ = 0,40 м + Кермазитобетон на керамзитовому піску 1800 кг/м3 λ= 0,92 Вт/м°С - δ=0,06 + внутрішня штукатурка 1700 кг/м3 λ= 0,87 Вт/м°С - δ=0,005 м	**0,545**
Горищне перекриття	6,00	**6,49**	0,155	Залізобетон 2500 кг/м3 λ= 2,04 Вт/м°С - δ = 0,13 м + Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтного волокна 40кг/м3 λ= 0,049 Вт/м°С - δ =	**0,380**
Перекриття над підвалом	5,00	**5,68**	0,177	Дуб поперек волокон 700 кг/м3 λ= 0,23 Вт/м°С - δ = 0,012 м + Розчин цементно піщаний 1800 кг/м3 λ= 0,93 Вт/м°С - δ = 0,075 м + Вироби теплоізоляційні з	**0,367**
Вікна та балконні двері	0,90	**0,95**	1,053	Вікна з двокамерними склопакетами $4M_1$-16-$4M_1$-16-4і	-
Зовнішні двері	0,70	**0,78**	1,282	Одинарні металеві двері без утеплювача + Тамбур + Одинарні соснові двері 0,04м	**0,040**
Внутрішні стіни	-	**0,71**	1,408	Кладка з порожнистої глиняної цегли λ= 0,52 Вт/м°С	**0,250**

Примітка: Опір теплопередачі вхідних дверей до квартир прийнятий рівним опору внутрішніх стін.

Теплотехнічний розрахунок ОК ТРЦ

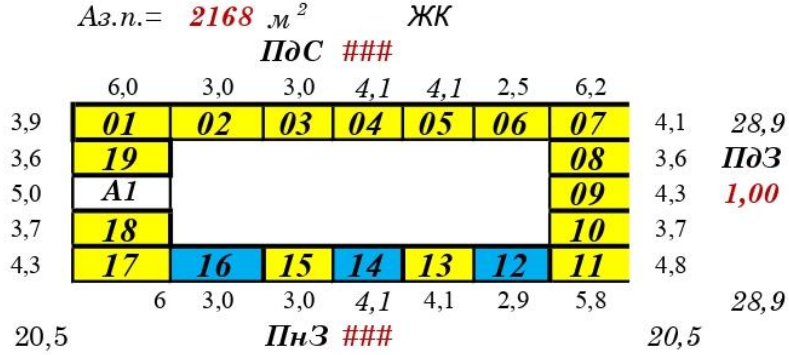
Символ	d	Описание материала	λ	ρ	ср	R	Rcor	δ	μ	Z	Zcor	Замечания
	м		Вт/(м·К)	кг/м3	кДж/(кг·К)	м2·К/Вт	м'2·К/Вт	μг/(м·ч·Па)		м2ч·Па/г	м2ч·Па/г	
КРОВЛЯ	Кровля 53,2 см											
Вид ограждения: Кровля, Влажностные условия: Нормальный												
ПЕНО-БЕТ4	0,0700		0,150	400	0,840	0,467	0,467	225,00	3	311,1	311,1	
ПЕНОПОЛИСТ	0,2500		0,036	20	1,460	6,944	6,944	12,00	60	20833,3	20833,3	
ЖЕЛЕЗБЕТОН	0,2000		1,700	2500	0,840	0,118	0,118	30,00	24	6666,7	6666,7	
ГИПС-КАРТ	0,0120		0,230	1000	1,000	0,052	0,052	75,00	10	160,0	160,0	
											Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:	0,100
											Сопротивление теплопередаче снаружи Re, [м2·К/Вт]:	0,040
											Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м2·К/Вт]:	7,721
											Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м2·К)]:	0,130
ПОЛ	Отдача тепла от перекрытия вниз 48,5 см											
Вид ограждения: Отдача тепла от перекрытия вниз, Влажностные условия: Нормальный												
ТЕРРАКОТА	0,0150		1,050	2000	0,840	0,014	0,014	250,00	3	60,0	60,0	
ПЕНО-БЕТ4	0,1000		0,150	400	0,840	0,667	0,667	225,00	3	444,4	444,4	
ПЕНОПОЛИСТ	0,1500		0,036	20	1,460	4,167	4,167	12,00	60	12500,0	12500,0	
ЖЕЛЕЗБЕТОН	0,2200		1,700	2500	0,840	0,129	0,129	30,00	24	7333,3	7333,3	
											Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:	0,170
											Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:	0,170
											Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м2·К/Вт]:	5,317
											Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м2·К)]:	0,188
СВ-15	Стена внутренняя 15,0 см											
Вид ограждения: Стена внутренняя, Влажностные условия: Нормальный												
ШТУКАТ-ЦИ	0,0150		0,820	1850	0,840	0,018	0,018	45,00	16	333,3	333,3	
КИРП-ДЫРЧ	0,1200		0,620	1400	0,880	0,194	0,194	135,00	5	888,9	888,9	
ШТУКАТ-ЦИ	0,0150		0,820	1850	0,840	0,018	0,018	45,00	16	333,3	333,3	
											Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:	0,130
											Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:	0,130
											Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м2·К/Вт]:	0,490
											Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м2·К)]:	2,040

Символ	d	Описание материала	λ	ρ	ср	R	Rcor	δ	μ	Z	Zcor	Замечания
	м		Вт/(м·К)	кг/м3	кДж/(кг·К)	м2·К/Вт	м'2·К/Вт	мг/(м·ч·Па)		м2ч·Па/г	м2ч·Па/г	
СН-50-PW	Стена наружная 54,5 см											
Вид ограждения: Стена наружная, Влажностные условия: Нормальный												
ШТУКАТ-ЦИ	0,0150		0,820	1850	0,840	0,018	0,018	45,00	16	333,3	333,3	
БЕТОН-КБЯ8	0,3300		0,290	800	0,840	1,138	1,138	150,00	5	2200,0	2200,0	
МИНВАТ-СТ	0,1500		0,045	70	0,750	3,333	3,333	480,00	2	312,5	312,5	
ШТУКАТ-ЦИ	0,0500		0,820	1850	0,840	0,061	0,061	45,00	16	1111,1	1111,1	
Сопротивленеие теплопередаче внутри Ri, [м2·К/Вт]:												0,130
Сопротивление теплопередаче снаружи Re, [м2·К/Вт]:												0,040
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м2·К/Вт]:												4,721
Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м2·К)]:												0,212

Символ	Описание	d	R_i	R_e	R	U	$Ф_т$	A
		м	$м^2 \cdot К/Вт$	$м^2 \cdot К/Вт$	$м^2 \cdot К/Вт$	$Вт/м^2 \cdot К$	Вт	$м^2$
ДВ	Дверь наружная					1,200	1022	21,55
ДВ2	Дверь наружная					1,000		
КРОВЛЯ	Кровля 53,2 см	0,532	0,100	0,040	7,721	0,130	13246	2417,89
ОК	Окно наружное (фонарь)					1,000	11242	259,71
ПОЛ	Отдача тепла от перекрытия вниз 48,5 см	0,485	0,170	0,170	5,317	0,188	3717	2353,70
СВ-15	Стена внутренняя 15,0 см	0,150	0,130	0,130	0,490	2,040		
СН-50-PW	Стена наружная 54,5 см	0,545	0,130	0,040	4,721	0,212	12858	1457,78

2.2. Розрахунок тепловтрат

Питома компенсац.теплова потужн. при періодичн.опаленні f_{RH}, Вт	0		
Коефіцієнт інфільтраційного повтрообміну n_{50}, 1/год	4		
Ефективність рекуператора припливно-вит.вентиляції, д.од.	0	(0,6….0,7)	
Розрахункова температура зовнішнього повітря θ_e, °С	-24		
Середньорічна температура зовнішнього повітря θ_{me}, °С	-0,2	ПнС	
Розрахункова температура підвалу, горища та сход.клітки θ_u, °С	5	16	###
Висота приміщень, м	2,7		



Приміщення			Огороджувальна конструкція						Теплові мости													
№ Приміщення/Найменування	Площа приміщення, A_i, м²	Температура, $\theta_{mi,i}$, °С	Позначення	Орієнтація	Довжина, a, м	Ширина (висота), b(h), м	Площа, $A_к$, м²	Коефіцієнт теплопередачі, U_k, Вт/м²*°С	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат,	Коефіцієнт теплопередачі теплового мосту, ψ_i,	Довжина теплового мосту, l, м	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_i	Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_u	Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю	Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні	Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до	Трансмісійні тепловтрати приміщення, $Ф_{T,i}$, Вт	Мінімальний санітарно-гігієничний повітрообмін в	Характеристика інфільтраційних	Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної	Інші поправки (перевірочні) тепловтрати (надходж.), $Ф_{доп}$, Вт	Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних	Теплова потужність системи опалення приміщення, $Ф_{пт,i}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
201	20,83	22	ЗС	ПнС	4,23	3,00	10,9	0,225	1,0						2,44								
ЖК	3,0		ЗС	ПдС	6,33	3,00	17,2	0,225	1,2						4,63								
	3,6		В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92		519	40,5	13,8	633	-208	311	945
			В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			ПЛ	-	4,23	6,33	0,0	0,177	1,0				0,37			0,00							
101	20,83	22	ЗС	ПнС	4,23	3,00	10,9	0,225	1,0						2,44								
ЖК	3,0		ЗС	ПдС	6,33	3,00	17,2	0,225	1,2						4,63								
	3,6		В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92		600	40,5	13,8	633	-208	392	1025
			В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			ПЛ	-	4,23	6,33	26,7	0,177	1,0				0,37			1,75							
1001	20,83	22	ЗС	ПнС	4,23	3,00	10,9	0,225	1,0						2,44								
ЖК	3,0		ЗС	ПдС	6,33	3,00	17,2	0,225	1,2						4,63								

	3,6		В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92		590	40,5	13,8	633	-208	382	1015
			В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			СТ	-	4,23	6,33	26,7	0,155	1,0				0,37			1,53							
202	9,783	20	ЗС	ПдС	3,33	3,00	8,2	0,225	1,2						2,44		218	40,5	13,8	633	-98	120	754
КХ	1,4		ЗС	ПнС	6,33	3,00	0,0	0,225	1,0						0,00								
	1,8		В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			ПЛ	-	1,40	1,30	0,0	1,053	1,0						0,00								
203	9,783	20	ЗС	ПдС	3,33	3,00	8,2	0,225	1,2						2,44		218	40,5	13,8	633	-98	120	754
КХ	1,4		ВН	ПнС	6,33	3,00	0,0	0,225	1,0						0,00								
	1,8		В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			ПЛ	-	3,33	6,33	0,0	0,155	1,0				0,34			0,00							
204	13,83	20	ЗС	ПдС	4,43	3,00	13,3	0,225	1,2						3,59		158	40,5	13,8	633	-138	19	653
ВН	2,0		В	ПдС	1,40	1,30	0,0	1,053	1,2						0,00								
			ПЛ	ПдС	0,70	2,20	0,0	1,053	1,0						0,00								
205	13,83	22	ПЛ	-	6,70	3,00	0,0	1,408	1,0					0,13		0,00	248,1	40,5	13,8	633	-138	110	743
ЖК	2,0		ЗС	ПдС	4,43	3,00	11,5	0,225	1,2						3,09								
	1,8		В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
206	7,942	22	ЗС	ПдС	2,83	3,00	6,7	0,225	1,20						1,80		188,5	40,5	13,8	633	-79	109	743
ЖК	1,1		ПЛ	-	6,33	3,00	0,0	0,225	1,0						0,00								
	1,8		В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
207	22,74	22	ЗС	ПдС	6,53	3,00	17,8	0,225	1,20						4,80		533,2	40,5	13,8	633	-227	306	939
ЖК	3,2		ЗС	ПдЗ	4,43	3,00	11,5	0,225	1,0						2,58								
	3,6		В	ПдС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,2						2,30								
			В	ПдЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
			ПЛ	-	6,53	4,43	0,0	0,177	1,0				0,37			0,00							
208	19,81	20	ПЛ	-	3,93	6,53	0,0	0,177	1,0				-0,21			0,00	182,9	54	18,4	845	-198	-15,1	829
КХ	2,8		ЗС	ПдЗ	3,93	3,00	10,0	0,225	1,0						2,24								
	1,8		В	ПдЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
209	23,91	20	ЗС	ПдЗ	4,63	3,00	12,1	0,225	1,0						2,71		203,7	54	18,4	845	-239	-35,4	809
КХ	3,4		В	ПдЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
210	20,39	22	ЗС	ПдЗ	4,03	3,00	10,3	0,225	1,0						2,31		194,4	54	18,4	845	-204	-9,58	835
ЖК	2,9		В	ПдЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
			ПЛ	-	0,70	2,20	0,0	1,053	1,0						0,00								
211	25	22	ЗС	ПнЗ	6,13	3,00	16,6	0,225	1,0						3,73		488,1	54	18,4	845	-250	238	1083
ЖК	3,6		ЗС	ПдЗ	5,13	3,00	13,6	0,225	1,0						3,05								
	3,6		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
			В	ПдЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
212	11,72	22	ЗС	ПнЗ	3,23	3,00	7,9	0,225	1,0						1,77								

ЖК	1,7		ЗС	ПдЗ	3,35	3,00	0,0	0,225	1,0						0,00		169,5	40,5	13,8	633	-117	52,4	686
	1,8		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
213	17,21	22	ЗС	ПнЗ	4,43	3,00	11,5	0,225	1,0						2,58		206,8	54	18,4	845	-172	34,6	879
ЖК	2,5		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
214	17,21	20	ЗС	ПнЗ	4,43	3,00	13,3	0,225	1,0						2,99		131,5	54	18,4	845	-172	-40,7	804
ВН	2,5		В	ПнЗ	1,40	1,30	0,0	1,053	1,0						0,00								
215	10,85	20	ЗС	ПнЗ	3,33	3,00	8,2	0,225	1,0						1,84		165,1	54	18,4	845	-108	56,7	901
КХ	1,5		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
216	10,85	20	ЗС	ПнЗ	3,33	3,00	8,2	0,225	1,0						1,84		165,1	54	18,4	845	-108	56,7	901
КХ	1,5		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
217	23,09	22	ЗС	ПнЗ	6,33	3,00	17,2	0,225	1,0						3,86		478,8	54	18,4	845	-231	248	1092
ЖК	3,3		ЗС	ПнС	4,63	3,00	12,1	0,225	1,0						2,71								
	3,6		В	ПнЗ	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
			В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
218	19,7	22	ЗС	ПнС	4,03	3,00	10,3	0,225	1,0						2,31		194,4	54	18,4	845	-197	-2,62	842
ЖК	2,8		В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								
А1	19,25	16	ЗС	ПнС	5,00	30,9	134,6	0,225	1,0	0,44	5,00	1,0			32,49		2123	297	101	4652	0	2123	6774
СК	594,8		В	ПнС	1,40	11,7	16,4	1,053	1,0						17,25								
			ПЛ	-	7,00	5,00	35,0	0,177	1,0				0,28			1,70							
			СТ	-	7,00	5,00	35,0	0,155	1,0				0,28			1,49							
	$м^3$		ВД	ПнС	1,60	2,20	3,5	0,040	1,0						0,14								
219	19,13	22	ЗС	ПнС	3,93	3,00	10,0	0,225	1,0						4,44		292,5	54	18,4	845	-191	101	946
ЖК	2,7		В	ПнС	1,40	1,30	1,8	1,053	1,0						1,92								

2973 м2

2.3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНІСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Для системи водяного опалення будинку необхідно визначити:

- розрахункову теплову потужність
- питому теплову потужність
- розрахункове річне теплоспоживання
- питоме річне теплоспоживання
- витрату води

Для визначення загальних тепловтрат приміщеннями будинку заповнемо підсумкову таблицю тепловтрат. Для визначення тепловтрат на першому, другому, третьому та останньому поверхах всіх приміщень, скористуємось відповідними коефіцієнтами знайденими для першого приміщення.

$k_1 = Q_{101}/Q_{401} = 1{,}09$ $k_2 = Q_{201}/Q_{401} = 1{,}1$ $k_3 = Q_{301}/Q_{401} = 1{,}05$ $k_{10} = Q_{1001}/Q_{401} = 1{,}07$

тоді $Q_{10i} = k_1 Q_{40i}$ $Q_{20i} = k_2 Q_{40i}$ $Q_{30i} = k_3 Q_{40i}$ $Q_{90i} = k_9 Q_{40i}$

№ поверху	Номер приміщення																				
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	A1	
1	1025	820	820	710	810	810	1020	910	880	910	1180	750	960	880	980	980	1190	920	1030		17585
2	1039	830	830	720	820	820	1040	920	900	920	1200	760	970	890	1000	1000	1210	930	1050		17849
3	992	800	800	690	790	780	990	880	850	880	1140	730	930	850	950	950	1150	890	1000	6774	17042
4-9	945	754	754	653	748	743	939	829	809	835	1083	686	879	804	901	901	1092	842	946		16138
10	1015	820	820	710	800	800	1010	900	870	900	1170	740	950	870	970	970	1180	910	1020		17425
Всього	9739	7793	7793	6747	7679	7665	9695	8586	8355	8620	11186	7095	9085	8313	9307	9307	11284	8702	9774		166726
		2855			2330			2710			ГЦК	3680			2790			3060			

Розрахункові тепловтрати будинку без сходового та ліфтового холів - $Q_1 =$ *166726* Вт

Розрахункові тепловтрати будинку із сходовим та ліфтовим холами - $Q_{1A} =$ *173501* Вт

Розрахункове річне споживання системою опалення

Величину розрахункового річного теплоспоживання системою опалення будинку W, ГДж/рік розраховується за формулою:

$$W = \frac{3{,}6 * Q_{c.o.} * 24 * Zo.c. * (t_{вн} - t_{o.c.}) * 10^{-6} * a * b * c}{t_{вн} - t_{зовн5}} = \frac{3{,}6 * Q_{c.o.} * 24 * S_{j.c.} * 10^{-6} * a * b * c}{t_{вн} - t_{зовн5}}$$

де $Q_{c.o.}$-розрахункова теплова потужність; $S_{c.o.}$- кількість градусо - діб опалювального сезону; $t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього приміщення; $t_{зовн5}$ - середня температура зовнішнього повітря найхолоднішої пятиденки; b=0,9 коефіцієнт, який враховується коли більше 75% опалювальних приладів обладнані автоматичними регуляторами.

$W =$ *210760,9* *кВт.год/рік;*

2.4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Кількість поверхів - $n=$ 10 поверхів $t_г=$ 85 °С

Висота поверху (з перекриттям) - $h_{пов}=$ 3,00 м $t_о=$ 65 °С

Розрахунок природного тиску у циркуляційних кільцях, що проходять через горизонтальні приладові вітки на 1 поверсі будинку, за формулою:

$$\Delta P_{пр_1}=g*h_1*(\rho_о-\rho_г) \qquad (9.1)$$

де, g = 9,81 м/с^2 прискорення вільного падіння; h_i - вертикальна відстань між центром нагрівання води і центром охолодженням води в опалювальних приладах горизонтальної приладової вітки і-поверху, м;

$\rho_о$-$\rho_г$ -відповідно густина охолодженої і гарячої води в системі опалення, кг/м^3.

Аналогічно обчислюємо розрахункові природний і циркуляційні тиски для інши циркуляційних кілець, що проходять через горизонтальні приладові вітки решти поверхів будинку.

Розрахункові гравітаційні тиски в циркуляційних кільцях

Коефіцієнт врахування максимально природного тиску слід приймати **0,7**

Параметр	Поверх									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Висота h_i,м	2,70	5,70	8,70	11,70	14,70	17,70	20,70	23,70	26,70	29,70
Тиск $\Delta P_{пр}$,Па	421	889	1356	1824	2291	2759	3227	3694	4162	4630
Тиск з урахуванням коеф. Па	295	622	949	1277	1604	1931	2259	2586	2913	3241

Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів двохтрубної поквартирної системи опалення

Номер розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки	Коефіцієнт проходу теплового та гідравлічного потоків	Витрата води на ділянці	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Приведений коефіцієнт тертя	Питома витрата води	Питомий динамічний тиск	Швидкість води на ділянці	Сумма коефіцієнтів місцевих опорів	Приведений коефіцієнт місцевих опорів	Характеристика опору ділянки	Втрати тиску на ділянці	Загальні втрати тиску	
№ діл.	$Q_{дил}$, Вт	φ	G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, $м^{-1}$	G/V, (кг/год)/(м/с)	$A*10^{-9}$, Па/(кг/год)^2	V, м/с	$\Sigma\xi$	$\xi_{пр}$	S, Па/(кг/год)^2	$\Delta P_{дин}$, Па	$\Sigma\Delta P$, Па	Перелік місцевих опорів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ІТП-1	166726	1,0000	7169	7,5	70	0,38	13600	0,0000027	0,527	1,2	4,05	0,000011	562	562	[illegible]
ІТП"-1"	166726	1,0000	7169	8,7	70	0,38	13600	0,0000027	0,527	1,2	4,506	0,000012	625	1187	[illegible]
1-2	149141	0,8945	6413	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,472	1	2,14	0,000006	238	1425	[illegible]
1"-2"	149141	0,8945	6413	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,472	1	2,14	0,000006	238	1663	[illegible]
2-3	131292	0,7875	5646	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,415	1	2,14	0,000006	184	1847	[illegible]
2"-3"	131292	0,7875	5646	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,415	1	2,14	0,000006	184	2031	[illegible]
3-4	114250	0,6853	4913	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,361	1,5	2,64	0,000007	172	2203	[illegible]
3"-4"	114250	0,6853	4913	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,361	2	3,14	0,000008	205	2408	[illegible]
4-5	98113	0,5885	4219	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,540	3	5,16	0,000042	744	3152	[illegible]
4"-5"	98113	0,5885	4219	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,540	3	5,16	0,000042	744	3895	[illegible]
5-6	81975	0,4917	3525	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,451	1	2,62	0,000021	264	4159	[illegible]
5"-6"	81975	0,4917	3525	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,451	1	2,62	0,000021	264	4423	[illegible]
6-7	65838	0,3949	2831	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,362	1,5	3,12	0,000025	203	4625	[illegible]
6"-7"	65838	0,3949	2831	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,362	2	3,62	0,000029	235	4860	[illegible]
7-8	49700	0,2981	2137	3,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,458	1,5	3,75	0,000084	385	5246	[illegible]
7"-8"	49700	0,2981	2137	3,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,458	1,5	3,75	0,000084	385	5631	[illegible]
8-9	33563	0,2013	1443	3,00	32	0,9	3580	0,0000383	0,403	1,5	4,2	0,000161	335	5966	[illegible]
8"-9"	33563	0,2013	1443	3,00	32	0,9	3580	0,0000383	0,403	1,5	4,2	0,000161	335	6301	[illegible]
9-10	17425	0,1045	749	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,367	1	4,9	0,000578	325	5956	[illegible]
9"-10"	17425	0,1045	749	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,367	1	4,9	0,000578	325	6280	[illegible]

Q_{10} = 17425 Вт

N= 0,00 %

№ діл.	$Q_{пр}$, Вт	φ	G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, $м^{-1}$	G/ν, (кг/год)/(м/с)	$A*10^{-9}$, Па/(кг/год)^2	V, м/с	Σξ	$ξ_{по}$	S, Па/(кг/год)^2	$ΔP_{дин}$, Па	ΣΔP, Па	Опис підбору опорів
10-К10	17425	0,1045	300	0,05	25	1,3	2040	0,0001180	0,147	3,25	3,315	0,000391	35	6315	
10"-К10"	17425	0,1045	300	0,15	25	1,3	2040	0,0001180	0,147	2,75	2,945	0,000348	31	6347	
Для приладових віток приймаємо металопластикові трубопроводи фірми Herz PE-RT/Al/PE-HD - DxS =16x2, $d_{зов}$ =												12 мм			
К10-а	3680	0,0221	158	9,7	25	1,3	2040	0,000118	0,078	46,85	59,46	0,007016	176	6522	
а-b	3680	0,0221	158	8,1	12	1,86109	395,83	0,00310369	0,400	1	16,075	0,049891	1249	7772	
b-c	2940	0,0176	126	4,1	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,319	1	8,6305	0,026786	428	8200	
c-d	2355	0,0141	101	4,7	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,256	1	9,7471	0,030252	310	8510	
оп11/2	585	0,0035	25	0,2	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,064	29,55	29,922	0,092869	4059	12569	
d"-e"	1910	0,0115	82	3,5	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,207	1	7,5138	0,023321	157	8667	
e"-g"	2810	0,0169	121	4,8	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,305	1	9,9332	0,030830	450	13019	
g"-a"	3680	0,0221	158	7,7	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,400	1	15,33	0,047581	1191	9859	
а"-К10"	3680	0,0221	158	9,7	25	1,3	2040	0,000118	0,078	1	13,61	0,001606	6040	15899	
				68,9				Втрати тиску на приладовій ділянці, Па						14061	
				2412 п.м.				Авторитет приладової ділянки, %						88,44124	
								Авторитет радіаторного клапана, %						50,98664	

Обладнання	Ступінь попереднього налаштування	ΔP, Па
Herz-TS-90V	4	4000
Herz-4002 41	1	6000

Гідравлічний розрахунок інших ділянок поквартирного стояка 9-1.

оп1004"-b'	870	0,0052	37	4,1	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,095	1	8,6305	0,026786	37	
b"-c"	740	0,0044	32	4,1	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,080	1	8,6305	0,026786	27	
c"-d"	1325	0,0079	57	4,7	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,144	1	9,7471	0,030252	98	
d-e	1770	0,0106	76	3,5	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,192	1	7,5138	0,023321	135	135
e-g	870	0,0052	37	4,8	12	1,86109	395,826	0,0031037	0,095	1	9,9332	0,030830	43	

Гідравлічна увязка опалювальних приладів приладової ділянки 1 кв. IX поверху

Поверх-квартира-оп.прилад	Розрахункові величини					
	$Q_{о.п.}$, Вт	Go.п., кг/год	$ΔP_{авт.рт к}$ Па	Ступінь попереднього налаштування Herz-TS-90-V	$Δp_{о.рт к}$ Па	Невязка %
1009	870	37,4	4081	5	4000	1,03
1010	900	38,7	4541	5	4800	-3,30
1011/1	585	25,2	4000	4	4000	0,00
1011/2	585	25,2	4000	4	4000	0,00
1012	740	31,8	4672	4	5400	9,28

2.5. Тепловий розрахунок опалювальних приладів.

№ опал. приладу	Необхідна розрахункова тепловіддача	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перепад температури води в опал. приладі	Розрахункова температура приміщення	Температурний напір ОП	Тепловіддача відкрито прокладених труб	Розрахункова теплова потужність опал. приладу	Поправ. коефіц. на витрату води в ОП	Поправ. коефіц. на температурний напір ОП	Потрібний тепловий потік опал. приладу	Довжина опал. приладу	Фактичний тепловий потік опал. приладу	Нев'язка	Тип радіатору
№ прим.	Q_1, Вт	$G_{оп}$, кг/год	$t_{вх}$, °С	$\Delta t_{оп}$, °С	$t_{вих}$, °С	$\Delta t_т$, °С	$Q_{тр}$, Вт	$Q_{оп}$, Вт	φ_1	φ_2	$Q^{потр}_{А}$, Вт	мм	$Q^{ф}_{А}$, Вт	М, %	Н=500мм
101	1025	44	85	20	22	53	0	1035	0,70	0,96	754	900	1032	36.95	FTV11
102	820	35	85	20	20	55	0	828	0,73	0,95	1154	1300	1491	29.20	FTV11
103	820	35	85	20	20	55	0	828	0,73	0,95	1154	1300	1491	29.20	FTV11
104	710	31	85	20	20	55	0	717	0,73	0,95	1002	1100	1262	25.93	FTV11
105	810	35	85	20	22	53	0	818	0,70	0,95	1196	1000	1605	34.14	FTV22
106	810	35	85	20	22	53	0	818	0,70	0,95	1196	1300	1491	24.61	FTV11
107	1020	44	85	20	22	53	0	1030	0,70	0,96	750	900	1032	37.62	FTV11
108	910	39	85	20	20	55	0	919	0,73	0,96	1278	1000	1605	25.58	FTV22
109	880	38	85	20	20	55	0	889	0,73	0,96	1237	1000	1605	29.78	FTV22
110	910	39	85	20	22	53	0	919	0,70	0,96	1341	900	1737	29.52	FTV22
111	1180	51	85	20	22	53	0	1192	0,70	0,96	865	1000	1147	32.60	FTV11
112	750	32	85	20	22	53	0	758	0,70	0,95	1110	1200	1377	24.10	FTV11
113	960	41	85	20	22	53	0	970	0,70	0,96	1413	900	1737	22.91	FTV22
114	880	38	85	20	20	55	0	889	0,73	0,96	1237	1300	1491	20.56	FTV11
115	980	42	85	20	20	55	0	990	0,73	0,96	1374	900	1737	26.39	FTV22
116	980	42	85	20	20	55	0	990	0,73	0,96	1374	900	1737	26.39	FTV22
117	1190	51	85	20	22	53	0	1202	0,70	0,96	872	1000	1147	31.51	FTV11
118	920	40	85	20	22	53	0	929	0,70	0,96	1356	900	1737	28.14	FTV22
119	1030	44	85	20	22	53	0	1040	0,70	0,96	1514	1000	1930	27.46	FTV22
											22178		28391	28,02	
201	1039	45	85	20	22	53	0	1049	0,70	0,96	764	900	1032	35.14	FTV11
202	830	36	85	20	20	55	0	838	0,73	0,95	1168	1300	1491	27.67	FTV11
203	830	36	85	20	20	55	0	838	0,73	0,95	1168	1300	1491	27.67	FTV11
204	720	31	85	20	20	55	0	727	0,73	0,95	1016	1100	1262	24.22	FTV11
205	820	35	85	20	22	53	0	828	0,70	0,95	1211	1300	1491	23.12	FTV11
206	820	35	85	20	22	53	0	828	0,70	0,95	1211	1300	1491	23.12	FTV11
207	1040	45	85	20	22	53	0	1050	0,70	0,96	764	900	1032	35.03	FTV11
208	920	40	85	20	20	55	0	929	0,73	0,96	1292	800	1544	19.52	FTV22
209	900	39	85	20	20	55	0	909	0,73	0,96	1264	800	1544	22.13	FTV22
210	920	40	85	20	22	53	0	929	0,70	0,96	1356	1400	1606	18.48	FTV11
211	1200	52	85	20	22	53	0	1212	0,70	0,96	879	1000	1147	30.44	FTV11
212	760	33	85	20	22	53	0	768	0,70	0,95	1124	1200	1377	22.50	FTV11
213	970	42	85	20	22	53	0	980	0,70	0,96	1428	900	1737	21.67	FTV22
214	890	38	85	20	20	55	0	899	0,73	0,96	1251	1300	1491	19.23	FTV11
215	1000	43	85	20	20	55	0	1010	0,73	0,96	1402	900	1737	23.91	FTV22
216	1000	43	85	20	20	55	0	1010	0,73	0,96	1402	900	1737	23.91	FTV22
217	1210	52	85	20	22	53	0	1222	0,70	0,96	887	1000	1147	29.38	FTV11
218	930	40	85	20	22	53	0	939	0,70	0,96	1370	900	1737	26.79	FTV22
219	1050	45	85	20	22	53	0	1061	0,70	0,96	1543	1600	1835	18.95	FTV11
											22498		27929	24,14	
301	992	43	85	20	22	53	0	1002	0,70	0,96	730	500	965	32.26	FTV22
302	800	34	85	20	20	55	0	808	0,73	0,95	1126	1200	1377	22.24	FTV11
303	800	34	85	20	20	55	0	808	0,73	0,95	1126	1200	1377	22.24	FTV11
304	690	30	85	20	20	55	0	697	0,73	0,95	974	1100	1262	29.51	FTV11
305	790	34	85	20	22	53	0	798	0,70	0,95	1168	1300	1491	27.70	FTV11
306	780	34	85	20	22	53	0	788	0,70	0,95	1153	1300	1491	29.31	FTV11
307	990	43	85	20	22	53	0	1000	0,70	0,96	728	500	965	32.51	FTV22
308	880	38	85	20	20	55	0	889	0,73	0,96	1237	1300	1491	20.56	FTV11
309	850	37	85	20	20	55	0	859	0,73	0,96	1195	1300	1491	24.73	FTV11
310	880	38	85	20	22	53	0	889	0,70	0,96	1298	1400	1606	23.75	FTV11
311	1140	49	85	20	22	53	0	1151	0,70	0,96	836	1000	1147	37.16	FTV11
312	730	31	85	20	22	53	0	737	0,70	0,95	1081	700	1351	25.03	FTV22
313	930	40	85	20	22	53	0	939	0,70	0,96	1370	900	1737	26.79	FTV22
314	850	37	85	20	20	55	0	859	0,73	0,96	1195	1300	1491	24.73	FTV11
315	950	41	85	20	20	55	0	960	0,73	0,96	1333	1400	1606	20.47	FTV11
316	950	41	85	20	20	55	0	960	0,73	0,96	1333	1400	1606	20.47	FTV11
317	1150	49	85	20	22	53	0	1162	0,70	0,96	843	1000	1147	35.99	FTV11
318	890	38	85	20	22	53	0	899	0,70	0,96	1312	1400	1606	22.39	FTV22
319	1000	43	85	20	22	53	0	1010	0,70	0,96	1471	900	1737	18.09	FTV22
											21511		26944	25,26	

401/901	945	41	85	20	22	53	0	954	0,70	0,96	696	800	918	31,98	FTV11
402/902	754	32	85	20	20	55	0	761	0,73	0,95	1063	1200	1377	29,58	FTV11
403/903	754	32	85	20	20	55	0	761	0,73	0,95	1063	1200	1377	29,58	FTV11
404/904	653	28	85	20	20	55	0	659	0,73	0,95	923	1000	1147	24,27	FTV11
405/905	743	32	85	20	22	53	0	751	0,70	0,95	1100	1200	1377	25,21	FTV11
406/906	743	32	85	20	22	53	0	750	0,70	0,95	1099	1200	1377	25,33	FTV11
407/907	939	40	85	20	22	53	0	949	0,70	0,96	692	800	918	32,73	FTV11
408/908	829	36	85	20	20	55	0	838	0,73	0,95	1167	1200	1377	17,99	FTV11
409/909	809	35	85	20	20	55	0	817	0,73	0,95	1139	1200	1377	20,88	FTV11
410/910	835	36	85	20	22	53	0	843	0,70	0,95	1233	1300	1491	20,96	FTV11
411/911	1083	47	85	20	22	53	0	1093	0,70	0,96	795	900	1032	29,82	FTV11
412/912	686	29	85	20	22	53	0	693	0,70	0,95	1016	1100	1262	24,17	FTV11
413/913	879	38	85	20	22	53	0	888	0,70	0,96	1297	800	1544	19,08	FTV22
414/914	804	35	85	20	20	55	0	812	0,73	0,95	1132	1200	1377	21,66	FTV11
415/915	901	39	85	20	20	55	0	910	0,73	0,96	1266	1300	1491	17,78	FTV11
416/916	901	39	85	20	20	55	0	910	0,73	0,96	1266	1300	1491	17,78	FTV11
417/917	1092	47	85	20	22	53	0	1103	0,70	0,96	802	900	1032	28,68	FTV11
418/918	842	36	85	20	22	53	0	850	0,70	0,96	1243	800	1544	24,24	FTV22
419/919	946	41	85	20	22	53	0	955	0,70	0,96	1393	900	1737	24,73	FTV22
											20382		25246	23,87	
1001	1015	44	85	20	22	53	0	1025	0,70	0,96	746	900	1032	38,27	FTV11
1002	820	35	85	20	20	55	0	828	0,73	0,95	1154	1300	1491	29,20	FTV11
1003	820	35	85	20	20	55	0	828	0,73	0,95	1154	1300	1491	29,20	FTV11
1004	710	31	85	20	20	55	0	717	0,73	0,95	1002	1100	1262	25,93	FTV11
1005	800	34	85	20	22	53	0	808	0,70	0,95	1182	1300	1491	26,14	FTV11
1006	800	34	85	20	22	53	0	808	0,70	0,95	1182	1300	1491	26,14	FTV11
1007	1010	43	85	20	22	53	0	1020	0,70	0,96	743	900	1032	38,96	FTV11
1008	900	39	85	20	20	55	0	909	0,73	0,96	1264	800	1544	22,13	FTV22
1009	870	37	85	20	20	55	0	879	0,73	0,96	1223	800	1544	26,25	FTV22
1010	900	39	85	20	22	53	0	909	0,70	0,96	1327	1400	1606	21,06	FTV11
1011	1170	50	85	20	22	53	0	1182	0,70	0,96	858	1000	1147	33,71	FTV11
1012	740	32	85	20	22	53	0	747	0,70	0,95	1095	1200	1377	25,74	FTV11
1013	950	41	85	20	22	53	0	960	0,70	0,96	1399	900	1737	24,18	FTV22
1014	870	37	85	20	20	55	0	879	0,73	0,96	1223	1300	1491	21,92	FTV11
1015	970	42	85	20	20	55	0	980	0,73	0,96	1361	900	1737	27,67	FTV22
1016	970	42	85	20	20	55	0	980	0,73	0,96	1361	900	1737	27,67	FTV22
1017	1180	51	85	20	22	53	0	1192	0,70	0,96	865	1000	1147	32,60	FTV11
1018	910	39	85	20	22	53	0	919	0,70	0,96	1341	1400	1606	19,75	FTV11
1019	1020	44	85	20	22	53	0	1030	0,70	0,96	1500	1600	1835	22,35	FTV11
											21979		27798	26,48	

Розрахунок опалювального приладу в сходовому холі

Розрахункову теплову потужність системи опалення сходового холу обчислюємо за формулою:

$$Q_{ск} = (Q_{1ск}\ b_1\ b_2)/0.97 = \quad 7520 \quad \text{Вт} \qquad (6.1)$$

Обчислюємо витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальні прилади сходового та ліфтового холу:

$$G_{т.м.} = G_{о.п.} = \frac{0{,}86 \times (Q_{с.о.} + Q_{с.к.})}{T_г - t_о} = \quad 2295{,}55 \quad \text{кг/год} \qquad (6.2)$$

$G_{ск} =$ 2295,55 кг/год + $G_{лх} =$ 0 кг/год = 2295,55

Визначаємо розрахунковий тепловий потік опалювального приладу:

$$Q_{о.п.} = (Q_1 - Q_{вн} - 0{,}9Q_{тр} - Q_{з.п.}) \times b_2 \times b_3 = Q_1 = \quad 6774 \quad \text{Вт} \qquad (6.3)$$

Перепад температур в опалювальному приладі:

$$\Delta t_{о.п.} = \frac{0{,}86 Q_{о.п.}}{G_{о.п.}} = \quad 2{,}54 \ ^\circ\text{C} \qquad (6.4)$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

$$\Delta t_T = T_г - \frac{\Delta t_{о.п.}}{2} - t_{вн} = \quad 112{,}7 \ ^\circ\text{C} \qquad (6.5)$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta t_T}{70}\right)^{1+n} = \quad 1{,}77 \quad (6.6) \qquad \varphi_2 = \left(\frac{G_{о.п.}}{360}\right)^{p} = \quad 1{,}06 \qquad (6.7)$$

Поправочний коефіцієнт b для конвекторів "Акорд" при барометричному тиску для **м. Дніпро** приймаємо рівним - 0,99

Значення інших коефіцієнтів:

$\psi_1 =$ 0,99 - схема руху води "зверху-вниз"

$\psi_2 =$ 1 - дворядна установка радіаторів по вертикалі

$\psi_3 =$ 0,94 - дворядна установка радіаторів у глибину

$c =$ 1 - показник конвектора "Акорд"

Потрібний тепловий потік опалювального приладу, приведений до нормальних умов:

$$Q_н^{потр} = \frac{Q_{о.п.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = \quad 3397 \ \text{Вт} \qquad (6.8)$$

Приймаємо до установки два конвектори **К2А-1,854К**

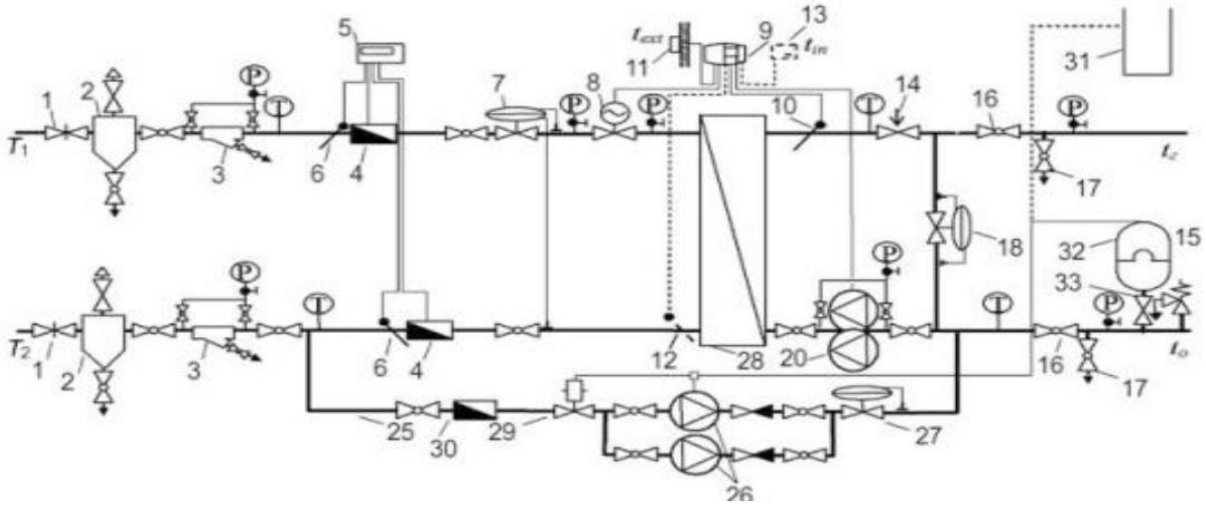
з номінальним тепловим потоком $Q_н =$ 3708 Вт

Перевищення потребуємого теплового потоку складає - 8,377 %

2.6. Розрахунок і вибір обладнання ІТП, теплового лічильника тощо.

Витрата води в системі опалення $G_{C.O.} = \frac{0{,}86 \times Q_{c.o.}}{t_г - t_о} =$ 7461 кг/год (8.1)

За допомогою комп'ютерної програми Wilo select, використовуючи відомі нам величини, підбираємо насоси, які задовольняють робочі параметри нашої системи опалення.



1 – вимикаюча арматура	*17 – спускні (дренажні) крани*
2 – грязевик	*18 – перепускний клапан*
3 – фільтр	*19 – пусковий байпас із запірним краном*
4 – витратомір	*20 – насосна група*
5 – теплообчислювач	*21,22 і 24 – зворотний клапан*
6 – датчик температури теплоносія	*23 – регулятора підпору*
7 – регулятор перепаду тиску	*25 – лінія підживлення*
8 – клапан регулятора теплового потока	*26 – підживлюючий насос*
9 – електронний регулятор (ECL)	*27 – регулятор тиску «після себе»*
10 і 12 – датчик температури теплоносія	*28 – теплообмінник*
11 – датчик температури зовнішнього повітря (ESMT)	*29 – соленоїдний клапан*
13 – датчик температури внутрішнього повітря (ESMB10)	*30 – водомір підживлення*
14 – регулювальний вентиль системи опалення	*31 – відкритий розширювальний бак*
15 – запобіжний клапан	*32 – закритий розширювальний бак*
16 – вимикаюча арматура системи опалення	*33 – запірний клапан розширювального бака*

РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ В СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ

Тиск $P_н$ циркуляційного насосу системи опалення визначаємо за формулою:

$$P_н = 1.1 \cdot (\Delta P_{со} - 0.7 \cdot P_е), \quad (7.1)$$

де $\Delta P_{со}$ - втрата тиску в системі опаленя, Па

$P_е$ - максимальний природний тиск, Па, який розраховується по формулі:

$$P_е = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{max.о/п} - H_{ит}), \quad (7.2)$$

де g - прискорення вільного падіння

β - середній приріст об"ємної маси води при охолодженні її на 1°С, яке в інтервалі температур 65...95°С приймаємо рівним 0.624 кг/(м^{3}К)

Δt - розрахункова різниця температур в подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення, °С

$H_{max.о/п}$ - відмітка о/п найбільш віддаленого ОП по вертикалі від джерела теплоти, м

$H_{ит}$ - відмітка джерела теплоти, м

$P_е$= 4162 Па

$\Delta P_{со}$= 21899 Па

$P_н$= 20884 Па

Розділ 3. Вентиляція і кондиціонування повітря

3.1. Види шкідливостей, які надходять у приміщення. Розрахунок їх кількостей.

Теплонадходження від людей

108 Снек-бар	q_{hf} =	95	Qhfтп=	4745
112 Sportmaster	q_{hf} =	95	Qhfтп=	463
113 Colin's	q_{hf} =	95	Qhfтп=	463
114 Алло	q_{hf} =	95	Qhfтп=	463
115 Кафе-бар	q_{hf} =	95	Qhfтп=	1378

108 Снек-бар	q_{hf} =	120	Qhfхп=	6155
112 Sportmaster	q_{hf} =	120	Qhfхп=	625
113 Colin's	q_{hf} =	120	Qhfхп=	625
114 Алло	q_{hf} =	120	Qhfхп=	625
115 Кафе-бар	q_{hf} =	120	Qhfхп=	1775

Явна кількість теплоти:

108 Снек-бар	q_h =	60	Qhтп=	2855
112 Sportmaster	q_h =	60	Qhтп=	278
113 Colin's	q_h =	60	Qhтп=	278
114 Алло	q_h =	60	Qhтп=	278
115 Кафе-бар	q_h =	60	Qhтп=	855

108 Снек-бар	q_h =	90	Qhхп=	4280
112 Sportmaster	q_h =	90	Qhхп=	436
113 Colin's	q_h =	90	Qhхп=	436
114 Алло	q_h =	90	Qhхп=	425
115 Кафе-бар	q_h =	90	Qhхп=	1475

Теплонадходження від джерел штучного освітлення

108 Снек-бар	$Q_{осв}$ =	350	*A*=	270
112 Sportmaster	$Q_{осв}$ =	1050	*A*=	740
113 Colin's	$Q_{осв}$ =	460	*A*=	435
114 Алло	$Q_{осв}$ =	460	*A*=	435
115 Кафе-бар	$Q_{осв}$ =	420	*A*=	375

Теплонадходження від обладнання

Sportmaster 112: Комп'ютер = 150Вт : 150*3= 4500Вт Принтер = 150 Вт: 150*1 = 150Вт **Сумма:** 600 Вт
Colin's 113 : Комп'ютер = 150Вт : 150*3=450 Вт Принтер = 150 Вт: 150*1 =150 Вт **Сумма:** 600Вт
Алло 114 : Комп'ютер = 150Вт : 150*3=450 Вт Принтер = 150 Вт: 150*1 =150 Вт **Сумма:** 600Вт
Кафе-бар 115: Комп'ютер = 150Вт : 150*2=300 Вт **Сумма:** 300Вт

Теплонадходження від сонячної радіації :

Теплонадходження для приміщення 108:

	Вікно		Fп=	6	ПН	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	157,705	178,0444	194,5016	208,9016	219,873	223,5336	223,7657	212,235	300,4928	376,1453
qпр	32,376	33,288	33,288	33,288	33,288	32,376	31,464	28,272	62,57154	94,03595
qпт	13,33377	16,35887	19,10173	21,50173	23,3303	24,3052	24,70868	24,0637	25,05352	25,07651
qп	0	0	0	0	0	0	0	0	70	107
qр	71	73	73	73	73	71	69	62	55	43
кинс	0,280856	1,02415	0,95413	1,236031	1,02415	0,280856	0,824646	1,183655	0,88091	1,14406
β	0,64031	0,912447	0,963518	-0,1052	0,912447	0,64031	0,880182	-0,1135	-0,16193	0,452378
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ac.o.	124	144	167	167	144	124	108	95	83	71
tн.уст	28,66682	29,7256	30,6856	31,5256	32,1656	32,50682	32,64804	32,42229	32,76873	32,77678
β^2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
$\alpha^н$	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Вікно		Fп=	6	Сх	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	985,2736	698,7622	453,687	225,2218	222,3838	216,0012	209,9562	194,6593	174,6785	148,6422
qпр	332,9737	222,4283	127,4319	39,216	34,2	29,64	26,448	21,888	16,872	11,4
qпт	31,02279	27,48905	24,64173	21,85057	23,38397	24,1442	24,41351	23,68802	22,36428	20,2137
qп	425	278	96	0	0	0	0	0	0	0
qр	137	122	102	86	75	65	58	48	37	25
кинс	1,046833	0,98682	1,386374	27,43353	0,98682	1,046833	1,071046	2,030422	1,006192	1,01772
β	1,425087	-0,88849	0,05063	-0,00372	-0,88849	1,425087	1,131484	-0,04426	-0,45848	-0,99927
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ac.o.	34	54	77	77	54	34	18	5	7	19
tн.уст	34,85798	33,62117	32,62461	31,6477	32,18439	32,45047	32,54473	32,29081	31,8275	31,0748
β^2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
$\alpha^н$	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Вікно		Fп=	12	Пд	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	1296,583	1120,971	1795,943	1480,761	1204,628	1428,24	986,63	497,0855	366,9326	302,306
qпр	210,5717	172,202	288,8093	226,337	172,202	210,5717	129,3724	41,46006	20,064	12,312
qпт	23,8199	24,53342	34,13817	32,86192	31,50485	34,79133	30,47021	24,83976	22,55212	20,26737
qп	248	330	374	374	330	248	138	23	0	0
qр	113	129	136	136	129	113	93	66	44	27
кинс	1,054779	0,565082	0,997367	0,722633	0,565082	1,054779	1,036475	0,812648	0,988197	1,069512
β	-1,42587	-0,18768	-0,978	0,108498	-0,18768	-1,42587	-1,26035	0,152488	0,544572	0,736908
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ac.o.	56	36	13	13	36	56	72	85	97	109
tн.уст	32,33697	32,5867	35,94836	35,50167	35,0267	36,17697	34,66457	32,69392	31,89324	31,09358
β^2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
$\alpha^н$	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Стіна		Fc=	19,5	Пн	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	35,16866	38,426	41,33429	43,87904	45,81789	46,8018	47,17982	46,32167	48,59199	47,98683
qicp	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	-0,3283	-0,16125	-0,01211	0,118391	0,217819	0,268276	0,287662	0,243654	0,36008	0,329047
qп	0	0	0	0	0	0	0	0	70	107
qp	71	73	73	73	73	71	69	62	55	43
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	-120	-118	-118	-118	-118	-120	-122	-129	-66	-41

	Стіна		Fc=	46,5	Сх	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	146,326	133,2303	114,4682	106,2884	109,5125	110,841	111,1064	108,6784	104,6783	98,52833
qicp	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	1,014979	0,733352	0,329865	0,153956	0,223291	0,251861	0,257568	0,205353	0,119331	-0,01293
qп	425	278	96	0	0	0	0	0	0	0
qp	137	122	102	86	75	65	58	48	37	25
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	371	209	7	-105	-116	-126	-133	-143	-154	-166

	Стіна		Fc=	47,5	Пд	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	123,3528	143,7626	157,4743	163,6731	161,7685	151,69	135,9771	116,3435	107,8391	100,9071
qicp	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	0,465085	0,894764	1,183432	1,313932	1,273836	1,061656	0,73086	0,31752	0,138481	-0,00746
qп	248	330	374	374	330	248	138	23	0	0
qp	113	129	136	136	129	113	93	66	44	27
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	170	268	319	319	268	170	40	-102	-147	-164

	Покриття		Fк=	150		tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	1587,397	1772,591	1873,719	1897,549	1841,812	1696,336	1485,444	1211,93	952,2948	721,419
qicp	6,52636	6,526631	6,526631	6,526631	6,526631	6,52636	6,526098	6,525247	6,539449	6,557268
Δqi	4,056289	5,29064	5,964829	6,123699	5,752118	4,78255	3,376863	1,554289	-0,19082	-1,74781
qп	565	649	691	691	649	565	447	307	176	66
qp	151	166	171	171	166	151	132	101	72	45
qсумм	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
Ri	3,406609	3,406468	3,406468	3,406468	3,406468	3,406609	3,406746	3,407191	3,399791	3,390552
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	387	486	533	533	486	387	250	79	-81	-218

	Сумарний тепловий потік по годинах: 108									
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Вікна	2440	1998	2444	1915	1647	1868	1420	904	842	827
Стіни	305	315	313	314	317	309	294	271	261	247
Покриття	1587	1773	1874	1898	1842	1696	1485	1212	952	721
Сума	4332	4086	4631	4126	3806	3873	3200	2387	2056	1796

Теплонадходження для приміщення 112

	Вікно		Fп=	3	ПН	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	78,85252	89,02221	97,25078	104,4508	109,9365	111,7668	111,8828	106,1175	150,2464	188,0727
qпр	32,376	33,288	33,288	33,288	33,288	32,376	31,464	28,272	62,57154	94,03595
qпт	13,33377	16,35887	19,10173	21,50173	23,3303	24,3052	24,70868	24,0637	25,05352	25,07651
qп	0	0	0	0	0	0	0	0	70	107
qр	71	73	73	73	73	71	69	62	55	43
кинс	0,280856	1,02415	0,95413	1,236031	1,02415	0,280856	0,824646	1,183655	0,88091	1,14406
β	0,64031	0,912447	0,963518	-0,1052	0,912447	0,64031	0,880182	-0,1135	-0,16193	0,452378
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ас.о.	124	144	167	167	144	124	108	95	83	71
tн.уст	28,66682	29,7256	30,6856	31,5256	32,1656	32,50682	32,64804	32,42229	32,76873	32,77678
β^2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
$\alpha^н$	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Стіна		Fс=	24,3	Пн	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	43,82556	47,88471	51,50888	54,68003	57,09614	58,32225	58,79332	57,72393	60,55309	59,79897
qicp	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	-0,3283	-0,16125	-0,01211	0,118391	0,217819	0,268276	0,287662	0,243654	0,36008	0,329047
qп	0	0	0	0	0	0	0	0	70	107
qр	71	73	73	73	73	71	69	62	55	43
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	-120	-118	-118	-118	-118	-120	-122	-129	-66	-41

	Стіна		Fс=	14	сх	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	44,05954	40,11577	34,46571	32,0023	32,97292	33,37284	33,45269	32,72162	31,51724	29,66555
qicp	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968	2,131968
Δqi	1,015142	0,733444	0,329868	0,15391	0,22324	0,251806	0,25751	0,20529	0,119263	-0,013
qп	425	278	96	0	0	0	0	0	0	0
qр	137	122	102	86	75	65	58	48	37	25
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081	3,454081
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	371	209	7	-105	-116	-126	-133	-143	-154	-166

	Покриття		Fк=	28		tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	296,3142	330,8836	349,7609	354,2092	343,805	316,6495	277,2829	226,227	177,7617	134,6649
qicp	6,52636	6,526631	6,526631	6,526631	6,526631	6,52636	6,526098	6,525247	6,539449	6,557268
Δqi	4,056289	5,29064	5,964829	6,123699	5,752118	4,78255	3,376863	1,554289	-0,19082	-1,74781
qп	565	649	691	691	649	565	447	307	176	66
qр	151	166	171	171	166	151	132	101	72	45
qсумм	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
Ri	3,406609	3,406468	3,406468	3,406468	3,406468	3,406609	3,406746	3,407191	3,399791	3,390552
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	387	486	533	533	486	387	250	79	-81	-218

	Сумарний тепловий потік по годинах: 112									
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Вікна	79	89	97	104	110	112	112	106	150	188
Стіни	88	88	86	87	90	92	92	90	92	89
Покриття	296	331	350	354	344	317	277	226	178	135
Сума	463	508	533	545	544	520	481	423	420	412

Теплонадходження для приміщення 114

	Вікно		Fп=	3	3х	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	75,08631	90,27761	105,4109	180,7147	272,1703	528,3772	604,3567	503,0459	505,5068	371,3687
qпр	29,64	34,2	39,216	88,69066	151,1444	335,0268	389,2265	316,6246	320,654	227,1932
qпт	13,17277	16,41254	19,45057	24,76196	30,26569	42,11503	45,76162	41,03213	40,24068	32,9123
qп	0	0	0	96	278	425	512	519	454	301
qр	65	75	86	102	122	137	146	132	105	69
кинс	1,054779	0,565082	0,997367	0,722633	0,565082	1,054779	1,036475	0,812648	0,988197	1,069512
β	-1,42587	-0,18768	-0,978	0,108498	-0,18768	-1,42587	-1,26035	0,152488	0,544572	0,736908
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ас.о.	56	36	13	13	36	56	72	85	97	109
tн.уст	28,61047	29,74439	30,8077	32,66669	34,59299	38,74026	40,01657	38,36125	38,08424	35,5193
β^2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
$\alpha_н$	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Стіна		Fс=	12,1	3Х	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	21,62399	23,91003	26,07879	31,36539	39,25531	45,29474	48,77341	48,24092	44,5187	37,05913
qiср	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	-0,34471	-0,15578	0,023456	0,460365	1,112424	1,611551	1,899044	1,855037	1,547415	0,930921
qп	0	0	0	96	278	425	512	519	454	301
qр	65	75	86	102	122	137	146	132	105	69
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	-126	-116	-105	7	209	371	467	460	368	179

	Покриття		Fк=	20		tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	211,6378	236,351	249,8694	247,4544	245,0689	225,757	197,6644	161,2116	126,2888	95,03987
qiср	6,5256	6,526911	6,528642	6,249019	6,501325	6,5053	6,506354	6,506292	6,505258	6,499801
Δqi	4,056289	5,29064	5,964829	6,123699	5,752118	4,78255	3,376863	1,554289	-0,19082	-1,74781
qп	565	649	691	691	649	565	447	307	176	66
qр	151	166	171	171	166	151	132	101	72	45
qсумм	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
Ri	3,407006	3,406322	3,405419	3,5578	3,419727	3,417638	3,417084	3,417116	3,41766	3,420529
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	387	486	533	533	486	387	250	79	-81	-218

	Сумарний тепловий потік по годинах: 114									
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Вікна	75	90	105	181	272	528	604	503	506	371
Стіни	22	24	26	31	39	45	49	48	45	37
Покриття	212	236	250	247	245	226	198	161	126	95
Сума	308	351	381	460	556	799	851	712	676	503

Теплонадходження для приміщення 115:

	Вікно		Fп=	3	Зх	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	75,08631	90,27761	105,4109	180,7147	272,1703	528,3772	604,3567	503,0459	505,5068	371,3687
qпр	29,64	34,2	39,216	88,69066	151,1444	335,0268	389,2265	316,6246	320,654	227,1932
qпт	13,17277	16,41254	19,45057	24,76196	30,26569	42,11503	45,76162	41,03213	40,24068	32,9123
qп	0	0	0	96	278	425	512	519	454	301
qр	65	75	86	102	122	137	146	132	105	69
кинс	1,054779	0,565082	0,997367	0,722633	0,565082	1,054779	1,036475	0,812648	0,988197	1,069512
β	-1,42587	-0,18768	-0,978	0,108498	-0,18768	-1,42587	-1,26035	0,152488	0,544572	0,736908
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ас.о.	56	36	13	13	36	56	72	85	97	109
тн.уст	28,61047	29,74439	30,8077	32,66669	34,59299	38,74026	40,01657	38,36125	38,08424	35,5193
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
αн	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Вікно		Fп=	3	Пд	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qп	324,1458	280,2426	448,9857	370,1902	301,1569	357,0601	246,6575	124,2714	91,73315	75,57651
qпр	210,5717	172,202	288,8093	226,337	172,202	210,5717	129,3724	41,46006	20,064	12,312
qпт	23,8199	24,53342	34,13817	32,86192	31,50485	34,79133	30,47021	24,83976	22,55212	20,26737
qп	248	330	374	374	330	248	138	23	0	0
qр	113	129	136	136	129	113	93	66	44	27
кинс	1,054779	0,565082	0,997367	0,722633	0,565082	1,054779	1,036475	0,812648	0,988197	1,069512
β	-1,42587	-0,18768	-0,978	0,108498	-0,18768	-1,42587	-1,26035	0,152488	0,544572	0,736908
h	47	54	56	58	54	47	38	30	21	12
Ас.о.	56	36	13	13	36	56	72	85	97	109
тн.уст	32,33697	32,5867	35,94836	35,50167	35,0267	36,17697	34,66457	32,69392	31,89324	31,09358
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
αн	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55	25,55

	Стіна		Fс=	11,7	ЗХ	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	20,90914	23,11962	25,21669	30,32852	37,95761	43,7974	47,16107	46,64618	43,04701	35,83403
qiср	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	-0,34471	-0,15578	0,023456	0,460365	1,112424	1,611551	1,899044	1,855037	1,547415	0,930921
qп	0	0	0	96	278	425	512	519	454	301
qр	65	75	86	102	122	137	146	132	105	69
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	-126	-116	-105	7	209	371	467	460	368	179

	Стіна		Fc=	21,7	Пд	tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	56,35276	65,6768	71,9409	74,77275	73,90265	69,29836	62,12008	53,15061	49,26546	46,09862
qicp	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816	2,131816
Δqi	0,465085	0,894764	1,183432	1,313932	1,273836	1,061656	0,73086	0,31752	0,138481	-0,00746
qп	248	330	374	374	330	248	138	23	0	0
qр	113	129	136	136	129	113	93	66	44	27
qсумм	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Ri	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075	3,454075
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	170	268	319	319	268	170	40	-102	-147	-164

	Покриття		Fк=	23		tн=	28	tв=	24	
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Qi	243,3834	271,8037	287,3498	284,5725	281,8292	259,6205	227,314	185,3934	145,2321	109,2959
qicp	6,5256	6,526911	6,528642	6,249019	6,501325	6,5053	6,506354	6,506292	6,505258	6,499801
Δqi	4,056289	5,29064	5,964829	6,123699	5,752118	4,78255	3,376863	1,554289	-0,19082	-1,74781
qп	565	649	691	691	649	565	447	307	176	66
qр	151	166	171	171	166	151	132	101	72	45
qсумм	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
Ri	3,407006	3,406322	3,405419	3,5578	3,419727	3,417638	3,417084	3,417116	3,41766	3,420529
β2	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,96	1	0,96	0,87	0,71
Ai	387	486	533	533	486	387	250	79	-81	-218

	Сумарний тепловий потік по годинах: 115									
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Вікна	399	371	554	551	573	885	851	627	597	447
Стіни	77	89	97	105	112	113	109	100	92	82
Покриття	243	272	287	285	282	260	227	185	145	109
Сума	720	731	939	941	967	1258	1188	913	835	638

Загальні теплонадходження:

Назва приміщення	Джерела теплонадходження	Теплонадходження в періоди року, Вт			
		Теплий		Холодний	
		Явні	Повні	Явні	Повні
108	Сонячна радіація	1720	1720	-	-
	Штучне освітлення	535	535	535	535
	Люди	800	1370	1285	1725
	Обладн.	600	600	600	600
	Від їжі:	560	560	560	560
	Всього:	4215	4215	3980	3420
112	Сонячна радіація	4475	4475	-	-
	Штучне освітлення	2230	2230	2230	2230
	Люди	1800	3770	4380	6545
	Обладн.	600	600	600	600
	Всього:	9105	11075	7210	9375
113	Сонячна радіація	630	630	-	-
	Штучне освітлення	370	370	370	370
	Обладн.	600	600	600	600
	Люди	800	800	950	950
	Всього:	240	2400	1920	1920
114	Сонячна радіація	735	735	-	-
	Штучне освітлення	330	330	330	330
	Обладн.	600	600	600	600
	Люди	460	660	460	460
	Всього:	2125	2325	1390	1390
115	Сонячна радіація	1150	1150	-	-
	Штучне освітлення	250	250	250	250
	Обладн.	600	600	600	600
	Люди	550	550	550	550
	Всього:	2550	2550	1400	1400

Тепловий баланс інших приміщень

Приміщення	Період року	Параметри	Надходження	Надлишки	Теплонапруженність Вт/м^3
101	ТП	Явна теплота	4350	4350	11,47
		Повна теплота	4875	3875	
	ХП	Явна теплота	3325	3325	14,7
		Повна теплота	3970	2770	
103	ТП	Явна теплота	4520	4520	21,53
		Повна теплота	6330	5470	
	ХП	Явна теплота	4520	2830	12,3
		Повна теплота	5160	2580	
106	ТП	Явна теплота	1730	1730	8,62
		Повна теплота	2165	2165	
	ХП	Явна теплота	1640	880	6,15
		Повна теплота	1935	945	
107	ТП	Явна теплота	1840	1840	15,7
		Повна теплота	2237	2237	
	ХП	Явна теплота	1840	1430	12,26
		Повна теплота	2455	1685	
109	ТП	Явна теплота	2335	2335	18,25
		Повна теплота	2966	2966	
	ХП	Явна теплота	1886	760	7,35
		Повна теплота	2240	1615	

3.2. Розрахунок повітрообмінів у приміщеннях. Складання повітряного балансу.

Повітряний баланс

Номер приміщення	Приміщення	Обєм приміщення $V_м^3$/год	Приплив		Витяжка		Примітка
			$k_р$, год$^{-1}$	L, м^3/год	$k_р$, год$^{-1}$	L, м^3/год	
101	Глядацька зала	2400	–	18220	–	18220	
102	Вестибюль	230	2	460	2	460	
103	Ігрова зона	230	2	460	2	460	
106	Каса	360	3	1080	–	–	
107	Кімната	25	80	2000	80	2000	
	адміністарції						
108	Снек-бар	200	–	700	2	400	
109	Ігрові автомати	200	–	700	2	400	
104	Туалет	0	2	0	2	200	
105	Туалет	60	5	300	10	600	
110	Боулінг	3120	2	6240	2	6240	
1	Вентиляційний центр	400	2	800	2	800	
				∑ 31720		∑ 31940	

3.2. Вибір і обґрунтування систем вентиляції та кондиціонування повітря.

Оскільки попит на енергоефективні будинки продовжує зростати, все більш очевидною стає важливість сучасних систем механічної вентиляції для підтримки якості повітря у приміщенні (КВП). Проте проблеми, пов'язані з енергетичним балансом, КВП та тепловим комфортом мешканців, зберігаються. У цьому огляді розглядається ефективність систем механічної вентиляції в регулюванні мікроклімату в приміщенні, поліпшенні якості повітря та мінімізації енергоспоживання. Результати показують, що вентиляція з регулюванням потреби (DCV) може підвищити енергоефективність до 88%, підтримуючи при цьому концентрацію CO_2нижче1000 ppm протягом 76% часу перебування у приміщенні. Системи рекуперації тепла досягають ефективності майже 90%, що призводить до зниження споживання енергії на опалення приблизно на 19%. Дослідження також показують, що використання механічної, а не природної вентиляції у школах знижує рівень CO_2на20-30%. Тим не менш, неправильне використання або погано спроектовані системи можуть призвести до того, що концентрація CO_2вжитлових приміщеннях перевищить 1600 ppm. Гібридні системи вентиляції продемонстрували покращений тепловий комфорт, при цьому прогнозовані середні значення оцінки (PMV) варіюються від –0,41 до 0,37 при використанні променистого опалення. Незважаючи на постійний технологічний прогрес, залишаються проблеми, такі як довговічність системи, прийнятність для користувачів та адаптованість до різних кліматичних зон. Інтелектуальні, персоналізовані стратегії вентиляції, що підтримуються сучасними алгоритмами управління та безперервним моніторингом, мають важливе значення для створення стійких та сприятливих для здоров'я будівель. У майбутніх дослідженнях слід приділити пріоритетну увагу інтеграції відновлюваних джерел енергії та адаптивних систем керування вентиляцією для подальшої оптимізації продуктивності системи.

Здорове і безпечне внутрішнє середовище значно впливає на здоров'я, настрій і продуктивність людей, при цьому якість повітря в приміщенні (КВП) є одним з основних факторів. Враховуючи, що люди зараз проводять близько 90%

свого часу в приміщенні, адекватна вентиляція стає дедалі важливішою.1]. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) наголошує на важливості контролю вологості, запобігання росту плісняви та підтримці високої якості повітря в приміщенні як найважливіші пріоритети для внутрішніх приміщень [2]. У відповідь це визнання механічних систем вентиляції як невід'ємних компонентів сталого проектування будівель стимулювало зростання кількості досліджень. Нещодавні досягнення в галузі механічних систем вентиляції обумовлені підвищенням поінформованості про передачу захворювань повітряно-краплинним шляхом, важливістю зниження енергоспоживання та необхідністю точного клімат-контролю у різних типах будівель. Пандемія COVID-19 та пов'язані з нею події наголосили на вирішальній ролі ефективної вентиляції у пом'якшенні поширення інфекційних респіраторних крапель та аерозолів [3]. Емпіричні дані підтверджують твердження, що адекватна циркуляція повітря, особливо в освітніх установах, значно знижує ризик передачі захворювань повітряно-краплинним шляхом, сприяючи використанню механічної вентиляції [4]. Сучасна вентиляція включає не тільки збільшення швидкості повітрообміну. Від сучасних систем механічної вентиляції очікується одночасне досягнення кількох цілей: забезпечення хорошої якості повітря у приміщенні, підтримання теплового комфорту, мінімізація споживання електроенергії та захист приміщень від забруднюючих речовин із зовнішнього повітря. Досягнення цих потреб вимагає всебічного розуміння динаміки аерозолів у приміщеннях, як показали недавні дослідження, проведені в операційних та навчальних закладах [5]. На ефективність вентиляції впливають як схеми повітряного потоку, а й щільність розміщення покупців, безліч рівень активності. Балансування потреби у свіжому повітрі з потребами в енергозбереженні є серйозною проблемою при проектуванні будівель. У глобальному масштабі потреби в опаленні та охолодженні становлять значну частину загального споживання енергії, при цьому системи ОВК (опалення, вентиляція та кондиціювання повітря) становлять більшу частину цього споживання.6]. Зусилля щодо підвищення енергоефективності призвели до створення все більш герметичних конструкцій, що захищають будівель, що

вимагає надійних стратегій вентиляції для управління накопиченням забруднюючих речовин у приміщеннях. Стратегія енергетичного переходу Німеччини ілюструє цей баланс, наголошуючи як на економії енергії, так і на підтримці гарного рівня якості повітря в приміщеннях.7]. Однак підвищення енергоефективності може призвести до змін у поведінці, які потенційно нівелюють деякі з передбачуваних переваг [8].Розуміння цих поведінкових реакцій має важливе значення при проектуванні систем механічної вентиляції, які успішно поєднують енергоефективність із цілями якості повітря у приміщенні. Одним з останніх досягнень у технології вентиляції є вентиляція з регулюванням потреби (DCV), яка знижує споживання енергії без шкоди для якості повітря в приміщенні. Дослідження показали, що управління вентиляцією на основі присутності людей може значно знизити споживання енергії в норвезьких початкових школах, зберігаючи при цьому прийнятні умови довкілля у приміщенні [9]. Ці результати показують, що інтелектуальні стратегії управління можуть ефективно адаптувати швидкість вентиляції до реального часу, залежно від присутності людей та рівня забруднення. Сучасні лідери в галузі механічної вентиляції все частіше включають до своїх проектів елементи природного середовища для зниження навантаження на систему та енергоспоживання. Впливові піонери дизайну, такі як Віктор Ольгьяй, заклали основоположні принципи кліматично адаптивної архітектури, які залишаються дуже актуальними у сучасній практиці вентиляції.10]. Його робота наголошує на важливості розуміння місцевих кліматичних умов та максимального використання природної вентиляції, коли це можливо. Така інтеграція систем природної та механічної вентиляції пропонує ефективний гібридний підхід. Міжнародне енергетичне агентство (MEA) надає докладні рекомендації щодо впровадження гібридних стратегій, особливо для вентильованого охолодження.11]. Нові технології в цій галузі потенційно дозволяють знизити потребу в енергії для охолодження, зберігаючи при цьому тепловий комфорт.12]. Однак ефективність вентильованого охолодження часто обмежується якістю зовнішнього повітря, оскільки підвищений рівень забруднення може обмежувати можливість використання зовнішнього повітря для охолодження приміщень [13].

Розробка ефективних стратегій механічної вентиляції потребує глибокого розуміння стандартів якості повітря та відповідних методологій оцінки. Протягом кількох десятиліть такі організації, як ASHRAE, відігравали ключову роль у вдосконаленні міжнародних стандартів у різних умовах будівництва.14]. Хоча ці стандарти визначають мінімальні вимоги до вентиляції залежно від кількості людей та рівня забруднення, їх застосування в реальних умовах потребує врахування місцевих кліматичних умов, типології будівель та моделей використання. В освітніх установах, де густота населення зазвичай висока, моніторинг концентрації вуглекислого газу (CO2) служить практичним індикатором ефективності вентиляції [15]. Дослідження виявили зв'язок між підвищеним рівнем CO2 у приміщенні і зниженням як когнітивних здібностей, так і фізичного благополуччя [16]. ВООЗ надає вичерпні рекомендації щодо впливу різних забруднюючих речовин у повітрі приміщень на здоров'я, наголошуючи на необхідності ефективних стратегій вентиляції [17]. Декілька досліджень задокументували кореляцію між якістю повітря в класі та результатами навчання учнів. Погана вентиляція була пов'язана зі збільшенням кількості перепусток занять та зниженням успішності, що підкреслює ширше значення механічних систем вентиляції в освітніх установах [18]. Ці дані підтверджують аргумент про те, що покращення якості повітря в приміщенні забезпечує системні переваги, що виходять за межі індивідуального здоров'я. Розуміння того, як люди взаємодіють із системами вентиляції, має вирішальне значення для забезпечення їх ефективної роботи. Дослідження показали, що поведінка користувачів впливає як на споживання енергії, так і на результати якості повітря в приміщенні [19]. Отримання інформації про ці поведінкові моделі необхідно для узгодження продуктивності системи з реальним використанням, а не з ідеалізованими умовами експлуатації. Взаємодія людей як з природними, так і з механічними системами вентиляції визначається кількома факторами, включаючи поінформованість про елементи управління системи, переваги, що сприймаються, і екологічні тригери, які спонукають користувача до участі [20]. Складність цих взаємодій стимулювала інтерес до розробки автоматизованих або напівавтоматизованих систем керування, які потребують

мінімального втручання користувача. Міжкультурні дослідження показують, що переваги щодо методів вентиляції різняться залежно від кліматичних умов та культурних норм [21]. Ці результати наголошують на важливості розробки стратегій вентиляції, що враховують не лише технічні характеристики, а й місцеві традиції, поведінкові звички та очікування користувачів. Незважаючи на досягнення в галузі знань та технологій, зберігається безліч проблем при впровадженні ефективних стратегій механічної вентиляції. Дослідження з використанням змішаних методів стали широко поширеним підходом для вивчення взаємозв'язків між експлуатаційними характеристиками будівлі, досвідом користувачів та енергоспоживанням [22]. Емпіричні дані часто вказують на розбіжність між прогнозованими та фактичними експлуатаційними характеристиками будівель. Цей розрив у продуктивності підкреслює важливість безперервного введення в експлуатацію, систематичного виявлення несправностей та постійних зусиль щодо оптимізації функціональності системи. Інтеграція систем механічної вентиляції з іншими компонентами будівлі стає особливо складною у проектах модернізації, де просторові та інфраструктурні обмеження часто обмежують гнучкість проектування. Хоча модернізація вентиляції в існуючих будинках може принести істотні вигоди, вона також створює ряд технічних та експлуатаційних труднощів [23]. Ці проекти, як правило, демонструють, що для досягнення як хорошої якості повітря в приміщенні, так і енергоефективності потрібна ретельна увага до конструкцій будівлі, що захищають, сумісності механічних систем і динаміці експлуатації будівлі. Нові технології моніторингу та управління підвищують продуктивність та швидкість реагування механічних систем вентиляції. Нещодавні досягнення в галузі датчиків CO2 і автоматизованого аналізу даних значно покращили можливість оцінки швидкості повітрообміну та оцінки ефективності системи з більшою точністю [24]. Ці технології підтримують розробку інтелектуальних систем управління, здатних адаптуватися до умов, що змінюються, тим самим оптимізуючи ефективність вентиляції за декількома параметрами, включаючи якість повітря, енергоспоживання та комфорт для мешканців [25].

Мета даного огляду - систематично узагальнити сучасні розробки в галузі механічної вентиляції (МВВ), приділяючи особливу увагу інтеграції якості повітря в приміщенні, енергоефективності, кліматично адаптивного керування та теплового комфорту як у традиційних, так і спеціалізованих типах будівель. Хоча численні дослідження розглядали окремі аспекти вентиляції, такі як стандарти якості повітря у приміщенні, енергоефективність та поведінка користувачів, у літературі, як і раніше, існує суттєва прогалина щодо того, як ці аспекти взаємодіють у реальних умовах, особливо за наявності динамічних моделей використання приміщень, різноманітних кліматичних умов та різних рівнів автоматизації системи. Цей огляд заповнює цю прогалину шляхом критичного аналізу емпіричних даних про продуктивність, поведінки користувачів та впровадження інтелектуальних стратегій вентиляції з метою оцінки експлуатаційної ефективності систем МВВ. Аналіз досліджує, чи МВВ може значно знизити енергоспоживання без шкоди для якості повітря, наприклад, за рахунок суттєвої економії енергії за підтримки концентрації CO_2у приміщеннівмежах допустимих значень. В огляді також розглядається внесок гібридних систем вентиляції та рекуперації тепла у підвищення комфорту для людей, що перебувають у приміщенні, оцінюваний за допомогою індексів теплового комфорту, таких як прогнозований середній бал (PMV), прогнозований відсоток незадоволених (PPD) та швидкість протягу (DR). Крім того, в огляді визначено ключові проблеми впровадження, включаючи довговічність системи, задоволеність людей, що перебувають у приміщенні, та кліматичну адаптивність, які залишаються постійними перешкодами для більш широкого впровадження передових рішень у галузі вентиляції. Інтегруючи раніше розрізнені теоретичні та емпіричні дані в цілісну аналітичну структуру, цей огляд заповнює критичний пропуск у знаннях у міждисциплінарному розумінні ефективності механічної вентиляції. Він надає дослідникам, інженерам та політикам всебічну основу для розвитку проектування, впровадження та адаптації до конкретних умов систем вентиляції наступного покоління.

3.4. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів/каналів тощо.

Аеродинімачні розрахунки П1-В1 зведено до таблиці

Приток Приміщення 101

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці L, м3\год	Довжина ділянки l, м	Розрахункова швидкість в перерізі v_p, м\с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу fр, м2	Діаметр повітропроводу d, мм	Еквівалентний діаметр dϑ,, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу fд, м2	Дійсна швидкість в перерізі υд, м/с	Коефіцієнт шорсткості βш	Коефіцієнт К1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці Рд	Втрати тиску на тертя			Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці Σξділ	Коефіцієнт К2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів ΔPz = Σξділ·Рд·К2	Загальні втрати тиску на ділянці , ΔРділ = Ртер + Pz, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросель-клапана ξдк
												Питомі на 1 п. м R, Па/м	На всій ділянці Рділ = R·l·βш·К1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20	21
Магістраль 1																					
1	2000	3,5	5	0,111	400	400	0,126	4,42	1	1	11,76	0,55	1,9		1,80	1	21,17	23,09	23,09	-	-
2	4000	2,2	6	0,185	560	560	0,246	4,51	1	1	12,24	0,37	0,8		0,37	1	4,53	5,34	28,44		
3	6000	8	6	0,278	630	630	0,312	5,35	1	1	17,23	0,44	3,5		0,37	1	6,38	9,90	38,33		

4	8000	28	6	0,370	800	800	0,402	5,53	1	1	18,41	0,35	9,8	2,25	1	41,42	51,22	89,55		
Відгалуження																				
5	2000	1,5	5	0,111	400	400	0,126	4,42	1	1	11,76	0,55	0,8	1,80	1	21,17	21,99	21,99	5	0,09
6	2000	1,5	5	0,111	400	400	0,126	4,42	1	1	11,76	0,55	0,8	1,80	1	21,17	21,99	21,99	23	0,52
7	2000	6,5	5	0,111	400	400	0,126	4,42	1	1	11,76	0,55	3,6	1,80	1	21,17	24,74	24,74	35	0,78
8	2000	1,5	5	0,111	400	400	0,126	4,42	1	1	11,76	0,55	0,8	1,80	1	21,17	21,99	21,99	19	0,42
9	4000	2	6	0,185	560	560	0,246	4,51	1	1	12,24	0,37	0,7	0,37	1	4,53	5,27	27,26	70	3,34

Витяжка Приміщення 101

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці L, м3\год	Довжина ділянки l, м	Розрахункова швидкість в перерізі vр, м\с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу fр, м2	Діаметр повітропроводу d, мм	Еквівалентний діаметр dϑ,, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу fд, м2	Дійсна швидкість в перерізі υд, м/с	Коефіцієнт шорсткості βш	Коефіцієнт К1	Швидкісний (динаміч ний) тиск на ділянці Рд	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці Σξділ	Коефіцієнт К2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів ΔPz = Σξділ·Рд·К2	Загальні втрати тиску на ділянці , ΔРділ = Ртер + Pz, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Не в'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросель-клапана ξдк
												Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці Рділ = R·l·βш·К1							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль 1																				
1,00	2000,00	3,50	5,00	0,11	400,00	400,00	0,13	4,42	1,00	1,00	11,76	0,55	1,93	1,80	1,00	21,17	23,09	23,09	-	-
2,00	4000,00	2,20	6,00	0,19	560,00	560,00	0,25	4,51	1,00	1,00	12,24	0,37	0,81	0,37	1,00	4,53	5,34	28,44		

3,00	6000,00	8,00	6,00	0,28	630,00	630,00	0,31	5,35	1,00	1,00	17,23	0,44	3,52	0,37	1,00	6,38	9,90	38,33		
4,00	8000,00	28,00	6,00	0,37	800,00	800,00	0,40	5,53	1,00	1,00	18,41	0,35	9,80	2,25	1,00	41,42	51,22	89,55		
Відгалуження																				
5,00	2000,00	1,50	5,00	0,11	400,00	400,00	0,13	4,42	1,00	1,00	11,76	0,55	0,83	1,80	1,00	21,17	21,99	21,99	4,76	0,09
6,00	2000,00	1,50	5,00	0,11	400,00	400,00	0,13	4,42	1,00	1,00	11,76	0,55	0,83	1,80	1,00	21,17	21,99	21,99	22,66	0,52
7,00	2000,00	6,50	5,00	0,11	400,00	400,00	0,13	4,42	1,00	1,00	11,76	0,55	3,58	1,80	1,00	21,17	24,74	24,74	35,45	0,78
8,00	2000,00	1,50	5,00	0,11	400,00	400,00	0,13	4,42	1,00	1,00	11,76	0,55	0,83	1,80	1,00	21,17	21,99	21,99	19,33	0,42
9,00	4000,00	2,00	6,00	0,19	560,00	560,00	0,25	4,51	1,00	1,00	12,24	0,37	0,74	0,37	1,00	4,53	5,27	27,26	69,56	3,34

Аеродинімачні розрахунки П2-В2 зведено до таблиці

Приток Приміщення 110

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці L, м3\год	Довжина ділянки l, м	Розрахункова швидкість в перерізі $v_р$, м\с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу fр, м2	Діаметр повітропроводу d, мм	Еквівалентний діаметр dϑ,, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу fд, м2	Дійсна швидкість в перерізі uд, м/с	Коефіцієнт шорсткості βш	Коефіцієнт К1	Швидкістний (динаміч ний) тиск на ділянці Рд	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці Σξділ	Коефіцієнт К2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів ΔPz = Σξділ·Рд·К2	Загальні втрати тиску на ділянці , ΔРділ = Ртер + Pz, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросель-клапана ξдк
												Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці Рділ = R·l·βш·К1							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль 1																				
1	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	-	-
2	3300	4	5	0,183	500	500	0,196	4,67	1	1	13,13	0,46	1,8	0,37	1	4,86	6,70	37,52	-	-
3	4950	4	5	0,275	560	560	0,246	5,58	1	1	18,74	0,55	2,2	0,37	1	6,93	9,13	46,65	-	-

4	6600	20	6	0,306	630	630	0,312	5,88	1	1	20,81	0,52	10,4	3,85	1	80,12	90,52	128,03	-	-
Відгалуження																				
5	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	18	0,50
6	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	34	0,83
7	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	76	4,61

Витяжка Приміщення 110

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці L, м3\год	Довжина ділянки l, м	Розрахункова швидкість в перерізі $v_р$, м\с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу fр, м2	Діаметр повітропроводу d, мм	Еквівалентний діаметр $dэ$,, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу fд, м2	Дійсна швидкість в перерізі υд, м/с	Коефіцієнт шорсткості βш	Коефіцієнт К1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці Рд	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці Σξділ	Коефіцієнт К2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів ΔPz = Σξділ·Рд·К2	Загальні втрати тиску на ділянці , ΔРділ = Ртер + Pz, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросель-клапана ξдк
												Питоміна 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці Рділ = R·l·βш·К1							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль 1																				
1	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	-	-
2	3300	4	5	0,183	500	500	0,196	4,67	1	1	13,13	0,46	1,8	0,37	1	4,86	6,70	37,52	-	-
3	4950	4	5	0,275	560	560	0,246	5,58	1	1	18,74	0,55	2,2	0,37	1	6,93	9,13	46,65	-	-
4	6600	20	6	0,306	630	630	0,312	5,88	1	1	20,81	0,52	10,4	3,85	1	80,12	90,52	128,03	-	-
Відгалуження																				
5	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	18	0,50
6	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	34	0,83
7	1650	3,5	5	0,092	355	355	0,099	4,63	1	1	12,91	0,69	2,4	2,20	1	28,40	30,82	30,82	76	4,61

3.5. Розрахунок і вибір обладнання систем вентиляції/кондиціонування повітря.

Технічні параметри
Вентиляційний агрегат
№Q-9062026-01-0

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт							
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту:	ПВ1

Конструкція агрегату			
Типорозмір агрегату	AVF12		
Позначення агрегату			
Кількість	1		
Виконання	Внутрішнє		
Сторона доступу	Права		
Model Box	F40MW		
Каркас	Frameless Design		
Матеріал внут. панелей	Zinc-Aluminum (0,7)		
Матеріал зовн. панелей	Zinc-Aluminum (0,7)		
Ізоляція	Мінеральна вата - 40 мм		
Товщина панелі	38 +/- 2 mm		
Тип даху	Немає		
Монтажна рама	2mm galv steel base120		
Довжина	4130 mm		
Ширина	1410 mm		
Висота	1740 mm		
Вага, прибл. + - 5%	1761кг		
	Приплив	Витягання	
Продуктивність	8000	6000	м3/год
Загальний статичний тиск вентиляторів	750	671	Па
Зовнішній статичний тиск	500	500	Па
Швидкість в перерізі	2.11	1.59	м/с
Потужність двигунів вентиляторів	3.00	2.20	кВт

Енергоспоживання				
	Приплив	Витягання	Загалом	
SFPv (чисті фільтри вкл.інвертор)	1.14	1.07	1.94	кВт/(м3/с)
SFP Int	119	78	195	Вт/(м3/с)
SFP Int Limit 2016	548			Вт/(м3/с)
SFP Int Limit 2018	468			Вт/(м3/с)
SFP conform	No			

Вага і розміри секцій				
Секція №	Довжина	Ширина	Висота	Вага, прибл. + - 5%
A	470 mm	1410 mm	870 mm	69кг
B	1580 mm	1410 mm	1740 mm	374кг
C	880 mm	1410 mm	870 mm	234кг
D	430 mm	1410 mm	870 mm	98кг
E	770 mm	1410 mm	870 mm	175кг
F	770 mm	1410 mm	870 mm	157кг
G	430 mm	1410 mm	870 mm	46кг
H	880 mm	1410 mm	870 mm	181кг
I	470 mm	1410 mm	870 mm	75кг

Акустичні хар-ки припливу										
Частота		63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Заг. дБ(a)
Звукова потужність на вході	(дБ)	54	58	64	70	71	68	62	58	76
Звукова потужність на виході	(дБ)	51	49	55	52	45	44	49	45	58
Звукова потужність,що переноситься повіт.	(дБ)	40	37	63	53	51	46	43	40	64
Звуковий тиск на вході @ 3 М.	(дБ)	37	40	46	53	54	50	45	40	58
Звуковий тиск на виході @ 3 М.	(дБ)	34	31	37	35	27	27	32	27	41
Звуковий тиск повітря @ 3 М.	(дБ)	23	19	45	36	33	29	26	22	46

Технічні параметри
Вентиляційний агрегат
№Q-9062026-01-0

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт						
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту: ПВ1

Акустичні хар-ки витягання										
Частота		63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Заг. дБ(а)
Звукова потужність на вході	(дБ)	51	43	50	41	33	30	33	35	51
Звукова потужність на виході	(дБ)	55	49	67	78	84	85	83	79	90
Звукова потужність,що переноситься повіт.	(дБ)	39	31	64	52	53	48	45	43	65
Звуковий тиск на вході @ 3 М.	(дБ)	34	25	32	24	15	13	15	17	34
Звуковий тиск на виході @ 3 М.	(дБ)	37	32	49	60	67	67	66	62	72
Звуковий тиск повітря @ 3 М.	(дБ)	21	14	46	34	36	30	28	26	47

Приплив, секція

[1] Секція забору повітря				
Тип	Заслінка повітряна	Заслінка зовнішнього повітря		
Розташування пластин	Протилежне	Додатково		Гнучкий фланець 130 мм
Опір за повітрям	2 Pa			
	Розмір (ВхШхД)	Матеріал	Швидкість	Положення
Заслінка повітряна	700 x 1200 x 170 mm	Алюміній	2.65 m/s	З торця (вхід)

[2] Кишеньковий фільтр			
Тип	Кишеньковий	Ступінь очищення	G4
Розмір фільтра 1 (К-сть x Ш x В x Д)	2 x 664 x 746 x 300 mm	Виробник	Vents
Розмір фільтра 2 (К-сть x Ш x В x Д)	N/A	Ефективність	COARSE 50%
		Клас енергоефективності	
Швидкість повітря фронтальна	2.24 m/s	Розрахункова міра засміченості	Середня
Доступ до рамки	Збоку	Перепад тиску, початковий	38.2 Pa
Матеріал фільтру	Поліестер	Перепад тиску, кінцевий	200 Pa
Запасні комплекти	0	Перепад тиску, середній	119.1 Pa

Знімна панель	
Розміри	Тип
388 x 790 mm	Знімна панель

Дворівнева секція

Технічні параметри
Вентиляційний агрегат
№Q-9062026-01-0

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт							
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту:	ПВ1

[3] Пластинчатий теплообмінник
Energy efficiency (DIN EN 13053) 52.00 %
Efficiency at balanced flow (EN308) 53.00 %

Виробник	Recuperator	Модель	FZ AL 10 N 1040 M 1 AE SM

ЗИМА, ПРИПЛИВ			ЗИМА, ВИТЯГАННЯ		
Продуктивність		8000 m^3/h	Продуктивність		6000 m^3/h
Холодопродуктивність, повна		60.00 kW	Холодопродуктивність, повна		60.00 kW
Суха ефективність		71.00 %	Заслінка байпасу		
Волога ефективність		46.00 %			
Опір за повітрям		74.00 Pa	Опір за повітрям		48.00 Pa
Опір за повітрям стд. густини		84.00 Pa	Опір за повітрям стд. густини		50.00 Pa
На вході	Температура	-22.0°C	На вході	Температура	20.0°C
	Відн. вологість/темп. вол. терм.	90.0 % / -22.1°C		Відн. вологість/темп. вол. терм.	40.0 % / 12.4°C
На виході	Температура	0.0°C	На виході	Температура	-2.0°C
	Відн. вологість/темп. вол. терм.	11.00 % / -5.1°C		Відн. вологість/темп. вол. терм.	93.00 % / -2.3°C
OACF		1.0	EATR		0.0 %
			К-ть конденсату		21.00 l/h

Додатково			
Дренажний піддон			
Тип	Знімний x 2	Ширина	1330 mm1330 mm
Матеріал	Неіржавна сталь (304)	Сторона підключення	Права

Приплив, секція

[4] Вентилятор (вільне колесо)

Загальні відомості		Вентилятор			Двигун			
Вільний напір установки	500Па				Виробник		BLAUBERG	
Загальний статичний тиск вентиляторів	750Па	Тип		Вільн. напору	Тип		AC	
Повний тиск вентилятора	807.8Па	Модель	ER50C-4DN.E7.1R-130577/0Z01		Номінальна потужність вентилятора		3.00	
Продуктивність	8000 m^3/h	Кількість		1	Кількість		1	
Метод пуску	Прямий пуск / зірка-трикут.	Швидкість повітря через фланець на виході		0.0м/с	Мережа живлення		400/3/50	
Частотний регулятор		Швидкість обертання вентилятора		1692об/хв	Швидкість обертання номінальна		1446об/хв	
Переріз на виході	1010 x 1010 mm	Швидкість обертання максимальна		1820об/хв	Полюсність		4	
Доступ для сервісу	Знімна панель	Ел.потужність без VSD		2.72кВт	Ел.потужність с VSD		2.80кВт	
Сторона доступу	Права	Ел.потужність (чисті фільтри)		2.53кВт	Робочий струм		6.14 A	
		ККД (Static)		59.43 %	Тип монтажної рами		100L	
К-фактор вентилятора	252	ККД (Total)		64.01 %	Робоча частота AC/EC		58.51/50.00 Гц	
		ККД (Overall)		63.93 %	Напруга керування (тільки для EC-моторів)		V	
					Клас енергоефективності		IE3	

Звукова потужність	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
На стороні всмоктування [dB]	66	71	79	76	75	73	70	69
На виході [dB]	73	76	85	84	84	78	75	72

Знімна панель	
Розміри	Тип
838 x 790 mm	Знімна панель

Приплив, секція

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт							
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту:	ПВ1

[5] Водяний повітронагрівач			
Тип	Основний	Теплоносій	Вода
Код нагрівача	2522-2,0-3H-29-1180-43	Кількість нагрівачів	1
Рядність / Щільність ореберення FPI	3 / 13	Кількість контурів	43
Температура повітря ДО	0.0°C	Температура теплоносія на вході	80.0°C
Температура повітря ПІСЛЯ	20.0°C	Температура теплоносія на виході	60.0°C
Теплова потужність	54.44 kW	Витрата теплоносія	0.7 l/s
Опір за повітрям	40 Pa	Швидкість рідини	0.3 m/s
Швидкість повітря фронтальна	2.6 m/s	Гідравлічний опір	2.2 kPa
Коефіцієнт байпасу	0.03	Об'єм теплоносія в теплообміннику	8.4 litres
		Тип гліколю / %	None / 0.0 %
Матеріал ореберення	Алюміній 0.10	Тип підключення	Різьба BSP
Матеріал трубок	3/8" CU	Підключення вхід/вихід	1 x 1 1/2 " / 1 x 1 1/2 "
Матеріал фланця	мідь	Сторона підключення	Права
Матеріал корпусу теплообмінника	Оцинкована сталь	Тип покриття	Без покриття

Панель теплообмінника	
Розміри	Тип
388 x 790 mm	Панель теплообмінника

Приплив, секція

[6] Шумоглушник								
Довжина / висота шумогасної панелі		600 / 790 mm		Товщина панелі			100 mm	
Матеріал і тип панелі		F/STD - Full Length - Standard		Відстань між панелями			100 mm	
Кількість панелей		6		Кількість бічних панелей			0	
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
Зменшення рівня шуму [dB]	5	9	16	30	39	39	31	26

Знімна панель	
Розміри	Тип
688 x 790 mm	Знімна панель

[7] Секція розподілення повітря				
Тип	Заслінка відпрацьованого повітря	Заслінка зовнішнього повітря		
Розташування пластин	Протилежне	Додатково		Гнучкий фланець 130 мм
Опір за повітрям	0 Pa			
	Розмір (ВхШхД)	Матеріал	Швидкість	Положення
Заслінка відпрацьованого повітря	0 x 0 x 0 mm	Алюміній	2.65 m/s	З торця

Витягання, секція

[8] Секція забору повітря				
Тип	Заслінка повітряна	Заслінка зовнішнього повітря		
Розташування пластин	Протилежне	Додатково		Гнучкий фланець 130 мм
Опір за повітрям	0 Pa			
	Розмір (ВхШхД)	Матеріал	Швидкість	Положення
Заслінка повітряна	0 x 0 x 0 mm	Алюміній	1.98 m/s	З торця (вхід)

[9] Шумоглушник								
Довжина / висота шумогасної панелі		600 / 790 mm		Товщина панелі			100 mm	
Матеріал і тип панелі		F/STD - Full Length - Standard		Відстань між панелями			100 mm	
Кількість панелей		6		Кількість бічних панелей			0	
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
Зменшення рівня шуму [dB]	5	9	16	30	39	39	31	26

Технічні параметри
Вентиляційний агрегат
№Q-9062026-01-0

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт							
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту:	ПВ1

Знімна панель	
Розміри	Тип
688 x 790 mm	Знімна панель

Витягання, секція

[10] Кишеньковий фільтр			
Тип	Кишеньковий	Ступінь очищення	G4
Розмір фільтра 1 (К-сть x Ш x В x Д)	2 x 664 x 746 x 300 mm	Виробник	Vents
Розмір фільтра 2 (К-сть x Ш x В x Д)	N/A	Ефективність	COARSE 50%
		Клас енергоефективності	
Швидкість повітря фронтальна	1.68 m/s	Розрахункова міра засміченості	Середня
Доступ до рамки	Збоку	Перепад тиску, початковий	28.7 Pa
Матеріал фільтру	Поліестер	Перепад тиску, кінцевий	200 Pa
Запасні комплекти	0	Перепад тиску, середній	114.3 Pa

Знімна панель	
Розміри	Тип
388 x 790 mm	Знімна панель

Витягання, секція

[11] Вентилятор (вільне колесо)

Загальні відомості		Вентилятор			Двигун			
Вільний напір установки	500Па				Виробник		BLAUBERG	
Загальний статичний тиск вентиляторів	671Па	Тип		Вільн. напору	Тип		AC	
Повний тиск вентилятора	754.2Па	Модель	ER40C-4DN.E7.1R-130591/0Z01		Номінальна потужність вентилятора		2.20	
Продуктивність	6000 m^3/h	Кількість		1	Кількість		1	
Метод пуску	Прямий пуск / зірка-трикут.	Швидкість повітря через фланець на виході		1.59м/с	Мережа живлення		400/3/50	
Частотний регулятор		Швидкість обертання вентилятора		2285об/хв	Швидкість обертання номінальна		1453об/хв	
Переріз на виході	1010 x 1010 mm	Швидкість обертання максимальна		2420об/хв	Полюсність		4	
Доступ для сервісу	Знімна панель	Ел.потужність без VSD		1.92кВт	Ел.потужність с VSD		1.98кВт	
Сторона доступу	Зліва	Ел.потужність (чисті фільтри)		1.78кВт	Робочий струм		5.27 A	
		ККД (Static)		56.56 %	Тип монтажної рами		100L	
К-фактор вентилятора	154	ККД (Total)		63.57 %	Робоча частота AC/EC		78.64/50.00 Гц	
		ККД (Overall)		62.75 %	Напруга керування (тільки для EC-моторів)		V	
					Клас енергоефективності		IE3	

Звукова потужність	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
На стороні всмоктування [dB]	68	67	79	76	74	74	72	73
На виході [dB]	71	71	84	82	86	80	77	77

Знімна панель	
Розміри	Тип
838 x 790 mm	Знімна панель

Витягання, секція

[12] Секція вирівнювання потоку			
Довжина	350 mm	Сторона доступу	Зліва

Технічні параметри
Вентиляційний агрегат
№Q-9062026-01-0

Версія:VB AHU Select 2.02.6
Rev. 06/05/2025

Інформація про проєкт							
Проєкт №	9062026	Дата:	09 Jun 2026	Установка №	Q-9062026-01-0	Позначення проєкту:	ПВ1

[13] Секція розподілення повітря					
Тип		Заслінка відпрацьованого повітря		Заслінка зовнішнього повітря	
Розташування пластин		Протилежне		Додатково	Гнучкий фланець 130 мм
Опір за повітрям		1 Pa			
	Розмір (ВхШхД)	Матеріал	Швидкість	Положення	
Заслінка відпрацьованого повітря	700 x 1200 x 170 mm	Алюміній	1.98 m/s	З торця	

3.6. Розрахунок повітророзподілення

Вихідні дані для проектування:

Призначення приміщення:	Ігрова зона	**Загальна витрата повітря ($L_{сум}$):**	3180 м³/год
Розміри приміщення:	10,2 × 11,7 м	**Висота приміщення (H):**	4,2 м
Температура робочої зони (t_{wz}):	22 °C (295 K)	**Допустима рухливість повітря (v_{wz}):**	0,25 м/с
Схема розподілення:	№4 (згори-донизу)	**Різниця температур (Δt_o):**	4 °C

№	Параметр / Етап розрахунку	Позначення	Формула або джерело	Значення	Одиниці
1	Площа приміщення	$F_{пр}$	10,2 × 11,7	115,4	м²
2	Площа зони одного плафона	$F_п$	5,85 × 5,1	19,2	м²
3	Загальна кількість повітророзподільників	z	$F_{пр} / F_п$ = 115,4 / 19,2	**6**	шт.
4	Витрата повітря на один плафон	L_o	$L_{сум} / z$ = 3180 / 6	530	м³/год
5	Тип повітророзподільника та площа перерізу	F_o	Прийнято за каталогом **DCQ-225**	0,083	м²
6	Швидкість повітря в горловині	V_o	$L_o / (3600 \times F_o)$	2,3	м/с
7	Відстань від плафона до робочої зони	$X_п$	$H - h_{р.з.}$ = 3,0 - 2,0	1,0	м
8	Геометрична характеристика	$X_п / \sqrt{F_o}$	1,0 / √0,083	3,47	—
9	Коефіцієнти затухання швидкості та температур	m , n	Залежно від типу ВП та геометрії	m = 3,0 n = 2,6	—
10	Коефіцієнти умов стіснення та взаємодії струмин	K_c , $K_в$	Довідкові дані для схеми №4	K_c = 0,9 $K_в$ = 0,8	—
11	Початковий критерій Архімеда	$Ar_{0.1}$	$11,1 \times (\Delta t_o \sqrt{F_o}) / (V_o^2 \times T_{окр})$	0,042	—
12	Поточний критерій Архімеда	$Ar_{x,1}$	Розрахунок за траєкторією струмини	1,18	—

№	Параметр / Етап розрахунку	Позначення	Формула або джерело	Значення	Одиниці
13	Коефіцієнт неізотермічності струмини	$K_н$	$\sqrt[3]{(1 + 1{,}3 \times Ar_{x,1})}$	1,3	—
14	Швидкість струмини на вході в робочу зону	V_x	$V_o \times m \times K_c \times K_в \times K_н \times \sqrt{F_o} / X_п$	**0,16**	м/с
15	Перевірка рухливості повітря в робочій зоні	—	$V_x \le v_{wz}$ (0,16 ≤ 0,25)	**Норма**	—
16	Перепад температур на осі струмини	Δt_x	$(\Delta t_o \times n \times K_в \times \sqrt{F_o}) / (X_п \times K_н \times K_c)$	**0,25**	°C
17	Перевірка температурного режиму	—	Відповідність нормативним вимогам	**Норма**	—

Розділ 4. Заходи з енергоефективності

Житлові та комерційні будівлі споживають 40% енергії, що використовується в Україні. З тих 2 000 гривень, які пересічний українець щомісячно витрачає на оплату енергії, від 200 до 400 гривень можуть витрачатися даремно через протяги, витоки повітря навколо отворів та застарілі системи опалення та охолодження. Зменшивши ці втрати за допомогою заходів із підвищення енергоефективності, ви зможете заощадити гроші та почуватися комфортніше у своєму будинку чи на підприємстві.

Почніть з оцінки енергоефективності

Проведення оцінки енергоефективності будинку або будівлі, також відомої як енергоаудит або енергетичне обстеження, є розумним першим кроком для аналізу того, як саме ваша будівля споживає енергію. Енергетична оцінка визначить, які конкретні заходи ви можете вжити, щоб зробити вашу будівлю більш енергоефективною. Оцінка може включати візуальний огляд (обхід приміщень), використання інфрачервоної камери (тепловізора), аеродвері (тесту Blower Door) або інших методів для виявлення найбільш ефективних підходів до модернізації вашого будинку чи будівлі.

Типові заходи з підвищення енергоефективності будинку

А. Герметизація витоків повітря навколо підлоги, стін, стелі, вікон, дверей та камінів за допомогою герметика, монтажної піни та ущільнювачів. Тепле повітря, що проникає у ваш будинок влітку і виходить із нього взимку, може марнувати значну частину ваших коштів на оплату енергії. Потенційна економія енергії від зменшення протягів у будинку може становити від 5% до 30% на рік, а після цього в оселі зазвичай стає набагато комфортніше.

В. Додавання ізоляції (утеплення) на горищі, у технічному підпіллі або підвалі, а також на зовнішніх стінах у поєднанні з герметизацією повітря, щоб підтримувати прохолоду в будинку влітку і тепло взимку. Збільшення теплоізоляції вашого будинку — один із найшвидших і найбільш рентабельних способів зменшити втрати енергії.

C. Встановлення більш енергоефективних вікон, дверей та зенітних ліхтарів (мансардних вікон) — для цього шукайте продукти з маркуванням ENERGY STAR. Також встановлюйте захисні (штормові) вікна та двері, щоб заощаджувати енергію та підвищити комфорт вашого будинку чи будівлі. Повітря проникає в будинок і виходить з нього через кожну щілину та отвір. Близько 20% цього повітря потрапляє через отвори у вікнах, дверях і мансардних вікнах. Самі лише захисні вікна можуть зменшити втрати тепла через вікна на 25%–50%.

D. Встановлення та налаштування програмованих термостатів, які заощаджують енергію шляхом автоматичного регулювання температури у вашому будинку чи будівлі, коли ви перебуваєте вдома, спите або відсутні. Ви можете заощадити до 10% на рік на рахунках за опалення та охолодження, просто знизивши температуру на термостаті на 10%–15% протягом 8 годин.

E. Герметизація повітроводів та забезпечення їхньої рівності та належного з'єднання. Багато систем повітроводів не мають належної ізоляції або мають зазори чи отвори, через які може виходити повітря. Ви можете втратити до 60% нагрітого повітря ще до того, як воно дійде до вентиляційної решітки, якщо ваші повітроводи не ізольовані та проходять через неопалювані приміщення, такі як горище або технічне підпілля.

F. Налаштування або модернізація систем опалення та охолодження. Опалення та охолодження вашого будинку споживає більше енергії, ніж будь-яка інша система в оселі. Зазвичай 43% рахунку за комунальні послуги припадає на опалення та охолодження. Поєднуючи належне технічне обслуговування та модернізацію обладнання з відповідною ізоляцією, герметизацією повітря та налаштуваннями термостата, ви можете скоротити споживання енергії на опалення та охолодження на 20%–50%.

G. Встановлення енергоефективного водонагрівача (бойлера), наприклад, енергоефективного накопичувального водонагрівача або проточного безрезервуарного водонагрівача. Нагрівання води є третіми за величиною витратами на енергію у вашому домі, що зазвичай становить близько 12%

вашого рахунку за комунальні послуги. Також розгляньте можливість використання меншої кількості гарячої води, зниження температури на термостаті водонагрівача та теплоізоляції самого водонагрівача.

H. Встановлення термостатичних регулювальних клапанів у душі, які перекривають воду, щойно вона стає теплою, заощаджуючи гарячу воду та енергію, поки ви не будете готові зайти в душ.

I. Модернізація побутової техніки та електроніки до продуктів, що відповідають вимогам ENERGY STAR або ENERGY STAR Most Efficient (Найефективніший). На побутову техніку припадає близько 15% енергоспоживання вашого домогосподарства, причому холодильники, пральні та сушильні машини перебувають на початку списку споживання.

J. Встановлення енергоефективного освітлення та світильників замість найбільш використовуваних світильників або лампочок у вашому будинку чи будівлі. Середньостатистичне домогосподарство виділяє 11% свого енергетичного бюджету на освітлення. Використання нових технологій освітлення може зменшити споживання енергії на освітлення у вашому домі на 50%–75%.

Інструменти та калькулятори для дому

- **Герметизація повітря та ізоляція з ENERGY STAR:** Інформація, інструменти та ресурси, які допоможуть споживачам герметизувати та утеплити свої будинки, включаючи «Посібник зі своїми руками (DIY) з герметизації та ізоляції за допомогою ENERGY STAR».
- **Оцініть свій будинок з ENERGY STAR:** Інформація, інструменти та ресурси, які допоможуть споживачам оцінити споживання енергії у своєму будинку.
- **Калькулятор ENERGY STAR «Flip Your Fridge» (Замініть свій холодильник):** Інструмент, який дозволяє споживачеві визначити економію енергії та витрати, пов'язані із заміною холодильників, які не мають рейтингу ENERGY STAR.

- **Ефективне опалення та охолодження з ENERGY STAR:** Інформація, інструменти та ресурси, які допоможуть споживачам підвищити ефективність системи опалення та охолодження свого будинку.

Розділ 5. Заходи з охорони праці.

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів [32,33]

№п/п	Назва небезпечного або шкідливого виробничого фактора	Джерела виникнення фактора	Нормативне значення (параметри)	Нормативні документи (основа)
1	Наявність токсичних речовин, шкідливих хімічних речовин	Роботи зі зберіганням, обробкою, переробкою або використанням отруйних, корозійних або інших хімічних речовин. Це можуть бути хімічні процеси, які включають роботу з розчинами, реагентами, лаками, фарбами або легкозаймистими матеріалами.	ГДК 0,15 мг/м³(Бажано розглядати до кожної речовини ці значення окремо)	• НПАОП 0.00-1.71-16• Наказ МОЗ України № 1596 від 14.07.2020 року• Санітарні норми ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату у виробничих приміщень"
2	Падіння конструкцій і матеріалів з висоти	Монтажні, покрівельні, опоряджувальні:а) зовнішніб) внутрішнінавант-розвантажувальні	h=32,0 мh=8,0 мh=32,0 мh=2,7 мh=32,0 м	• ДБН А.3.2-2-2009 Розділ 14; Розділ 17; Розділ 15
3	Ураження електричним струмом	електромонтажні, зварювальні, освітлення, машини й механізми	220В, 380В6000/380В,< 25В380В	• ДСТУ Б.А.3.2-13:2011 • ПУЕ-2017;• ДБН А.3.2-2-2009
4	Вплив шкідливих речовин	Зварювальні: ацетиленОпоряджувальні: Ацетон	ГДК 300 мг/м³ГДК 200 мг/м³	• Наказ МОЗ № 1596 від 14.07.2020
5	Виробничий шум	Роботи з інструментом, механізмами, експлуатація машин	< 80 дБ А< 80 дБ А< 80 дБ А	• ДСН 3.3.6-037-99
6	Недостатнє освітлення робочих місць	монтаж конструкцій,монтажні, опоряджувальні:внутрішні,зовнішні,	30 лк30 лк30 лк50 лк30 лк	• ДСТУ Б.А.3.2-15-2011 • ДБН А.3.2-2-2009 • ДБН В.2.5-28-2018

7	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	t=20−22 °Cf=60−46%v=0,3 м/с	• МОЗ України. Наказ: Нормативи від 09.07.2024 № 1192 • ДСН 3.3.6.042-99
8	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	II катег.	• ДСТУ Б.В.2.5-38-2008 • ДСТУ EN 62305-3:2012
9	Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнестійк.категор. пож.безпеки В	• ДБН В.1.1-7-2016 • ДБН В.1.2-7-2008 • ДСТУ Б.В.1.1.-36:2016

Робота техніком з ОВК (опалення, вентиляція та кондиціонування) означає щоденну взаємодію з електричними системами, важким обладнанням, небезпечними хімічними речовинами та екстремальними температурами. Хоча ця професія пропонує чудові кар'єрні перспективи та стабільний дохід, вона також пов'язана зі значними ризиками для безпеки, які неможливо ігнорувати.

Щороку тисячі професіоналів у галузі ОВК отримують виробничі травми, починаючи від дрібних порізів і опіків до серйозних уражень електричним струмом і падінь. Багатьох із цих інцидентів можна було б уникнути завдяки дотриманню правил техніки безпеки та усвідомленості.

Незалежно від того, чи ви досвідчений професіонал, чи тільки починаєте свою кар’єру в ОВК, розуміння та впровадження комплексних заходів безпеки — це не просто рекомендація, це необхідність для захисту вашого здоров’я, вашого заробітку і вашого життя.

У цьому посібнику розглядаються найбільш критичні правила безпеки, яких повинен дотримуватися кожен технік з ОВК: від використання засобів індивідуального захисту до специфічних методів управління небезпеками.

Наприкінці ви матимете повний набір стратегій безпеки, які допоможуть вам працювати впевнено і щодня повертатися додому в цілості.

23 важливі поради з техніки безпеки в ОВК: посібник для нових техніків

Дізнайтеся про 23 критичні поради з техніки безпеки, яких повинен дотримуватися кожен технік, щоб запобігти ризикам і забезпечити безпечне робоче середовище.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): ваш перший рубіж оборони

Засоби індивідуального захисту є основою безпеки в ОВК. Правильно підібрані ЗІЗ можуть стати вирішальною різницею між незначним інцидентом і травмою, що змінює життя.

Необхідні ЗІЗ для кожної роботи Захисні окуляри або маски захищають ваші очі від сміття, хімічних бризок та ультрафіолетового випромінювання під час зварювання чи паяння. Обирайте моделі, що закривають очі з боків, для максимального покриття і переконайтеся, що вони відповідають стандартам ANSI Z87.1 щодо стійкості до ударів.

Робочі рукавички виконують кілька функцій у роботі з ОВК. Ізольовані рукавички захищають від небезпеки ураження електричним струмом, тоді як стійкі до порізів рукавички запобігають травмам при роботі з гострими металевими краями. Термостійкі рукавички є критично важливими під час роботи з гарячими трубами, печами або обладнанням для паяння.

Черевики зі сталевим носком забезпечують необхідний захист стоп від падаючих інструментів і важкого обладнання. Шукайте черевики із захистом від ураження електричним струмом і підошвами, що не ковзають, для запобігання падінням на мокрих або масляних поверхнях.

Захист органів дихання Робота в ОВК часто передбачає вплив пилу, волокон і хімічних випарів. Респіратор N95 з належною посадкою впорається з більшістю пилу та твердих частинок, тоді як фільтри P100 захищають від волокон азбесту в старих будівлях.

При роботі з хімікатами використовуйте відповідні картриджні респіратори. Витоки холодоагенту, чистильні розчинники та інші хімікати вимагають специфічних типів фільтрів, тому завжди підбирайте респіратор відповідно до небезпеки, з якою ви зіткнулися.

Електрична безпека: управління прихованими небезпеками

Електричні небезпеки становлять одну з найбільших загроз у роботі з ОВК. Від проводки в житлових приміщеннях до промислових електричних щитів — техніки регулярно працюють із системами під напругою, які можуть спричинити серйозні травми або смерть.

Процедури блокування/маркування (Lockout/Tagout) Перед початком будь-яких електротехнічних робіт застосовуйте належні процедури блокування/маркування. Вимикайте живлення на автоматичному вимикачі, а не лише перемикачем на самому обладнанні. Використовуйте пристрій блокування, щоб фізично запобігти ввімкненню вимикача, і прикріпіть бирку з інформацією про те, хто виконав блокування і чому.

Ніколи не припускайте, що живлення вимкнено, лише тому, що так хтось сказав. Завжди перевіряйте кола за допомогою правильно відкаліброваного мультиметра або тестера напруги перед початком роботи. Перевіряйте свій прилад на відомому робочому колі як до, так і після перевірки робочої зони, щоб переконатися в його справності.

Робота із системами під напругою Іноді робота на обладнанні під напругою стає необхідною для діагностики. Якщо цього не уникнути, дотримуйтесь суворих протоколів безпеки. Використовуйте ізольовані інструменти, розраховані на напругу, з якою ви працюєте, і завжди працюйте в парі при роботі з електричними системами під напругою.

Дотримуйтесь безпечної дистанції від деталей під напругою. Для систем напругою до 600 вольт підтримуйте відстань не менше 3 футів (прибл. 90 см) від відкритих провідників, якщо ви не пройшли спеціальне навчання та не маєте спорядження для роботи на меншій відстані.

Безпека при роботі з хімікатами та холодоагентами

Техніки ОВК регулярно мають справу з холодоагентами, чистильними хімікатами та іншими небезпечними речовинами, що потребують ретельного поводження для запобігання проблемам зі здоров'ям та шкоди довкіллю.

Поводження з холодоагентами Сучасні холодоагенти, такі як R-410A, і старі, як R-22, можуть спричинити обмороження при контакті та витісняти кисень у замкнутих просторах. Завжди носіть захисні окуляри та ізольовані рукавички при роботі з холодоагентами та забезпечуйте належну вентиляцію в робочих зонах.

Зберігайте балони з холодоагентом у вертикальному положенні та закріплюйте їх, щоб запобігти перекиданню та падінню. Ніколи не піддавайте балони дії надмірного тепла або вогню, оскільки це може спричинити небезпечне підвищення тиску та потенційний вибух.

Зберігання та використання хімікатів Багато хімікатів в ОВК є корозійними, токсичними або легкозаймистими. Ознайомтеся з паспортами безпеки (SDS) для кожного хімікату, який ви використовуєте, і дотримуйтесь рекомендацій виробника щодо зберігання, поводження та утилізації.

Тримайте несумісні хімікати окремо, щоб запобігти небезпечним реакціям. Наприклад, сильні кислоти та основи ніколи не повинні зберігатися разом. Використовуйте відповідні контейнери та переконайтеся, що всі хімікати належним чином марковані.

Запобігання падінням та безпека на драбинах

Падіння є однією з основних причин травматизму в роботі з ОВК. Незалежно від того, чи ви працюєте на дахах, на горищах або встановлюєте обладнання на висоті, належний захист від падінь рятує життя.

Вибір драбини та її встановлення Обирайте відповідну драбину для кожного завдання. Стрем'янки добре підходять для доступу до обладнання на середній висоті, тоді як розсувні драбини краще підходять для підйому на дахи або до високо встановлених настінних блоків.

Встановлюйте драбини на твердій, рівній поверхні та дотримуйтесь правильного кута нахилу. Основа має бути на відстані одного фута від стіни

на кожні чотири фути висоти драбини. Завжди зберігайте три точки опори під час підйому і ніколи не тягніться надто далеко, щоб не перекинутися.

Робота на висоті Для роботи на висоті понад шість футів (прибл. 1,8 м) використовуйте системи захисту від падіння, такі як запобіжні ремені та стропи. Точки кріплення повинні витримувати навантаження не менше 5000 фунтів (прибл. 2268 кг) на кожну людину, що до них приєднана.

При роботі на дахах зважайте на стан покрівлі. Мокрі, зледенілі або пошкоджені покрівельні матеріали створюють додаткові ризики ковзання. Використовуйте дахові анкери або системи огороджень, коли це можливо, і уникайте роботи поблизу країв даху.

Безпека обладнання та інструментів

Інструменти та обладнання для ОВК, від ручних інструментів до спеціалізованих машин, таких як установки для рекуперації холодоагенту, потребують належного поводження для запобігання травмам.

Догляд за ручними інструментами Тримайте інструменти в хорошому стані шляхом регулярного огляду та обслуговування. Пошкоджені інструменти з більшою ймовірністю можуть зісковзнути, зламатися або спричинити травму. Замінюйте зношені ріжучі інструменти та переконайтеся, що всі електричні інструменти мають цілісні шнури та належне заземлення.

Використовуйте інструменти лише за прямим призначенням. Гайковий ключ — це не молоток, а плоскогубці не призначені для важкого важеля. Неправильне використання інструментів збільшує ризик травм і пошкоджує обладнання.

Застереження при роботі з електроінструментом Оглядайте електроінструменти перед кожним використанням, перевіряючи наявність пошкоджених шнурів, незакріплених захисних кожухів та правильність роботи. Використовуйте переривники замикання на землю (GFCI) при роботі у вологих умовах або на металевих поверхнях, які можуть проводити електрику.

Тримайте ріжучі інструменти гострими та належним чином захищеними. Тупі леза вимагають більше зусиль і з більшою ймовірністю можуть заклинити або зісковзнути. Завжди дозволяйте інструментам, що обертаються, повністю зупинитися, перш ніж класти їх.

Усвідомленість робочого середовища

Техніки ОВК працюють у різноманітних умовах: від тісних підпідлогових просторів до завантажених промислових об’єктів. Кожне місце має унікальні небезпеки, що потребують специфічних заходів безпеки.

Безпека в замкнутому просторі Багато установок ОВК розташовані в замкнутих просторах, таких як механічні приміщення, підпідлогові простори (crawl spaces) або підземні сховища. Ці зони можуть мати обмежену вентиляцію, незручний доступ або атмосферні небезпеки.

Перед входом у замкнутий простір перевірте атмосферу на рівень кисню, легкозаймисті гази та токсичні випари. Забезпечте належну вентиляцію та майте спостерігача з безпеки зовні простору, який зможе покликати на допомогу в разі потреби.

Погодні умови Робота на вулиці наражає техніків на небезпеки, пов'язані з погодою. Спекотна погода підвищує ризик теплового виснаження та зневоднення, тоді як холодні умови можуть спричинити обмороження та знизити спритність рук.

Робіть часті перерви при екстремальних температурах, пийте багато води та одягайтеся відповідно до умов. Взимку пам’ятайте, що металеві поверхні стають надзвичайно холодними, і шкіра може прилипнути до них при контакті.

Підготовка до надзвичайних ситуацій та перша допомога

Попри найкращі практики безпеки, нещасні випадки все одно можуть статися. Бути готовим швидко і належним чином відреагувати може мінімізувати тяжкість травм і потенційно врятувати життя.

Основи першої допомоги Кожен технік ОВК повинен знати основи першої допомоги, включно з тим, як обробляти порізи, опіки та ураження

електричним струмом. Майте добре укомплектовану аптечку першої допомоги в легкодоступному місці та знайте розташування аварійного обладнання, такого як станції для промивання очей та аварійні душові.

При ураженні електричним струмом ніколи не торкайтеся потерпілого безпосередньо, якщо він все ще контактує з джерелом струму. Використовуйте діелектричний (непровідний) предмет, щоб відокремити його від джерела живлення, після чого перевірте дихання та пульс.

Аварійний зв'язок Завжди носіть із собою заряджений мобільний телефон або рацію для аварійного зв’язку. При роботі наодинці встановіть процедури перевірки зв’язку (чекін) із вашим керівником або диспетчером. Знайте адреси місць вашої роботи та найшвидші маршрути для машин швидкої допомоги. Ця інформація може стати вирішальною, коли ви телефонуєте по допомогу в екстреній ситуації.

Постійна освіта з безпеки

Відвідуйте регулярні наради з техніки безпеки та тренінги, які пропонує ваш роботодавець або профільні організації. Багато виробників також проводять навчання з безпеки, адаптоване до їхнього конкретного обладнання. Слідкуйте за змінами в регуляторних вимогах від OSHA, EPA та інших відомств, які впливають на роботу в ОВК. Ці організації регулярно оновлюють стандарти та вимоги щодо безпеки.

Наставництво та обмін знаннями Досвідчені техніки повинні ділитися знаннями про безпеку з новими працівниками. Створіть культуру, де дискусії про безпеку вітаються, а інциденти, що ледь не сталися (near-miss), повідомляються та аналізуються задля отримання досвіду. Не вагайтеся висловлюватися, якщо помітите небезпечні практики. Забезпечення безпеки колег — це відповідальність кожного, незалежно від стажу чи посади.

Побудова кар'єри з пріоритетом на безпеку

Робота в ОВК не обов’язково має бути небезпечною, якщо постійно застосовуються належні заходи безпеки. Методи та практики, описані в цьому посібнику, складають основу для безпечної та успішної кар'єри в галузі ОВК.

Пам’ятайте, що безпека — це не просто дотримання правил, це захист вашої здатності забезпечувати себе і свою сім’ю протягом тривалої, здорової кар’єри. Кожен пропущений крок і кожен протокол безпеки, який ви виконуєте, — це інвестиція у ваше майбутнє.

Почніть впроваджувати ці практики безпеки негайно і зробіть їх невід’ємною частиною вашої робочої рутини. Ваша відданість безпеці не тільки захистить вас, а й стане позитивним прикладом для інших у галузі. Найголовніше, це гарантує, що ви зможете продовжувати займатися улюбленою справою, повертаючись додому до людей, які для вас найважливіші.

Міркування щодо охорони здоров'я та безпеки для професіоналів у галузі сантехніки та ОВК під час інспекцій

Зі стрімким поширенням COVID-19 у всьому світі виникло підвищене усвідомлення вірусів, бактерій та патогенів, з якими ми живемо щодня. Професіонали в галузі сантехніки, опалення та кондиціонування повітря є однією з найважливіших ліній оборони, яку ми маємо для захисту від загрози шкоди від цих мікроскопічних організмів. Зараз як ніколи важливо працювати разом, щоб забезпечити та підтримувати безпечне антропогенне середовище. Робота в небезпечних місцях не є чимось новим для будівельної індустрії. Так само важливо, як і завжди, пам'ятати, що гарна комунікація є запорукою успіху.

Незалежно від того, чи ви сантехнік або механічний підрядник, архітектор чи інженер, або представник будівельного відомства, потрібен командний підхід, щоб захистити широку громадськість від цих мікроорганізмів. Системи, які встановлюють підрядники, розроблені архітекторами та інженерами, щоб відділити мікроскопічний світ вірусів, бактерій і патогенів від світу, в якому ми живемо: наших домівок, робочих місць, культових споруд та інших місць, які ми часто відвідуємо під час нашого повсякденного життя. Наші професіонали з сантехніки, опалення та кондиціонування повітря (ОВК) гарантують, що ці системи встановлені, експлуатуються та обслуговуються

належним чином, щоб вони забезпечували захист, для якого були створені. Командний підхід — це ефективна стратегія управління, яка дозволяє архітектору, інженеру-проектувальнику, підряднику та будівельному департаменту максимізувати вартість своїх інвестицій через більший контроль під час процесів проектування, встановлення та інспекції різних проектів.

Протягом усього життя проекту представники будівельних відомств можуть бути ключовими особами для покращення комунікації з архітекторами, інженерами та підрядниками. Більші проекти можуть потребувати зустрічей між рецензентами планів, польовими інспекторами та підрядниками. Інспектори також повинні бути фасилітаторами. Дні, коли «я єдиний шериф у місті», минули. Інспектори повинні виділяти час для телефонних розмов, зустрічей у кабінетах та виїзних зустрічей для великих і складніших робіт.

Важливість планування інспекцій не можна ігнорувати.

- Чи є позаурочні інспекції відповіддю на проблеми з паркуванням, доступністю та позмінною роботою?
- Чи комфортно інженерам платити спеціальний збір будівельним департаментам за наради щодо проектів?
- Чи відображає дозвіл правильну адресу об'єкта, конкретного орендаря або місце зустрічі для інспекції?
- На всі ці запитання слід дати відповідь.

Давайте розглянемо поради щодо інспекцій, які можуть допомогти всім.

- Майте контактну особу (людину і місце).
- Забезпечте доступ до всіх зон для інспекції (покращення для орендарів може вимагати доступу щонайменше до трьох поверхів для перевірки).
- Повідомте інспекторський персонал про призначені зони паркування.
- Поінформуйте інспекційний персонал про будь-які питання безпеки будівлі.

- Визначте, хто відповідає за мінімальні вимоги до сантехнічного обладнання (архітектор/інженер).

Етика та доброчесність повинні бути частиною повсякденного життя, незалежно від того, де ви знаходитесь у будівельній діаграмі.

Розгляд будівельних робіт, які зазвичай виконуються в існуючих лікарнях, будинках для літніх людей, клініках невідкладної допомоги, похоронних бюро тощо, допоможе нам зрозуміти важливість належного планування та розкладу в зонах високого ризику. Необхідність аналізу небезпек для робіт, які виконуються сантехніками та механіками, так само важлива для будівельного інспектора, який може перевіряти роботу. Аналіз небезпек різних типів будівельних майданчиків забезпечує ідентифікацію та контроль ризиків, які очікувано зустрічаються під час виконання робіт на об'єктах такого типу, де присутність мікробів або інших патогенів може бути більш поширеною.

При роботі або інспектуванні в будь-якій зоні ви повинні усвідомлювати ризик. Наступні рекомендації є лише порадами, і щодо фактичної політики слід проконсультуватися з вашим роботодавцем.

- Поговоріть зі співробітниками або клієнтами, щоб визначити ризик у зоні, де будуть проводитися роботи або інспекція.
- Яке призначення зони, кімнати або обладнання?
- Чи є підвищений ризик контакту з вірусами, бактеріями та/або патогенами?
- Якщо так, чи можна його мінімізувати (очистити або дезінфікувати) перед початком робіт (виконується іншими)?
- Якщо ні, чи можна мінімізувати ризик шляхом належного використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)?
- Інспектори повинні знати політику свого міста щодо зон робіт з високим рівнем ризику.
- Працівники повинні використовувати ЗІЗ, включаючи маски, респіратори та гумові рукавички під час доступу до зон високого ризику.

- Рекомендується часто змінювати рукавички та респіратори або ж одразу, як тільки вони забрудняться.
- Уникайте витрачання зайвого часу в зонах очікування або приміщеннях для пацієнтів.
- Підтримуйте відстань щонайменше шість футів (прибл. 1,8 м) між собою та іншими, особливо з тими, хто кашляє або чхає, щоб уникнути вдихання крапель рідини, які вони могли видихнути або виштовхнути.
- Обов'язково дотримуйтесь належної гігієни дихання, прикриваючи рот і ніс зігнутим ліктем або серветкою при кашлі чи чханні, а потім негайно викидайте використану серветку.
- Регулярно та ретельно мийте руки з милом та водою протягом щонайменше 20 секунд. Якщо мило та вода недоступні, мийте руки спиртовим антисептиком, що містить не менше 60 відсотків спирту. Це особливо важливо після відвідування туалету, сякання, кашлю або чхання, а також перед і після їжі.
- Дотримуйтесь обережності та тримайтеся на відстані шести футів від сантехнічних вентиляційних отворів та механічних витяжних вентиляцій.
- Якщо ви хворі, захистіть інших, не відвідуючи ці заклади і не приходячи на роботу.
- Підрядники повинні очищати будь-яке обладнання, яке використовувалося або зберігалося всередині закладу під час їхнього візиту.

Дахи завжди вважалися зонами високого ризику. Робота поблизу сантехнічних вентиляційних отворів та обладнання ОВК медичних закладів може бути небезпечною. Необхідно дотримуватися Програм оцінки інфекційних ризиків для закладів. Для отримання додаткової інформації безкоштовно доступний стандарт ASSE Series 12000. Центри з контролю та профілактики захворювань США надають додаткові превентивні захисні заходи під час роботи. Ви також можете звернутися до веб-сайту Департаменту праці, Адміністрації з охорони праці (OSHA) для отримання додаткової інформації щодо робіт з високим рівнем ризику.

Розділ 6. Технології та організація монтажу систем інженерного забезпечення параметрів мікроклімату.

Управління проектами має на меті вирішити безліч технічних, людських, організаційних та управлінських проблем, що виникають під час виконання проектів [1]. Протягом останніх двох десятиліть з'явилися різні варіанти, включаючи Lean Project Management (Бережливе управління проектами), Agile Project Management (Гнучке управління проектами), Scrum, Теорію обмежень та Extreme Project Management(Екстремальне управління проектами), і це лише деякі з них. Lean Construction (Бережливе будівництво) [38, 39] використовує концепції, що походять з Lean manufacturing (Бережливого виробництва), та застосовує їх спеціально до реалізації проектів у будівельному секторі.

Незважаючи на поширення різних «різноманітностей» управління проектами, результати великих капітальних проектів у будівництві та інших галузях промисловості залишаються низькими. Практики галузі стикаються з безліччю різних методологій, кожна з яких претендує на вирішення проблеми низької ефективності проектів. Місія Інституту полягає в тому, щоб пояснити, як управління проектним виробництвом (PPM) усуває розрив між сьогоднішніми низькими показниками ефективності проектів та тим, що можливо, тим самим відрізняючи PPM від інших методологій.

Тут ми зосереджуємося на порівнянні PPM та Lean Construction. Ми простежуємо історичну еволюцію Lean Construction від його коренів до Lean manufacturing, виділяючи фундамент операційної науки, що лежить в основі Lean та PPM. Lean Construction охоплює аспекти управління проектами, організації зацікавлених сторін проекту та робочої діяльності організації. На противагу цьому, PPM зосереджується на організації та контролі робочої діяльності проекту. Глибша зосередженість PPM на виконанні робочої діяльності призводить до кількісних, прогнозованих результатів, підтверджених практикою, які вирішують проблеми низької ефективності виконання проекту.

Сьогоднішній фахівець з проектів має доступ до величезного обсягу знань, накопичених протягом останнього століття, які застосовуються до виконання та реалізації проектів. Наприклад, Інститут управління проектами кодифікував накопичені знання та практика у формальний корпус знань. Для вирішення проблем, пов'язаних зі зростанням розміру, складності та обсягу проектів, також з'явилися варіанти управління проектами – Lean Project Management (Бережливе управління проектами), Agile Project Management (Гнучке управління проектами), Scrum, Теорія обмежень та Extreme Project Management (Екстремальне управління проектами), і це лише деякі з них. Незважаючи на величезний обсяг накопичених знань, результати, досягнуті у великих капітальних проектах, залишаються однаково низькими в широкому спектрі галузей [39] по всьому світу.

Отже, прагнення до вдосконалення та покращення виконання та реалізації проектів продовжується швидкими темпами, регулярно розробляються та впроваджуються нові галузі знань, кожна з яких обіцяє покращити поточні низькі результати проектів. Практики галузі стикаються з незрозумілим набором різних методологій, усі з яких стверджують, що вирішують проблему низької ефективності проектів. Частина місії Інституту полягає в тому, щоб пояснити, з технічної точки зору, як управління виробництвом проектів (PPM) вирішує проблему розриву між сьогоднішніми низькими результатами проектів та тим, чого можна досягти, відрізняючи PPM від інших усталених та нових галузей знань.

У цьому документі ми описуємо та розрізняємо Lean Construction, як його визначає Інститут Lean Construction [38], від Project Production Management (Управління проектним виробництвом), порівнюючи та протиставляючи зміст і цілі обох. Рисунок 1 нижче ілюструє їхню історичну еволюцію, підкреслюючи основи операційної науки як PPM, так і Lean, з яких потім розвинулося та розширилося Lean Construction.

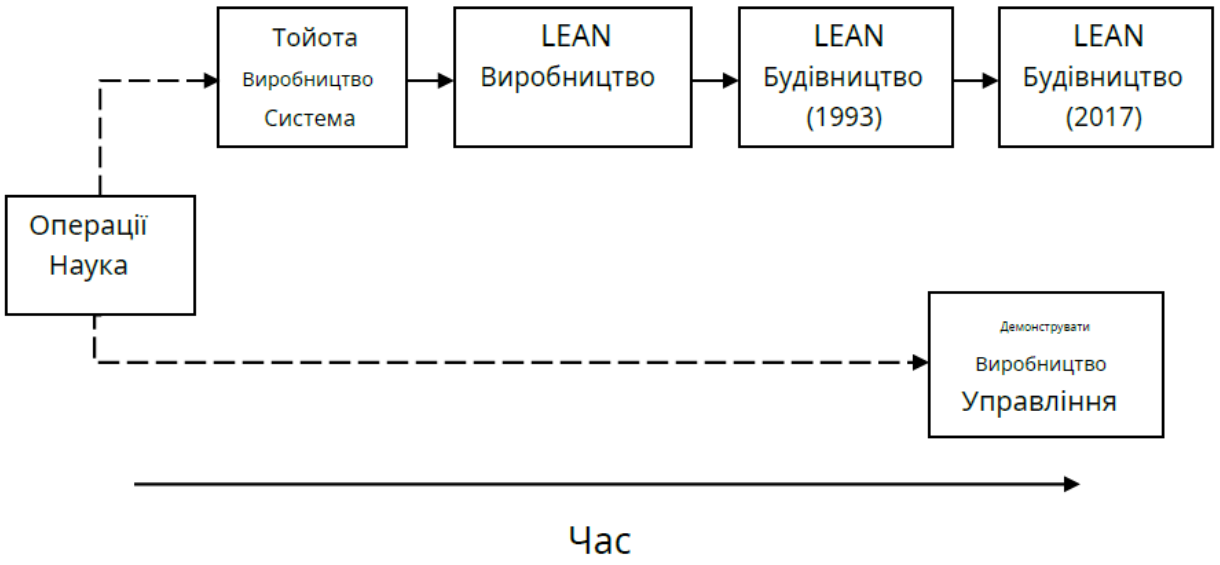


Рис. 1: Основи операційної науки, що лежать в основі бережливого та проектного управління виробництвом

Ми починаємо цю статтю з визначення операційної науки, посилаючись на літературу зі «списку літератури», який Інститут проектного виробництва надає своїм членам. Потім ми розглядаємо історичну еволюцію бережливого будівництва, проілюстровану вище на рисунку 1, з акцентом на його коріння в операційній науці. Ми простежуємо різні досягнення у великосерійному виробництві аж до виробничої системи Toyota, бережливого виробництва та ширшого руху Lean.

Як логічний продовження теми операційної науки, наші зауваження зосереджені на літературі, яка вперше провела зв'язок між великосерійним виробництвом, принципами бережливого виробництва та більш загальною теорією виробничих систем.

Бережливе будівництво, як його задумала Міжнародна група з бережливого будівництва у 1993 році, почалося зі спеціалізації концепцій бережливого будівництва від виробництва до будівельних проектів. У дослідженні Інституту цього терміну ми не знайшли жодного загальноприйнятого визначення «бережливого будівництва» чи жодної установи, яка б встановлювала стандарти – існує кілька установ, які досліджують та викладають предмет бережливого будівництва, тому

розвинувся ряд незначних варіацій бережливого будівництва. Однак, ми зазначаємо, що принципи Міжнародної групи з бережливого будівництва, заснованої у 1993 році, ввели цей термін, і що IGLC чітко називає своє бачення «Бережливим будівництвом».

Прикладами інших установ є численні підгрупи, що утворилися з Міжнародної групи з бережливого будівництва, такі як Європейська група з бережливого будівництва, Інститут досконалості бережливого будівництва та численні університети, такі як лабораторія P2SL в Каліфорнійському університеті в Берклі, Дослідження будівельної галузі в Університеті штату Мічиган та Центр бережливих проектів в Університеті Ноттінгем Трент. Незалежно від того, якого конкретного визначення «бережливого будівництва» ви оберете дотримуватися, загальною тенденцією є розширення предмета від простих коренів Lean в науках про операції. Наприклад, один із таких варіантів розширив тему бережливого будівництва до структури [2], визначеної Інститутом бережливого будівництва, одним із закладів, що досліджують та викладають бережливе будівництво, для вирішення інших ширших тем, що зустрічаються під час виконання будівельних проектів, таких як інтегрована реалізація проектів та управління проектами. На рисунку 1 історичний розвиток представлений суцільними лініями, а пунктирні лінії відстежують основні зв'язки між різними темами та наукою про операції.

Розуміння основ операційної науки та еволюції бережливого будівництва, від його створення з Міжнародною групою з бережливого будівництва в 1993 році до сьогоднішнього 2017 року, допомагає прояснити, чим відрізняється PPM.

Концептуально цю відмінність можна описати наступним чином. Усі проекти стикаються з проблемами за трьома загальними вимірами [55]: управління, організація зацікавлених сторін та організація робочої діяльності. Структура бережливого будівництва охоплює всі три виміри, але в своєму широкому охопленні вона не настільки глибока в жодному окремому вимірі. Більше того, як ми пояснюємо в цій статті, значна частина структури

бережливого будівництва зосереджена на оптимізації поточної практики в традиційних процесах управління проектами, а не на впровадженні нових методів та методик.

На відміну від цього, PPM зосереджується на організації та контролі робочої діяльності в проекті. Він надає глибшу кількісну та прогнозну теорію щодо досяжних меж та проектування робочої діяльності, підтверджену практикою в різних умовах. Здатність моделювати та імітувати робочу діяльність для встановлення меж того, що є та не є теоретично досяжним, а також здатність виводити критерії проектування для оптимізації таких параметрів, як пропускна здатність, незавершене виробництво, час циклу та використання потужностей, безпосередньо призводить до покращення витрат, графіків та обсягів робіт у проектах. Така організація та контроль роботи в проектній діяльності відрізняє PPM від інших методологій, зокрема від Lean Construction. На завершення наведемо кілька конкретних прикладів, які відрізняють сучасне Lean Construction [2] та PPM.

У розмовному вжитку термін «управління операціями» використовується для позначення галузі управління, що займається проектуванням та контролем процесу виробництва товарів, послуг та бізнес-операцій на підприємстві.

Термін «дослідження операцій» зазвичай використовується для опису сукупності передових математичних та аналітичних методів, запозичених з математичного моделювання, статистичного аналізу та оптимізації, що використовуються для прийняття кращих рішень в управлінні операціями. PPI є, зокрема, інтелектуальним послідовником погляду, визначеного нашими партнерами з Factory Physics та їхніми співробітниками, – наукового підходу та теорії [38] до управління операціями, як пояснюється в цьому розділі.

Історично склалося так, що проблеми, що розглядаються в дослідженнях операцій, походять з управління операціями та є різноманітними, починаючи з військового планування логістики в обох світових війнах та наступних військових операціях, поширюючись на ширший спектр проблем проектування виробничих конвеєрів, закупівлі обладнання, ланцюгів поставок

та планування інфраструктури. Як результат, коли розглядаєш тексти з управління операціями та дослідження операцій, може скластися враження, що навчальна програма побудована як «набір інструментів» різноманітних та непов'язаних між собою методів, корисних для практикуючого спеціаліста для застосування до низки проблем, що виникають у різних контекстах. На підтвердження цього PPI надає широкий список літератури та глосарій для читача. Це включає як історичні посилання, щоб простежити еволюцію предмета, особливо з акцентом на виробничі системи з досягнень у виробництві та те, що Інститут вважає найближчими «батьками» проектного виробництва, так і ключові терміни.

Для пояснення різноманітних методів вирішення проблем у різних операційних умовах – великосерійне виробництво, військове планування та логістика, управління запасами, проектування ланцюгів поставок – зібраних у цілісну наукову теорію операцій, Інститут вважає, що управління проектним виробництвом випливає з таких джерел, як Наука про ланцюги поставок і Фізики заводу. Це, простіше кажучи, застосування науки про операції до проектів, що розглядаються як тимчасові виробничі системи.

Розгляд проектів як тимчасових виробничих систем не є новим – воно сягає корінням принаймні часів Шменнера – але твердження про те, що управління проектним виробництвом – це застосування операційної науки, кодифікованої в цих текстах [7, 9–11], до цих тимчасових виробничих систем, є частиною того, що відрізняє позицію Інституту від інших практиків у сфері управління проектами, їх виконання та реалізації. Що це твердження означає на практиці?

Ми цитуємо обговорення вФізика заводів для менеджерів , де зазначається, що для того, щоб теорія була корисною, вона не може бути як надто загальною, так і надто конкретною. Вона не може бути надто загальною, щоб не стати настільки поверхневою, що не зможе забезпечити достатньо потужні прогнози. Вона не може бути надто конкретною, щоб не охоплювати надто вузький набір обставин, щоб бути корисною. Традиційне управління

проектами, є прикладом предмета, який є настільки широким, що є надто поверхневим для створення корисних прогнозів, спостереження, зроблене кількома авторами в попередній літературі [39]. Незважаючи на значні зусилля щодо розширення та вдосконалення предмета, результати проекту залишаються поганими і не можуть бути чітко передбачені самим предметом. Іноді стверджується, що погане впровадження традиційних практик управління проектами є причиною поганих результатів, але немає жодного рецепту, який би давав передбачуване покращення ефективності проекту.

Рівнянь та чотирьох графіків достатньо, щоб зрозуміти та передбачити фундаментальні межі операційної ефективності, а також спроектувати операції таким чином, щоб вони були оптимальними з точки зору фінансових показників, таких як грошовий потік та прибутковість. Це дуже конкретний приклад теорії, яка є достатньо широкою, щоб бути корисною, але не настільки широкою, щоб бути поверхневою. Багаторазове застосування цих трьох рівнянь та чотирьох графіків до тимчасових виробничих систем, які є проектами, необхідне для проектування та контролю робочої діяльності, а отже, досягнення бажаних результатів проекту.

Як практичний висновок з операційної науки у порівнянні з традиційним управлінням проектами, ми відсилаємо читача до позиційного документа Інституту «Нова ера реалізації проектів – проект як виробнича система» , в якому окреслюється еволюція управління проектами протягом трьох різних епох, де Ера 1 зосереджена на продуктивності, тоді як Ера 2 – це управління проектами як «планування для передбачуваності», а Ера 3 – «Проект як виробнича система» з мінімальним використанням ресурсів. Ключовим моментом статті є підкреслення переваги контролю незавершеного виробництва (НПР) та вимірювання результатів (таких як тривалість циклу), ніж контролю результатів за допомогою графіка та вимірювань. Незавершена робота. Це прямий висновок з науки про операції, як зазначається в Фізика заводів для менеджерів[11, с. 10], і це був один із критичних аспектів, у якому Toyota отримала перевагу у великосерійному виробництві. Це приклад того,

як погляд на речі крізь призму операційної науки використовує єдиний набір загальних принципів і рівнянь для об'єднання, здавалося б, різнорідних тем, таких як великосерійне виробництво, проекти та виробничі системи. Інший приклад полягає в тому, як операційна наука привносить ясність і точність у Lean, а терміни протоколу управління, такі як push та pull, обговорюються в наступному розділі.

Оскільки Lean Construction спочатку задумувався як спеціалізація концепцій Lean, що застосовуються в будівництві, варто спочатку розглянути концепції операційної науки, що лежать в основі досягнень у виробництві, виробничих системах та принципах Lean, щоб пояснити, чим PPM відрізняється від Lean Construction. Позиція Інституту полягає в тому, що принципи Lean уточнюються та уточнюються шляхом розуміння їх походження з операційної науки, тобто Lean підпорядковується операційній науці. Це спостереження не є ні новим, ні оригінальним для Інституту, і цитується значна рецензована академічна література.

Існує велика кількість літератури, що охоплює історію досягнень у виробництві, починаючи від оригінальної роботи Фредеріка Тейлора про продуктивність праці на заводах, що призвела до руху «Наукове управління», через масове виробництво Ford та великосерійне/потокове виробництво GM [14], і, зрештою, виробничу систему Toyota. Багато також було написано про те, як виник рух Lean, починаючи з того часу, коли Джон Крафчик [18] ввів термін «Lean» на основі своєї магістерської дисертації в Массачусетському технологічному інституті. Це було зроблено під егідою Міжнародної програми автотранспорту Массачусетського технологічного інституту, яка розглядала, серед іншого, японські виробничі методи, такі як JIT та TQM, виробничу систему Toyota, системи push-pull тощо. Наступні публікації [19–22] стали одними з найбільш цитованих джерел, що популяризують термін Lean та його варіації в бізнес- та промисловій сфері.

Стаття «Генеалогія Lean виробництва» простежує історію терміна, описуючи, як проводилися ранні дослідження управління операціями та

академічні дослідження японського виробництва, але не досягла широкої свідомості до програми IMVP та публікації книги Вомака та Джонса, Бережливе мислення: позбавтеся відходів та створіть багатство для вашої корпорації[22].

По-перше, термін «Lean» є досить гнучким через поширення різних підрухів, які його прийняли, а також різних визначень. По-друге, навіть якщо взяти до уваги набір літератури] яктой/та/те Вважаючи Lean джерелом інформації, ігноруючи всі інші варіації та використовуючи Інститут Lean Enterprise, заснований Вомаком і Джонсом, як стандарт принципів Lean, факт полягає в тому, що Lean не є достатньо точним і чітким, щоб бути задовільною теорією, яка дає переконливі прогнози щодо задовільних результатів у виробничих системах. Ми детально пояснюємо кожен із цих пунктів нижче.

Хоча Вомак і Джонс популяризували Lean і визнані такими, термін «Lean» і те, що саме являє собою «принципи Lean» та «рух Lean», не мають чіткого стандарту чи загальноприйнятого значення, оскільки згодом його прийняли численні консультанти та установи. Це явище перетворилося на конкуренцію різних брендів Lean з іншими брендами, такими як Six Sigma, TQM та інші «методи вдосконалення підприємства» – кожен з яких обіцяє бути панацеєю, але всі вони розчаровують у досягнутих результатах. Неправильно наголошується на впровадженні методів Lean, а не на розумінні чому такі методи працюють, і, що не менш важливо, в яких умовах. Таким чином, підприємства шукають нові методи, що виникають в результаті поєднання таких брендів – за Lean слідує Lean Six Sigma, за яким йде Lean Six Sigma TQM, і всі вони приречені на провал без фундаментального розуміння того, чому і коли ці методи є доречними та ефективними. Величезна кількість літератури з методологій Lean затьмарила ту саму літературу, яка прагнула надати більше ясності та точності щодо того, що саме являють собою принципи Lean та за яких обставин вони ефективні. Наприклад, у 1980-х роках науковці почали розглядати протоколи керування методом «штовхай та тягни» , зазначаючи, що існуючі визначення були якісними, натомість прагнучи

помістити ці концепції на більш математичну основу, яка могла б дати точні прогнози поведінки системи. Питання не є лише академічним. Попереднє визначення передбачає, що системи витягування є системами виготовлення на замовлення, тоді як останнє визначення є неоднозначним та нечітким – приклад суперечливих визначень з двох посилань на встановлення стандартів.

Що ще важливіше, жодне з визначень не доходить до основної науки про те, що відбувається, як обговорюється в різних статтях. У статті «Тягнути чи не тягнути: у чому питання?» обговорення чітко пов'язує принципи «штовхати» та «тягнути» з незавершеним виробництвом, що генерується системою, чітко визначаючи системи «тягнути» як ті, що обмежують незавершене виробництво, що генерується виробничою системою, тоді як системи «штовхати» не мають такого явного обмеження. Це може здатися неочевидним, і справді існує довге обговорення, що пояснює основні принципи, що призводять до цих визначень, але призводить до простоти їх скорочення концепцій до більш базової конструкції в операційній науці, в цьому випадку до незавершеного процесу, з якої «три рівняння та чотири графіки» можна використовувати для прогнозування наслідків та результатів.

В операційній науці існує лише кілька конструкцій, пов'язаних добре описаними математичними співвідношеннями. Виробничі системи, описані в супровідній навчальній статті, прагнуть задовольнити попит через послідовність виробничих операцій, але попит неминуче не синхронізований з виробництвом, оскільки виробничі системи залежать від мінливості. Щоб виправити невідповідність попиту, у виробничі системи необхідно ввести буфери, і існує лише три типи буферів: запаси (або незавершене виробництво), час та потужність. Таким чином, існують лише три набори математичних співвідношень, які керують окремими компонентами та системою в цілому.

Зводячи визначення систем «штовхання та тяги» до поведінки системи щодо більш фундаментального параметра – незавершеного виробництва – простота досягається завдяки можливості описувати ці системи з меншою кількістю визначень та концепцій, що призводить до міцнішої теоретичної

бази. Аналогічно, концепції Мура (нерівномірність), Мурі (розкривні породи) та Муда (7 або 8 видів відходів) у виробничій системі Тойоти можна звести до простіших описаних операційно-наукових конструкцій. Мура – це операційно-наукова концепція...мінливість, але наївно прагнути усунути мінливість, не зрозумівши спочатку, чи вона корисна, чи шкідлива. Мурі — це просто концепція використання потужностей, і веде безпосередньо до розуміння впливу високого завантаження на незавершене виробництво та час циклу у виробничих системах за допомогою рівняння VUT або формули Кінгмана. Мабуть, найбільшим спрощенням є Muda, яка має 7 або 8 різних форм, щоб зрозуміти, чи зменшується час циклу або незавершене виробництво, чи збільшується пропускна здатність, щоб переналаштувати виробничу систему шляхом перепроектування завдань або політик і протоколів керування.

Як узагальнено в літературі, принципи Lean можна описати як «кроки, вжиті для мінімізації витрат на буферизацію у виробничій системі». На думку Інституту, це зводить набір принципів Lean до концептуально простішої вправи з оптимізації виробничої системи з використанням математичних співвідношень в операційній науці, з меншою кількістю фундаментальних концепцій. Хоча Інститут зосереджується на застосуванні операційної науки до виконання проектів, зазначаємо, що ці спостереження не є ні новими, ні оригінальними. Як приклад, стаття, написана Н. Маджерусом , описує його дослідження Фізика заводу[10] для розвитку точніше розуміння принципів Lean. Маджерус далі пояснює, як він використав це розуміння для застосування методів операційної науки для покращення функції досліджень та розробок у Goodyear, що призвело до його книги Інновації, що керуються бережливим виробництвом: стимулювання розробки продукції в компанії Goodyear Tire and Rubber Company, яка детально описує застосування концепцій науки про операції до дослідницької та розробницької діяльності.

Список літератури:

1. ДБН В.2.2-9:2018. ГРОМАДСЬКІ БУДИНКИ ТА СПОРУДИ. Зі Зміною № 1 - [Чинні від 2018-28-09]. - Міністерство розвитку громад та територій України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2022.- 43с.
2. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення (з урахуванням зміни №1).- [Чинні від 2019-12-01].- Мінрегіон України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2019.- 44 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. - [Чинні від 2014-01-01]. - Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2014.- 149 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. - [Чинні від 2011-10-10]. - Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2011.- 123 с.
5. ДБН В.2.6-31.2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. - [Чинні від 2022-01-09]. - Міністерство розвитку громад та територій України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2022.- 23 с.
6. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель – [Чинні від 2023-03-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ» , 2022. – 63 с.
7. Глушко Ю.Ю. Опалення: навчальний посібник/ Глушко Ю.Ю. та ін. – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2018. – 102 с.
8. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення: посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів. – Відень-Київ-Сімферополь: ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2010.
9. Stanfield C., Skaves D. Fundamentals of HVACR. 4th ed. Hoboken : Pearson, 2022. 1744 p.
10. Haines R. W., Myers M. E. HVAC Systems Design Handbook. 5th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2010. 576 p.

11. Silberstein E. Residential Construction Academy : HVAC. 2nd ed. Clifton Park : Delmar Cengage Learning, 2015. approx. 700 p.
12. Recknagel H., Sprenger E., Schramek E.-R. Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. 83. Auflage (або 2025/2026). Düsseldorf : Vulkan-Verlag, 2025/2026.
13. Lechner N. Heating, Cooling, Lighting : Sustainable Design Methods for Architects. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2025. approx. 800 p..
14. Migliaccio C. Refrigerant Charging and Service Procedures for Air Conditioning. 2nd ed. AC Service Tech, LLC, 2025.
15. Wirz D. Commercial Refrigeration for Air Conditioning Technicians. 2nd ed. Clifton Park : Cengage Learning, 2020+. approx. 400 p.
16. Kumar R. et al. Emerging HVAC Technologies and Best Practices for Energy-Efficient, Low-Carbon Buildings : A Review // Energies. 2026. Vol. 19, No. 5. P. 1296. DOI: 10.3390/en19051296.
17. Huang H., Hughes B. R. Review of HVAC forecasting and control strategies for improved building performance // Building and Environment. 2025. DOI:.
18. Mah J. et al. 2025 International Energy Efficiency Scorecard. Washington : ACEEE, 2025.
19. Jørgensen B. N. et al. (альтернатива/доповнення) або Tran L. N. et al. The effect of changing heat use patterns on residential energy efficiency // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 20404. DOI: 10.1038/s41598-025-04760-4.
20. Методичні вказівки «Розрахунок надходження шкідливостей до приміщень житлових та громадських будівель» до виконання практичних занять для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія.» ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція» /уклад.: А.С. Москвітіна, М.О. Шишина, І.О. Пефтєва. – Київ: КНУБА, 2023. – 60 с.
21. Росковшенко Ю. К.Центральні системи кондиціонування повітря: Навч. посібник. Київ : ІВНВКП "Укргеліотех", 2008.216 с.

22. Боженко, М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель: навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
23. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціювання громадських об’єктів : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. -71 с.
24. Москвітіна А., Вакуленко Д. Техніко-економічний аналіз застосування регенеративних реверсивних пристроїв для підвищення класу енергетичної ефективності житлових будинків та зменшення навантаження систем опалення // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2025. Т. 54. С. 76–93.
25. Зінич. П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. – К.:КНУБА,2002.- 256 с.
26. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – чинні з 01.03.2018. – Норми.
27. ДБН А.3.2-2-2014. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. – К.: Мінрегіон України, 2014. – чинні від 01.01.2015. – Норми.
28. Рожков А.П. Пожежна безпека: навчальний посібник. - К.: Пожінформтехніка. 1999. - 256 с.
29. Войналович О. Охорона праці на будівельних об’єктах АПК: навчальний посібник / О. Войналович. Д. Кофто. М. Мотрич. - Центр навчальної літератури. 2017. - 398 с.
30. Апостолюк С.О. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: навчальний посібник / С.О Апостолюк. В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк. І.А. Соколовський та ін. - К. : Знання. 2007. -215 с.
31. Протоєрейський О.С. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / О.С. Протоєрейський, О.І. Запорожець. - К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. - 268 с.
32. Сафонов В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей:

навчальний посібник: за редакцією В.В. Сафонова. - К.: Основа. 2011. - 480 с.

33. Законодавство України про охорону праці: у 3 т. - К.: Основа. 2008. - Т.1. - 368 с.. Т.2. - 352 с.. Т.3. - 464 с.

34. Вахонєва Т.М. Основи охорони праці в Україні. - Дакор. 2019. -508 с.

35. Довбуш О.М., Возняк О.Т., Жуковський С.С. Системи обігрівання та вентиляції. Технологіїзаготівельних і монтажних робіт: навчальний посібник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 276 с. – (шифр: 697, авторський знак: Д58)

36. Сашко В.О., Терещенко В.М. Труби та арматура: навчальний посібник. – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2019. – 102 с. – НП Труби та арматура, Київ, 2019.pdf.

37. Жуковський С.С., Кінаш Р.І. Технологія заготівельних та монтажних робіт: навчальний посібник. - – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 1999. – 448 с. (шифр: 697, авторський знак: Ж86) НП Технологія заг. спец. монт. робіт, Дьвів,1999.djvu.

38. Степанов М.В., Вакалюк А.С. Організація будівельно-монтажних робіт: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2011. – 88 с. – https://library.knuba.edu.ua/books/20_1_11.rar.

39. Дорош А.М. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник. – К.: Аграрна політика, 2011. – 255 с. – НП Організація-буд.-вир-ва, Київ, 2011.pdf.

40. ДБН А.3.1.-5:2016. Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіон України, 2016. – чинні від 01.01.2017. – Норми.