

**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 МАГІСТРА**

на тему: **Енергоефективні системи формування мікроклімату в
реабілітаційному центрі в м.Житомир**

Диба Андрій Володимирович

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

Київ 2025р.

**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 МАГІСТРА
на тему:**

**Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному
центрі в м.Житомир**

(назва)

Виконав студент групи **ТВм-24-2**
Спеціальність: **192 Будівництво та
цивільна інженерія**
ОПП: **теплогазопостачання і вентиляція**

Диба Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник Любарець О.П.

(прізвище та ініціали)

к.т.н, доц., проф.

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую.

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

Приймак О.В.

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Діба Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному центрі в м.Житомир

затверджена наказом ректора КНУБА № ___ від «___» _____ 20__ р.

2. Керівник роботи

Любарець Олександр Петрович, к.т.н, доц., проф.

(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. Основні проектні рішення щодо об'єкту проектування

Розділ 2 Заходи з енергоефективності

Розділ 3 Передумови утеплення стін, глибокої енергетичної модернізації та характеристики ринку

Розділ 4 Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному центрі в м.Житомир

Розділ 5. Автоматизація технологічних процесів _____

Розділ 6. Економічна частина _____

Графічний матеріал за розділами

Розділ 1. _____

Розділ 2. _____

Розділ 3. _____

Розділ 4. _____

Розділ 5. _____

Розділ 6. _____

5. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Основні проектні рішення щодо об'єкту проектування	
Розділ 2. Заходи з енергоефективності	
Розділ 3. Передумови утеплення стін, глибокої енергетичної модернізації та характеристики ринку	
Розділ 4. Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному центрі в м.Житомир	
Розділ 5. Автоматизація технологічних процесів	
Розділ 6. Економічна частина	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 5.	Соболевська Т.Г. асист.		
Розділ 6.	Предун К.М. проф.		

7. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Предун К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Любарець О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Диба А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

	<u>Вступ</u>	
1.	<u>Основні проектні рішення щодо об'єкту проектування</u>	
1.1	<u>Загальні дані</u>	
1.2	<u>Теплотехнічний розрахунок</u>	
1.3	<u>Розрахунок тепловтрат</u>	
1.4	<u>Гідравлічний розрахунок та підбір опалювальних приладів</u>	
1.5.	<u>Види шкідливостей, які надходять у приміщення. Розрахунок їх кількості</u>	
1.6.	<u>Розрахунок повітрообміну</u>	
1.7.	<u>Розрахунок повітророзподілення</u>	
1.8.	<u>Повітряний баланс в приміщенні</u>	
1.9.	<u>Аеродинамічний розрахунок повітропроводів</u>	
2.	<u>Заходи з енергоефективності</u>	
3	<u>Передумови утеплення стін, глибокої енергетичної модернізації та характеристики ринку</u>	
4.	<u>Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному центрі в м.Житомир</u>	
5.	<u>Автоматизація технологічних процесів</u>	
6.	<u>Економічна частина</u>	
	<u>Висновок</u>	
	<u>Список літератури</u>	
	<u>Додаток</u>	

Вступ

В Україні 39% загального обсягу енергії споживається будівельним сектором, а 20% – житловими будівлями (EIA 2018). Нові високоефективні будинки поєднують щільні огорожувальні конструкції, механічну вентиляцію та ефективні компоненти для забезпечення комфорту, належного потоку повітря та контролю вологості. Ці системи працюють разом для створення енергоефективних будинків, які використовують заходи для управління вологою та забруднювачами всередині приміщень. Старіші будинки, побудовані до інтеграції енергетичних норм, становлять приблизно 78% житлового фонду в країні (USCB 2017) і часто мають значні витоки повітря та недостатню ізоляцію. Будинки з незначною або відсутньою герметизацією чи ізоляцією мають втрати на опалення та охолодження, які можуть становити значну частину рахунків за комунальні послуги. Правильно виконана глибока енергетична модернізація (DER) може значно покращити енергетичні характеристики теплової оболонки будинку, зменшити кількість забруднювачів у приміщенні та підвищити комфорт домовласників.

1. Основні проектні рішення щодо об'єкту проектування

1.1. Загальні дані

Проектом передбачається комплексна термомодернізація 6-поверхової будівлі реабілітаційного центру з підвальним приміщенням.

ОПАЛЕННЯ

Підключення до системи опалення від теплових мереж виконане в приміщенні теплового пункту у підвалі.

Параметри теплоносія - Т1 - Т2 - 80 - 60 ° С. Трубопроводи системи опалення - сталіні водогазопровідні ДСТУ 8936:2019, сталіні електрозварні ДСТЧ 8943:2019 та KAN PE-Xc. Система опалення запроектована двотрубна, тупікова з розведенням трубопроводів в конструкції підлоги. Трубопроводи, що прокладені в конструкції підлоги утеплюються тепловою ізоляцією Climaflex Stabil 6-9 мм. Трубопроводи, що прокладені транзитом (стояки) та під стелею підвалу утеплюються тепловою ізоляцією K-Flex ST 6-9 мм.

В якості опалювальних приладів у переважній кількості приміщень прийняті сталеві панельні радіатори з нижнім підключенням (в прим. 137, 145, 146 - бокове) ф. Кермі. Для регулювання тепловіддачі у радіаторів передбачені вбудовані термостатичні клапани з попереднім налаштуванням та термостатичні елементи. Видалення повітря з системи здійснюється через крани Маєвського які встановлені на опалювальних приладах та через автоматичні повітроспускники, що встановлені у верхніх точках магістралі та на колекторах.

ВЕНТИЛЯЦІЯ

Вентиляція приміщень загальнообмінна припливно-витяжна зі штучним спонуканням. Приплив та витяжка повітря в приміщення виконані припливними та припливно-витяжною установками фірми "Aerostar". Припливна установка являє собою повністю готовий вентиляційний агрегат, що забезпечує фільтрацію, підігрів та подачу свіжого повітря в приміщення.

У припливних установках корпус виготовлений зі сталі з алюмоцинковим покриттям. В середині - тепло - і звукоізоляція з мінеральної вати товщиною

50 мм. Припливна установка складається з: фільтру, водяного повітрянагрівача (для П12-П16 - електричний), відцентрового вентилятора і вбудованим термостатом захисту з автоматичним перезапуском. В припливно-витяжній установці додатково встановлюється пластинчатий рекуператор та додатковий вентилятор. Автоматика з пультами та вузлами змішування входить в комплект до кожної установки. Розміщуються припливні та припливно-витяжна установки під перекриттям та у венткамері що знаходиться над третім поверхом реабілітаційної частини.

Приплив та витяжка повітря виконані за допомогою повітророзподільників фірми "Григоренко".

Витяжки з санвузлів загального користування виконані каналними вентиляторами фірми "Aerostar". Витяжки з санвузлів палат виконані осьовими накладними вентиляторами фірми "Vents". Підключення витяжних каналів палат відбувається витяжним каналом-супутником у збірну шахту з приєднанням по вертикалі на відстані не менш ніж 2 м від витяжних ґрат.

Повітропроводи вентиляційних систем в приміщеннях та коридорах зашити підшивною стелею типу "Армстронг". Для зменшення рівня шуму на повітропроводах запроектовано встановлення шумоглушників.

Забір зовнішнього повітря виконаний через повітрозабірні решітки, що розташовані вище 2 м від поверхні землі. Викид зовнішнього повітря виконаний через вентиляційні зонти з оцинк. сталі, що розташовані на покрівлі не менш ніж на 0,5 м від поверхні покрівлі або висоти парапету.

Припливні та викидні повітропроводи від забору повітря до припливних установок ізолюються мінватою типу ROCKWOOL ALU LAMELLA MAT товщиною 50 мм. Витяжні та припливні повітропроводи в приміщеннях ізолюються тепловою ізоляцією "Алюфом" товщиною 10 мм. Транзитні повітропроводи загальних вентиляційних систем та на горищі ізолюються вогнетривкою ізоляцією типу ROCKWOOL CONLIT MAT товщиною 50 мм зі ступенем вогнестійкості EI60. Викидні повітропроводи, що прокладені ззовні

будівлі ізолюються мінватою типу ROCKWOOL ALU LAMELLA MAT товщиною 30мм.

КОНДИЦІОНУВАННЯ

Для створення комфортних умов в приміщеннях реабілітаційного центру передбачені мультизональні VRF системи кондиціонування повітря на базі обладнання фірми " Samsung ". Система складається із зовнішнього компресорно-конденсаційного блоку, встановленого на покрівлі, і внутрішніх блоків настінного, каналного та касетного типу, що встановлені в обслуговуваних приміщеннях.

Для приміщення телекомунікаційної передбачене встановлення додаткового резервного кондиціонера спліт системи К4.

Фреоноводи до мультизональних VRF систем прокладаються за підшивною стелею типу "Армстронг".

Теплоізоляція фреоноводів передбачена з синтетичного каучуку K-Flex марки ST.

Зовнішні блоки ККБ що встановлені на покрівлі, монтуються на металеві рами з віброізоляторами, і додатковими гумовими прокладками розташованими в місцях кріплення блоку до металевої конструкції.

Встановлення та обслуговування обладнання систем кондиціонування слід проводити у відповідності з паспортними даними та інструкцією по експлуатації при відключеному електроживленні.

Кріплення мідних трубопроводів до будівельних конструкцій здійснюється за місцем, згідно з вимогами заводу виробника даної продукції і згідно з технологічними картами.

Викид конденсату від внутрішніх блоків та піддонів припливних установок виконаний за допомогою металопластикової труби з ухилом 2 см/1 м в бік викиду конденсату. Підключення до системи каналізації виконати за допомогою сухих сифонів з розривом струменя.

Для проектування, будівництва та термомодернізації реабілітаційних центрів в Україні основним нормативним документом є ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади

охорони здоров'я». Це відносно новий стандарт, який замінив стару редакцію 2001 року та враховує сучасні вимоги до інклюзивності, енергоефективності та комфорту.

Окрім нього, обов'язковими до виконання є:

ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» (критично для реабілітації).

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

Таблиця 1.1.

Внутрішні параметри

Тип приміщення	Холодний період (опалення)	Теплий період (окондиціонування)	Відносна вологість, %	Повітрообмін (кратність)
Палати (житлові кімнати)	20–22°C	23–25°C	40–60	Приплив 2, Витяжка 2
Кабінети лікарів / оглядові	21–23°C	23–25°C	40–60	Не менше 1 (мін. 60 м ³ /год)
Зали ЛФК (активна реабілітація)	17–19°C	20–22°C	30–50	Приплив 3, Витяжка 3
Кабінети фізіотерапії	22–24°C	24–26°C	40–60	Згідно з техзавданням обладнання
Зони очікування / вестибюлі	18–20°C	23–25°C	Не нормується	1–2
Басейни (зали)	28–30°C	29–31°C	50–65	Розрахунок на асиміляцію вологи
Душові та санвузли	24–25°C	24–25°C	До 70	Тільки витяжка (50–75 м ³ /год)

Таблиця 1.2.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Температура, °C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ, %	v, м/с
Теплий	28	57,8	10,5	40	1
Холодний	-22	-19,7	0,5	90	5,7

Итоги - Общие

Основная информация:		
Название проек.		
Населенный пун.		
Адрес:		
Проектировщик:		
Дата расчета:	Wtorek 16 декабря 2025 17:38	
Дата создания п	Środa 6 марта 2024 0:09	
Файл данных:		
Нормы:		
Норма для выполнения расчета коэф. теплоперед	ДСТУ ISO 6946:2007	
Норма для выполнения расчета проект. тепловой	ДСТУ Б EN 12831	
Норма для выполнения расчета E:	ДСТУ Б А.2.2-12:2015	
Климатические данные:		
Климатическая зона:	Житомир	
Проектная наружная температура q_e :	-22	°C
Средняя годовая наружная температура $q_{m,e}$:	7,2	°C
Метеорологическая станция:		
Грунт:		
Вид грунта:	Песок или гравий	
Теплоемкость:	2,000	МДж/(м ³ ·К)
Глубина периодического проникновения тепла d :	3,167	м
Коэффициент теплопроводности λ_g :	2,0	Вт/(м·К)
Основные итоги расчетов здания:		
Отапливаемая площадь здания A_H :	1746,00	м ²
Отапливаемый объем здания V_H :	8258,0	м ³
Проектные потери тепла за счет теплопередачи F_{T1} :	133007	Вт
Проектные потери тепла на вентиляцию F_V :	21723	Вт
Общие проектные потери тепла F :	154730	Вт
Избыток тепловой мощности F_{RH} :	0	Вт
Проектная тепловая нагрузка здания F_{HL} :	154730	Вт
Показатели и коэффициенты потерь тепла:		
Показатель F_{HL} по отношению к поверхности, $f_{HL,A}$:	88,6	Вт/м ²
Показатель F_{HL} по отношению к кубатуре, $f_{HL,V}$:	18,7	Вт/м ³
Итоги расчетов вентиляции для нужд проектной тепловой нагрузки:		

Итоги - Общие

Инфильтрующийся воздух V_{infv} :	630,8	м ³ /ч
Дополнительно инфильтрующийся воздух $V_{m.infv}$:	0,0	м ³ /ч
Требуемый воздух, подаваемый мех. $V_{su,min}$:	18024,0	м ³ /ч
Воздух, подаваемый мех. V_{su} :	18024,0	м ³ /ч
Требуемый воздух, удаляемый мех. $V_{ex,min}$:	18024,0	м ³ /ч
Мех. удаляемый воздух V_{ex} :	18024,0	м ³ /ч
Среднее количество воздухообменов n :	1,1	
Количество подаваемого вентиляционного воздуха V	19285,6	м ³ /ч
Средняя температура подаваемого воздуха q_v :	15,3	°C
Итоги подбора отопительных приборов:		
Сумма проектных тепловых мощностей отопительных приборов $\sum F$		Вт
Сумма реальных тепловых мощностей отопительных приборов $\sum F'$		Вт
Сумма дефицитов тепловых мощностей отопительных приборов $\sum F''$		Вт
Сумма мощностей другого отопительного оборудования F_{he}	0	Вт
Сумма мощностей отопительного оборудования $F_{r,r} + F'$	0	Вт
Сумма дефицитов мощностей отопительного оборудования F''	0	Вт
Итоги расчетов сезонной потребности в тепловой энергии :		
Метеорологическая станция:	Київ	
Сезонная потребность в тепловой энергии на отопление		
Количество вентиляционного воздуха-отопление $V_{v,H}$:	19271,2	м ³ /ч
Потребность в тепловой энергии - отопление $Q_{H,nd}$:	303,11	ГДж/год
Потребность в тепловой энергии на отопление $Q_{H,nd}$:	84197	кВтч/год
Отапливаемая площадь здания A_H .	1746	м ²
Отапливаемый объем здания V_H :	8258,0	м ³
Показатель потребности - отопление EA_H :	173,6	МДж/(м ² ·год)
Показатель потребности - отопление EA_H :	48,2	кВтч/(м ² ·год)
Показатель потребности - отопление EV_H :	36,7	МДж/(м ³ ·год)
Показатель потребности - отопление EV_H :	10,2	кВтч/(м ³ ·год)
Сезонная потребность в энергии на охлаждение		
Поток вентиляционного воздуха - охлаждение $V_{v,C}$:	19271,2	м ³ /ч
Потребность в энергии - охлаждение $Q_{C,nd}$:	1472,33	ГДж/год
Потребность в энергии - охлаждение $Q_{C,nd}$:	408979	кВтч/год
Охлаждаемая площадь здания A_C :	1746,0	м ²
Охлаждаемый объем здания V_C :	5761,8	м ³
Показатель потребности - охлаждение EA_C :	843,3	МДж/(м ² ·год)
Показатель потребности - охлаждение EA_C :	234,2	кВтч/(м ² ·год)
Показатель потребности - охлаждение EV_C :	178,3	МДж/(м ³ ·год)
Показатель потребности - охлаждение EV_C :	49,5	кВтч/(м ³ ·год)
Энергия для приготовления горячей воды в здании		

Итоги - Общие

Энергия для приготовления горячей воды $Q_{nd,w}$:	59568,6	кВтч/год
Энергия для приготовления горячей воды $Q_{nd,w}$:	214,45	ГДж/год
Параметры расчетов проекта:		
Выполнение расчета теплопередачи при мин. Dq_{min} :	4,0	К
Выполнение расчета теплопередачи при мин. Dq_{min} :	4,0	К
Вариант выполнения расчетов потерь тепла в помещения из соседних групп:		
Выполнять расчет с ограничением до $q_{j,u}$		
Минимальная дежурная температура $q_{j,u}$:	14	К
Выполнять расчет потерь в помещения из соседних зданий так, как бы они не отапливались:		
	Нет	
Автоматический расчет тепловых мостов:		
	Да	
Расчет тепловых мостов упрощенным методом:		
	Нет	
Параметры подбора отопительных приборов:		
Проект. температура подающего в систему $q_{s,r}$:	80,0	°С
Проектное остывание теплоносителя в отоп. приб. Dq_r :	20,0	К
Увеличение мощности отопительных приборов с термостатическими вентилями:		
Увеличивать за исключением помещений с избытком тепловой мощности F_{RH} .		
Увеличение отоп. приб. с термост. вентилями на:	15	%
Параметры по умолчанию подбираемых отопительных приборов:		
Символ отопительного прибора:		
Коэффициент расположения отопительного прибора:	1,00	
Коэффициент укрытия отопительного прибора:	1,00	
Максимальная длина отопительного прибора L_{max} :	0,00	м
Способ подключения по умолчанию:	AB	
Отоп. приб. по умолч. снабжены термостат. вент.:	Да	
По умолчанию отопительный прибор является:	Проектируемый	
Данные по умолчанию для расчетов:		
Тип здания:	Гостиница другая	
Тип конструкции здания:	Средняя	
Тип системы отопления в здании:	Конвекционное	
Ночной режим отопл. с пониженной темп. теплонос.:	С понижением температуры	
Время, требуемое для нагрева помещений T_v :	1,0	ч
Понижение темп. воздуха во время ночного режима с	3,0	К
Коэффициент нагрева f_{RH} :	0,0	Вт/м ²
Регулирование теплоснабжения в группах:	Индивидуальное рег.	
Степень герметичности наружных огражд. констр.:	Большая	
Кратность обмена внутр. воздуха n_{50} :	2,0	1/ч

Итоги - Общие

Степень заслонения здания:	С - городские районы с за	
Время эксплуатации/бытовые теплопоступления:	12 h и больше	
Данные по умолчанию касающиеся вентиляции:		
Система вентиляции:	Приточно-вытяжная с рекуперацией тепла	
Температура подаваемого воздуха q_{su} :		°C
Температура компенсационного воздуха q_c :	20,0	°C
Данные по умолчанию, касающиеся рекуперации и рециркуляции:		
Температура подаваемого воздуха $q_{ex,rec}$:	20,0	°C
Проектный коэф. полезного действия рекуп. h_{recup} :	95,0	%
Сезонный коэф. полезного действия рекуп. $h_{E,recup}$:	75,0	%
Проектный процент использования рециркуляции h_{recir} :		%
Сезонный процент использования рециркуляции h		%
Геометрия здания:		
Отметка уровня грунта:	-0,50	м
Отметка пола по умолчанию L_f :	0,00	м
Отметка грунтовой воды по умолчанию:	-10,00	м
Высота этажа по умолчанию H :	3,60	м
Выс. помещений в свете перекрытий по умолчанию H_i :	3,30	м
Площадь поверхности пола по грунту A_g :	1123,00	м ²
Периметр пола по грунту в свете нар. стен P_g :	173,30	м
Поворот здания:	Без поворота	
Статистика здания:		
Количество этажей:	0	
Количество зон здания:	1	
Количество групп помещений:	1	
Количество помещений:	87	

1.2.Теплотехнічний розрахунок

Таблиця 1.3.

Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R	$R_{сог}$	δ	μ	Z	$Z_{сог}$	Комментарии
	м		Вт/(м·К)	кг/м ³	кДж/(кг·К)	К/Втм ²	К/Втм ²	м·ч·Па		м ² ч·Па/г	м ² ч·Па/г	
1_СФ Стена наружная												
Вид ограждения: Стена наружная, Влажностные условия: Нормальный												
ШТУКАТ-ВАП	0,0300		0,700	1700	0,840	0,043	0,043	75,00	10	400,0	400,0	
КЕБ-КЕ1400	0,3000	Керамзитобетон на керамзитовому піску. Г	0,560	1400	0,840	0,536	0,536	98,00	7	3061,2	3061,2	
МІНВАТ-ЩУ	0,1500		0,042	130	0,750	3,571	3,571	480,00	2	312,5	312,5	
ШТУКАТ-ВАП	0,0001		0,700	1700	0,840	0,000	0,000	75,00	10	1,3	1,3	
Сопrotивление теплопередаче внутри R_{i1} , [м ² ·К/Вт]: 0,130												
Опір теплопередачі зовні R_{e1} , [м ² ·К/Вт]: 0,040												
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м ² ·К/Вт]: 4,320												
Коеfficient теплопередачі U, [Вт/(м ² ·К)]: 0,231												
КР Кровля												
Вид ограждения: Совмещенное покрытие неветилируемое, Влажностные условия: Нормальный												
СТАЛЬ-БУД	0,0050		58,000	7800	0,440	0,000	0,000	0,01	72000	500000	500000	
МІНВАТ-ЩУ	0,3000		0,042	130	0,750	7,143	7,143	480,00	2	625,0	625,0	
ПАРОІЗ-ПІ	0,0050	Пароізоляційна плівка, густина 1600 кг/м ³	0,300	1600	1,470	0,017	0,017	0,00	720000	50000000	50000000	
ДЕРЕВ-СТР-7	0,0150		0,130	700	2,090	0,115	0,115	34,00	21	441,2	441,2	
Сопrotивление воздушной прослойки совмещенного покрытия сред. толщиной H = 1 м, [м ² ·К/Вт]: 0,160												
Сумма сопротивлений теплопередаче ската крыши и воздушной прослойки, [м ² ·К/Вт]: 7,435												
КЕБ-КЕ1400	0,6000	Керамзитобетон на керамзитовому піску. Г	0,560	1400	0,840	1,071	1,071	98,00	7	6122,4	6122,4	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,2000	Залізобетон, густина 2500 кг/м ³ .	1,920	2500	0,840	0,104	0,104	30,00	24	6666,7	6666,7	
ШТУКАТ-ВАП	0,0300		0,700	1700	0,840	0,043	0,043	75,00	10	400,0	400,0	
Сопrotивление теплопередаче внутри R_{i2} , [м ² ·К/Вт]: 0,100												
Опір теплопередачі зовні R_{e2} , [м ² ·К/Вт]: 0,040												
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м ² ·К/Вт]: 8,793												
Коеfficient теплопередачі U, [Вт/(м ² ·К)]: 0,114												
ПОЛ Пол по грунту												
Вид ограждения: Пол по грунту, Влажностные условия: Нормальный												
Стена, примыкающая к полу: СН												
Разница высоты пола и грунтовой воды $Z_{гв}$: 9,50 м												
Горизонтальная теплоизоляция: ККЦП-ЩП14 толщиной d_{nh} = 0,01 м и длиной D_h = 10,00 м												
Вертикальная теплоизоляция: ККЦП-ЩП14 толщиной d_{zv} = 0,01 м и длиной D_v = 10,00 м												
ТЕРАКОТА	0,0080		1,050	2000	0,840	0,008	0,008	250,00	3	32,0	32,0	
КЕБ-КЕ1400	0,0060	Керамзитобетон на керамзитовому піску. Г	0,560	1400	0,840	0,011	0,011	98,00	7	61,2	61,2	
В-ПЕРЛ-320	0,0500	Вироби (розчини) на основі перліту. Густ	0,091	320	0,840	0,549	0,549	100,00	7	500,0	500,0	
В-ПІС-15	0,0700	Вироби пінополістирольні. Густина 15 кг/м ³	0,045	15	1,340	1,556	1,556	50,00	14	1400,0	1400,0	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,2000	Залізобетон, густина 2500 кг/м ³ .	1,920	2500	0,840	0,104	0,104	30,00	24	6666,7	6666,7	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R_g , [м ² ·К/Вт]: 2,000												
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м ² ·К/Вт]: 4,228												
Коеfficient теплопередачі U, [Вт/(м ² ·К)]: 0,237												
ПОЛ_ГР Пол в подвале												
Вид ограждения: Пол в подвале, Влажностные условия: Нормальный												
Стена, примыкающая к полу: СН-ГР												
Разница высоты пола и грунтовой воды $Z_{гв}$: 6,50 м												
Высота заглубления стены, примыкающей												
Р-ЦЕМШЦ	0,1000	Розчин цементно-піщаний. Густина 1800 кг/м ³	0,760	1800	0,840	0,132	0,132	90,00	8	1111,1	1111,1	
ПІНОП FS20	0,1000		0,036	20	1,460	2,778	2,778	12,00	60	8333,3	8333,3	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,3000	Залізобетон, густина 2500 кг/м ³ .	1,920	2500	0,840	0,156	0,156	30,00	24	10000	10000	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R_g , [м ² ·К/Вт]: 2,000												
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м ² ·К/Вт]: 5,066												
Коеfficient теплопередачі U, [Вт/(м ² ·К)]: 0,197												
СН-ГР Наружная стена, примыкающая к грунту												
Вид ограждения: Наружная стена, примыкающая к грунту, Влажностные условия: Нормальный												
Пол, примыкающий к стене: ПОЛ_ГР												
Высота заглубления стены, примыкающей												
ШТУКАТ-ВАП	0,0300		0,700	1700	0,840	0,043	0,043	75,00	10	400,0	400,0	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,5100		1,700	2500	0,840	0,300	0,300	30,00	24	17000	17000	
ПІНОП FS20	0,1000		0,036	20	1,460	2,778	2,778	12,00	60	8333,3	8333,3	
РУБЕРОЙД	0,0300	Руберойд, густина 1000 кг/м ³ .	0,170	1000	1,680	0,176	0,176	1,00	720	30000	30000	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R_g , [м ² ·К/Вт]: 1,561												
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м ² ·К/Вт]: 4,858												
Коеfficient теплопередачі U, [Вт/(м ² ·К)]: 0,206												

Таблиця 1.4

Теплотехнічні характеристики ОК

Стена наружная	0,510	0,130	0,040	4,363	0,229	64573			6657,10	576,76	29,7		
Наружная стена, примыкающая к г	0,670	1,561		4,858	0,206	4360			1193,70	76,20	3,9		
Пол в подвале	0,500	2,000		5,066	0,197	718			188,51	5,38	0,3		
Пол по грунту	0,334	2,000		4,228	0,237	3408			714,58	77,33	4,0		
Окно наружное					1,020	82259	80,0	0,50	1900,17	1520,13	732,61	2808,79	37,7
Совмещенное покрытие неветилир	1,905	0,100	0,040	8,793	0,114	20840			4363,21	187,56	9,7		
Дверь наружная					1,020	26341	50,0	0,50	605,40	302,70	233,41	575,60	12,0

1.3. Розрахунок тепловтрат

Таблиця 1.5

Розрахунок тепловтрат																			
Приміщення						Огородження							tвн- tзовн	1+Σβ	Qог,Вт	Qинф, Вт		ΣQ,Вт	
Позн.	Найменування	tвн, °С	tзовн, °С	Fпом, м ²	H, м	Позн.	Орієнт.	A, м	H, м	F, м ²	Uк, Вт/м ² °С	ΔUтб, Вт/м ² °С				ΣUк, Вт/м ² °С	16		17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			13	14	15	16	17	18
I поверх																			
137	Сходова клітина	16	-20	22,4	3,3	ЗС1	ПнЗх(СЗ)	7,3	3,6	26,28	0,229	0,100	0,329	36	1,10	240	Инф=0,5	450	910
		16	-20			ЗС1	ПнСх(СВ)	3,7	3,6	12,133	0,229	0,100	0,329	36	1,10	120			
		16	-20			В	ПнСх(СВ)	0,95	1,25	1,1875	1,020		1,020	36	1,10	50			
		16	-20			ЗС1	ПдСх(ЮВ)	1,5	3,6	5,4	0,229	0,100	0,329	36	1,05	50			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
138	Ліфтовий хол	18	-20	10,09	3,3	ЗС1	ПнСх(СВ)	2,3	3,6	8,28	0,229	0,100	0,329	38	1,10	80	Инф=1	430	510
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
139	Кабінет для консультацій	20	-20	26,52	3,3	ЗС1	ПнСх(СВ)	5,4	3,6	16,74	0,229	0,100	0,329	40	1,10	170	Инф=1	1180	1520
		20	-20			ЗС1	ПнЗх(СЗ)	0,9	3,6	3,24	0,229	0,100	0,329	40	1,10	40			
		20	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	40	1,10	130			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			

132	Побутова мед персоналу	20	-20	25,92	3,3	ЗС1	ПнСх(СВ)	3,2	3,6	8,82	0,229	0,100	0,329	40	1,10	90	Инф=1	1160	1380
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	40	1,10	130			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
141	Приміщення зберігання медикаментів	18	-20	22,93	3,3	-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0	Инф=1	970	970
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
143	Приміщення для крісел колесних	18	-20	7,81	3,3	-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0	Инф=1	340	340
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			

142	Телекомунікаційна	18	-20	13,17	3,3	-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0	Инф=1	560	560	
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	38	1,00	0				
110	Кабінет психолога	20	-20	19,6	3,3	ЗС1	Пн3х(СЗ)	3	3,6	9,18	0,229	0,100	0,329	40	1,10	100	Инф=1	880	1270
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			В	Пн3х(СЗ)	0,9	1,8	1,62	1,020	1,020	40	1,10	80				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			П1	-	2,8	2	5,6	0,476	0,100	0,576	40	1,00	110			
109	Кабінет психолога	20	-20	20,4	3,3	ЗС1	Пн3х(СЗ)	3	3,6	8,1	0,229	0,100	0,329	40	1,10	90	Инф=1	910	1340
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			В	Пн3х(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020	1,020	40	1,10	130				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
108	Кабінет індивідуальної терапії	20	-20	19,08	3,3	ЗС1	Пн3х(СЗ)	3	3,6	8,1	0,229	0,100	0,329	40	1,10	90	Инф=1	850	1280
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			В	Пн3х(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020	1,020	40	1,10	130				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
107	Кабінет групової терапії	20	-20	21,98	3,3	ЗС1	Пн3х(СЗ)	3,2	3,6	8,82	0,229	0,100	0,329	40	1,10	90	Инф=1	980	1430
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			В	Пн3х(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020	1,020	40	1,10	130				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000	0,000	40	1,00	0				
20	-20	П1	-	3,05	2	6,1	0,476	0,100	0,576	40	1,00	120							

106	Приміщення кол центру	20	-20	20,39	3,3	ЗС1	ПнЗх(СЗ)	3	3,6	8,1	0,229	0,100	0,329	40	1,10	90	Инф=1	910	1340
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			В	ПнЗх(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	40	1,10	130			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			П1	-	2,85	2	5,7	0,476	0,100	0,576	40	1,00	110			
105	Приміщення охорони	20	-20	14,08	3,3	ЗС1	ПнЗх(СЗ)	2,5	3,6	6,3	0,229	0,100	0,329	40	1,10	70	Инф=1	630	1000
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			В	ПнЗх(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	40	1,10	130			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	40	1,00	0			
		20	-20			П1	-	2,3	2	4,6	0,476	0,100	0,576	40	1,00	90			
104	Гардеробна для відвідувачів	18	-20	20,89	3,3	ЗС1	ПнЗх(СЗ)	3,7	3,6	10,62	0,229	0,100	0,329	38	1,10	110	Инф=1	890	1870
		18	-20			ЗС1	ПнСх(СВ)	6,3	3,6	17,28	0,229	0,100	0,329	38	1,10	170			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	38	1,00	0			
		18	-20			В	ПнЗх(СЗ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	38	1,10	120			
		18	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	38	1,10	120			
		18	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	38	1,10	120			
		18	-20			П1	-	15,1	1	15,1	0,476	0,100	0,576	38	1,00	280			
102	Вестибюль	16	-20	113,2	3,3	ЗС1	ПнСх(СВ)	5,7	3,6	15,12	0,229	0,100	0,329	36	1,10	140	Инф=0,5	2270	3230
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	36	1,10	110			
		16	-20			В	ПнСх(СВ)	1,5	1,8	2,7	1,020		1,020	36	1,10	110			
		16	-20			-	-	0	0	0	0,000		0,000	36	1,00	0			
		16	-20			П1	-	5,5	2	11	0,476	0,100	0,576	36	1,00	190			

1.4. Гідравлічний розрахунок та підбір опалювальних приладів

Підсумки - Загальні

Основна інформація:			
Назва проєктів:	Реабілітаційний центр		
Адреса:			
Населений пун.			
Проектувальник:			
Дата розрахунку	Czwartek 20 ноября 2025 14:47		
Інф			
Тип А:	ГОСТ 3262-75 0	Тип В:	PUSH PEXC-5W P10
Тип С:		Тип D:	
Тип Е:		Тип F:	
Тип G:		Тип H:	
Тип I:		Тип J:	
Тип K:		Тип L:	
Тип M:		Тип N:	
Тип O:		Тип P:	
Символ джерела тепла:		ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО	
Параметри теплоносія:			
$\theta_{s,n}$ [°C]:	80,00	$\theta_{r,n}$ [°C]:	60,00
$\theta_{r,r,n}$ [°C]:	58,58		
Вид теплоносія:	Вода	Концентрація, [%]	100,0
Інформація про систему:			
Загальна витрата теплоносія у системі $M_{сист}$ [kg/c]:		3,569	
Загальний обсяг системи і $V_{сист}$ [% U]:		2270	
Розрахункова теплова потужність системи $\Phi_{HL,inst}$ [BT]:		298850	
Втрачена потужність $\Phi_{lost,inst,n}$ [BT]:		22159	
Загальна потужність, що передається системою $\Phi_{tot,inst,n}$ [BT]:		321009	
Параметри джерела тепла: ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО			
$\Delta p_{нс}$ [Па]:	0	$V_{нс}$ [л]:	0,0
Необхідний тиск у джерелі Δp_{disp} [Па]:		44606	
Дод.запас пот. для заповнення буферної ємності $\Phi_{HL,reserve}$ [BT]:			
Орієнтовна теплова потужність джерела взимку $\Phi_{HL,winter}$ [BT]:		298850	
Розрахункова теплова потужність джерела влітку $\Phi_{HL,summer}$ [BT]:			
Розрахункова теплова потужність джерела в перехідному періоді $\Phi_{HL,part}$ [BT]:			
Кількість одночасно працюючих кварт. станцій $N_{FS,sim}$ [шт.]:			
Параметри для роботи в режимі охолодження:			

Підсумки - Загальні

$\theta_{s,c}$, [°C]:		$\theta_{r,r,c}$, [°C]:	
Потужність на охолодження разом із підключеннями $\Phi_{r,c,t,c}$, [Вт]:			
Статистика приміщень та опалювальних приладів для джерела: ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛ			
Опалювані приміщення:			
Перегріті:	11	Надлишок потужності, [Вт]:	8952
Недогріті:	0	Дефіцит потужності, [Вт]:	892
Потужність опал. прил., [В	285538	Теплонадх. від труб, [Вт]:	21372
Приміщення неопалювані:			
Потужність опал. прил., [В	0	Теплонадх. від труб, [Вт]:	312
Опалювальні прилади:			
Перегріті:	13	Надлишок потужності, [Вт]:	8971
Недогріті:	0	Дефіцит потужності, [Вт]:	911
Розрахункова потужність, [298850	Реальна потужність, [Вт]:	285538

Підсумки - Приміщення

СИМВОЛ	$\theta_{int,H}$	Φ_{HL}	Φ_{HL}	Φ_{HG}	Φ_{HG}	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{H,def}$	$\Phi_{H,def}$	$\theta_{F,C,min}$
	°C	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	°C
1	20	650	0,7	36	0,0	612	0,6	2	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 612$ Вт Aut.H = 0,94							
10	20	450	0,5	42	0,0	453	0,5	-45	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,600 м L = 0,60 м $\Phi_{r,H} = 453$ Вт Aut.H = 1,01							
102	16	3400	3,4	621	0,6	2942	2,9	-163	-0,2	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1466$ Вт Aut.H = 0,43							
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1476$ Вт Aut.H = 0,43							
103	20	4500	4,5	177	0,2	4532	4,5	-209	-0,2	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1140$ Вт Aut.H = 0,25							
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1137$ Вт Aut.H = 0,25							
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1133$ Вт Aut.H = 0,25							
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1122$ Вт Aut.H = 0,25							
104	20	2100	2,1	87	0,1	2041	2,0	-29	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 687$ Вт Aut.H = 0,33							
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 682$ Вт Aut.H = 0,32							
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 672$ Вт Aut.H = 0,32							
105	20	1100	1,1	24	0,0	1126	1,1	-50	-0,1	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1126$ Вт Aut.H = 1,02							
106	20	1400	1,4	36	0,0	1405	1,4	-41	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1405$ Вт Aut.H = 1,00							
107	20	1500	1,5	140	0,1	1435	1,4	-74	-0,1	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1435$ Вт Aut.H = 0,96							
108	20	1400	1,4	40	0,0	1410	1,4	-50	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1410$ Вт Aut.H = 1,01							
109	20	1400	1,4	37	0,0	1404	1,4	-41	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1404$ Вт Aut.H = 1,00							
11	20	500	0,5	7	0,0	512	0,5	-19	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,700 м L = 0,70 м $\Phi_{r,H} = 512$ Вт Aut.H = 1,02							
110	20	1400	1,4	19	0,0	1392	1,4	-12	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1392$ Вт Aut.H = 0,99							
111	20	400	0,4	120	0,1	514	0,5	-234	-0,2	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 247$ Вт Aut.H = 0,62							
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 268$ Вт Aut.H = 0,67							
112	18	800	0,8	240	0,2	599	0,6	-39	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,700 м L = 0,70 м $\Phi_{r,H} = 599$ Вт Aut.H = 0,75							
113	20	1600	1,6	91	0,1	1540	1,5	-31	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,200 м L = 1,20 м $\Phi_{r,H} = 1540$ Вт Aut.H = 0,96							
114	20	1300	1,3	118	0,1	1182	1,2	-1	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1182$ Вт Aut.H = 0,91							
115	20	1300	1,3	39	0,0	1277	1,3	-16	-0,0	19,6

Підсумки - Приміщення

Символ	$\theta_{int,H}$	Φ_{HL}	Φ_{HL}	Φ_{HG}	Φ_{HG}	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{H,def}$	$\Phi_{H,def}$	$\theta_{F,C,min}$	
	°C	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	°C	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1277$ Вт Aut.H = 0,98									
116	20	1250	1,3	19	0,0	1253	1,3	-22	-0,0	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1253$ Вт Aut.H = 1,00									
117	16	1800	1,8	540	0,5	1381	1,4	-121	-0,1	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1381$ Вт Aut.H = 0,77									
118	20	0	0,0	58	0,1			-58	-0,1	19,6	
119	20	300	0,3	41	0,0	298	0,3	-39	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 298$ Вт Aut.H = 0,99									
12	20	350	0,4	37	0,0	312	0,3	1	0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 312$ Вт Aut.H = 0,89									
120	20	300	0,3	10	0,0	287	0,3	3	0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 287$ Вт Aut.H = 0,96									
121	20	300	0,3	34	0,0	299	0,3	-34	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 299$ Вт Aut.H = 1,00									
122	20	300	0,3	22	0,0	284	0,3	-6	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 284$ Вт Aut.H = 0,95									
123	20	1800	1,8	100	0,1	1709	1,7	-9	-0,0	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1709$ Вт Aut.H = 0,95									
124	20	1600	1,6	28	0,0	1648	1,6	-76	-0,1	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1648$ Вт Aut.H = 1,03									
125	18	800	0,8	39	0,0	796	0,8	-35	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 796$ Вт Aut.H = 0,99									
126	18	500	0,5	14	0,0	476	0,5	9	0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,600 м L = 0,60 м $\Phi_{r,H} = 476$ Вт Aut.H = 0,95									
127	20	1450	1,4	50	0,1	1426	1,4	-27	-0,0	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1426$ Вт Aut.H = 0,98									
128	20	1300	1,3	52	0,1	1299	1,3	-51	-0,1	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1299$ Вт Aut.H = 1,00									
129	20	1700	1,7	66	0,1	1673	1,7	-39	-0,0	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1673$ Вт Aut.H = 0,98									
13	20	350	0,4	19	0,0	355	0,4	-24	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,500 м L = 0,50 м $\Phi_{r,H} = 355$ Вт Aut.H = 1,01									
130	18	400	0,4	86	0,1	336	0,3	-22	-0,0	19,6	
PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 336$ Вт Aut.H = 0,84									
131	20	2100	2,1	67	0,1	2050	2,0	-17	-0,0	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1019$ Вт Aut.H = 0,49									
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1031$ Вт Aut.H = 0,49									
132	20	1500	1,5	135	0,1	1431	1,4	-66	-0,1	19,6	
PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1431$ Вт Aut.H = 0,95									
133	20	300	0,3	90	0,1	293	0,3	-83	-0,1	19,6	

Підсумки - Приміщення

СИМВОЛ	$\theta_{int,H}$	Φ_{HL}	Φ_{HL}	Φ_{HG}	Φ_{HG}	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{H,def}$	$\Phi_{H,def}$	$\theta_{F,C,min}$	
	°C	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	°C	
134	18	3500	3,5	305	0,3	3282	3,3	-87	-0,1	19,6	
		PROFIL-11V-50 Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 293$ Вт Aut.H = 0,98									
		PROFIL-11V-50 Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 825$ Вт Aut.H = 0,24									
		PROFIL-11V-50 Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 825$ Вт Aut.H = 0,24									
		PROFIL-11V-50 Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 812$ Вт Aut.H = 0,23									
		PROFIL-11V-50 Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 820$ Вт Aut.H = 0,23									
136	16	1800	1,8	464	0,5	1377	1,4	-41	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1377$ Вт Aut.H = 0,76									
137	16	5000	5,0	33	0,0	4790	4,8	177	0,2	19,6	
		PROFIL-33V-50 Розмір 2,300 м L = 2,30 м $\Phi_{r,H} = 4790$ Вт Aut.H = 0,96									
138	16	800	0,8	39	0,0	768	0,8	-7	-0,0	19,6	
		PROFIL-11V-50 Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 768$ Вт Aut.H = 0,96									
139	16	1700	1,7	14	0,0	1695	1,7	-9	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 1,200 м L = 1,20 м $\Phi_{r,H} = 1695$ Вт Aut.H = 1,00									
14	16	1200	1,2	26	0,0	1246	1,2	-73	-0,1	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1246$ Вт Aut.H = 1,04									
140	20	1200	1,2	147	0,1	1075	1,1	-23	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1075$ Вт Aut.H = 0,90									
141	18	1000	1,0	58	0,1	947	0,9	-5	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,700 м L = 0,70 м $\Phi_{r,H} = 947$ Вт Aut.H = 0,95									
143	18	400	0,4	19	0,0	384	0,4	-4	-0,0	19,6	
		PROFIL-11V-50 Розмір 0,500 м L = 0,50 м $\Phi_{r,H} = 384$ Вт Aut.H = 0,96									
144	20	350	0,4	10	0,0	360	0,4	-20	-0,0	19,6	
		PROFIL-11V-50 Розмір 0,500 м L = 0,50 м $\Phi_{r,H} = 360$ Вт Aut.H = 1,03									
145	16	5000	5,0	45	0,0	4781	4,8	174	0,2	19,6	
		PROFIL-33V-50 Розмір 2,300 м L = 2,30 м $\Phi_{r,H} = 4781$ Вт Aut.H = 0,96									
146	16	3000	3,0	87	0,1	3155	3,2	-242	-0,2	19,6	
		PROFIL-33V-50 Розмір 1,600 м L = 1,60 м $\Phi_{r,H} = 3155$ Вт Aut.H = 1,05									
147	18	1100	1,1	46	0,0	1091	1,1	-38	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1091$ Вт Aut.H = 0,99									
148	18	1000	1,0	33	0,0	1037	1,0	-70	-0,1	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1037$ Вт Aut.H = 1,04									
15	18	0	0,0	36	0,0			-36	-0,0	19,6	
18	18	1600	1,6	43	0,0	1613	1,6	-57	-0,1	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 1,200 м L = 1,20 м $\Phi_{r,H} = 1613$ Вт Aut.H = 1,01									
19	18	600	0,6	26	0,0	610	0,6	-36	-0,0	19,6	
		PROFIL-11V-50 Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 610$ Вт Aut.H = 1,02									
2	16	3900	3,9	1170	1,2	2748	2,7	-18	-0,0	19,6	
		PROFIL-22V-50 Розмір 0,600 м L = 0,60 м $\Phi_{r,H} = 906$ Вт Aut.H = 0,23									
		PROFIL-11V-50 Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 924$ Вт Aut.H = 0,24									

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{HL}	Φ _{HL}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		kg/c	л/хв	м/с	Па/
Стояк/Ділянка / Цирк. кільце через опал. прил.: PROFIL-11V-50 в приміщенні: 11												
Δp _{disp} = 44560 Па Δp _{gr} = -46 Па Δp = 43789 Па Δp _{over} = 771 Па ΔH = -0,45 м L _{CTR} = 56,83 м												
☸ ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО							Δp _{НС} = 0 Па					
☸	⚙️ A	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
---	⚙️ A	1,80	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
⚙️ ВЕН КУЛЯ				d _n = 80 мм		k _v = 674,038			Δp = 38 Па			
---	⚙️ A	10,25	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
---	⚙️ A	0,72	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
---	⚙️ A	1,05	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
---	⚙️ A	0,25	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,2	0,382	
⚙️ ВЕН КУЛЯ				d _n = 25 мм		k _v = 76,383			Δp = 11 Па			
☸	⚙️ B	0,90	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
РОЗПІЛ 10				d _n = 32 мм		k _v = 5,000			Δp = 36 Па			
---	⚙️ B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
⚙️ 1 4017 0X				Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм						
						k _v = 0,520 м ³ /год			Δp = 3346 Па			
⚙️ 1 4017 0X				Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм						
						k _v = 0,520 м ³ /год			Δp = 3346 Па			
---	⚙️ B	2,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
---	⚙️ B	3,85	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
---	⚙️ B	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
---	⚙️ B	2,20	8	18x2,5		950	1,0	1,000	0,011	0,7	0,088	
---	⚙️ B	0,45	10	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	2,40	10	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	0,23	11	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
☸	⚙️ B	0,10	11	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
⚙️ PV3KF				Налаштування: 3		d _n = 15 мм						
						Авторитет = 0,57			k _v = 0,080 м ³ /год Δp = 7623 Па			
⚙️ 1 3066 01				d _n = 20 мм		k _v = 1,250			Δp = 31 Па			
☸ PROFIL-11V-50				0,700 м L = 0,70 м		Φ _{г,н} = 512 Вт			Δp = 2 Па			
☸	⚙️ B	0,10	11	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	0,33	11	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	2,20	10	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	0,25	10	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
---	⚙️ B	2,40	8	18x2,5		950	1,0	1,000	0,011	0,7	0,087	
---	⚙️ B	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
---	⚙️ B	3,65	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
---	⚙️ B	2,45	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
---	⚙️ B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
⚙️ 1 4002 4X				Налаштування: 2.5		d _n = 15 мм						

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{НЛ}	Φ _{НЛ}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		kg/c	л/хв	м/с	Па/
			Δp _{st} = 13,12 кПа		k _v = 0,193 м ³ /год			Δp = 23552 Па				
⊙	В	0,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
			РОЗПІЛ 10		d _n = 32 мм		k _v = 5,000			Δp = 35 Па		
--	А	0,30	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,1	0,378	
			● ВЕН КУЛЯ		d _n = 25 мм		k _v = 76,383			Δp = 11 Па		
--	А	0,75	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	А	0,10	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	А	0,70	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	А	10,05	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
--	А	1,70	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
			● ВЕН КУЛЯ		d _n = 80 мм		k _v = 674,038			Δp = 38 Па		
⊙	А	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
Стояк/Ділянка / Цирк. кільце через опал. прил.: PROFIL-11V-50 в приміщенні: 10												
Δp _{disp} = 44560 Па Δp _{gr} = -46 Па Δp = 43764 Па Δp _{over} = 796 Па ΔH = -0,45 м L _{CTR} = 51,63 м												
⚡	ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО							Δp _{HS} = 0 Па				
⊙	А	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	А	1,80	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
			● ВЕН КУЛЯ		d _n = 80 мм		k _v = 674,038			Δp = 38 Па		
—	А	10,25	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	А	0,72	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
—	А	1,05	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
—	А	0,25	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,2	0,382	
			● ВЕН КУЛЯ		d _n = 25 мм		k _v = 76,383			Δp = 11 Па		
⊙	В	0,90	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
			РОЗПІЛ 10		d _n = 32 мм		k _v = 5,000			Δp = 36 Па		
—	В	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
			● 1 4017 0X		Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм					
							k _v = 0,520 м ³ /год			Δp = 3346 Па		
			● 1 4017 0X		Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм					
							k _v = 0,520 м ³ /год			Δp = 3346 Па		
—	В	2,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	3,85	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	2,20	8	18x2,5		950	1,0	1,000	0,011	0,7	0,088	
—	В	0,28	10	18x2,5		450	0,5	1,000	0,005	0,3	0,042	
⊙	В	0,10	10	18x2,5		450	0,5	1,000	0,005	0,3	0,042	
			● V3KF		Налаштування: 2.5		d _n = 15 мм					
					Авторитет = 0,61		k _v = 0,070 м ³ /год			Δp = 8075 Па		
			● 1 3066 01		d _n = 20 мм		k _v = 1,250			Δp = 25 Па		

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{НЛ}	Φ _{НЛ}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		kg/c	л/хв	м/с	Па/
PROFIL-11V-50		0,600 м L = 0,60 м		Φ _{г,н} = 453 Вт		Δp = 2 Па						
●	B	0,10	10	18x2,5		450	0,5	1,000	0,005	0,3	0,041	
--	B	0,38	10	18x2,5		450	0,5	1,000	0,005	0,3	0,041	
--	B	2,40	8	18x2,5		950	1,0	1,000	0,011	0,7	0,087	
--	B	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	3,65	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	2,45	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
● 1 4002 4X		Налаштування: 2.5		d _n = 15 мм		Δp _{st} = 13,12 кПа k _v = 0,193 м ³ /год Δp = 23552 Па						
●	B	0,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
POЗПІЛ 10		d _n = 32 мм		k _v = 5,000		Δp = 35 Па						
--	A	0,30	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,1	0,378	
● ВЕН КУЛЯ		d _n = 25 мм		k _v = 76,383		Δp = 11 Па						
--	A	0,75	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	0,10	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	0,70	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	10,05	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
--	A	1,70	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
● ВЕН КУЛЯ		d _n = 80 мм		k _v = 674,038		Δp = 38 Па						
●	A	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
Стояк/Ділянка / Цирк. кільце через опал. прил.: PROFIL-11V-50 в приміщенні: 9												
Δp _{disp} = 44560 Па Δp _{gr} = -46 Па Δp = 43778 Па Δp _{over} = 782 Па ΔH = -0,45 м L _{CIR} = 53,43 м												
● ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО		Δp _{НС} = 0 Па										
●	A	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	A	1,80	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
● ВЕН КУЛЯ		d _n = 80 мм		k _v = 674,038		Δp = 38 Па						
—	A	10,25	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	A	0,72	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
■	A	1,05	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
—	A	0,25	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,2	0,382	
● ВЕН КУЛЯ		d _n = 25 мм		k _v = 76,383		Δp = 11 Па						
●	B	0,90	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
POЗПІЛ 10		d _n = 32 мм		k _v = 5,000		Δp = 36 Па						
—	B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
● 1 4017 0X		Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм		k _v = 0,520 м ³ /год Δp = 3346 Па						
● 1 4017 0X		Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм		k _v = 0,520 м ³ /год Δp = 3346 Па						

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{HL}	Φ _{HL}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		кг/с	л/хв	м/с	Па/
-		2,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-		3,85	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-		1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-		0,45	8	18x2,5		1200	1,2	1,000	0,014	0,9	0,111	
-		2,45	8	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
-		0,78	9	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
•		0,10	9	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
P3KF			Налаштування: 3 d _n = 15 мм									
			Авторитет = 0,57 k _v = 0,080 м ³ /год Δp = 7626 Па									
1 3066 01			d _n = 20 мм k _v = 1,250 Δp = 31 Па									
PROFIL-11V-50			0,700 м L = 0,70 м Φ _{r,H} = 515 Вт Δp = 2 Па									
•		0,10	9	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
--		0,68	9	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
--		2,25	8	18x2,5		500	0,5	1,000	0,006	0,4	0,046	
--		0,45	8	18x2,5		1200	1,2	1,000	0,014	0,9	0,110	
--		1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--		3,65	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--		2,45	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--		0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
1 4002 4X			Налаштування: 2.5 d _n = 15 мм									
			Δp _{st} = 13,12 кПа k _v = 0,193 м ³ /год Δp = 23552 Па									
•		0,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
РОЗПІЛ 10			d _n = 32 мм k _v = 5,000 Δp = 35 Па									
--		0,30	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,1	0,378	
ВЕН КУЛЯ			d _n = 25 мм k _v = 76,383 Δp = 11 Па									
--		0,75	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--		0,10	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--		0,70	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--		10,05	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
--		1,70	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
ВЕН КУЛЯ			d _n = 80 мм k _v = 674,038 Δp = 38 Па									
•		0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
Стояк/Ділянка / Цирк. кільце через опал. прил.: PROFIL-11V-50 в приміщенні: 12												
Δp _{disp} = 44559 Па Δp _{gr} = -47 Па Δp = 43753 Па Δp _{over} = 806 Па ΔH = -0,45 м L _{CTR} = 50,53 м												
ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО							Δp _{HS} = 0 Па					
•		0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
-		1,80	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
ВЕН КУЛЯ			d _n = 80 мм k _v = 674,038 Δp = 38 Па									
-		10,25	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{HL}	Φ _{HL}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		kg/c	л/хв	м/с	Па/
-	A	0,72	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
-	A	1,05	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
-	A	0,25	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,2	0,382	
VEN КУЛЯ			d _n = 25 мм		k _v = 76,383		Δp = 11 Па					
•	B	0,90	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
РОЗПІЛ 10			d _n = 32 мм		k _v = 5,000		Δp = 36 Па					
-	B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
1 4017 0X			Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм							
					k _v = 0,520 м ³ /год		Δp = 3346 Па					
1 4017 0X			Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм							
					k _v = 0,520 м ³ /год		Δp = 3346 Па					
-	B	2,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-	B	3,85	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-	B	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
-	B	0,45	8	18x2,5		1200	1,2	1,000	0,014	0,9	0,111	
-	B	1,40	8	18x2,5		700	0,7	1,000	0,008	0,5	0,065	
-	B	0,28	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
•	B	0,10	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
V3KF			Налаштування: 1		d _n = 15 мм							
			Авторитет = 0,52		k _v = 0,059 м ³ /год		Δp = 6875 Па					
1 3066 01			d _n = 20 мм		k _v = 1,250		Δp = 15 Па					
PROFIL-11V-50			0,400 м L = 0,40 м		Φ _{r,H} = 312 Вт		Δp = 1 Па					
•	B	0,10	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	B	0,38	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	B	1,20	8	18x2,5		700	0,7	1,000	0,008	0,5	0,064	
--	B	0,45	8	18x2,5		1200	1,2	1,000	0,014	0,9	0,110	
--	B	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	3,65	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	2,45	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
--	B	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
1 4002 4X			Налаштування: 2.5		d _n = 15 мм							
			Δp _{st} = 13,12 кПа		k _v = 0,193 м ³ /год		Δp = 2352 Па					
•	B	0,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,196	
РОЗПІЛ 10			d _n = 32 мм		k _v = 5,000		Δp = 35 Па					
--	A	0,30	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,1	0,378	
VEN КУЛЯ			d _n = 25 мм		k _v = 76,383		Δp = 11 Па					
--	A	0,75	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	0,10	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	0,70	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	140,3	0,653	
--	A	10,05	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	

Підсумки - Циркуляційні кільця - Опалення СО

Тип діл.	Труб.	L	Приміщення	d _n	G _{Ізо}	Φ _{НЛ}	Φ _{НЛ}	PL _c	M	Q	v	R
		м		мм	мм	Вт	кВт		kg/c	л/хв	м/с	Па/
--	А	1,70	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
	● ВЕН КУЛЯ			d _n = 80 мм		k _v = 674,038			Δp = 38 Па			
○	А	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	217,7	0,713	
Стояк/Ділянка / Цирк. кільце через опал. прил.: PROFIL-11V-50 в приміщенні: 13												
Δp _{disp} = 44560 Па Δp _{gr} = -46 Па Δp = 43774 Па Δp _{over} = 786 Па ΔH = -0,45 м L _{СІR} = 58,58 м												
⚡	ІНШЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА СО							Δp _{НС} = 0 Па				
○	А	0,55	15	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	А	1,80	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
	● ВЕН КУЛЯ			d _n = 80 мм		k _v = 674,038			Δp = 38 Па			
—	А	10,25	2	80		298850	298,9	1,000	3,569	220,4	0,722	
—	А	0,72	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
—	А	1,05	2	65		192533	192,5	1,000	2,299	142,0	0,661	
—	А	0,25	2	25		17950	17,9	1,000	0,214	13,2	0,382	
	● ВЕН КУЛЯ			d _n = 25 мм		k _v = 76,383			Δp = 11 Па			
○	В	0,90	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
	РОЗПІЛ 10			d _n = 32 мм		k _v = 5,000			Δp = 36 Па			
—	В	0,33	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
	● 1 4017 0X			Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм			k _v = 0,520 м ³ /год Δp = 3346 Па			
	● 1 4017 0X			Налаштування: 0.8		d _n = 15 мм			k _v = 0,520 м ³ /год Δp = 3346 Па			
—	В	2,60	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	3,85	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	1,35	2	18x2,5		2150	2,1	1,000	0,026	1,6	0,199	
—	В	0,45	8	18x2,5		1200	1,2	1,000	0,014	0,9	0,111	
—	В	1,40	8	18x2,5		700	0,7	1,000	0,008	0,5	0,065	
—	В	0,60	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
—	В	3,20	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
—	В	0,60	13	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
○	В	0,10	13	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
	V3KF			Налаштування: 1		d _n = 15 мм			Авторитет = 0,52 k _v = 0,059 м ³ /год Δp = 6858 Па			
	H 1 3066 01			d _n = 20 мм		k _v = 1,250			Δp = 15 Па			
	PROFIL-11V-50			0,500 м L = 0,50 м		Φ _{r,н} = 355 Вт		Δp = 1 Па				
○	В	0,10	13	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	В	0,70	13	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	В	3,00	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	В	0,60	12	18x2,5		350	0,4	1,000	0,004	0,3	0,032	
--	В	1,20	8	18x2,5		700	0,7	1,000	0,008	0,5	0,064	

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{ст}	Авт.	Ф _{HL}	Ф _{HL}
	діл.	ар.		мм			кПа		Вт	кВт
			10	15		2.5		0,61	450	0,5
			9	15		3		0,57	500	0,5
			12	15		1		0,52	350	0,4
			13	15		1		0,52	350	0,4
			11	15		3		0,57	500	0,5
			2	15		2		0,54	1300	1,3
			6	15		1		0,74	900	0,9
			4	15		2		0,72	1500	1,5
			3	15		2.5		0,65	1733	1,7
			3	15		2.5		0,65	1733	1,7
			3	15		2.5		0,65	1733	1,7
			2	15		1.5		0,73	1300	1,3
			27	15		1.5		0,77	1333	1,3
			27	15		2		0,52	1333	1,3
			26	15		2.5		0,49	1600	1,6
			7	15		2		0,56	1350	1,4
			7	15		2		0,56	1350	1,4
			27	15		1.5		0,77	1333	1,3
			5	15		1		0,45	700	0,7
			2	15	1 4002 41	2.5	13,1		2150	2,1
			2	15	1 4017 01	0.8			2150	2,1
			2	15	1 4017 01	0.8			2150	2,1
			2	15	1 4002 41	2.5	12,4		4400	4,4
			2	15	1 4017 01	2.0			4400	4,4
			1	15		3		0,93	650	0,7
			22	15		3		0,54	1800	1,8
			21	15		2		0,56	1300	1,3
			20	15		1.5		0,50	1000	1,0
			24	15		4		0,71	600	0,6
			23	15		1		0,77	900	0,9
			19	15		4.5		0,58	600	0,6
			2	15	1 4002 41	2.5	12,0		6200	6,2
			2	20	1 4017 02	1.5			6200	6,2
			18	15		2.5		0,66	1600	1,6
			2	15		2		0,66	1300	1,3
			14	15		2		0,56	1200	1,2
			28	15		1.5		0,71	1100	1,1
			2	15	1 4002 41	2.0	10,2		5200	5,2
			2	15	1 4017 01	2.3			5200	5,2
			2	15	1 4002 41	2.5	12,9		2700	2,7

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{ст}	Авт.	Ф _{HL}	Ф _{HL}
	діл.	ар.		мм			кПа		Вт	кВт
	—	●	27	15	1 4017 01	1.2			2700	2,7
	- -	●	2	15	1 4002 41	2.5	12,2		5200	5,2
	—	●	27	15	1 4017 01	2.5			5200	5,2
	- -	●	2	15	1 4002 41	3.0	13,8		7550	7,5
	—	●	27	20	1 4017 02	2.0			7550	7,5
	●	□	119	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	144	15		1		0,75	350	0,4
	●	□	121	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	122	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	120	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	143	15		1		0,71	400	0,4
	●	□	141	15		1.5		0,48	1000	1,0
	●	□	132	15		2		0,72	1500	1,5
	●	□	139	15		2.5		0,62	1700	1,7
	●	□	136	15		2		0,75	1800	1,8
	●	□	134	15		1		0,63	875	0,9
	●	□	134	15		1		0,63	875	0,9
	●	□	129	15		2.5		0,55	1700	1,7
	●	□	131	15		1.5		0,48	1050	1,1
	●	□	131	15		1.5		0,48	1050	1,1
	●	□	134	15		1		0,63	875	0,9
	●	□	138	15		1		0,42	800	0,8
	●	□	128	15		1.5		0,73	1300	1,3
	●	□	140	15		1.5		0,63	1200	1,2
	●	□	147	15		1.5		0,53	1100	1,1
	- -	●	117	15	1 4002 41	1.5	9,1		1550	1,6
	—	●	117	15	1 4017 01	0.5			1550	1,6
	- -	●	117	15	1 4002 41	3.0	13,7		7650	7,7
	—	●	117	20	1 4017 02	1.8			7650	7,7
	- -	●	117	15	1 4002 41	3.5	15,2		11000	11,0
	—	●	117	25	1 4017 03	1.8			11000	11,0
	●	□	124	15		2		0,67	1600	1,6
	●	□	123	15		2.5		0,56	1800	1,8
	●	□	145	20		8		0,56	5000	5,0
	●	□	125	15		1		0,48	800	0,8
	●	□	117	15		2.5		0,57	1800	1,8
	●	□	130	15		1		0,51	400	0,4
	●	□	146	15		4.5		0,56	3000	3,0
	●	□	134	15		1		0,63	875	0,9
	●	□	148	15		1.5		0,43	1000	1,0

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{st}	Авт.	Ф _{HL}	Ф _{HL}
	діл.	ар.		мм			кПа		Вт	кВт
			133	15		1		0,36	300	0,3
			126	15		2.5		0,72	500	0,5
			127	15		2		0,61	1450	1,4
			137	15		7.5		0,55	5000	5,0
			116	15		1.5		0,66	1250	1,3
			115	15		2		0,48	1300	1,3
			114	15		2		0,48	1300	1,3
			113	15		2.5		0,48	1600	1,6
			111	15		1		0,18	200	0,2
			103	15		1.5		0,61	1125	1,1
			103	15		1.5		0,61	1125	1,1
			103	15		1.5		0,61	1125	1,1
			103	15		1.5		0,61	1125	1,1
			104	15		1		0,46	700	0,7
			104	15		1		0,46	700	0,7
			102	15		2.5		0,63	1700	1,7
			102	15		2.5		0,63	1700	1,7
			104	15		1		0,46	700	0,7
			111	15		1		0,18	200	0,2
			109	15		2		0,49	1400	1,4
			108	15		2		0,49	1400	1,4
			107	15		2		0,57	1500	1,5
			106	15		2		0,49	1400	1,4
			105	15		1.5		0,46	1100	1,1
			110	15		2		0,49	1400	1,4
			112	15		5		0,73	800	0,8
			129	15	1 4002 41	2.5	12,4		4600	4,6
			129	15	1 4017 01	2.3			4600	4,6
			136	15	1 4002 41	4.0	17,4		11000	11,0
			129	25	1 4017 03	1.8			11000	11,0
			129	15	1 4002 41	3.0	14,0		6500	6,5
			129	20	1 4017 02	1.8			6500	6,5
			111	15	1 4002 41	3.5	15,8		8200	8,2
			111	20	1 4017 02	2.0			8200	8,2
			111	15	1 4002 41	2.5	12,2		5500	5,5
			111	15	1 4017 01	2.5			5500	5,5
			111	15	1 4002 41	2.5	12,3		4900	4,9
			111	15	1 4017 01	2.3			4900	4,9
			111	20	1 4017 02	1.7			6250	6,3
			111	15	1 4002 41	3.0	14,0		6250	6,3

2. Заходи з енергоефективності

Можна виділити наступні ключові заходи з енергозбереження, які відповідають сучасним вимогам енергоефективності (класів «В» та «А»):

1.1. У системі опалення

Індивідуальне регулювання тепловіддачі: Використання радіаторів із вбудованими термостатичними клапанами та термоелементами. Це дозволяє автоматично підтримувати задану температуру в кожному приміщенні, уникаючи перегріву та економлячи до 15–20% теплової енергії.

Ефективна трубна розводка: Застосування двотрубної тупікової системи, що забезпечує кращу гідравлічну стійкість та можливість точного балансування порівняно з однотрубними схемами.

Високоякісна теплоізоляція трубопроводів: * Використання ізоляції Climaflex Stabil (6-9 мм) для труб у підлозі та K-Flex ST (6-9 мм) для магістралей у підвалі. Це мінімізує втрати тепла під час транспортування теплоносія від теплового пункту до приладів.

Сучасні опалювальні прилади: Сталеві панельні радіатори Kermi мають низьку інерційність, що дозволяє системі швидше реагувати на зміни температури.

1.2. У системі вентиляції

Рекуперация теплоти: Це найбільш значущий енергозберігаючий захід у проекті. Встановлення пластинчастого рекуператора в припливно-витяжній установці дозволяє використовувати тепло витяжного повітря для підігріву припливного (свіжого), що знижує витрати на нагрів повітря взимку на 60–80%.

Автоматизація та вузли змішування: Кожна установка комплектується автоматикою, яка оптимізує роботу вентиляторів та нагрівачів залежно від реальних потреб, запобігаючи зайвим енерговитратам.

Посилена термоізоляція корпусів та повітропроводів:

Корпуси установок ізольовані мінватою товщиною 50 мм.

Забірні та викидні повітропроводи ізолювані матами ROCKWOOL (50 мм). Це запобігає охолодженню повітря всередині системи та виникненню конденсату.

Енергоефективні вентилятори: Використання відцентрових вентиляторів у складі готових агрегатів Aerostar, які мають вищий ККД порівняно зі старими зразками.

1.3. У системі кондиціонування

Використання VRF-систем: Замість звичайних спліт-систем запроєктована мультизональна VRF-система Samsung. Вона значно енергоефективніша, оскільки компресор змінює свою потужність залежно від сумарного навантаження всіх внутрішніх блоків (інверторна технологія), споживаючи лише необхідну кількість електроенергії.

Теплоізоляція фреонопроводів: Застосування каучукової ізоляції K-Flex ST забезпечує мінімальні втрати холоду (або тепла в режимі обігріву) при русі холодоагенту.

1.4. Загальні технічні рішення

Комплексність: проєкт поєднує модернізацію всіх інженерних мереж, що забезпечує синергетичний ефект (наприклад, вентиляція з рекуперацією зменшує навантаження на систему опалення).

Герметичність та захист: заміна старих вікон на нові, з більш високим опором теплопередачі та теплоізоляція існуючих огорожувальних конструкцій забезпечую економію енергетичних ресурсів та підтримання комфортних умов мікроклімату в приміщенні.

Підсумок: Даний проєкт реалізує концепцію Deep Energy Retrofit (DER), де основний акцент зроблено на мінімізації втрат (ізоляція), повторному використанні енергії (рекуперація) та точному автоматичному керуванні (термостати, VRF).

3. Передумови будівництва стін, глибокої енергетичної модернізації та характеристики ринку

У цьому розділі наведено довідкову інформацію про конструкцію стін для забезпечення тепло- та вологостійкості, підходи до глибокої енергетичної модернізації та характеристику ринку житлової нерухомості. 2.1 Конструкція стіни для забезпечення теплових характеристик Системи стін житлових будинків складаються з окремих компонентів, які зібрані для забезпечення тепло- та вологозахисних характеристик стіни. Матеріали, з яких складається огорожувальна конструкція будівлі, цілісність їхньої збірки та їхні результуючі сукупні властивості теплового опору, герметичності та контролю вологи визначають тепло- та гіротермічні характеристики стінової системи (Al-Homoud 2005; Karagiozis & Salonvaara 2001; Lstiburek 2007). Фізичні властивості стінових матеріалів у поєднанні з фізикою руху повітря, води та пари є складними та потребують особливої уваги, щоб уникнути руйнування стінової конструкції. Холодні або теплі умови як на внутрішній, так і на зовнішній поверхнях стінової конструкції можуть призвести до конденсації вологи, що може призвести до проблем з вологістю, якщо стінова конструкція зібрана неправильно (E 2017). Таким чином, тепло- та вологозахисні характеристики по суті є одним і тим самим. Контрольні шари для тепла, повітря та вологи вбудовуються в стіни з використанням різних підходів, залежно від клімату, щоб забезпечити гіротермічну безпеку стінової системи (Lstiburek 2002, 2007). На рисунку 1 зображено стінову систему з контрольними шарами, що забезпечують належні тепло- та вологозахисні характеристики в житлових будівлях. Окрім теплотехнічних характеристик, деталі будівництва стін включають конструктивні елементи, які протистоять та розподіляють рухомі та нерухомі навантаження, забезпечуючи цілісність конструкції. Додаткові методи захищають конструкцію від стихійних лих, таких як сильний вітер, повені та лісові пожежі. Хоча ці конкретні теми важливі, вони виходять за рамки цього огляду. Як показано на рисунку 1, типова високоефективна конструкція стіни житлового будинку складається з

внутрішніх та зовнішніх компонентів. Внутрішня поверхня включає гіпсокартон та латексну фарбу або текстуроване оздоблення стін. Порожнина стіни включає каркас (найчастіше дерев'яні стійки в житлових будинках) та ізоляцію (вали, видувна целюлоза, напилювана піна). Порожнина стіни покривається обшивкою з фанери, орієнтовано-стружкової плити (OSB) або зовнішнього гіпсокартону, а потім покривається атмосферозахисним матеріалом, таким як обшивка стіни, який захищає порожнину стіни. OSB (або інший матеріал) на зовнішній стороні порожнини стіни призначений для забезпечення міцності на зсув конструкції будівлі. Потім може бути нанесена зовнішня суцільна жорстка ізоляція, а між зовнішньою ізоляцією та облицюванням залишається дренажна порожнина або зазор (часто для цієї мети використовуються обшивочні планки). Звичайні облицювальні матеріали для існуючих житлових будинків включають фіброцемент або дерев'яний сайдинг внахлест, штукатурку, кам'яну кладку або вініл, хоча існують і більш досконалі матеріали. Стінові конструкції можуть розташовувати ці матеріали в різних місцях у стіновому вузлі, можуть проектувати конструкцію таким чином, щоб деякі матеріали мали кілька функцій, або можуть використовувати різні матеріали взагалі.

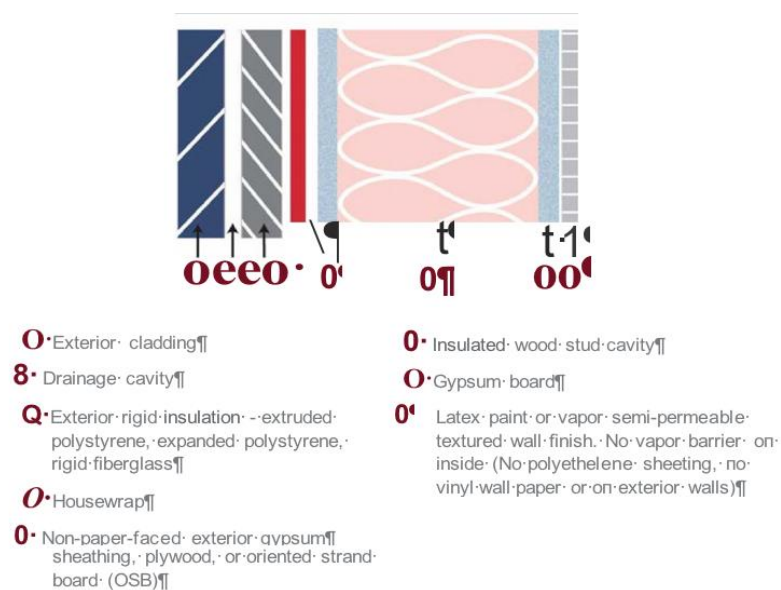


Рисунок 1. Приклади основних компонентів високопродуктивної збірки житлової стіни з зовнішня жорстка ізоляція

Окрім самої конструкції стіни, на рух тепла, повітря та вологи всередині неї впливає багато внутрішніх та зовнішніх факторів навколишнього середовища. До них належать температура та рівень вологості навколишнього середовища, температура та вологість у приміщенні, сонячна радіація, зовнішня конденсація, дощ, що приносить вітрові дощі, будівельна волога, ґрунтові та поверхневі води, а також перепади тиску повітря (ASHRAE 2017). Таким чином, стіни повинні бути побудовані таким чином, щоб пом'якшити негативний вплив умов навколишнього середовища.

Деревина є типовим каркасним матеріалом, який використовується в Сполучених Штатах, хоча також доступні сталь і бетон. Сталевий каркас частіше використовується в комерційному та багатоквартирному будівництві, і рідко використовується в житловому будівництві через низьку вартість пиломатеріалів. Модульні панелі, такі як конструкційні ізольовані панелі, поєднують каркас та ізоляційні матеріали в одному панельному блоці, зазвичай з полістирольним або поліуретановим сердечником. Ізольовані бетонні форми (ІБФ) - це бетонні сердечники, відлиті між або навколо жорсткої ізоляції. Як панельні конструкції, так і ІБФ набувають все більшої популярності в житловому будівництві.

Поряд із типовими методами ізоляції, переліченими, нові матеріали, недоступні для типових підрядників та будівельників, можуть стати загальнодоступними для ізоляції нових або існуючих стін. Ці ізоляційні матеріали ще не є загальноприйнятою практикою або не є частиною інтегрованої системи, але можуть використовуватися в поєднанні з іншими матеріалами для модернізації існуючих стін.

Теплоізоляція з аерогелю

Аерогелі — це гелеві продукти, рідкий компонент яких заміщений повітрям. Аерогелеві ковдри мають високі значення R, приблизно R-10/дюйм. Аерогелеві ізоляційні матеріали вогнестійкі, легкі, нетоксичні та

водовідштовхувальні. Аерогелева ізоляція була оцінена для використання в існуючих будівлях завдяки своєму тонкому профілю та легкій вазі (Berge & Hagentoft 2013; Shukla et al. 2012). Однак аерогелі все ще не є конкурентоспроможними за вартістю на ринку, що призводить до вищих витрат на встановлення. Моделювання з використанням аерогелів показало зменшення товщини стінки на 60% та таку ж теплопровідність, як і у звичайної ізоляції (Berge & Hagentoft 2013) через тонку природу матеріалу. В одному дослідженні оцінили, що вартість модернізації зовнішньої стіни з використанням аерогелевої ізоляції, після досягнення економії на масштабі, може бути на 18–23% дешевшою, ніж інші методи ізоляції зовнішніх стін, оскільки потрібно менше матеріалу (Shukla et al. 2012), навіть попри те, що аерогелева ізоляція наразі вважається дорожчою за типові ізоляційні матеріали. Традиційні методи сушіння аерогелів, відомі як надкритичне сушіння, вважаються недоліком для великомасштабного виробництва матеріалів. Надкритичне сушіння передбачає процес високого тиску та температури, що виконується в барабанах з нержавіючої сталі. Нещодавні досягнення в процесі сушіння з використанням методів сушіння за кімнатної температури показали чудові гіротермічні характеристики аерогелевих ковдр і можуть знизити витрати, пов'язані з процесом сушіння (Nocentini et al. 2018).

Матеріали з фазовим переходом

Зростає обсяг літератури, присвячений дослідженню використання матеріалів з фазовим переходом (ФПМ) для зменшення споживання енергії будівлями шляхом поглинання та вивільнення тепла всередині теплового кожуха (Diaconu & Cruceru 2010; Fang et al. 2009; Kosny et al. 2012; Lee et al. 2015; Tuagi et al. 2011). В одному дослідженні ФПМ, що складаються з невеликих полімерних мішечків, обгорнутих шарами алюмінієвої фольги та затиснутих між жорсткою пінопластовою ізоляцією, були встановлені в південній стіні житлового тестового будинку; матеріал поглинав сонячне тепло, а потім повільно вивільняв його, зменшуючи піковий тепловий потік через стіну на

51% (Lee et al. 2015). ФПМ тонкі та можуть забезпечити значне збільшення ефективного значення R без необхідності будівництва надмірно товстої стіни за допомогою одного з чотирьох основних методів: (1) пряме включення, (2) занурення, (3) макроінкапсуляція або (4) мікроінкапсуляція. Sun et al. (2018) запропонували метод трубоінкапсуляції для зменшення потенційних проблем з вологою.

Вакуумні ізоляційні панелі

Вакуумна панельна ізоляція (VIP) – це композитний ізоляційний продукт, виготовлений з наповненого повітрям серцевини, обгорнутого шаруватою полімерною плівкою. Панелі легкі та мають високу ізоляційну здатність, але крихкі, і якщо їх проколоти, вони втратять свої теплові властивості, що є суттєвим недоліком цієї технології. Теплові характеристики VIP вищі, ніж у традиційних ізоляційних матеріалів, але слід враховувати теплові містки, спричинені шпильками та кріпленнями, а також краями панелей (Mandilaras et al. 2014). Один аналіз, проведений у багатоквартирному будинку, виявив зниження вмісту вологи в модернізованій VIP-стіні порівняно з еталонною стіною (Johansson 2012).

Конструкція стіни для стійкості до вологи

Гігротермічна фізика будівництва стосується руху як тепла, так і вологи через стіни будівлі, на що впливають характеристики матеріалів, їх розміщення, клімат та умови навколишнього середовища. Хоча питання вологості та теплові характеристики стінових конструкцій по суті є невід'ємними, основна увага в житловому будівництві протягом десятиліть зосереджувалася на теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівель.

Ігнорування питань вологості призвело до руйнування огорожувальних конструкцій у добре ізольованих будинках (Рисунок 3), головним чином через неправильне будівництво або недостатнє розуміння будівельної науки.



Рисунок 2. Проблеми проникнення вологи в огорожувальні конструкції будівлі (Джерело: DOE Emerging. Дорожня карта технологій, 2019).

По суті, рух тепла та вологи здійснюється за допомогою різних механізмів переносу, але їх нелегко розділити, оскільки вони діють разом — волога переносить тепло, а різниця температур впливає на спосіб переміщення вологи. Теплопровідність, теплова конвекція та теплове випромінювання є способами теплопередачі. Перенесення вологи відбувається шляхом руху об'ємної води, конвекції або дифузії в газоподібному стані, або шляхом капілярного транспорту в рідкому стані. Традиційне будівництво будівель дозволяє переміщення вологи, оскільки природні матеріали, такі як камінь і дерево, є проникними та пористими. Енергоефективне будівництво, яке зміцнює оболонки за допомогою комбінацій проникних та непроникних повітря- та паропроникних матеріалів, може створювати проблеми з вологою, обмежуючи шляхи для перенесення вологи. Через сучасні конструкції втрачається менше тепла, що покращує енергоефективність, але може створювати ризики, пов'язані з вологою (Lstiburek 2008). Пломки стінових конструкцій майже завжди пов'язані з вологою (Little et al.

2015). Крім того, наявність вологи збільшує ризик погіршення якості повітря в приміщенні (IAQ), пов'язаного з підвищеною вологістю, що може призвести до росту цвілі (Moon et al. 2014; Simonson et al. 2002; Sundell et al. 2003).

Традиційним шляхом до енергоефективного будівництва огорожувальних конструкцій було збільшення загального коефіцієнта теплового потоку

(Rvalue) стіни та зміцнення огорожувальної конструкції для обмеження руху повітря. Однак багато хто зазначав, що такий підхід може призвести до появи вологи та проблем із якістю повітря в приміщенні (IAQ) (Straube & Smegal 2009; Tsongas 1993; Ueno 2015b). Проблеми з якістю повітря в приміщенні та вологістю, пов'язані зі стіновими системами, стають проблемою, коли дерев'яний каркас піддається впливу високої вологості, що призводить до росту грибків та потенційного гниття. Встановлено, що цвіль та вогкість у будинках збільшують ризик респіраторних захворювань, особливо у дітей та інших чутливих груп населення (BOOЗ 2009). Ріст цвілі є складним процесом і залежить як від вмісту вологи, так і від температури. Дослідження показали, що вміст вологи в деревині нижче 20%, незалежно від температури, перешкоджатиме росту цвілі (Carll & Highley 1999). Вміст вологи близько 20–30% при температурі від 21 до 32°C є оптимальним для росту більшості грибків, що спричиняють гниття (Carll & Highley 1999). Дослідження, проведене на Тихоокеанському Північному Заході в 1980-х роках, показало, що, хоча вміст вологи та зволоження в дерев'яних каркасних житлових стінових конструкціях був високим, зимові температури були достатньо низькими, щоб запобігти росту грибків (Tsongas 1985). (Стандарт 160 Американського товариства інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря (ASHRAE) спрямований на контроль вмісту вологи в конструкції будівель, встановлює стандарт для мінімізації росту цвілі на будівельних матеріалах шляхом «30-денної ковзної середньої відносної вологості поверхні < 80%, коли 30-денна ковзна середня температура поверхні становить від 5°C (41°F) до 40°C (104°F)» (ASHRAE 2009). У дослідженнях проаналізовано стінові системи з використанням критеріїв ASHRAE 160 і виявлено, що змодельовані стіни виходять з ладу, навіть незважаючи на фізичний моніторинг. вказували на низький ризик (Arena et al. 2013a; Ueno 2015a), що вказує на те, що ASHRAE 160 може бути надмірно консервативним.

Щоб зменшити проблеми з вологістю, стінові збірки повинні бути побудовані таким чином, щоб забезпечити шляхи для виведення вологи з конструкції, дозволяючи стіні висихати всередину та/або назовні, коли вона намокає. З точки зору вологості, зовнішні дренажні порожнини та деталі вентиляції стіни слід враховувати в загальній конструкції збірки (Forest & Walker 1990; Straube et al. 2004; Ueno 2010b). Іноді цю будівельну деталь називають дощовим екраном, що стосується комбінації сайдингу, дренажної площини та волого/повітряного бар'єру. Розташування вентиляційних отворів та облицювальних матеріалів впливають на гіротермічні характеристики стінової системи. Одне дослідження показало, що закриття верхнього вентиляційного отвору в стіновому збірці сайдингом (а не кладкою) знижує швидкість вентиляції на 30–36%; а облицювання цеглою та облицюванням знижує швидкість вентиляції до двох порядків (Langmans et al. 2015). Дренажні порожнини та деталі вентиляції стіни мінімізують ризик вологи для всіх типів облицювання, запобігаючи намоканню та забезпечуючи вентиляцію для прискорення висихання.

Модернізація глибоких енергетичних установок

Глибока енергетична модернізація (ГЕМ) визначається як реконструкція житлових будинків, що включає комплексну модернізацію огорожувальних конструкцій та механічних систем, що забезпечує економію енергії понад типові програми утеплення, на цілих 30–50 відсотків для всього будинку. Історично склалося так, що програми утеплення на рівні штатів досягали середньорічного скорочення споживання енергії на 23 відсотки (Schweitzer, 2005). Однією з цілей, що використовується для опису ГЕМ, є скорочення споживання енергії на 30–50 відсотків для всього будинку (Widder & Baechler, 2011). Різноманітність існуючих будинків ускладнює шлях до досягнення ГЕМ, оскільки різні конфігурації будинків та існуючі компоненти в поєднанні з економічними міркуваннями можуть оптимізувати різні набори пакетів для досягнення цілей ефективності (Walker & Less, 2013). Крім того, було зазначено, що хоча типові ГЕМ досягають більшого покращення

герметичності порівняно зі звичайними модернізаціями, вентиляційні системи часто встановлюються нерівномірно, що викликає занепокоєння щодо впливу на якість повітря в приміщенні (Less & Walker, 2014). Крім того, було поставлено під сумнів порівняння змодельованої та фактичної продуктивності після розрахунків розподілу енергії (DER), зокрема через відмінності між змодельованою та фактичною поведінкою мешканців (Blanchard et al. 2012). Незважаючи на це, для досягнення цілей енергоефективності по всій території Сполучених Штатів вкрай важливо застосовувати комплексні підходи до модернізації старого житлового фонду.

Теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівель відрізняються залежно від кліматичної зони, і тому потрібні різні підходи до модернізації для досягнення оптимального рівня зниження енергоефективності порівняно з вартістю. Наприклад, порівняно з холодним кліматом, існуючі будинки в м'якому кліматі можуть досягти модернізації на рівні ДЕГ без надзвичайно високого рівня ізоляції або герметичності. Одне дослідження в Каліфорнії показало, що ДЕГ з модернізацією ізоляції на рівні норм (IECC 2012) досягли в середньому 65% зниження чистого енергоспоживання на об'єкті в поєднанні з опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря (ОВК) та іншими скороченнями кінцевого споживання (Less & Walker 2015-2013). На противагу цьому, інше дослідження в Торонто, Канада, визначило, що модернізація на рівні ДЕГ оптимізована як за тепловими, так і за економічними показниками завдяки поєднанню високоізольованої зовнішньої стіни та плитного фундаменту (Jermyn & Richman 2016). Були досліджені методи визначення оптимальних пакетів модернізації з використанням модифікованого VEopt.TM Модель (Інструмент оптимізації енергоспоживання будівлі) для односімейного будинку 1960-х років у восьми різних містах США як приклад використання (Поллі та ін., 2011). Лесс та Вокер (2015) окреслюють підходи та пакети для ДЕЕ в кожній кліматичній зоні. Бланшар та ін. (2012) визначають підходи до

справжніх моделей на основі споживання енергії всім будинком та рахунків за комунальні послуги, щоб уникнути переоцінки економії енергії від ДЕЕ

Таблиця 1. Основні види будівництва зовнішніх стін за кліматичними регіонами Building America на основі RECS 2015 (мільйони будинків).

Кліматичний регіон США	Всього	Дуже Холодно/ Холодно	Змішаний Вологе	Змішано-сухе/ Гаряче-сухе	Спекотно-волого	Морський
Сайдинг (алюмінієвий, вініловий або сталевий)	40.2	19.7	13.8	0,7	4.5	1.5
Цегла	32,9	11.1	13.5	0,7	7.7	+
Деревина	18.0	6.7	3.5	2.0	3.3	2.5
Штукатурка	15.3	1.8	0,7	8.4	2.5	1.8
Бетонна або бетонно-блокова черепиця	6.7	1.1	0,8	0,7	3.6	0,4
(склад)	3.0	1.3	0,7	0,2	0,5	0,3
Камінь	1.4	0,4	0,4	+	0,5	+
Деякі інші матеріали	0,7	0,3	+	+	+	+

Дослідження та розробки високоефективних стін Міністерства енергетики США та Європейського Союзу

ВТО Міністерства енергетики США контролює дослідження та розробки в будівельному секторі. Місія ВТО полягає в тому, щоб «розробляти, демонструвати та прискорювати впровадження доступних технологій, методів, інструментів та послуг, а також сприяти будівництву високопродуктивних, енергоефективних житлових та комерційних будівель як на ринках нових, так і на існуючих будівель» (DOE, 2016). Мета ВТО полягає в тому, щоб до 2030 року знизити енергоємність будівель (EUI) на 30% та зменшити споживання енергії на квадратний фут усіх будівель на 50% порівняно з рівнями 2010 року (DOE, 2016). Конкретні програмні області в рамках ВТО включають Новітні технології, Інтеграцію житлових будівель, Інтеграцію комерційних будівель, Програму стандартів побутової техніки та

обладнання та Програму енергетичних норм. Дослідження огорожувальних конструкцій житлових будинків було в центрі уваги програмних областей ВТО «Інтеграція житлових будівель» та «Нові технології» (ET), обидві з яких обговорюються в цьому розділі.

Окрім зусиль Міністерства енергетики США, у цьому розділі також наведено огляд зусиль, що фінансуються Європейським Союзом для модернізації огорожувальних споруд житлових будинків.

Розробка досліджень Америки

У секторі житлового будівництва програма Building America Університету Торонто (ВТО) інвестує у фінансування досліджень у житловому будівництві з середини 1990-х років. Програма Building America співпрацює з промисловістю, національними лабораторіями та організаціями прикладних досліджень для співпраці в галузі досліджень та розробок у житловому будівництві, спрямованих на виведення на ринок енергоефективних інновацій. Програма інвестує в дослідження як у новому, так і в існуючому житловому будівництві, включаючи корпуси, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), системи контролю якості повітря (IAQ) та обладнання. Фінансування Building America розподіляється через конкурсні пропозиції, відкриті як для державного, так і для приватного секторів. Міністерство енергетики США також інвестує в найсучасніші дослідницькі установи в національних лабораторіях.

Програма «Building America» розробляє плани досліджень і розробок та дорожні карти, спрямовані на досягнення цілей програми та розробку рішень проблем будівельної науки в житловій галузі. Одним з основних напрямків досліджень і розробок «Building America» є розробка рішень для просування вискоєфективних, волого-регульованих огорожувальних конструкцій у нових та існуючих будинках (DOE 2015). Короткий огляд досліджень огорожувальних конструкцій житлових будинків, зосереджених саме на стінах в існуючих будинках, представлено в таблиці 5.

Перерозподіл вологи в ізольованих вузлах

Корпорація будівельних наук (BSC) провела дослідження вологостійкості модернізованих зовнішніх стін поверх існуючої облицювання. Зокрема, BSC перевірила вологостійкість дренажної порожнини, щоб побачити, як волога рухається та чи впливає вона на загальну довговічність конструкції. За допомогою лабораторних та польових випробувань дослідження виявило відсутність вологи.

ризиків, пов'язаних з модернізацією стіни під час створення дренажного зазору між зовнішньою ізоляцією та обшивкою (Smegal & Lstiburek 2013).

Дослідження нових технологій

Програма ET WTO підтримує дослідження та розробки нових технологій, систем та програмного забезпечення, які можуть сприяти зменшенню споживання енергії в будівлях. Програма ET надає підтримку досліджень та розробок у п'яти основних сферах: твердотільне освітлення; опалення, вентиляція, кондиціонування повітря та охолодження (включаючи нагрівання води та прилади); датчики та елементи керування; вікна та огорожувальні конструкції; а також моделювання та інструменти. Основним фокусом ET є розробка нових технологій, а дослідження, що фінансуються ET, часто мають експериментальний характер.

Як і Building America, ET розробляє плани досліджень і розробок та дорожні карти, що окреслюють цілі програми та напрямки досліджень і розробок. Остання дорожня карта (у пресі) описує цілі, пов'язані з високопродуктивними стіновими конструкціями. У таблиці 6 описано поточні та нещодавні дослідження ET, пов'язані з огорожувальними системами в існуючих житлових будівлях.

Дослідження Європейського Союзу

Європейський Союз (ЄС) має дві основні директиви, що стимулюють енергоефективну модернізацію будівель у державах-членах, а саме Директиву 2010/31/ЄС про енергетичну ефективність будівель (2010) та Директиву 2012/27/ЄС про енергоефективність (2012). Зусилля в рамках цих директив

включають не лише розробку технологій та реалізацію проектів модернізації, але й зусилля з характеристики та типології ринку. Одними з таких зусиль є EPISCOPE та TABULA.1проект, у рамках якого було розроблено потенціали енергозбереження (з використанням методів моделювання) для 13 країн-членів ЄС, що класифікують групи будівель, типові для цих регіонів (Mata et al. 2018). Проект не лише надає аналіз типологій будівель за регіонами, але й надає користувачам калькулятори для проведення сценарного аналізу для модернізації житлових приміщень, що моделює майбутнє споживання енергії. Дослідники зазначили, що ці програми виявили прогалини в розвитку технологій, особливо щодо ізоляції та систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для модернізації житлових приміщень (Mata et al. 2018).

Дослідження технології огорожувальних конструкцій, що проводяться в ЄС, включають різноманітні дослідження, методи та застосування для модернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій. Наприклад, дослідження збірних жорстких пінопластових панелей для багатоквартирних будинків в Італії продемонструвало потенціал для зниження енергоспоживання будівель на цілих 82% (Pittau et al. 2017).

Багатофункціональна енергоефективна фасадна система для модернізації будівель (MEEFS) була програмою, що фінансувалася ЄС з 2012 по 2016 рік, у рамках великої співпраці між дев'ятьма країнами ЄС. Проект був зосереджений на розробці панельної модульної системи модернізації, яка поєднувала вдосконалений пасивний сонячний захист/поглинання енергії та пасивний блок збору сонячної енергії/вентиляції. Модулі розміщуються зовні існуючого фасаду будівлі у зовнішньому застосуванні та підключаються до системи управління енергією будівлі, тому вони повністю інтегровані в конструкцію (Європейська комісія, 2019).

Проекти, що наразі фінансуються в рамках програм ЄС, представлені в таблиці 2 нижче.

Таблиця 2. Проекти модернізації передових огорожувальних споруд, що фінансуються Європейським Союзом

Назва програми	Опис програми	Технології	Опис
BIM4EEB	Розробити набір інструментів на основі BIM для будівельних компаній для проведення модернізації будівель	Інструменти	Посилання на проект
BIM-ШВИДКІСТЬ	Доповнити BIM4EEB для глибокої енергетичної модернізації	Інструменти	Посилання на проект
4RinEU	Багатофункціональний фасад на основі деревини, збірний	Панелі для модернізації	Посилання на проект
БРЕСАР	Збірні матеріали, обгорнуті легкою сіткою	Фасади та Дахи	Посилання на проект
E2VENT	Інтегроване облицювання, модульне тепло та накопичення теплової енергії для модернізації	Інтегрований фасади	Посилання на проект
Гельклад	Зовнішнє облицювання аерогелевою ізоляцією	Облицювання/ Ізоляція	Посилання на проект

Сучасні стінові системи для модернізації житлових будинків

На вибір матеріалів та технологій для модернізації стін впливає багато факторів. На відміну від нових будинків, існуючі конструкції необхідно оцінювати на основі існуючої системи стін. Хоча існують подібності залежно від віку та розташування будівлі, між конструкціями може бути незначна узгодженість, навіть на одному кварталі. Крім того, побудований або поточний стан системи стін є важливим фактором, який впливатиме на вибір модернізації. Загалом, фактори, що впливають на вибір системи стін для існуючих будинків, включають наступне:

- фізичні характеристики конструкції, включаючи тип каркаса, кількість/тип ізоляції, атмосферозахисний бар'єр, тип облицювання, вікна, перетини стін, тип фундаменту, матеріали внутрішніх стін, наявність небезпечних матеріалів, таких як свинець та азбест, структурну цілісність та загальний ремонт існуючої конструкції стіни;
- кліматична зона;
- вартість;
- наявність матеріалів;
- та експертиза підрядника.

Один поширений варіант додавання ізоляції до існуючої стіни – це задування щільно упакованої скловолокнистої або целюлозної ізоляції в порожнини між каркасом (метод свердління та заповнення). Зазвичай це досягається шляхом свердління невеликих отворів у внутрішній або зовнішній стороні стіни, між каркасом, та задування скловолокнистої або целюлозної ізоляції. Цей підхід іноді поєднується із зовнішньою жорсткою ізоляцією для покращення існуючих будинків, які мають мало або взагалі не мають ізоляції. Метод свердління та заповнення зазвичай вважається економічно ефективним, оскільки його можна застосовувати з незначним порушенням конструкції стіни, а тематичні дослідження показали покращення теплових характеристик (Puttagunta 2015). Якщо метод свердління та заповнення не поєднується із зовнішньою жорсткою ізоляцією, він не усуває теплові містки, які є значною причиною втрат тепла через порожнини стін (Straube & Smegal 2009; Theodosiou et al. 2015). Наявність нерівного каркасу, інших перешкод, а також проводки у вигляді ручок та труб у порожнинах стін у старих будинках перешкоджає щільному упакованню целюлозної або скловолокнистої ізоляції, залишає щілини в покритті стіни та знижує значення R. Для модернізації DER слід використовувати більш комплексний метод утеплення неізольованих стін.



Рисунок 3. Модернізація зовнішньої стіни житлового будинку методом буріння та засипання

Камель та Мемарі (2016) опублікували статтю на Третій конференції з проектування та будівництва житлових будівель під назвою «Різні методи енергетичної модернізації огорожувальних конструкцій будівель» (Камель та Мемарі, 2016). У статті описано низку інших варіантів, найбільш релевантні з яких описані в окремих розділах нижче.

Вентильовані фасади/водозахисні екрани

Вентильовані фасади (іноді їх називають дощовим екраном або вентиляційною порожниною) відносяться до систем зовнішнього облицювання, що включають каркас або інший тип вентиляційної порожнини для забезпечення зазору між облицюванням та атмосферозахисним бар'єром. Вони самі по собі не є стіновим вузлом, але є конструктивними деталями, рекомендованими для управління вологою у високопродуктивних корпусах, тому вони детально обговорюються тут.

Зазор можна створити, встановивши на стіну над атмосферозахисним бар'єром та під облицюванням певний розпірний матеріал. Розпірний матеріал може складатися з дерев'яних, пластикових або металевих обшивочних планок, які встановлюються вертикально на рівних проміжках від 16 до 24 дюймів. Пластикові сітка та гофрована або рифлена обшивка також використовуються як розпірки. Цей тип будівельних деталей слід враховувати для стінових систем у кліматі з великою кількістю опадів, щоб захистити конструкцію від проникнення вологи (BSC 2004; Straube 2012). Швидкість вентиляції залежить від типу сайдингу та отворів, що слід враховувати на етапі проектування стінового збірки (Langmans et al. 2016). В одному з альтернативних варіантів облицювання можна розміщувати з тонкими стиками, де окремі частини облицювання прилягають один до одного, щоб повітря могло входити та виходити з порожнини стіни, що називається вентильованим фасадом з відкритими стиками та призводить до економії енергії в жаркому кліматі (Sanjuan et al. 2011).

На ринку представлено безліч видів дощовиків, від збірних облицювальних систем з інтегрованими дощовиками до методів будівництва на місці,

визначених проектувальником будівель, архітектором, підрядником або іншим фахівцем. Ринок дощовиків не визначений; проте в галузі зазначається, що дощовики не часто використовуються в житлових будівлях через пов'язану з ними підвищену вартість.

Модернізація зовнішньої ізоляції стін

Модернізація зовнішніх стін включає всі методи, за допомогою яких стіновий збірник модернізується зовні будинку з мінімальним порушенням внутрішньої частини та кондиціонованих приміщень.

Оскільки внутрішня частина будинку зазвичай не зазнає впливу цього підходу, основною перевагою є те, що домовласники можуть залишатися в будинку під час будівництва. Однак більшість цих підходів вимагають видалення/повторного встановлення вікон та/або дверей, що може бути дорогим та обтяжливим. Інші методи можна застосовувати без видалення вікон, інтегруючи шари контролю повітря та води з деталями обшивки (Pettit et al. 2013). Однак, було зазначено, що переваги найповніше реалізуються (тобто є економічно ефективними), якщо домовласник вже розглядає заміну облицювання (Ueno 2010a).

Однією з переваг модернізації стіни зовні є те, що можна встановити нові, ймовірно, більш міцні та безперервні шари контролю повітря, води та пари (Lstiburek 2007). Ці контрольні шари можна розміщувати на внутрішній або зовнішній стороні ізоляції. Незалежно від точного порядку контрольних шарів під час модернізації зовнішньої стіни, деталі навколо даху, фундаменту та прорізів будівлі (вікна та двері) є критично важливими для успішного проекту (Baker 2013). У цьому звіті також наголошується на важливості вибору правильних кріплень та облицювання, щоб уникнути небажаного прогину товстої жорсткої ізоляції.

Модернізацію зовнішніх стін можна виконати або шляхом встановлення стисливого шару (тобто пінопласту "fan-fold" товщиною 1/4 дюйма або 3/8 дюйма, який зазвичай використовується як підкладка для модернізації сайдингу) поверх облицювання, щоб допомогти вирівняти поверхню, або

шляхом видалення існуючого облицювання, щоб почати з більш рівної поверхні. Конкретні методи обговорюються нижче.

Зовнішня ізолювана обшивка, зовнішня суперізоляція

Використання зовнішньої ізолюваної обшивки або зовнішньої суперізоляції вимагає видалення зовнішньої облицювальної системи та підстилаючих матеріалів аж до існуючої обшивки оригінальної стіни. Порожнини в стінах ізолюють ватами або видувною ізоляцією, а до підстилаючого матеріалу (стружкової плити, фанери або обшивки з обрізних дерев'яних дощок) додають жорсткі пінопластові плити. Поверх обшивки може бути нанесений атмосферозахисний шар (водонепроникний шар) та інтегрований з обшивкою, а потім зовнішня жорстка ізоляція. Якщо встановити безперервним способом, атмосферозахисний шар також може діяти як повітряний бар'єр. Віконні та дверні косяки, а також обшивка та підвіконня слід подовжити відповідно до нової глибини стіни (Roberts & Stephenson 2012). Поширені типи безперервної жорсткої ізоляції включають поліізоціанурат, екструдований полістирол (XPS), пінополістирол (EPS), жорсткі скловолокнисті плити та жорстку мінеральну вату. Нанесення жорсткої пінопластової ізоляції на існуючу стіну покращує теплові характеристики, додаючи ізоляцію, а шар ізоляції є безперервним по всій поверхні балок, що зменшує теплові містки, але також може зменшити здатність стіни висихати назовні (Roberts & Stephenson 2012). Уено (2010) описує метод нанесення двох шарів 2-дюймового фольгованого поліізоціанурату в шаховому порядку, щоб уникнути прямого шляху проникнення повітря та води всередину конструкції. Поверх жорсткої ізоляції можна додати дощову екрану або залишити зазор чи вентиляційну порожнину між жорсткою ізоляцією та облицюванням для дренажу. Новий сайдинг додається останнім. Повні деталі збірки представлені на рисунку 5.

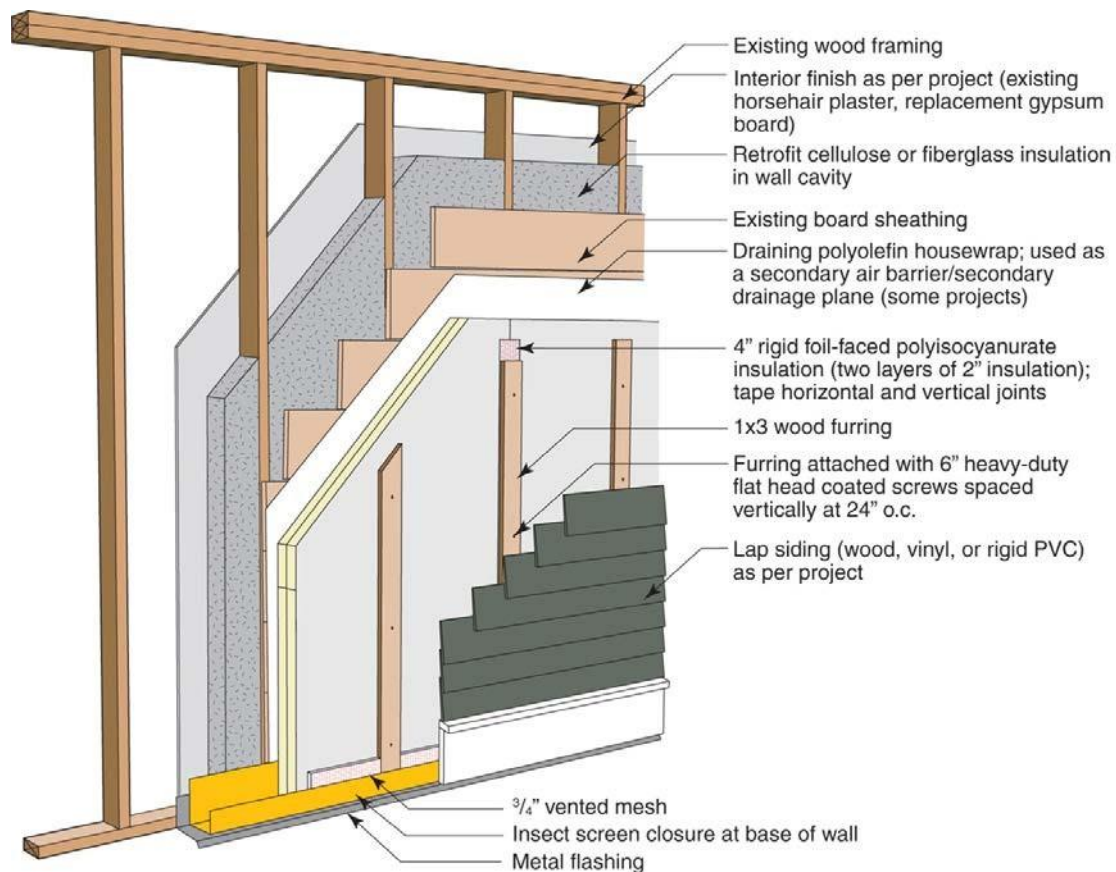


Рисунок 4. Деталі монтажу модернізації зовнішньої суперізоляції (Уено, 2010).

Збірка терморозривної стіни, що працює на зсув

Застосування терморозривної стіни, що кріпиться на зсув (TBS), спочатку досліджувалося на Тихоокеанському Північному Заході як метод підвищення теплових та сейсмічних характеристик житлових будівель. Збірка стіни TBS використовує стандартний каркас, але додає 1,25-дюймовий шар жорсткої ізоляції безпосередньо поверх каркаса, а потім шар обшивки з використанням шахового кріплення цвяхами (див. Рисунок 5).

Суцільна жорстка ізоляція забезпечує захист від теплових містків, а обшивка поверх ізоляції забезпечує сейсмостійкість. Північно-західний альянс енергоефективності проаналізував теплові характеристики, а Лабораторія деревообробки імені Кнудсена Університету штату Орегон проаналізувала сейсмічні характеристики. Випробування на циклічне поперечне навантаження показали, що порівняно з традиційною стіною, що кріпиться на зсув, яка зазнала катастрофічного руйнування під навантаженням 5600 фунтів

при прогині 1-3/4 дюйма, стіна TBS могла витримувати максимальний прогин протоколу випробувань до 5 дюймів (Miltner Construction Management LLC 2016). Теплові характеристики всієї стінової конструкції були визначені як такі, що мають номінальне значення R (без урахування впливу теплових містків) 25,7 (стіна 2x6 TBS, 24 дюйми ОС, стики високої щільності, 1,25 дюйма жорсткої ізоляції з поліізоціанурата [ISO]) або 30,6 (стіна 2x8 TBS, 24 дюйми ОС, стики високої щільності, 1,25 дюйма жорсткої ізоляції ISO).



Рисунок 5. Поперечний переріз стінового збірного блоку TBS для нового будівництва, що показує каркас, жорсткий ізоляція та обшивка (Miltner Construction Management LLC 2016)

У випадку модернізації зовнішнє облицювання, атмосферостійкий бар'єр та шари ізоляції видаляються із зовнішньої сторони стіни, оголюючи каркас. Між стійками додається нова ізоляція з вати або напилуваної піни, а поверх стійків наноситься жорстка пінопластова плита, після чого встановлюється обшивка, атмосферостійкий бар'єр, дощовик та зовнішнє облицювання (Earth Advantage 2018a). Модернізація стіни TBS забезпечує як теплове, так і сейсмічне покращення. Вартість проекту модернізації в Портленді, штат Орегон, була визначена на рівні 23,05 доларів США/ фут.2, порівняно з 18,70 дол. США/фут2для традиційного проекту переобладнання, який включає

стандартну обшивку, ізоляцію порожнин, атмосферостійкий бар'єр та сайдинг (Earth Advantage 2018b).

Модернізація зовнішньої оболонки з напилюваної піни

Методи перепланування поверх існуючих систем облицювання включають використання каркасних дощок 2x4 або планок обрешітки 2x3.

Решітки 2x3 поверх існуючого сайдингу з напиленням піни

Цей метод був розроблений як метод для розподілених обшивок (DER) і досягається шляхом додавання 2x3 обрешітки до зовнішньої сторони існуючої обшивки для кріплення напилюваної піни із закритими порами за допомогою 8-дюймових міцних дерев'яних шурупів (Coldham 2009; Straube 2009).1). Напилювана піна забезпечує безперервну ізоляцію та повітряний бар'єр за умови правильного встановлення та герметизації (тобто, розтягнута на верхню пластину для герметизації з гіпсокартоном стелі), і вона достатньо міцна, щоб стабілізувати обрешітку та витримувати навантаження облицювання. Фанерні коробки кріпляться до отворів, щоб забезпечити нову поверхню для вікон та дверей. Піна діє як повітряний, паро- та водяний бар'єр, тому дощова деталь не потрібна (Coldham 2009).

Каркас з брусів 2x4 поверх існуючого сайдингу з напиленням піни

Прагнучи забезпечити стратегію зменшення витоків (DER) для існуючих огорожувальних конструкцій, команда IBACOS з Building America компанії ВТО, Управління енергетичних досліджень та розробок штату Нью-Йорк (NYSERDA) та GreenHomes America розробили метод переоблицювання існуючого облицювання будинку. Цей метод був використаний для забезпечення модернізації DER, яка інкапсулювала існуючу свинцеву фарбу. Каркас 2x4 був встановлений безпосередньо поверх існуючого сайдингу, заповнений напилювальною піною та покритий тонким профілем зовнішньої обшивки товщиною 3/8 дюйма та вініловим сайдингом (Herk et al. 2014; IBACOS 2013a) (див.

Рисунок 8). Також були замінені вікна. Захист від комах та вентиляційні елементи були прикріплені до нижньої частини стіни, зверненої до

фундаменту. Окрім встановлення нової стінової конструкції, команді довелося встановити три стандартні L-подібні кронштейни зверху та знизу нової стінової конструкції, щоб закріпити її до існуючої стіни. Цей підхід був обраний через брак технічної інформації про структурну міцність приклеювання напилювальної піни до деревини.

До та після проекту було проведено випробування на герметичність за допомогою вентилятора. Загальний витік повітря зменшився з 2675 до 1625 кубічних футів за хвилину (CFM), що становить зменшення на 39%. Херк та ін. (2014) не обговорювали питання вологостійкості. Загальні витрати склали 19,26 доларів США/фут.2 для всього проєкту (Herk et al. 2014).



Рисунок 6. Напилювана піна, встановлена між стійками в новому каркасі, зведеному поверх існуючого сайдингу (IBACOS 2013б)

Модульні/панельні системи

Модульні стінові системи – це збірні панелі, які збираються на виробничих потужностях, а потім транспортуються на будівельний майданчик. Як правило, панельні стіни не мають стійки, що зменшує теплові містки. На відміну від каркасних (клеювих) стін, які будуються на місці з індивідуальним

каркасом, ізоляцією, повітряним бар'єром та облицювальними матеріалами, модульне будівництво включає багато шарів оболонки.

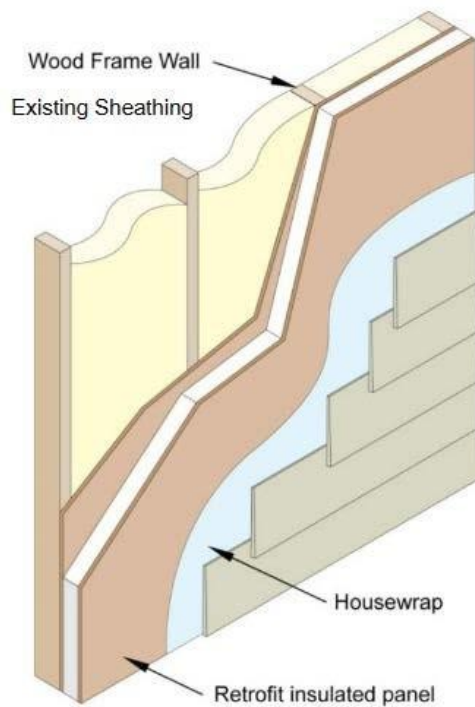
Одна панельна система, панелі або модулі, проектується поза будівельним майданчиком, виготовляються на об'єкті, а потім транспортуються на будівельний майданчик, де їх розміщують на фундаменті. Деякі приклади таких систем включають ізольовані металеві стінові панелі CENTIRA або панелі, виготовлені на замовлення (Pihelo et al. 2017).

Модернізація ізольованих панелей

Модернізовані ізольовані панелі (RIP) – це збірні панелі, що містять жорстку піноізоляцію, ламіновану на один лист структурної обшивки OSB (Рисунок 9). Їх також називають панелями на цвяховій основі або напівSIP-панелями. Жорстка ізоляція забезпечує кращі теплові характеристики, а панель OSB забезпечує жорстку конструкцію, на яку можна наносити зовнішній сайдинг або інший облицювальний матеріал. Панелі розрізаються на місці та кріпляться поверх існуючої стіни. Нова підкладка та обшивка накладаються на місці. Панелі бувають різної товщини, від 2 дюймів до 11-³/₄ дюйма, що відповідає значенням R від 7,9 до 43 відповідно. Панелі зазвичай доступні в розмірах від 4x8, 4x12 та 4x16 футів.

Існуючий зовнішній сайдинг будинку, підкладку та атмосферозахисний бар'єр слід видалити перед встановленням нових панелей, а новий атмосферостійкий бар'єр слід додати або між існуючою обшивкою та модернізованою панеллю, або поверх нової модернізованої панелі. Існуючі вікна слід демонтувати (SIPA, Home Innovation Research Labs 2015). Існує багато виробників панелей для модернізації.

Одне дослідження показало, що будівництво стін житлових будинків з використанням SIP-панелей заощадило до двох третин витрат на каркас ділянки порівняно з традиційними каркасними методами (Mullens & Mohammed 2006).



**Рисунок 7. Модернізований настінний модуль з ізолюваних панелей
(Bianco & Wiehagen 2016)**

В одному демонстраційному проєкті Building America повідомили, що вартість DER з модернізованими панелями становила 8,94–10,75 доларів США за фут.2 для стін над рівнем землі, що призводить до значень R від R-18 до R-30 (Bianco & Wiehagen 2016). Пасивний будинок у Канаді також розробив так званий «PEER»

«Прототип панелі» (PEER розшифровується як «збірний зовнішній енергетичний модернізатор»). Ця система включає в себе віялоподібний пінопласт товщиною 1/4 дюйма або 3/8 дюйма, який зазвичай використовується як підкладка для модернізації сайдингу (іноді його називають «м'яким» шаром), що допомагає поглинати нерівності на існуючій зовнішній поверхні (Natural Resources Canada 2018).

Іншим варіантом панельних систем є конструкційно-ізолювані панелі, армовані натуральним волокном (NSIP), які являють собою панельну стінову конструкцію, в якій як обшивковий матеріал використовується натуральний композитний ламінат, армований волокном, що замінює OSB, який зазвичай використовується в SIP-панелях. Варіанти волокон для NSIP включають склополіпропілен, вуглецеву епоксидну смолу, склоепоксидну смолу та

натуральні волокна, такі як джут, сизаль, бавовна, койра (кокосове волокно), коноплі та кенаф (Uddin & Kalyankar 2011). Різні продукти на ринку використовують натуральні матеріали як альтернативу синтетиці.

Суцільна панель Perfect Wall

Система Perfect Wall, яка зазвичай використовується для нового будівництва з використанням конструкційних інженерних панелей, має на меті створити безштифтову, суцільну жорстку оболонку з деревного композиту. Потім на зовнішню поверхню наносяться атмосферо-, паро-, повітряно- та теплоізоляційні бар'єри, забезпечуючи суцільні теплові та гігротермічні бар'єри навколо всієї конструкції (Університет Міннесоти, Центр досліджень сталого будівництва, Міністерство енергетики США, 2018). Метою системи Perfect Wall є створення методу будівництва стін, який один підрядник може виконати за короткий проміжок часу з меншими витратами на оплату праці. Система Perfect Wall наразі проходить польові випробування; повні результати тепло- та гігротермічних досліджень будуть представлені у 2019 або 2020 році.

Системи ізольованого сайдингу/облицювання

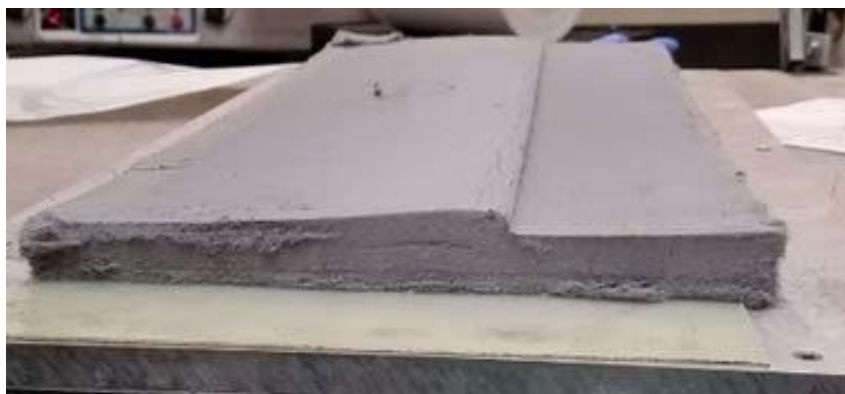
Ізольований сайдинг та системи утеплення зовнішніх стін – це застосування ізоляційних матеріалів, які не забезпечують міцність стіни на зсув. Натомість вони інтегруються в сайдингові матеріали різними способами, щоб забезпечити додаткову ізоляцію обшивки без необхідності видалення шарів існуючої стінової конструкції. Конкретні застосування обговорюються нижче.

Ізольований вініловий сайдинг

Типові системи ізольованого вінілового сайдингу включають вінілове облицювання з встановленим шаром EPS на внутрішній стороні сайдингової системи, який остаточно приклеюється до вінілу за допомогою клеїв. Значення R традиційного ізольованого вінілового сайдингу низькі та коливаються від R-2 до R-5. В експерименті з вологостійкості Драмхеллер і Карлл (2010) виявили, що порівняно з іншими конфігураціями стін, ізольований вініловий сайдинг

мав один з найнижчих вмістів вологи після 22-місячного експерименту на місці, можливо, через вищі температури всередині стіни.

Оук-Ріджська національна лабораторія (ORNL) розробляє систему вінілового сайдингу, яка відповідає вимогам кодексу щодо суцільної ізоляції (див. Рисунок 10). Запропонований вакуумно-ізольований вініловий сайдинг має 4-5-кратне покращення теплоізоляції порівняно з наявними на даний момент ізольованими сайдинговими виробами. Він має достатнє значення R для значного покращення теплопровідності та набагато тонший профіль, що полегшує його застосування в існуючих будинках без необхідності дорогого перероблення архітектурних деталей. Повномасштабні лабораторні випробування продемонстрували, що R-12 досяжний (Desjarlais & Biswas 2019). Royal Building Products та NanoPore є виробничими партнерами.



**Рисунок 8. Ізоляція для ізольованої вінілової сайдингової панелі
(Джерело: ORNL 2019)**

Зовнішні ізоляційні та оздоблювальні системи

Зовнішні теплоізоляційні облицювальні системи (ЗТОС), які іноді називають системами зовнішньої теплоізоляції (ЗТОС), поєднують суцільну ізоляцію та зовнішнє оздоблення (іноді його називають синтетичною штукатуркою), яке можна встановлювати поверх обшивки дерев'яних каркасних стін або кам'яних стін. ЗТОС спочатку були розроблені для ізоляції кам'яних стін, але були адаптовані як зовнішні системи для дерев'яних каркасних житлових стін. ЗТОС не несуть навантаження та не забезпечують міцності стіни на зсув. Як

правило, ЗТОС встановлюються за допомогою клею або механічних кріплень поверх суцільної обшивки. Історично склалося так, що ЗТОС мали проблеми з вологістю, спричинені проникненням води, коли вони встановлювалися поверх дерев'яної обшивки (Auman & Egan 2016; Bronski & Ruggiero 2000; Brown et al. 1997), що робило додавання дренажної площини необхідним. За умови правильного встановлення з дренажною площиною для захисту внутрішньої порожнини стіни, ЗТОС продемонстрували високі гігротермічні характеристики (Beaulieu et al. 2002; Desjarlais & Johnston 2014).

Кам'яні стіни

Згідно з RECS (EIA 2015), 11,1% зовнішнього облицювання в холодному (або дуже холодному) кліматі виготовлено з цегляної кладки. Ці стіни зазвичай не утеплюються, оскільки утеплення зсередини означатиме втрату цінної площі, а утеплення ззовні позбавить архітектурної особливості зовнішньої цегли. До внутрішнього утеплення стін із суцільної кладки слід підходити з обережністю. Внутрішнє утеплення зменшить потік тепла через конструкцію, тим самим зменшуючи висихання та, можливо, збільшуючи ризик пошкодження кладки внаслідок замерзання та відтавання. Крім того, низькоефективні внутрішні ізоляційні конструкції (наприклад, скловолокно та поліетилен) додають ризики через потенційну конденсацію повітря в зимовий час на вже холодній поверхні цегли (Straube et al. 2012). Зовнішнє утеплення усуває ці проблеми, утримуючи стіну з масиву кладки на «теплому та сухому» боці конструкції. Забезпечуючи зовнішню ізоляцію та контроль води, довговічність стіни значно покращується (див. Рисунок 10). Кількість зовнішньої ізоляції, необхідна для безпечного утеплення стін із кладки, залежить від кліматичної зони, в якій вони встановлені.

Різниця між модернізацією зовнішніх стін дерев'яно-каркасних та мурованих будівель полягає в тому, що муровані будівлі дещо менш вразливі до намокання оригінальної стіни через недоліки водонепроникності (тобто протікання дощу). Масивні муровані стіни часто можуть витримати це протікання (враховуючи, що вони повністю піддавалися впливу стихій

раніше), тоді як дерев'яно-каркасні стіни можуть бути під загрозою руйнування. Під час додавання ізоляції до зовнішньої частини мурованих будівель однією з відмінностей порівняно з дерев'яно-каркасними будівлями є те, що потрібна додаткова обрешітка, до якої кріпиться зовнішня обшивка (прихована на профілі, показаному на рисунку 10, але видима на профілі, показаному на рисунку 11).

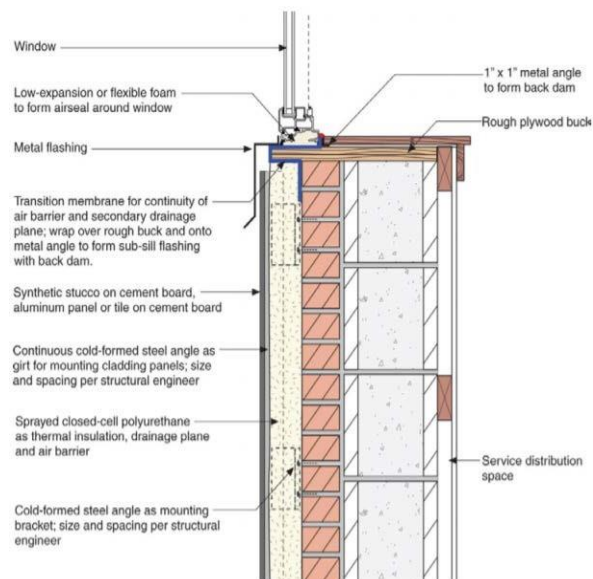


Рисунок 9. Типова реконструкція зовнішньої кам'яної стіни (Straube et al. 2012)

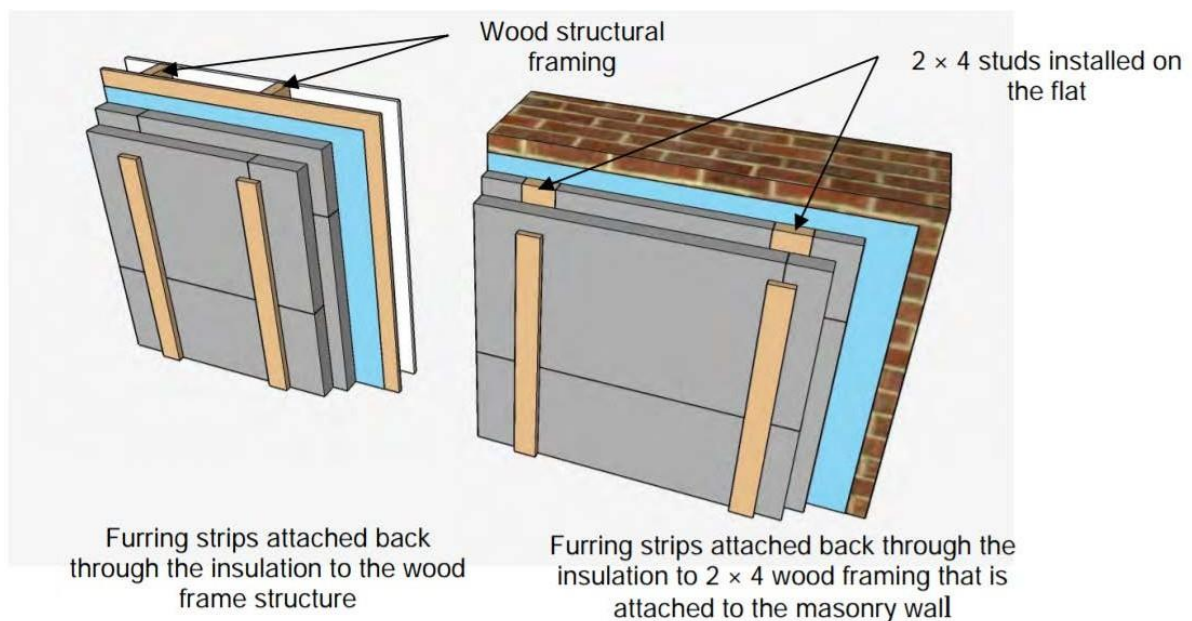


Рисунок 10. Додатковий крок, необхідний для мурованих будівель (Baker 2013)

Більшість підходів до модернізації зовнішньої ізоляції можна виконати на будь-якому облицюванні, включаючи кам'яну. У деяких випадках модернізація кам'яної кладки може бути простішою, ніж модернізація поверх існуючої штукатурної або вінілової облицювання, завдяки її відносно рівній поверхні та відносно стабільному зовнішньому вигляду. Багато прикладів модернізації кам'яної кладки стосуються багатоквартирних будинків. У проекті, що включав апартаменти Castle Square у Бостоні, штат Массачусетс (Neuhauser et al. 2012), малоповерховий багатоквартирний будинок був герметизований, замінені вікна та вентиляований, щоб спробувати покращити енергоефективність та якість повітря в приміщенні. У цьому випадку заміна вікон становила близько 15% скорочення витоків повітря, а інші заходи з герметизації повітря становили близько 40% скорочення витоків повітря. Це, разом із заміною систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, призвело до загальної економії енергії для будівлі на 30%. Також було виконано герметизацію для розділення житлових одиниць для контролю запахів, диму та звуку. Герметизація також здійснювалася за цеглою під час усіх замін вікон.

Інша частина цього проекту стосувалася утеплення зовнішніх стін висотної будівлі на території. Зваживши всі «за» та «проти» різних стратегій, консультант BSC зупинився на стратегії з використанням ізованих металевих панелей (IMP) через їх відносно високе значення R-коефіцієнта, довговічності та вогнестійкості (Neuhauser 2013b). У цьому випадку поверх оригінальної цегляної облицювання було нанесено рідкий повітроводний бар'єр. Це забезпечило герметичність будівлі в цілому, а також поділ на секції для кожного окремого блоку. Супер-IMP-панелі були розміщені поверх повітрозахисного бар'єру за допомогою металевих обрешіток з мінерально-волокнистою ізоляцією між ними. Це відносно надійний спосіб модернізації кам'яної стіни, але він має високу вартість і вимагає ретельної обробки деталей на межі даху, вікон та фундаменту. Це дослідження призвело до 50% економії

газу (що включало опалення та гаряче водопостачання). Конкретні дані про витрати для цього проекту недоступні.

В іншому проекті в Чикаго (Neuhauser 2013a) використовувалася подібна стратегія модернізації зовнішнього покриття, але вона фінансувалася через програму утеплення, тому вартість була набагато важливішим фактором. У цьому проекті ще одна рідко нанесена мембрана для контролю повітря та води була нанесена безпосередньо на цеглу. Поверх неї було розміщено обрешітку 2x4 (24 дюйми з ортодромії та 16 дюймів вертикально), між якими було розміщено жорстку ізоляцію з поліізоціанурату товщиною 1,5 дюйма, а зверху ще 4 дюйми жорсткої ізоляції. Поверх неї було розміщено дерев'яну обв'язку 1x3, а до обрешітки 2x4 було прикріплено фіброцементне облицювання по всій довжині. Після завершення встановлення підрядник надав кошторис на майбутні подібні проекти у розмірі 12,60 доларів США/фут.2для двох або менше поверхів, та близько 21 долара США/фут2для будинків понад два поверхи (Neuhauser 2013c). Якщо проект передбачає облицювання кам'яної будівлі, додаткові витрати на додавання належних контрольних шарів та ізоляції можуть збільшити вартість проекту з 9 до 15 доларів США за фут2залежно від складності проекту. Використання сайдингу внахлест замість великих панелей фіброцементного сайдингу фактично допомогло б знизити вартість цього проекту на 0,55 долара США за фут.2тому що з меншою/легшою сайдинговою смугою буде легше працювати.

EnergieSprong (Ініціатива REALIZE)

Енергетична пружина (<https://energiesprong.org/>) – це метод, який забезпечує масштабну модернізацію будівель з нульовим енергоспоживанням. Концепція EnergieSprong, що виникла в Нідерландах, має на меті забезпечити як фінансове, так і інженерне рішення для розподілених енергоспоживань (DER) для старих будівель. Модель EnergieSprong тиражується на ринку США через ініціативу REALIZE, яку реалізує Інститут Скелястих гір. Проект REALIZE вже реалізується, і Інститут Скелястих гір працює над тим, щоб залучити всіх

партнерів для переходу від фази прототипу до просування цих інноваційних проектів у більших масштабах.

Компанія EnergieSprong зазвичай співпрацює з місцевим органом влади для фінансування початкового проекту, який зазвичай є проектом державного житла. Модернізація будівлі зрештою знижує витрати на енергію для мешканців будівлі, водночас генеруючи достатній дохід від сонячних панелей для фінансування наступного проекту. Ця модель повторюється доти, доки, ймовірно, всі будівлі, що фінансуються урядом у певній громаді, не будуть модернізовані. Через високу вартість методу EnergieSprong, усі проекти на сьогоднішній день були старими багатоквартирними будинками в холодному кліматі. Ці будівлі, як правило, були мурованими, але це не є обов'язковою вимогою.

Фактичний підхід до модернізації передбачає ретельне сканування кожної будівлі для визначення розмірів, потім збірну систему стінових та покрівельних панелей доставляють на об'єкт та встановлюють, як правило, менш ніж за 1 тиждень. Архітектурний дизайн, як правило, покращений порівняно з існуючою будівлею, а всі контрольні шари розташовані на зовнішній поверхні старої будівлі.

Звичайно, цей метод пов'язаний з певними труднощами, оскільки перед встановленням необхідно видалити будь-які зовнішні перешкоди. Це можуть бути сусідні тротуари, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, навіси, підключення до комунальних служб, огорожі, зрілий ландшафт, сараї тощо (Amerongen 2018). Тому для кожної окремої будівлі, в якій намагаються використовувати цей метод, необхідно провести аналіз економічної ефективності.

Типові панелі складаються з наступних шарів:

- оригінальна стіна
- зазор для толерантності
- OSB-плити товщиною 3/8 дюйма
- горизонтальні дерев'яні стійки 2x2 з R-10 Roxul у порожнинах

- вертикальні дерев'яні стійки 2x4 з R-14 Roxul у порожнинах
- 7/16 дюйма OSB
- герметичний, паровідкритий, атмосферостійкий бар'єр
- дощовик 3/8 дюйма
- облицювання

4. Енергоефективні системи формування мікроклімату в реабілітаційному центрі в м.Житомир

Мета роботи: Обґрунтувати та розробити комплексний проєкт термомодернізації 5-поверхової будівлі реабілітаційного центру, що забезпечує зниження енергоспоживання до рівня класів «А»/«В» та створення прецизійного мікроклімату для ефективного відновлення пацієнтів.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати технічний стан огорожувальних конструкцій та систем життєзабезпечення будівлі радянської забудови.
- Виконати порівняльні теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій до та після впровадження енергоефективних заходів.
- Розробити рішення з модернізації системи опалення та кондиціонування.
- Обґрунтувати впровадження припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла з проміжним теплоносієм для забезпечення нормативного повітрообміну.
- Оцінити сумарний енергозберігаючий ефект від комплексного впровадження заходів.

Порівняльна таблиця теплотехнічних показників ОК

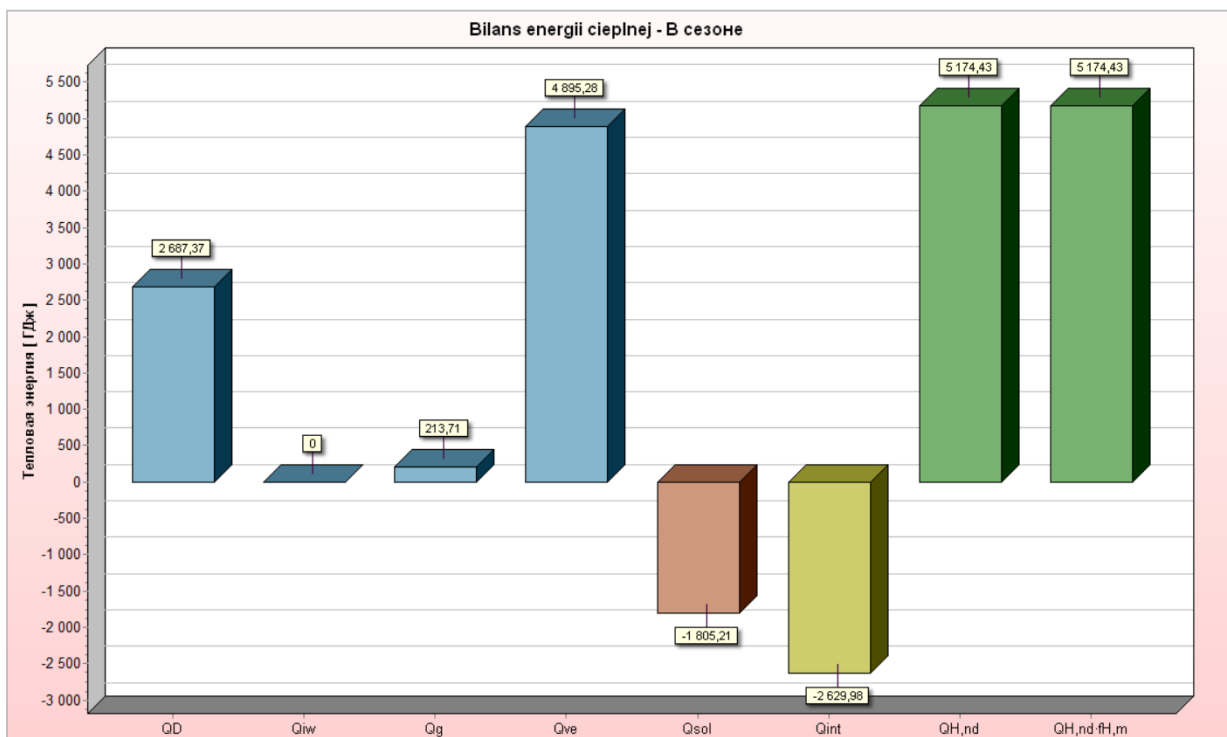
Конструкція	U (До)	U (Після)	Покращення $U, \%$	Q_t (До), ГДж	Q_t (Після), ГДж	Економія $Q_t, \%$
Стіна зовнішня (основна)	0,809	0,208	74%	1132,81	299,66	73,5%
Покрівля	0,397	0,104	74%	185,88	49,43	73,4%
Вікно зовнішнє	1,670	1,020	39%	765,88	440,02	42,5%
Двері зовнішні	2,500	1,020	59%	13,89	5,67	59,2%
Підлога по ґрунту	0,316	0,139	56%	101,66	26,62	73,8%
Стіна до ґрунту	0,544	0,234	57%	53,21	27,16	48,9%

Сумарні втрати через огорожувальні конструкції ($\sum Q_t$) скоротилися з приблизно 2626 ГДж/рік до 960 ГДж/рік. Загальна економія енергії

на опаленні становить близько 63,4%.

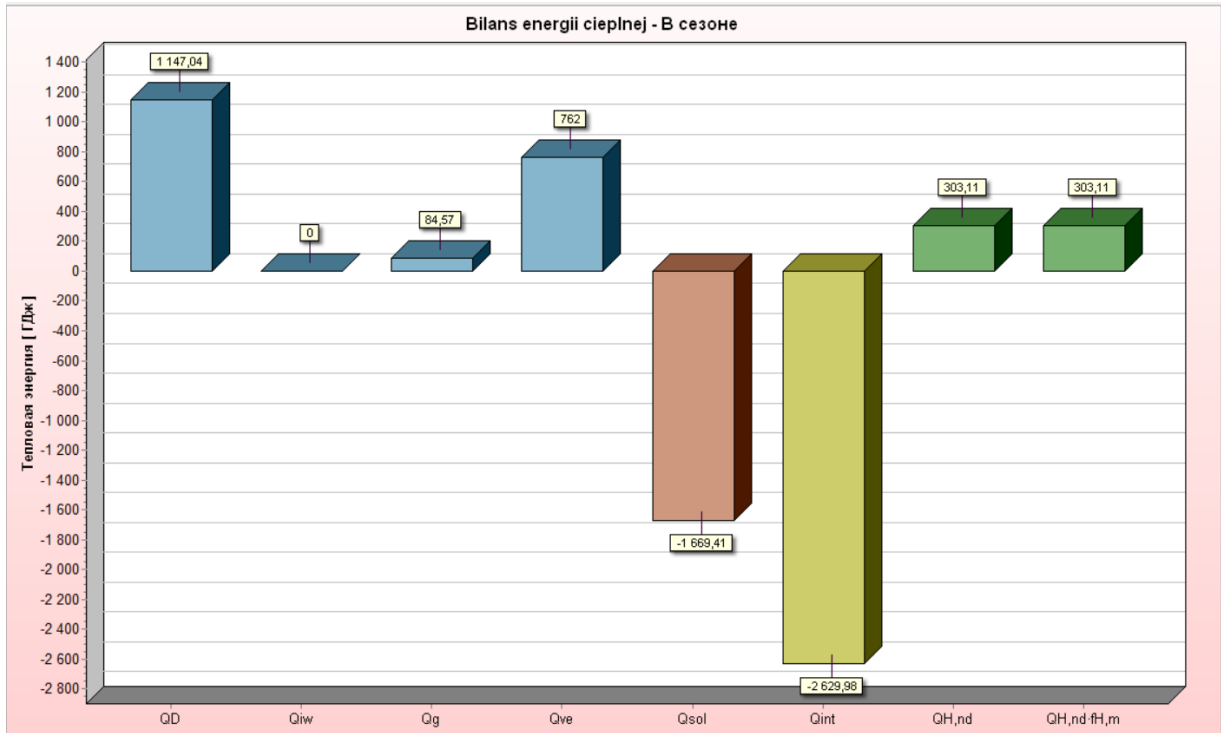
Найбільш ефективні заходи - утеплення стін та покрівлі: Товщина конструкції стіни збільшилася з 0,57 до 0,72 м, а покрівлі — з 0,95 м до 1,25 м. Це дало найбільший приріст термічного опору (коефіцієнт U зменшився майже в 4 рази). Заміна вікон - хоча відсоткове покращення менше, ніж у стін, вікна залишаються значним джерелом тепловтрат 45,8% від загального обсягу після модернізації), тому їхня заміна на енергоефективні ($U=1,02$) була критично важливою. Зміна структури втрат (Q_T): До модернізації стіни (43,1%) та вікна (29,2%) були основними каналами втрат. Після модернізації вікна стали домінуючим фактором втрат (45,8%), оскільки їхній термічний опір важче наростити так само сильно, як у глухих стін.

Баланс енергії в сезоні до термомодернізації



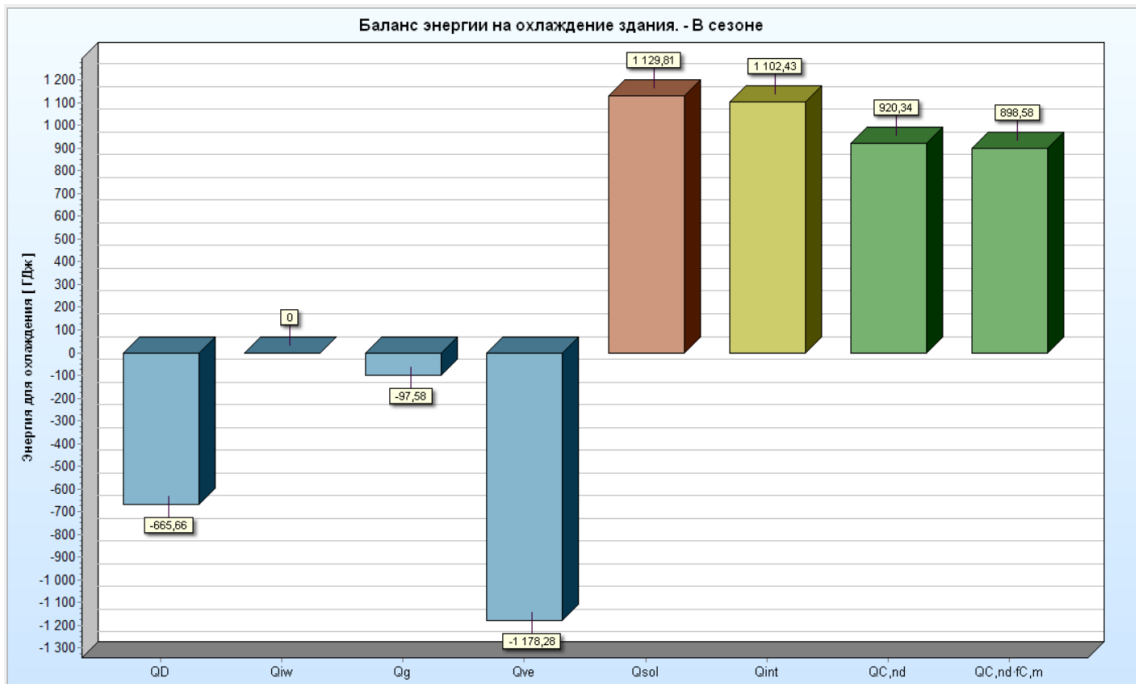
Бал	Месяц	T _{ем,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	η _{н,gn}	Q _{sol} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{H,nd} ГДж/год	Q _{H,nd} ·f _{H,m} ГДж/год	C _m кДж/К	H _{тр,adj} Вт/К	H _{ve,adj} Вт/К	γ _H ч	α _H	γ _{H,m}	γ _{H,lim}	f _{H,m}	L _{H,m} ч
☑	січень	-4,7	470,35	0,00	24,37	856,78	0,964	57,43	223,37	1080,85	1080,85	1070585,2	7477,9	12951	15	1,97	0,208	1,507	1,000	744
☑	лютий	-3,6	405,91	0,00	22,87	739,40	0,946	105,27	201,75	877,77	877,77	1070585,2	7510,2	12951	15	1,97	0,263	1,508	1,000	672
☑	березень	1,0	361,80	0,00	24,37	659,06	0,908	158,60	223,37	698,56	698,56	1070585,2	7588,4	12951	14	1,97	0,365	1,509	1,000	744
☑	квітень	9,0	202,71	0,00	21,06	369,25	0,783	180,59	216,16	282,46	282,46	1070585,2	7848,1	12951	14	1,95	0,669	1,512	1,000	720
☑	травень	15,2	91,40	0,00	18,19	166,50	0,468	259,12	223,37	50,18	50,18	1070585,2	8524,7	12951	14	1,92	1,748	1,520	1,000	744
☑	червень	18,3	31,33	0,00	14,16	57,07	0,196	285,72	216,16	4,36	4,36	1070585,2	10322	12951	13	1,85	4,894	1,540	1,000	720
☑	липень	19,8	3,81	0,00	12,02	6,94	0,046	263,29	223,37	0,24	0,24	1070585,2	29545	12951	7	1,47	21,38	1,682	1,000	744
☑	серпень	19,0	19,04	0,00	11,06	34,69	0,155	183,26	223,37	1,94	1,94	1070585,2	11240	12951	12	1,82	6,276	1,550	1,000	744
☑	вересень	13,9	112,41	0,00	11,63	204,77	0,636	138,42	216,16	103,23	103,23	1070585,2	7845,2	12951	14	1,95	1,078	1,512	1,000	720
☑	жовтень	8,1	226,60	0,00	14,63	412,78	0,863	88,11	223,37	385,20	385,20	1070585,2	7568,5	12951	14	1,97	0,476	1,509	1,000	744
☑	листопад	1,9	333,55	0,00	17,61	607,59	0,942	47,20	216,16	710,69	710,69	1070585,2	7484,9	12951	15	1,97	0,275	1,508	1,000	720
☑	грудень	-2,5	428,45	0,00	21,76	780,46	0,962	38,20	223,37	978,94	978,94	1070585,2	7470,6	12951	15	1,97	0,213	1,507	1,000	744
	В сезоні	8,0	2687,37	0,00	213,71	4895,28	0,591	1805,21	2629,98	5174,43	5174,43	1070585,2	7675,0	12951	14	1,96		1,510	1,000	8760

Баланс енергії в сезоні після термомодернізації



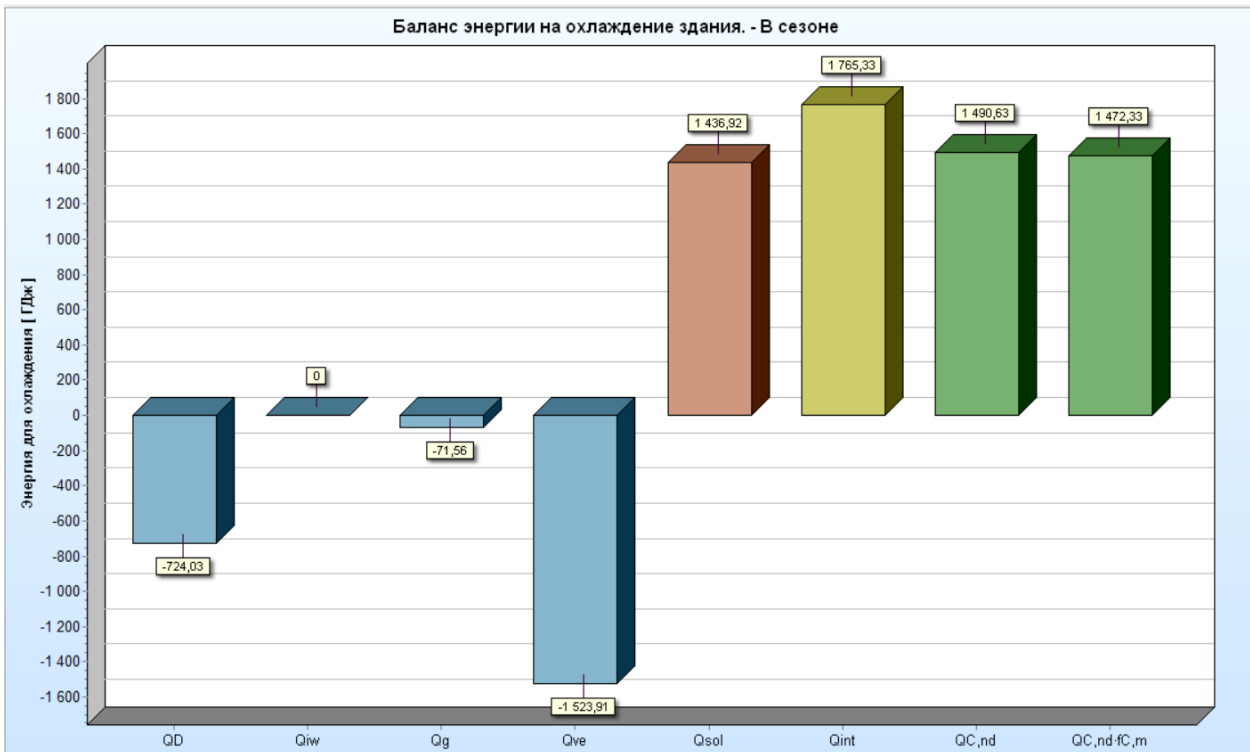
Бал	Месяц	T _{ем,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	η _{н,gn}	Q _{sol} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{H,nd} ГДж/год	Q _{H,nd} ·f _{H,m} ГДж/год	C _m кДж/К	H _{тр,adj} Вт/К	H _{ve,adj} Вт/К	γ _H ч	α _H	γ _{H,m}	γ _{H,lim}	f _{H,m}	L _{H,m} ч
☑	січень	-4,7	200,76	0,00	8,84	133,37	0,889	54,03	223,37	96,48	96,48	941919,8	3168,2	2015,9	50	4,36	0,809	1,229	1,000	744
☑	лютий	-3,6	173,25	0,00	8,22	115,10	0,810	97,29	201,75	54,35	54,35	941919,8	3178,5	2015,9	50	4,36	1,008	1,229	1,000	672
☑	березень	1,0	154,43	0,00	8,84	102,59	0,661	146,41	223,37	21,55	21,55	941919,8	3208,3	2015,9	50	4,34	1,391	1,230	1,000	744
☑	квітень	9,0	86,52	0,00	7,88	57,48	0,392	166,85	216,16	1,77	1,77	941919,8	3311,1	2015,9	49	4,27	2,522	1,234	1,000	720
☑	травень	15,2	39,01	0,00	7,19	25,92	0,156	238,71	223,37	0,03	0,03	941919,8	3594,2	2015,9	47	4,11	6,407	1,243	1,000	744
☑	червень	18,3	13,37	0,00	6,04	8,88	0,059	262,01	216,16	0,00	0,00	941919,8	4405,6	2015,9	41	3,72	16,90	1,269	1,000	720
☑	липень	19,8	1,63	0,00	5,55	1,08	0,018	241,90	223,37	0,00	0,00	941919,8	13388	2015,9	17	2,13	56,38	1,469	1,000	744
☑	серпень	19,0	8,13	0,00	5,29	5,40	0,048	169,69	223,37	0,00	0,00	941919,8	5010,1	2015,9	37	3,48	20,89	1,287	1,000	744
☑	вересень	13,9	47,98	0,00	5,37	31,87	0,247	128,81	216,16	0,17	0,17	941919,8	3374,0	2015,9	49	4,24	4,048	1,236	1,000	720
☑	жовтень	8,1	96,72	0,00	6,24	64,25	0,528	82,53	223,37	5,80	5,80	941919,8	3230,4	2015,9	50	4,32	1,829	1,231	1,000	744
☑	листопад	1,9	142,37	0,00	6,96	94,58	0,785	44,70	216,16	39,14	39,14	941919,8	3183,0	2015,9	50	4,36	1,070	1,230	1,000	720
☑	грудень	-2,5	182,88	0,00	8,15	121,49	0,880	36,47	223,37	83,81	83,81	941919,8	3169,7	2015,9	50	4,36	0,831	1,229	1,000	744
	В сезоні	8,0	1147,04	0,00	84,57	762,00	0,393	1669,41	2629,98	303,11	303,11	941919,8	3258,3	2015,9	50	4,31		1,232	1,000	8760

Баланс енергії на охолодження будівлі до термомодернізації



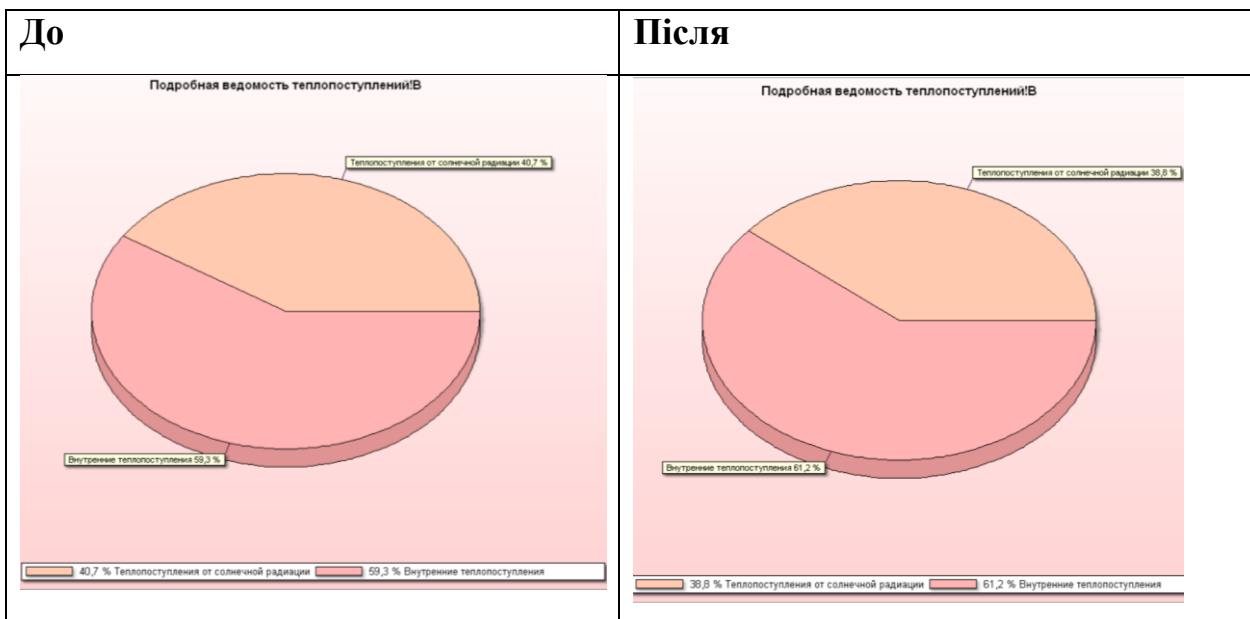
Вал	Месяц	T _{вн,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{lw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	η _{C,ls}	Q _{sol} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{C,nd} ГДж/год	Q _{C,nd'fC,m} ГДж/год	C _m кДж/К	H _{tr,adj} Вт/К	H _{ve,adj} Вт/К	η _C ч	a _C	γ _{C,м}	(1/γ _C) _{lim}	f _{C,м}	t _{C,м} ч
<input type="checkbox"/>	січень	-4,7	-552,94	-0,00	-30,55	-989,43	0,174	57,43	223,37	7,32	0,00	1100965,6	7505,7	12766	15	2,01	0,179	1,499	0,000	0
<input type="checkbox"/>	лютий	-3,6	-480,51	-0,00	-28,46	-859,71	0,216	105,27	201,75	12,04	0,00	1100965,6	7534,3	12766	15	2,00	0,224	1,499	0,000	0
<input type="checkbox"/>	березень	1,0	-444,40	-0,00	-30,55	-794,53	0,281	158,60	223,37	24,82	0,00	1100965,6	7603,5	12766	15	2,00	0,301	1,500	0,000	0
<input type="checkbox"/>	квітень	9,0	-282,64	-0,00	-27,04	-504,19	0,420	180,59	216,16	55,04	0,00	1100965,6	7801,2	12766	15	1,99	0,487	1,502	0,000	0
<input checked="" type="checkbox"/>	травень	15,2	-174,00	-0,00	-24,38	-309,00	0,647	259,12	223,37	154,17	148,36	1100965,6	8135,9	12766	15	1,98	0,951	1,506	0,962	716
<input checked="" type="checkbox"/>	червень	18,3	-111,26	-0,00	-20,14	-196,45	0,790	285,72	216,16	242,88	242,88	1100965,6	8460,2	12766	14	1,96	1,531	1,510	1,000	720
<input checked="" type="checkbox"/>	липень	19,8	-86,41	-0,00	-18,20	-151,71	0,840	263,29	223,37	271,28	271,28	1100965,6	8711,7	12766	14	1,95	1,899	1,513	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	серпень	19,0	-101,64	-0,00	-17,25	-179,07	0,759	183,26	223,37	180,48	180,48	1100965,6	8386,4	12766	14	1,96	1,365	1,509	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	вересень	13,9	-192,35	-0,00	-17,61	-342,05	0,513	138,42	216,16	71,53	55,58	1100965,6	7778,6	12766	15	1,99	0,642	1,502	0,777	559
<input type="checkbox"/>	жовтень	8,1	-309,20	-0,00	-20,81	-551,77	0,323	88,11	223,37	26,26	0,00	1100965,6	7596,1	12766	15	2,00	0,353	1,500	0,000	0
<input type="checkbox"/>	листопад	1,9	-413,48	-0,00	-23,59	-739,12	0,215	47,20	216,16	10,28	0,00	1100965,6	7519,9	12766	15	2,01	0,224	1,499	0,000	0
<input type="checkbox"/>	грудень	-2,5	-511,05	-0,00	-27,94	-914,21	0,175	38,20	223,37	6,92	0,00	1100965,6	7501,9	12766	15	2,01	0,180	1,499	0,000	0
	В сезоне	8,0	-665,66	-0,00	-97,58	-1178,3	0,676	1129,81	1102,43	920,34	898,58	1100965,6	7675,2	12766	15	2,00		1,501	0,976	3483

Баланс енергії на охолодження будівлі після термомодернізації



Месяц	T _{em,m}	Q _D	Q _{iw}	Q _g	Q _{ve}	η _{c,ls}	Q _{sol}	Q _{int}	Q _{c,nd}	Q _{c,nd} 'f _{c,m}	C _m	H _{tr,adj}	H _{ve,adj}	τ _c	α _c	γ _{c,m}	(1/γ _c) _{lim}	f _{c,m}	L _{c,m}
	°C	GJ/год	GJ/год	GJ/год	GJ/год		GJ/год	GJ/год	GJ/год	GJ/год	кДж/К	Вт/К	Вт/К	ч					ч
січень	-4,7	-235,71	-0,00	-11,27	-500,34	0,358	54,03	223,37	10,14	0,00	986699,6	3180,9	6476,0	28	2,89	0,371	1,346	0,000	0
лютий	-3,6	-204,82	-0,00	-10,41	-434,68	0,432	97,29	201,75	18,00	0,00	986699,6	3190,1	6476,0	28	2,89	0,460	1,346	0,000	0
березень	1,0	-189,38	-0,00	-11,27	-401,47	0,546	146,41	223,37	41,15	32,28	986699,6	3217,0	6476,0	28	2,89	0,614	1,347	0,785	584
квітень	9,0	-120,35	-0,00	-10,23	-254,23	0,740	166,85	216,16	98,32	98,32	986699,6	3296,8	6476,0	28	2,87	0,995	1,348	1,000	720
травень	15,2	-73,97	-0,00	-9,62	-155,16	0,920	238,71	223,37	242,51	242,51	986699,6	3440,9	6476,0	28	2,84	1,935	1,352	1,000	744
червень	18,3	-47,20	-0,00	-8,39	-98,12	0,972	262,01	216,16	328,81	328,81	986699,6	3599,5	6476,0	27	2,81	3,111	1,355	1,000	720
липень	19,8	-36,58	-0,00	-7,97	-75,37	0,983	241,90	223,37	347,38	347,38	986699,6	3739,5	6476,0	27	2,79	3,880	1,359	1,000	744
серпень	19,0	-43,08	-0,00	-7,71	-89,25	0,964	169,69	223,37	258,06	258,06	986699,6	3608,1	6476,0	27	2,81	2,807	1,356	1,000	744
вересень	13,9	-81,81	-0,00	-7,71	-171,98	0,833	128,81	216,16	127,03	127,03	986699,6	3328,3	6476,0	28	2,86	1,319	1,349	1,000	720
жовтень	8,1	-131,67	-0,00	-8,67	-278,32	0,618	82,53	223,37	47,38	37,94	986699,6	3237,6	6476,0	28	2,88	0,731	1,347	0,801	596
листопад	1,9	-176,19	-0,00	-9,31	-373,41	0,438	44,70	216,16	16,23	0,00	986699,6	3196,7	6476,0	28	2,89	0,467	1,346	0,000	0
грудень	-2,5	-217,83	-0,00	-10,57	-462,18	0,362	36,47	223,37	9,82	0,00	986699,6	3183,2	6476,0	28	2,89	0,376	1,346	0,000	0
В сезоне	8,0	-724,03	-0,00	-71,56	-1523,9	0,738	1436,92	1765,33	1490,63	1472,33	986699,6	3258,3	6476,0	28	2,88		1,348	0,988	5572

Баланси тепловтрат та теплонадходжень до та після термомодернізації



ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ				ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ			
Описание	ГДж/Год	кВтч/год	%	Описание	ГДж/Год	кВтч/год	%
☀ Теплопоступления от солнечной ра	1805,21	501447	40,7	☀ Теплопоступления от солнечной ра	1669,41	463724	38,8
Внутренние теплопоступления	2629,98	730549	59,3	Внутренние теплопоступления	2629,98	730549	61,2
Σ Сумма	4435,19	1231997	100,0	Σ Сумма	4299,38	1194273	100,0

ТЕПЛОТРАТИ				ТЕПЛОТРАТИ			
Описание	ГДж/Год	кВтч/год	%	Описание	ГДж/Год	кВтч/год	%
Дверь наружная	13,89	3859	0,2	Дверь наружная	5,67	1574	0,3
Окно наружное	765,88	212744	10,2	Окно наружное	440,02	122229	25,5
Кровля	185,88	51633	2,5	Кровля	49,43	13731	2,9
Пол по грунту	101,66	28238	1,4	Пол по грунту	26,62	7394	1,5
Пол в подвале	58,85	16346	0,8	Пол в подвале	30,79	8553	1,8
Наружная стена, примыкающая к г	53,21	14780	0,7	Наружная стена, примыкающая к г	27,16	7545	1,6
Стена наружная	1446,64	401844	19,2	Стена наружная	380,60	105721	22,1
Энергия на вентиляцию	4895,28	1359799	65,1	Энергия на вентиляцию	762,00	211667	44,2
Σ Сумма	7521,28	2089243	100,0	Σ Сумма	1722,29	478415	100,0

Підсумкова таблиця економічної ефективності

Стаття витрат	Прогнозована економія (кВт-год/рік)	Тариф (з ПДВ)	Сума економії (грн/рік)
Теплова енергія (Опалення)	1 610 828	3,45 грн/кВт-год	5 557 356 грн
Теплова енергія (ГВП)	≈ 22 340 (25%)	3,45 грн/кВт-год	77 073 грн
Електрична енергія (Вентиляція)	≈ 16 000 (автоматика)	9,56 грн/кВт-год	152 960 грн
Електрична енергія (Освітлення + VRF)	130 000	9,56 грн/кВт-год	1 242 800 грн
РАЗОМ ЧИСТА ЕКОНОМІЯ	1 779 168 кВт-год	—	7 030 189 грн

1. Впровадження заходів дозволяє реабілітаційному центру заощаджувати понад 6,8 млн грн щороку за цінами 2025 року.
2. Основна частка (близько 82%) припадає на теплову енергію завдяки глибокому утепленню стін та високоефективній рекуперації у вентиляційних установках Aerostar.
3. Питомі викиди парникових газів скорочуються з 127,3 кг/м³ до показників, що відповідають класу енергоефективності В.

Енергетичний сертифікат будівлі

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Ідентифікатор об'єкта будівництва:

Відомості про об'єкт сертифікації:

Функціональне призначення та назва будівлі:

Громадська:

Відомості про конструкцію будівлі

Опалювана площа, (м²):

5929,00

Опалюваний об'єм, (м³):

19565,7

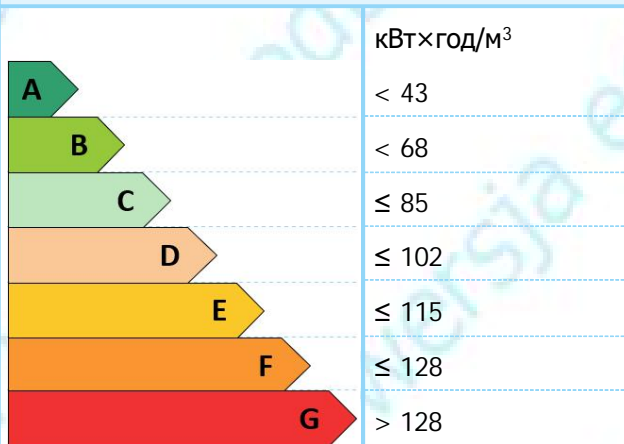
Кількість поверхів:

6

Рік прийняття в експлуатацію:

1980

Шкала класів енергоефективності



Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

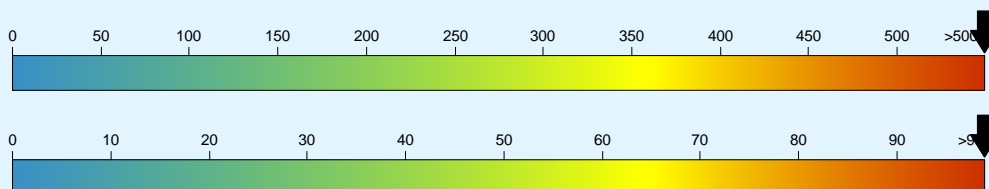
111,10

E

2021

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :

666,57



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

127,30

Дані енергоаудитора

Номер та дата реєстрації

Енергетичний сертифікат будівлі

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Ідентифікатор об'єкта будівництва:

Відомості про об'єкт сертифікації:

Функціональне призначення та назва будівлі:

Громадська:

Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, (м²):

5956,9

Загальний об'єм, (м³):

17390,2

Опалювана площа, (м²):

5929,00

Опалюваний об'єм, (м³):

19565,7

Кількість поверхів:

6

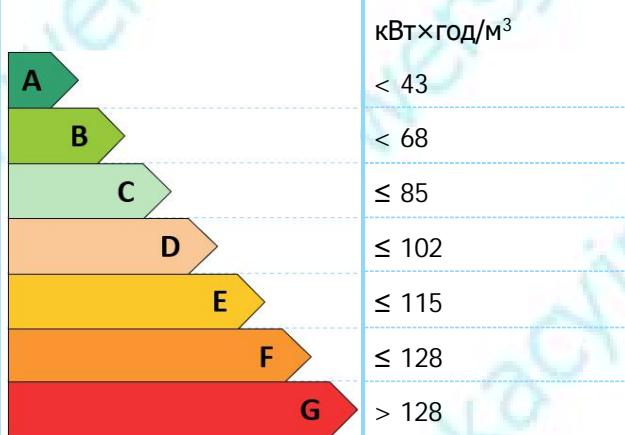
Рік прийняття в експлуатацію:

1980

Кількість під'їздів або входів:

1

Шкала класів енергоефективності



Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

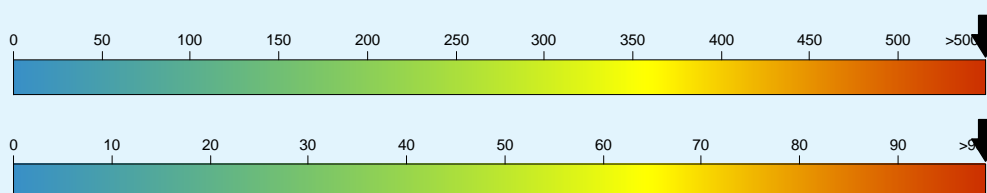
111,10

E

2021

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :

666,57



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

127,30

Дані енергоаудитора

Номер та дата реєстрації

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

ВИД ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (м ² × К)/Вт		Площа А, (м ²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни			
Суміщені перекриття			
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу			
Горищні перекриття неопалюваних горищ			
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції			
Зовнішні двері			

Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій

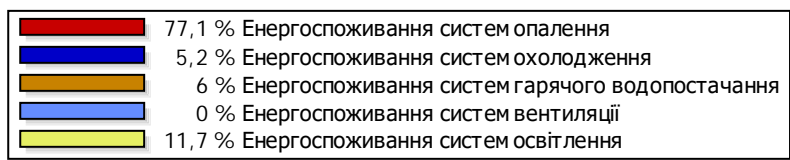
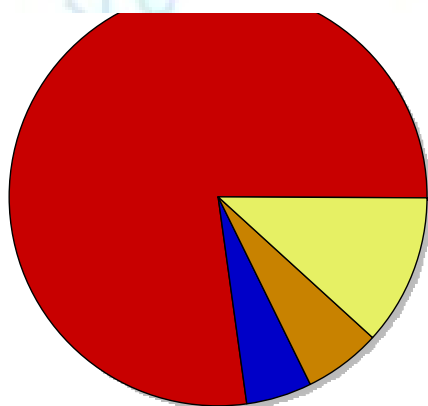
II. Показники енергетичної ефективності та фактичного енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника енергетичної ефективності будівлі	Значення показника енергетичної ефективності будівлі	
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальні вимоги
Питома енергопотреба (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[89,25]	не встановлено
Питоме енергоспоживання (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[111,10]	[85,14]
Питоме споживання первинної енергії (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[202,94]	не встановлено
Питомі викиди парникових газів (кг/м ²)	127,30	не встановлено

Показники енергоспоживання будівлі

Вид енергоспоживання	Обсяг енергоспоживання за рік			
	Визначений за показами відповідних приладів обліку		Визначений за результатами сертифікації	
	тис. кВт × год	кВт×год/м ² [кВт×год/м ³]	тис. кВт × год	кВт×год/м ² [кВт×год/м ³]
Види енергоспоживання, за якими визначається клас енергетичної ефективності будівлі				
Енергоспоживання при опаленні			2036	[104,06]
Енергоспоживання при охолодженні			137,8	[7,04]
Енергоспоживання при постачанні гарячої води			157,7	[8,06]
Енергоспоживання при вентиляції			0,00	[0,00]
Обсяг енергоспоживання при освітленні			309,8	[15,83]
УСЬОГО			2641	[134,99]



Причини відхилення обсягів споживання визначених за результатами сертифікації від обсягів споживання визначених за показами відповідних приладів обліку

--

III. Характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення

--

Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції

--

Системи постачання гарячої води

--

Системи освітлення

--

IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

--

Енергетичний сертифікат будівлі

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Ідентифікатор об'єкта будівництва:

Відомості про об'єкт сертифікації:

Функціональне призначення та назва будівлі:

Громадська:

Відомості про конструкцію будівлі

Опалювана площа, (м²):

1746,00

Опалюваний об'єм, (м³):

8258,0

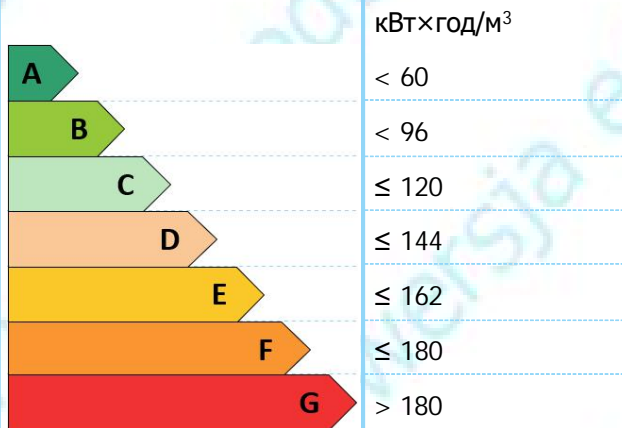
Кількість поверхів:

6

Рік прийняття в експлуатацію:

1980

Шкала класів енергоефективності



Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

44,82

A

2021

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :

207,00



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

36,41

Дані енергоаудитора

Номер та дата реєстрації

Енергетичний сертифікат будівлі

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Ідентифікатор об'єкта будівництва:

Відомості про об'єкт сертифікації:

Функціональне призначення та назва будівлі:

Громадська:

Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, (м²):

5956,9

Загальний об'єм, (м³):

17390,2

Опалювана площа, (м²):

1746,00

Опалюваний об'єм, (м³):

8258,0

Кількість поверхів:

6

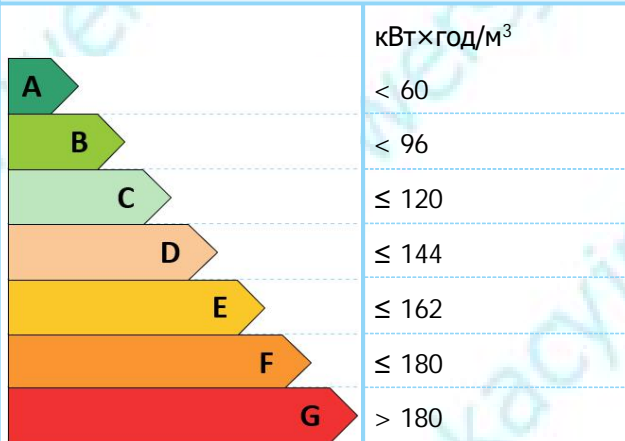
Рік прийняття в експлуатацію:

1980

Кількість під'їздів або входів:

1

Шкала класів енергоефективності



Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

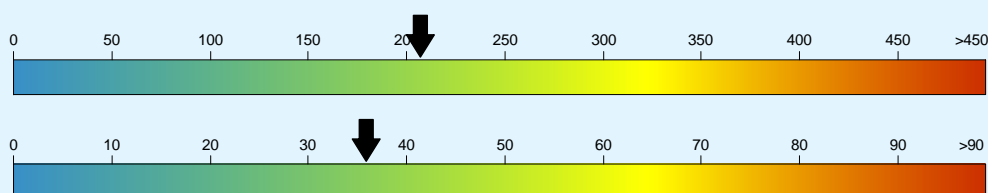
44,82

A

2021

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :

207,00



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

36,41

Дані енергоаудитора

Номер та дата реєстрації

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

ВИД ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (м ² × К)/Вт		Площа А, (м ²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни			
Суміщені перекриття			
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу			
Горищні перекриття неопалюваних горищ			
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції			
Зовнішні двері			

Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій

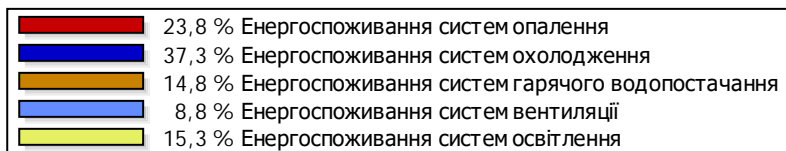
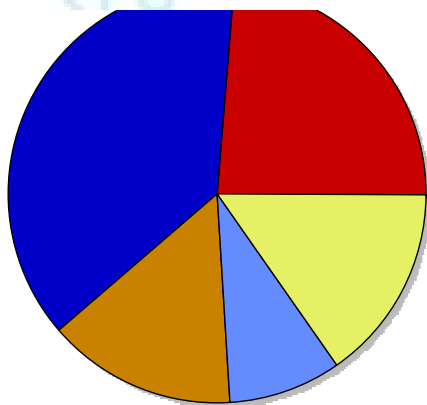
II. Показники енергетичної ефективності та фактичного енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника енергетичної ефективності будівлі	Значення показника енергетичної ефективності будівлі	
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальні вимоги
Питома енергопотреба (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[61,84]	не встановлено
Питоме енергоспоживання (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[44,82]	[119,93]
Питоме споживання первинної енергії (кВт×год/м ² або [кВт×год/м ³])	[149,32]	не встановлено
Питомі викиди парникових газів (кг/м ²)	36,41	не встановлено

Показники енергоспоживання будівлі

Вид енергоспоживання	Обсяг енергоспоживання за рік			
	Визначений за показами відповідних приладів обліку		Визначений за результатами сертифікації	
	тис. кВт × год	кВт×год/м ² [кВт×год/м ³]	тис. кВт × год	кВт×год/м ² [кВт×год/м ³]
Види енергоспоживання, за якими визначається клас енергетичної ефективності будівлі				
Енергоспоживання при опаленні			144,3	[17,47]
Енергоспоживання при охолодженні			225,8	[27,35]
Енергоспоживання при постачанні гарячої води			89,37	[10,82]
Енергоспоживання при вентиляції			53,57	[6,49]
Обсяг енергоспоживання при освітленні			92,33	[11,18]
УСЬОГО			605,4	[73,31]



Причини відхилення обсягів споживання визначених за результатами сертифікації від обсягів споживання визначених за показами відповідних приладів обліку

III. Характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення

Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції

Системи постачання гарячої води

Системи освітлення

IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

5. Автоматизація

5.1 ВСТУП

Сучасні системи вентиляції є невід'ємною складовою інженерного забезпечення будівель різного призначення: житлових, адміністративних, промислових, медичних та громадських. Ефективна робота вентиляційних систем забезпечує необхідні параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, швидкість руху повітря та його чистота.

Зі зростанням вимог до енергоефективності, комфорту та безпеки особливого значення набуває автоматизація систем вентиляції, яка дозволяє оптимізувати режими роботи, зменшити споживання енергії та забезпечити стабільну якість повітря.

Метою даної роботи є вивчення принципів, засобів та функціональних можливостей автоматизації систем вентиляції.

5.2. Поняття та роль автоматизації в системах вентиляції

5.2.1 Визначення автоматизації

Автоматизація систем вентиляції — це сукупність технічних засобів і алгоритмів керування, які забезпечують автоматичну підтримку заданих параметрів без постійної участі людини.

5.2.2 Завдання автоматизації

Основні завдання:

- автоматичне вмикання та вимикання обладнання;
- регулювання температури та витрати повітря;
- контроль аварійних режимів;
- захист обладнання;
- енергозбереження.

5.3. Структура автоматизованої системи вентиляції

Типова система автоматики складається з:

- датчиків;
- контролерів;
- виконавчих механізмів;
- панелей керування;
- ліній зв'язку.

5.4. Датчики в системах вентиляції

5.4.1 Датчики температури

Використовуються для:

- контролю температури повітря;
- захисту калориферів;
- регулювання теплообміну.
- Типи:
 - терморезистори (РТ100, NTC);
 - термопари.

5.4.2 Датчики вологості

Застосовуються у приміщеннях з підвищеними вимогами до вологості:

- лабораторії;
- музеї;
- лікарні.

5.4.3 Датчики тиску та витрати

Контролюють:

- перепад тиску на фільтрах;
- роботу вентиляторів;
- повітряний баланс.

5.4.4 Газоаналізатори та датчики CO₂

Забезпечують якісний контроль повітря та адаптивне регулювання вентиляції.

5.5. Виконавчі механізми

5.5.1 Приводи повітряних заслінок

Регулюють:

- подачу зовнішнього повітря;
- рециркуляцію;
- аварійне перекриття каналів.

5.5.2 Регулюючі клапани

Застосовуються у водяних та парових калориферах.

5.5.3 Частотні перетворювачі

Забезпечують:

- плавне регулювання швидкості вентиляторів;
- зменшення енергоспоживання;
- зниження шуму.

5.6. Контролери та системи керування

5.6.1 Програмовані логічні контролери (PLC)

Основний елемент керування, який:

- приймає сигнали з датчиків;
- обробляє алгоритми;
- керує виконавчими механізмами.

5.6.2 Локальні та диспетчерські системи

Сучасні системи підтримують:

- BMS (Building Management System);
- SCADA;
- дистанційний моніторинг

5.7. Алгоритми роботи автоматики

5.7.1 Автоматичний режим

Система самостійно:

підтримує задані параметри;

змінює режими залежно від умов.

5.7.2 Ручний режим

Використовується для:

- налагодження;
- обслуговування;
- аварійних ситуацій.

5.8. Захист та аварійні режими

Автоматика забезпечує:

- захист від перегріву;
- зупинку при пожежі;
- контроль обриву ременів;
- сигналізацію несправностей.

5.9. Енергоефективність та оптимізація

До заходів енергозбереження належать:

- рекуперация тепла;
- частотне регулювання;
- керування за датчиками присутності;
- адаптивне керування за CO₂.

5.10. Сучасні тенденції автоматизації

- інтеграція з «розумними будівлями»;
- IoT-технології;
- хмарний моніторинг;
- штучний інтелект для прогнозування режимів.

5.11. Висновки

Автоматика систем вентиляції є ключовим фактором забезпечення комфортного та безпечного мікроклімату. Вона дозволяє значно підвищити енергоефективність, надійність та гнучкість роботи вентиляційних систем. Подальший розвиток автоматизації пов'язаний із цифровими технологіями та інтелектуальними системами керування.

5.12. Керування та управління припливно-витяжною установкою

Автоматизована система має керувати вентиляційною установкою із рекуператором пластинчатого типу, електронагрівачем, реверсивним фреоновим теплообмінником, зовнішнім холодильним блоком, вентиляторами припливу та витяжки, повітряними клапанами і фільтрами.

Автоматизована система має забезпечувати контроль температури в приміщенні, регулювати об'єм припливного й витяжного повітря, перевіряти рівень забруднення фільтрів.

Алгоритм управління:

Після запуску з кнопки «Старт», контроллер **uPCE Medium** видає дозвіл та сигнал відкриття клапанів D1, D2 за допомогою електроприводів SM1, SM2 у відповідності. Фіксує температуру вуличного повітря датчиком TE1. Наступним етапом здійснює запуск припливного вентилятора M1 та витяжного вентилятора M2. Пресостат PD3 знімає зміну тиску, що створює припливний вентилятор, а контролер дозволяє увімкнути електричний калорифер, який поділений на ступені EK1, EK2, EK3 для плавного регулювання температури нагріву. Пресостат PD4 фіксує роботу витяжного вентилятора. В залежності від режиму роботи: нагрів чи охолодження, автоматика вентустановки синхронізує роботу із зовнішнім блоком охолодження та забезпечує параметри повітря згідно температурної уставки. Датчик TE4 підтримує температурну уставку +7 °C перед фреоновим нагрівачем. Показники температури повітря припливу фіксуються датчиком

TE5, який розміщений в каналі. Датчик TE6 фіксує температуру витяжного повітря з приміщення.

Забруднення фільтрів припливу F1, витяжки F2 контролюються пресостатами PD1, PD2 у відповідності.

У секції рекуператора присутній захист обмерзання за допомогою байпасного каналу.

TE2 - датчик температури, який розміщений на витяжній лінії після рекуператора та контролює температуру повітря. При опусканні температури нижче +3 °C, контролер uPCE Medium вмикає автоматичний захист рекуператора від обмерзання. Відкривається байпас електроприводом SM4 і повітря припливу розділяється. Частина протікає в рекуператор, інша частина протікає в байпасну лінію. Додатково підвищується потужність електронагрівача.

6. Економіка будівництва

Експлуатаційні витрати:

Експлуатаційні витрати виникають лише під час експлуатації обладнання. На експлуатаційні витрати обладнання впливають різні параметри, а саме: кількість робочих годин, місце розташування робочого місця, умови експлуатації, категорія обладнання тощо. Експлуатаційні витрати складаються з наступного:

a) Вартість ремонту та технічного обслуговування, b) Вартість палива, c) Вартість мастила, фільтра та мастила, d) Вартість шин, e) Заробітна плата оператора обладнання, f) Вартість заміни деталей, що швидко зношуються, та g) Вартість мобілізації, демобілізації та складання.

a) Вартість ремонту та обслуговування

Витрати на ремонт та технічне обслуговування виникають, оскільки будівельне обладнання піддається зносу внаслідок виконуваних ним операцій. Витрати на ремонт та технічне обслуговування включають вартість запасних частин, оплату праці та вартість створення та експлуатації обладнання для проведення капітального ремонту та технічного обслуговування. Вартість ремонту та технічного обслуговування змінюється з року в рік протягом терміну служби обладнання, проте вона зростає з віком обладнання. Ці витрати складають значну частину експлуатаційних витрат. Збільшення терміну служби та зменшення витрат на ремонт та технічне обслуговування будівельного обладнання може бути досягнуто шляхом своєчасного проведення рекомендованих операцій з технічного обслуговування та ремонту. Дрібний ремонт може виконуватися на робочому місці, де експлуатується обладнання, проте капітальний ремонт може виконуватися в приміщеннях, створених власником обладнання, або в майстерні уповноважених дилерів обладнання. Річні витрати на ремонт та технічне обслуговування можна розрахувати як відсоток від річної амортизаційної вартості обладнання.

обслуговування можна використовувати попередню інформацію, доступну з облікових записів компанії або з інших відповідних джерел щодо аналогічного обладнання за аналогічних умов роботи. Якщо ці дані недоступні, для розрахунку цих витрат можна використовувати інструкції виробника обладнання. Вартість погодинного ремонту та технічного обслуговування можна розрахувати, поділивши річну вартість на кількість робочих годин на рік.

b) Вартість палива

Будівельне обладнання зазвичай працює на двигунах внутрішнього згоряння, які використовують як паливо бензин або дизельне паливо. Витрата палива залежить від номінальної потужності маховика (кВт·с) двигуна та характеру робочих умов. Потужність маховика відображає потужність, доступну для роботи обладнання. Бензиновий двигун споживає близько 0,06 галона палива на годину маховика, тоді як дизельний двигун споживає близько 0,04 галона палива на годину маховика при роботі за стандартних умов. Історичні дані про кількість палива, спожитого подібним обладнанням за подібних робочих умов, можна використовувати для оцінки погодинного споживання палива обладнанням. Якщо ці записи недоступні, для оцінки вартості палива можна використовувати дані виробника обладнання про споживання палива. Погодинну вартість палива можна розрахувати, помноживши погодинне споживання палива на його ціну за одиницю.

c) Вартість мастила, фільтра та мастила

Кількість необхідної мастильної оливи, фільтра та мастила залежить від годин роботи, частоти замін, характеристик двигуна та умов праці на робочому місці. Для оцінки періоду часу між замінами можна використовувати інструкції виробника обладнання або попередні дані з досвіду роботи аналогічного обладнання в аналогічних умовах роботи.

d) Вартість шин

Вартість пневматичних шин (гумових шин) вважається частиною експлуатаційних витрат. Вартість шин включає витрати на ремонт та заміну шин. Термін служби шин, як правило, коротший, ніж у обладнання, оскільки шини зношуються швидше, ніж саме обладнання. Термін служби шин залежить від ступеня зносу, який залежить від умов на робочому місці. Вартість ремонту шин може бути розрахована як певний відсоток від вартості амортизації шин. Для оцінки очікуваного терміну служби шин можна використовувати попередні дані з аналогічних експлуатаційних та проектних умов, а також рекомендації виробників шин та обладнання. Погодинну вартість ремонту та заміни шин можна розрахувати, поділивши суму вартості комплекту шин та вартості ремонту на термін служби шин у годинах.

e) Заробітна плата оператора обладнання

Вартість оператора включає погодинну оплату праці та пільги, які компанія виплачує операторам. Вона включає звичайну заробітну плату, страховий внесок на випадок нещасних випадків на виробництві, додаткові пільги, бонуси тощо. Заробітна плата оператора варіюється від проекту до проекту. Вартість оператора зазвичай розраховується як окрема категорія витрат і додається до інших компонентів операційних витрат.

f) Вартість заміни елементів, що швидко зношуються

Вона відображає вартість виробів, що піддаються високому зносу, і ці елементи мають короткий термін служби порівняно з терміном служби обладнання. До виробів, що піддаються високому зносу, належать леза, ріжучі кромки, свердла, зубці ковша тощо. Очікуваний термін служби цих виробів можна оцінити на основі попередніх записів або з інструкцій виробника. Погодинну вартість можна розрахувати, поділивши собівартість одиниці на розрахунковий термін служби (у годинах).

g) Вартість мобілізації, зборів та демобілізації

Ця вартість включає транспортні витрати з одного об'єкта проекту на інший, витрати на отримання дозволів на дорожнє використання, витрати на розвантаження, витрати на складання на об'єкті проекту тощо. Погодинну вартість можна розрахувати, поділивши загальну вартість на кількість робочих годин. У наступних прикладах показано розрахунок витрат на володіння обладнанням та його експлуатацію.

Варіанти купівлі, оренди та лізингу

Існують різні методи придбання будівельного обладнання, необхідного для проекту. Це, зокрема, купівля, оренда та лізинг. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки. Перед придбанням обладнання важливо вивчити всі варіанти, враховуючи різні параметри, а саме: грошовий потік компанії, оборотний капітал, використання обладнання та його обслуговування, старіння та заміну обладнання, умови експлуатації тощо.

Купівля

Купівля призводить до прямого володіння обладнанням. Придбання обладнання шляхом купівлі здійснюється або за готівку за кошти компанії, або шляхом фінансування купівлі. Пряма купівля за готівку здійснюється за наявності достатніх коштів. Однак купівля за готівку може негативно вплинути на грошовий потік компанії, оскільки зменшує ліквідні активи, що впливає на її оборотний капітал. Коли для прямої купівлі за готівку недостатньо коштів, обладнання можна придбати шляхом фінансування, при цьому купівля здійснюється за допомогою кредитних домовленостей від кредиторів, тобто банків або інших фінансових установ, що включає виплату кредиту частинами разом із початковим внеском. Однією з головних переваг володіння обладнанням шляхом прямої купівлі за готівку є те, що це може призвести до найнижчої вартості робочої години порівняно з орендою або лізингом. Інші переваги, пов'язані з купівлею, включають повний контроль

власника над використанням обладнання, його обслуговуванням та заміною обладнання, коли воно стає неекономічним. Крім того, існує також пільга з податку на прибуток, пов'язана з амортизацією обладнання. Придбання обладнання шляхом купівлі є економічно привабливим варіантом, коли є більше робочого навантаження, що призводить до вищого коефіцієнта використання обладнання протягом терміну його корисного використання. В іншому випадку це призведе до ризику неотримання необхідної віддачі від капіталовкладень, якщо обладнання не використовуватиметься достатньо. Це один із недоліків, пов'язаних з купівлею. Якщо обладнання придбано через фінансування, власник обладнання повинен сплатити необхідний платіж за кредитом кредитору, навіть якщо обладнання не експлуатувалось. Придбання шляхом купівлі іноді може змусити власника використовувати застаріле обладнання через фінансові обмеження.

Оренда

Оренда – це метод придбання обладнання на коротший термін. Це альтернатива прямому володінню (тобто шляхом купівлі) обладнання на коротший період. Придбання обладнання через оренду підходить, коли підряднику або будівельній компанії потрібне обладнання для виконання проектного завдання меншої тривалості. Крім того, завдяки оренді компанія може вибрати обладнання, яке точно підходить для проектного завдання, і можна придбати обладнання на основі новітніх технологій, яке є більш продуктивним, ніж старіші моделі. За цих обставин оренда обладнання є більш вигідною, ніж пряме володіння, навіть якщо орендна плата вища, ніж плата за пряме володіння. Оскільки обладнання не належить користувачеві, немає податкової вигоди, пов'язаної з амортизацією обладнання. Однак податкова вигода отримується, оскільки вартість оренди вважається витратою, що зменшує дохід компанії, яка використовує обладнання. Капітал, який зв'язується, коли обладнання придбано шляхом купівлі, може бути

використаний для інших інвестицій, якщо обладнання орендовано. Серед трьох методів придбання обладнання, як правило, погодинна вартість оренди вища порівняно з орендою або прямим володінням. Термін оренди може становити день, тиждень або місяць і може сягати одного року. Орендні ставки зазвичай встановлюються на щоденній, щотижневій або щомісячній основі. Добова погодинна ставка вища за тижневу погодинну, а тижнева ставка (погодинна) вища за місячну ставку (погодинна). Вартість ремонту та обслуговування обладнання, яку сплачує користувач або власник обладнання (тобто компанія-оренда), вказується в договорі оренди. У випадку капітального ремонту, вартість, як правило, оплачує компанія-оренда, тоді як вартість дрібного ремонту та обслуговування, що здійснюється на місці проекту, зазвичай оплачує користувач обладнання. Вартість палива та мастильних матеріалів здебільшого оплачує користувач обладнання. Завдяки оренді можна скоротити час простою, спричинений поломкою обладнання з подальшим ремонтом, оскільки обладнання замінюється орендованим сервісом. Крім того, щоб перевірити придатність конкретного обладнання до реальних умов на робочому місці, обладнання можна орендувати та перевірити його продуктивність, можна протестувати, перш ніж приймати рішення про придбання обладнання, яке передбачає значні капіталовкладення. Крім того, користувач обладнання може позбутися витрат на транспортування обладнання з одного об'єкта проекту на інший, орендувавши його. Однак користувач здебільшого оплачує транспортні витрати на доставку обладнання з орендованого майданчика компанії до робочого місця, а також оплачує вартість монтажу, завантаження тощо.

Лізинг

Лізинг – це ще один метод придбання обладнання на триваліший період порівняно з орендою. Це довгострокова альтернатива прямому володінню обладнанням. Лізингова компанія (тобто власник обладнання) називається

лізингодавцем, тоді як користувач обладнання – лізингоодержувачем. Лізинг – це договір між лізингодавцем та лізингоодержувачем, за яким лізингоодержувач використовує обладнання, що належить лізингодавцю, сплачуючи орендну плату протягом терміну лізингу. Найчастіше термін лізингу становить більше шести місяців і може тривати до років. Лізингоодержувачу важливо знати деталі минулих та поточних договорів лізингу, в яких бере участь лізингодавець, а також перевіряти умови договору лізингу перед укладанням договору лізингу з лізингодавцем. Більшість договорів лізингу обладнання не підлягають розірванню. Протягом терміну лізингу лізингодавець зберігає право власності на обладнання, а також отримує податкові пільги від амортизації обладнання. Таким чином, лізингоодержувач не має податкових пільг від амортизації обладнання. Однак, подібно до оренди, лізингоодержувач отримує податкові пільги, оскільки лізингові платежі вважаються витратами. Завдяки лізингу, капітал лізингоодержувача не пов'язаний з придбанням обладнання, і лізингоодержувач може використовувати його для інших інвестицій. Навіть якщо обладнання придбано за кредитною угодою, власник повинен сплатити початковий внесок. Однак лізинг може забезпечити 100% фінансування, включаючи вартість доставки та встановлення обладнання..Лізингові платежі можуть здійснюватися щомісяця, щорічно або через інші проміжки часу, узгоджені між двома сторонами. Лізингові платежі не обов'язково повинні бути рівномірними протягом терміну лізингу, і існує гнучкість у координації графіка платежів (які має здійснювати лізингоодержувач) з доходом, отриманим від використання обладнання лізингоодержувачем. Як правило, надходження грошових коштів від використання обладнання на початку може бути низьким, і тому лізингоодержувач воліє платити меншу суму на початку терміну лізингу. Такий тип платіжної схеми може бути прийнятим орендодавцем з податкових міркувань, оскільки орендодавець отримує меншу оплату на початку.

Два типи лізингу, що зазвичай пропонуються, за якими купується будівельне обладнання, - це фінансовий лізинг та оперативний лізинг. Фінансовий лізинг, як правило, пропонується фінансовою установою (зазвичай банком або фінансовою компанією), і обладнання здається в лізинг лізингоодержувачу. Термін лізингу може тривати до терміну служби обладнання. Орендна плата, що сплачується лізингоодержувачем протягом терміну лізингу, покриває вартість обладнання за вирахуванням оціночної залишкової вартості наприкінці терміну лізингу, а також прибутку лізингодавця. Лізингоодержувач має можливість придбати обладнання зі знижкою або за заздалегідь визначеною ціною наприкінці терміну лізингу. Зазвичай договір лізингу не може бути розірваний, доки лізингодавець не відшкодує інвестиційні витрати наприкінці терміну лізингу. Фінансовий лізинг відображається в балансі лізингоодержувача.

Оперативний лізинг пропонується виробником або дилером обладнання. В оперативному лізингу комісії за платежі нижчі порівняно з фінансовим лізингом. У цьому типі лізингу лізингодавець (виробник або дилер обладнання) надає кваліфікований обслуговуючий персонал, необхідний для проведення ремонтних та технічних робіт, і цей тип домовленості більше підходить для складного обладнання, яке потребує спеціалізованого ремонту та обслуговування. Таким чином, у цьому типі лізингу лізингоодержувач не наймає обслуговуючий персонал, необхідний для проведення технічного обслуговування. Зазвичай лізингоодержувач повертає обладнання лізингодавцю після закінчення терміну лізингу. На відміну від фінансового лізингу, оперативний лізинг не відображається на балансі лізингоодержувача і часто називається позабалансовим фінансуванням.

(найменування організації)

(найменування організації)

ДОГОВІРНА ЦІНА
на будівництво Капітальний ремонт (переобладнання) реабілітаційного центру в м.Житомир
CPV: 45453000-7 Overhaul and
refurbishment work , що здійснюється в 2025 році

Вид договірної ціни: тверда

Складена в поточних цінах станом на 19 травня 2025

№ п/п	Шифр	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Ціна, грн.	Вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
		Об'єктний кошторис 02-01 Капітальний ремонт приміщень реабілітаційного відділення Локальний кошторис 02-01-02 на Опалення і вентиляція Розділ 1. Вентиляція				
1	KP15-122-1	Установлення ґрат жалюзійних сталевих з вивірянням і закріпленням площею в світлі до 0,25 м2	ґрати	18	337,59	6076,66
2	C188888-20	Решітка ОРГ 100x200	шт	3	326,00	978,00
3	варіант3 C188888-20	Решітка ОРГ 150x200	шт	3	393,00	1179,00
4	варіант6 C188888-20	Решітка ОРГ 100x300	шт	1	378,00	378,00
5	варіант4 C188888-20	Решітка ОРГ 150x350	шт	6	468,00	2808,00
6	варіант5 C188888-20	Решітка дверна 95x334 МВ 350	шт	5	174,00	870,00
7	варіант8 KP15-121-3	Прокладання повітроводів периметром 800 мм або 1000 мм з оцинкованої сталі класу Н [нормальна] товщиною 0,5 мм	100м2	0,062	134118,39	8315,34
8	KP15-129-1	Установлення вентиляторів осьових масою до 0,025 т	шт	2	1162,01	2324,02
9	2308-1087-27	Вентилятор каналний ВКО 150	шт	2	1868,00	3736,00
	варіант2	Всього по розділу 1				26665,02
		Всього по локальному кошторису Локальний кошторис 02-01-07 на Пусконаладжувальні роботи Розділ 1. Вентиляція				26665,02
10	KP13-2-1	Вентилятор осьовий з вхідними елементами мережі, встановлений у повітроводі	пристр.	2	1478,15	2956,30

1	2	3	4	5	6	7
11	КПЗ-29-1	Кондиціонери місцеві неавтономні з централізованим теплохолодопостачанням [вентиляторні теплообмінники, ежекційні доводчики і т. п.] загальною подачею повітрям до 3 тис. м3/год, номінальна подача повітрям до 3 тис. м3/год, при кількості однотипних кондиціонерів в одному приміщенні до 5 Всього по розділу 1 Всього по локальному кошторису Всього по об'єкту <u>Об'єктний кошторис 02-02</u> <u>Капітальний ремонт приміщення</u> <u>конференц-залу</u> <u>Локальний кошторис 02-02-03 на</u> <u>Вентиляція і опалення</u> <u>Розділ 1. ПВУ1</u>	кондиц.	15	2463,60	36954,00 39910,30 39910,30 66575,32
12	КБ20-57-1	Установлення блоків приймальних продуктивністю до 10 тис.м3/год	1 блок	1	3708,26	3708,26
13	2308-4001-5-ИУ2 варіант2	Припливно-витяжна установка Вентс ВУТ 2500 ПБ ЕС П А21 DTV	шт	1	214520,00	214520,00
14	КБ20-34-1	Установлення агрегатів повітряно-опалювальних масою до 0,25 т	1агрегат	1	2016,19	2016,19
15	2308-5036 варіант2	Канальний нагрівач догріву НЕ Л 600_350-12,0-3 А21	шт	1	42220,00	42220,00
16	1503-8874 варіант4	Виносний пульт А25	шт	1	4850,00	4850,00
17	КБ20-27-5	Установлення шумоглушників вентиляційних пластинчастих	1 шт	2	765,17	1530,34
18	С130-250 варіант2	Глушники шуму вентиляційних пластинчасті , переріз 350х600 мм, L=950мм СР	шт	2	10094,00	20188,00
19	КБ20-29-1	Установлення вставок гнучких	1 м2	0,84	1505,52	1264,64
20	С130-926 варіант4	Гнучка вставка ГВ 350х600	шт	4	1653,00	6612,00
21	КБ20-15-6	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР з електричним або пневматичним приводом периметром до 1000 мм	1 шт	2	471,75	943,50
22	С1630-454 варіант2	Заслінка зовнішня з електроприводом СМ 230	шт	2	9675,00	19350,00
23	КБ20-15-8	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР з електричним або пневматичним приводом периметром до 2400 мм	1 шт	2	859,08	1718,16
24	С130-390 варіант2	Клапани повітряні з електроприводом КРр 350х600	шт	2	16416,00	32832,00
25	КР15-121-11	Прокладання повітроводів периметром понад 1600 до 2400 мм з оцинкованої сталі класу Н [нормальна] товщиною 0,7 мм	100м2	0,854	118775,02	101433,87
26	КР19-25-1	Теплоізоляція мінераловатна	м3	2,28	2797,08	6377,34
27	С114-1-У-44Ц варіант2	Мінеральна вата товщ 50мм Paros Hvac Lamella Mat Alu Coat	м2	45,6	350,00	15960,00
28	С111-1683-1 варіант2	Скотч алюмінієвий	м	100	9,50	950,00
29	КР15-122-1	Установлення ґрат жалюзійних сталевих з вивірянням і закріпленням площею в світлі до 0,25 м2	ґрати	10	337,59	3375,92

1	2	3	4	5	6	7
30	C188888-20 варіант2	Решітка ОРГ 350x350	шт	10	805,00	8050,00
		Всього по розділу 1				487900,22
		<u>Розділ 2. ПВУ2</u>				
31	КБ20-57-1	Установлення блоків приймальних продуктивністю до 10 тис.м3/год	1 блок	1	3708,26	3708,26
32	2308-4001-5-ИУ2 варіант2	Припливно-витяжна установка Вентс ВУТ 2500 ПБ ЕС П А21 DTV	шт	1	214520,00	214520,00
33	КБ20-34-1	Установлення агрегатів повітряно-опалювальних масою до 0,25 т	1агрегат	1	2016,19	2016,19
34	2308-5036 варіант2	Канальний нагрівач догріву HE Л 600_350-12,0-3 А21	шт	1	42220,00	42220,00
35	1503-8874 варіант4	Виносний пульт А25	шт	1	4850,00	4850,00
36	КБ20-27-5	Установлення шумоглушників вентиляційних пластинчастих	1 шт	2	765,17	1530,34
37	C130-250 варіант2	Глушники шуму вентиляційних пластинчасті , переріз 350x600 мм, L=950мм СР	шт	2	10094,00	20188,00
38	КБ20-29-1	Установлення вставок гнучких	1 м2	0,84	1505,52	1264,64
39	C130-926 варіант4	Гнучка вставка ГВ 350x600	шт	4	1653,00	6612,00
40	КБ20-15-6	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР з електричним або пневматичним приводом периметром до 1000 мм	1 шт	2	471,75	943,50
41	C1630-454 варіант2	Заслінка зовнішня з електроприводом СМ 230	шт	2	9675,00	19350,00
42	КР15-121-11	Прокладання повітроводів периметром понад 1600 до 2400 мм з оцинкованої сталі класу Н [нормальна] товщиною 0,7 мм	100м2	0,854	118775,02	101433,87
43	КР15-121-10	Прокладання повітроводів периметром від 1100 мм до 1600 мм з оцинкованої сталі класу Н [нормальна] товщиною 0,7 мм	100м2	0,224	127076,43	28465,12
44	КР19-25-1	Теплоізоляція мінераловатна	м3	2,28	2797,08	6377,34
45	C114-1-У-44Щ варіант2	Мінеральна вата товщ 50мм Paros Hvac Lamella Mat Alu Coat	м2	45,6	350,00	15960,00
46	C111-1683-1 варіант2	Скотч алюмінієвий	м	100	9,50	950,00
47	КБ20-15-8	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР з електричним або пневматичним приводом периметром до 2400 мм	1 шт	2	859,08	1718,16
48	C130-390 варіант2	Клапани повітряні з електроприводом КРр 350x600	шт	2	16416,00	32832,00
49	КР15-122-1	Установлення ґрат жалюзійних сталевих з вивірянням і закріпленням площею в світлі до 0,25 м2	ґрати	10	337,59	3375,92
50	C188888-20 варіант2	Решітка ОРГ 350x350	шт	10	805,00	8050,00
		Всього по розділу 2				516365,34
		<u>Розділ 3. К1</u>				
51	КБ20-40-1	Установлення кондиціонерів	10шт	0,5	5181,34	2590,67
52	2308-1038 варіант2	Блок зовнішній BLAUBERG BLHV-R335-O/3R1A	шт	1	214517,00	214517,00

1	2	3	4	5	6	7
53	2308-4001-1-1 варіант4	Кондиціонер внутрішній блок BLAUBERG BLHV-80-I-CR-AC/1R1A	шт	2	32908,83	65817,66
54	2308-4001-1-1 варіант4	Кондиціонер внутрішній блок BLAUBERG BLHV-80-I-CR-AC/1R1A	шт	2	32908,83	65817,66
55	КМ12-70-1	Трубопроводи з мідних труб на умовний тиск до 2,5 МПа [25 кгс/см ²], діаметр зовнішній 18 мм	100 м	0,33	16638,70	5490,77
56	КМ12-70-2	Трубопроводи з мідних труб на умовний тиск до 2,5 МПа [25 кгс/см ²], діаметр зовнішній 28 мм	100 м	0,09	21041,11	1893,70
57	С113-127-3-ИТЯ варіант2	Труба мідна 12,7 мм	м	3	197,67	593,01
58	С113-127-1-ИТЭ варіант2	Труба мідна 15,88 мм	м	12	319,20	3830,40
59	С113-127-2-ИТЮ варіант2	Труба мідна 9,53 мм	м	18	145,33	2615,94
60	С113-127-5 варіант4	Труба мідна 19,03 мм	м	6	369,50	2217,00
61	С113-127-5 варіант5	Труба мідна 28,6 мм	м	3	505,83	1517,49
62	КР19-21-1	Ізоляція трубопроводів трубками зі спіненого каучуку, поліетилену	100м	0,42	5976,38	2510,08
63	С113-2148 варіант6	Каучукова ізоляція для труб K-FLEX для труби 28,6 мм	м	31,022	49,20	1526,28
64	С113-2147 варіант2	Каучукова ізоляція для труб K-FLEX для труби 19,05 мм	м	6,132	48,33	296,36
65	С113-2146 варіант2	Каучукова ізоляція для труб K-FLEX для труби 15,8 мм	м	12,264	46,67	572,36
66	С113-2145 варіант2	Каучукова ізоляція для труб K-FLEX для труби 12,7 мм	м	3,066	42,50	130,31
67	С113-2145 варіант3	Каучукова ізоляція для труб K-FLEX для труби 9,53 мм	м	18	35,00	630,00
		Всього по розділу 3				372566,69
		<u>Розділ 4. Демонтаж</u>				
68	КР15-114-3	Розбирання сталевих повітроводів діаметром 495 мм, периметром 1550 мм з листової сталі товщиною до 0,9 мм	м2	146,4	68,37	10009,37
69	С130-1128	Повітроводи класу Н з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 0,7 мм, прямокутного перерізу, розмір більшої сторони від 300 до 1000 мм (зворотні матеріали)	м2	146,4	280,00	40992,00
70	КР15-122-1	Установлення ґрат жалюзійних сталевих з вивірянням і закріпленням площею в світлі до 0,25 м2 Всього по розділу 4	ґрати	4	129,94	519,76
		Всього по локальному кошторису				10529,13
		<u>Локальний кошторис 02-02-05 на</u>				1387361,38
		<u>Пусконаладжувальні роботи</u>				
		<u>Розділ 1. Вентиляція</u>				
71	КПЗ-4-1	Установка теплообмінна з кількістю нагрівачів 1	установ.	2	1149,68	2299,36
72	КПЗ-11-1	Регульовально-запірні пристрої. Клапан повітряний прохідний з електричним, пневматичним приводом	пристр.	2	492,72	985,44

1	2	3	4	5	6	7
73	КП2-16-1	Система дистанційного управління виконавчим механізмом регулюючого органа	система	2	1478,15	2956,30
74	КП3-29-1	Кондиціонери місцеві неавтономні з централізованим теплохолодопостачанням [вентиляторні теплообмінники, ежекційні доводчики і т. п.] загальною подачею повітрям до 3 тис. м3/год, номінальна подача повітрям до 3 тис. м3/год, при кількості однотипних кондиціонерів в одному приміщенні до 5	кондиц.	5	2463,60	12318,00
		Всього по розділу 1				18559,10
		Всього по локальному кошторису				18559,10
		Всього по об'єкту				1405920,48
Разом вартість робіт, матеріалів та устаткування						1472495,80
у тому числі						
Робота						183182,48
Матеріали та устаткування						1289313,32

Керівник підприємства
(організації) замовника

Керівник генеральної
підрядної організації

Висновки

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження систем формування мікроклімату реабілітаційного центру в м. Житомир. Актуальність роботи зумовлена необхідністю приведення закладів охорони здоров'я до сучасних стандартів енергоефективності (ДБН В.2.6-31:2021) та створення особливих умов комфорту, що сприяють швидкому одужанню пацієнтів.

Аналіз вихідного стану 6-поверхової будівлі показав, що вона належить до типової забудови минулих десятиліть з низькими теплотехнічними показниками. Розрахункові втрати теплової енергії до модернізації становили 2626 ГДж/рік. Встановлено, що огорожувальні конструкції (стіни, покрівля) мали опір теплопередачі значно нижчий за нормативний, що призводило до перевитрат енергії та неможливості забезпечення стабільного температурно-вологісного режиму. Застаріла однотрубна система опалення не дозволяла здійснювати покімнатне регулювання, що спричиняло дискомфорт та неефективне використання теплоносія.

На основі теплотехнічних розрахунків у програмі Audytor OZC обґрунтовано комплекс заходів із термомодернізації «оболонки» будівлі. Впроваджено наступні рішення:

- Зовнішні стіни: утеплення мінераловатними плитами дозволило знизити коефіцієнт теплопередачі U_k з 0,809 до 0,208 Вт/(м²К) (покращення на 74%).
- Покрівля: завдяки застосуванню сучасних ізоляційних матеріалів показник U_k зменшено до 0,104 Вт/(м²К).
- Світлопрозорі конструкції: заміна вікон на двокамерні енергозберігаючі склопакети дозволила досягти нормативного показника U_k 1,02 Вт/(м²К).

Сумарний ефект від модернізації огорожувальних конструкцій дозволив скоротити річні тепловтрати через оболонку будівлі на 63,4%. Це заклало

фундамент для переходу будівлі до класу енергоефективності «В» та дозволило значно зменшити встановлену потужність системи опалення.

У магістерській роботі обґрунтовано повну реконструкцію системи опалення з переходом від застарілої вертикальної однотрубної схеми до сучасної двотрубної тупікової системи з горизонтальним розведенням.

Ключові технічні рішення:

- Трубопроводи: Застосовано труби з молекулярно зшитого поліетилену KAN-therm PE-Xs, які прокладаються в конструкції підлоги в теплоізоляції Climaflex Stabil. Це дозволило мінімізувати втрати тепла при транспортуванні та забезпечити естетичний вигляд приміщень реабілітаційного центру.

- Опалювальні прилади: Встановлено сталеві панельні радіатори Kermi з нижнім підключенням. Важливою особливістю є використання вбудованих термостатичних клапанів з попереднім налаштуванням.

- Регулювання та автоматизація: Впровадження індивідуальних термостатичних головок дозволило реалізувати покімнатне керування тепловим потоком. Це забезпечує економію енергії до 20% за рахунок врахування внутрішніх тепловиділень та сонячної радіації.

- Система ГВП: Для потреб реабілітаційного центру модернізовано систему гарячого водопостачання. Розрахункове енергоспоживання системи ГВП після модернізації становить 89,37 тис. кВтгод/рік (10,82 кВт-год/м²). Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів для магістралей ГВП дозволило значно скоротити втрати тепла на циркуляцію.

Особливу увагу в роботі приділено системам припливно-витяжної вентиляції, оскільки для реабілітаційних закладів кратність повітрообміну є критичним параметром гігієни.

Технічні результати проектування:

- Запроектовано установки фірми Aerostar з рекуператорами з проміжним теплоносієм. Це ключовий елемент енергозбереження, який дозволив знизити

навантаження на систему опалення. Завдяки рекуперації вдалося досягти економії у 1 148 132 кВт·год/рік.

- Для створення оптимального мікроклімату в літній період (теплий період року) обрано мультизональну VRF-систему Samsung. На відміну від звичайних спліт-систем, VRF-система працює з високою сезонною ефективністю, споживаючи лише необхідну кількість електроенергії залежно від кількості працюючих внутрішніх блоків.

- Річне споживання енергії на охолодження за результатами сертифікації становить 225,8 тис. кВт·год, що складає 37,3% від загального енергетичного балансу будівлі, підкреслюючи важливість енергоефективного кондиціонування в сучасному кліматі.

За результатами проведеної енергетичної сертифікації в програмі Audytor OZC 7.0 Pro, будівля після модернізації отримала клас енергоефективності «В».

Питоме енергоспоживання було розподілено за наступними статтями:

1. Опалення: 17,47 кВт·год/м² (23,8% від загального балансу).
2. Охолодження: 27,35 кВт·год/м² (37,3%).
3. Гаряче водопостачання (ГВП): 10,82 кВт·год/м² (14,8%).
4. Вентиляція та освітлення: разом 17,67 кВт·год/м².

Загальне річне споживання енергії становить 605,4 тис. кВт·год, що вказує на надзвичайно високу ефективність прийнятих рішень порівняно з базовим станом будівлі (до модернізації).

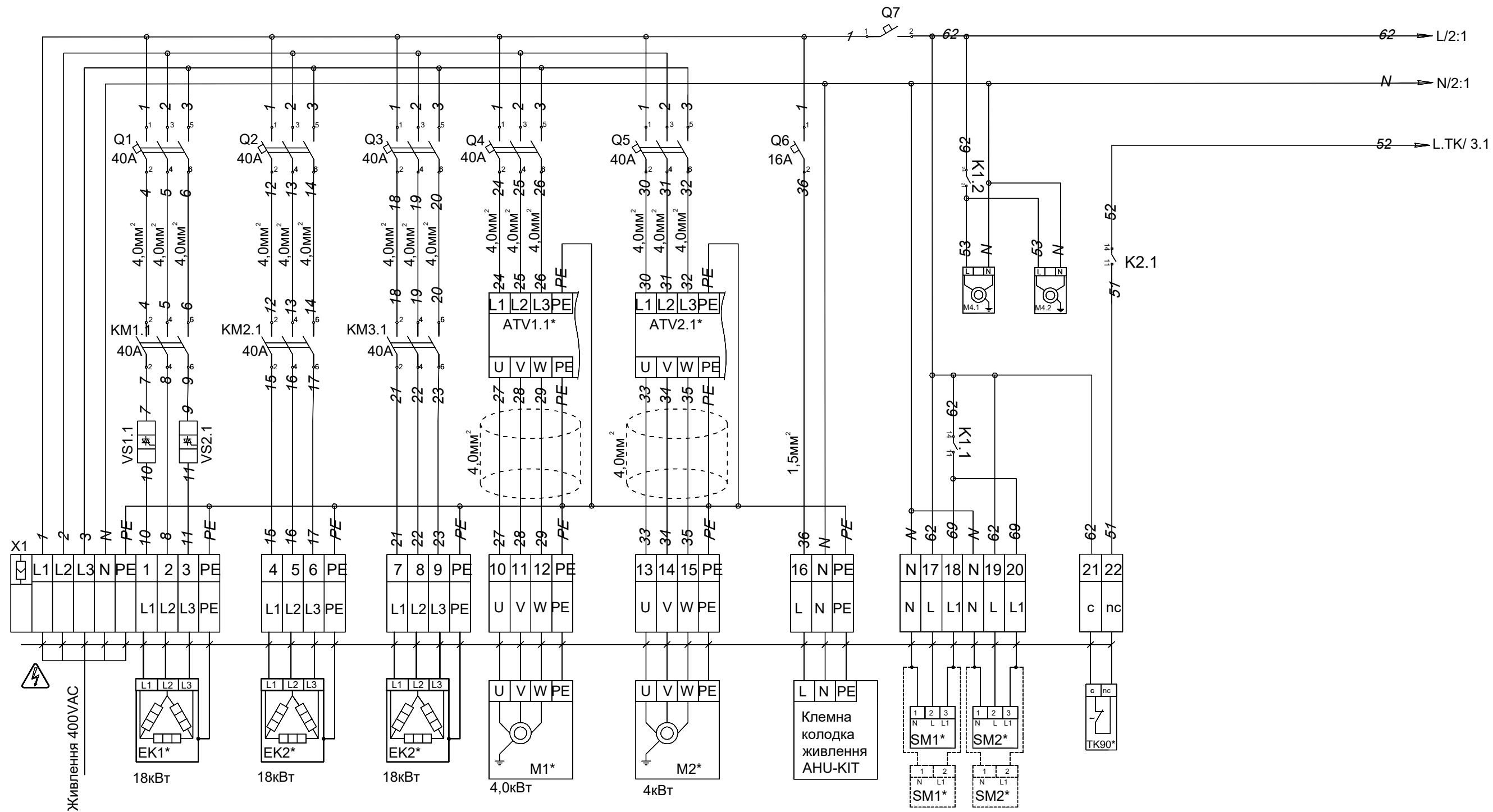
Список літератури:

1	DOE Deep Energy Retrofit Cost Survey
2	Закон України "Про енергетичну ефективність будівель" [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19 .
3	Стратегія термомодернізації будівель України до 2050 року [Електронний ресурс] // Кабінет Міністрів України. – 2023. – Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/news/zatverdzheno-stratehiiu-termomodernizatsii-budivel-ukrainy-do-2050-roku .
4	Савйовський В. Термомодернізація будівель : навч. посіб. – Київ : Ліра-К, 2023. – 280 с. – ISBN 978-617-520-157-2.
5	Комплексна термомодернізація будівель [Електронний ресурс] / О. Дутка // Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – Режим доступу: https://nung.edu.ua/sites/default/files/2022-11/buildings_complex_Dutka_O.pdf .
6	Передові системи термомодернізації будівель і споруд : навч. посіб. [Електронний ресурс] // Міністерство освіти і науки України. – 2020. – Режим доступу: https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2020/10/27/Thermal%20modernization.pdf .
7	Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків [Електронний ресурс]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – Режим доступу:
8	Термомодернізація будівель – ресурс енергозбереження в Україні [Електронний ресурс] / А. В. Фощ // Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Режим доступу:
9	Застосування енергетичних геоструктур для опалення та охолодження будівель [Електронний ресурс] / В. С. Задіранов // ResearchGate. – 2024. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/385679959_Zastosuvanna_energeticnih_geostruktur_dla_opalenna_ta_oholodzenna_budivel .
10	Інженерні мережі будівель та споруд [Електронний ресурс] // Вінницький національний технічний університет. – Режим доступу: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/36256/63-72.pdf?sequence=1&isAllowed=y .
11	Deep Energy Retrofit Guidance for the Building America [Електронний ресурс] // U.S. Department of Energy. – 2016. – Режим доступу: https://www.osti.gov/servlets/purl/1248926 .
12	Guide to Building the Case for Deep Energy Retrofits [Електронний ресурс] // Rocky Mountain Institute. – 2012. – Режим доступу: https://rmi.org/wp-content/uploads/2017/04/Pathways-to-Zero_Bldg-Case-for-Deep-Retrofits_Report_2012.pdf .

13	Deep Energy Retrofit— A Guide for Decision Makers [Електронний ресурс] // Springer. – 2021. – Режим доступу: https://annex61.iea-ebc.org/Data/publications/10.1007_978-3-030-66211-0.pdf .
14	Residential Deep Energy Retrofits [Електронний ресурс] / R. Cluett, J. Amann // American Council for an Energy-Efficient Economy. – 2014. – Режим доступу: https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/a1401.pdf .
15	Examining Energy Efficiency and Retrofit in Historic Buildings in the UK [Електронний ресурс] // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, no. 7. – P. 3002. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/17/7/3002 .
16	Energy Retrofitting Technologies of Buildings: A Review-Based Assessment [Електронний ресурс] // Energies. – 2023. – Vol. 16, no. 13. – P. 4924. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/1996-1073/16/13/4924 .
17	Assessment Methods for Building Energy Retrofits with Emphasis on Financial Evaluation: A Systematic Literature Review [Електронний ресурс] // Buildings. – 2025. – Vol. 15, no. 14. – P. 2562. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2075-5309/15/14/2562 .
18	Building Retrofit and Energy Conservation/Efficiency Review: A Techno-Environ-Economic Assessment of Heat Pump System Retrofit in Housing Stock [Електронний ресурс] // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, no. 2. – P. 983. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/983 .
19	Introductory Review of Energy Efficiency in Buildings Retrofits [Електронний ресурс] // Energies. – 2021. – Vol. 14, no. 23. – P. 8100. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/8100 .
20	Data-Driven Decision Support for Smart and Efficient Building Energy Retrofits: A Review [Електронний ресурс] // Smart Cities. – 2024. – Vol. 8, no. 1. – P. 5. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2624-6511/8/1/5 .
21	Про затвердження Державної цільової економічної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.07.2025 № 694-р [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/694-2025-%D1%80 .
22	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.
23	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.
24	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.
25	ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель – [Чинні від 2023- 03-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 63 с.
26	Глушко Ю.Ю. Опалення: навчальний посібник/ Глушко Ю.Ю. та ін. – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2018. – 102 с.

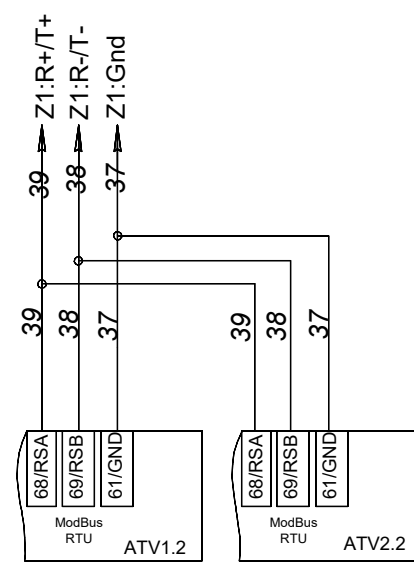
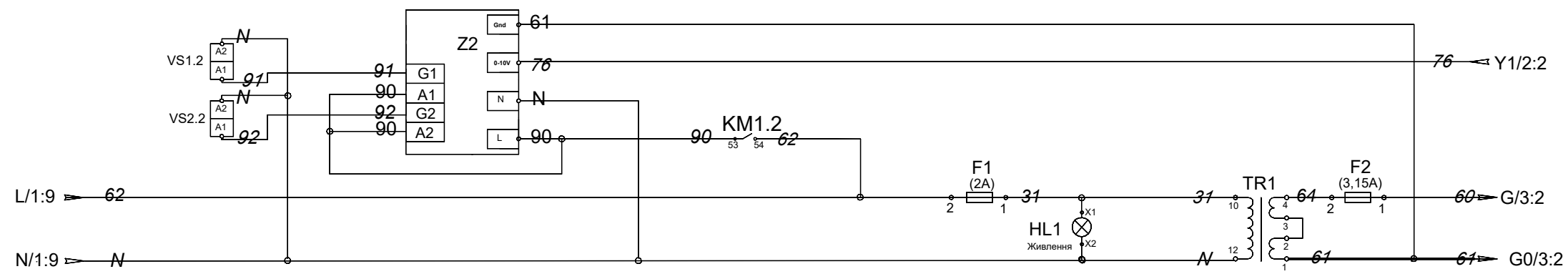
27	Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів. – Відень-Київ-Симферополь: ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2010.
28	Любарець О.П., Сенчук М.П., Любарець В.О. Методика визначення проєктної теплової потужності систем опалення приміщень та будівель. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Науково-технічний збірник. Вип.8. Київ: КНУБА, 2016.- с.197-201.
29	Методичні вказівки «Розрахунок надходження шкідливостей до приміщень житлових та громадських будівель» до виконання практичних занять для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія.» ОПІ «Теплогазопостачання і вентиляція» /уклад.: А.С. Москвітїна, М.О. Шишина, І.О. Пєфтева. – Київ: КНУБА, 2023. – 60 с.
30	Боженко, М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
31	ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. - [Чинні від 2023-03-01].-К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022.- 156 с.
32	Любарець О.П., Верещинський П., Сеньковський К., Куно Г. Теплова потужність систем опалення. Довідник з методики розрахунку у програмі Auditor-OZC 6.9. Київ-Варшава-Білосток: ТОВ КАН, 2016.- 28с.
33	Auvil R. J. HVAC Control Systems / Ronnie J. Auvil. – Homewood : American Technical Publishers, 2017. – 496 p.
34	Auvil R. J. HVAC and Refrigeration Systems / Ronnie J. Auvil. – Homewood : American Technical Publishers, 2019. – 512 p.
35	Howell R. H. Principles of Heating, Ventilating, and Air Conditioning / Ronald H. Howell. – Atlanta : ASHRAE, 2017. – 472 p.
36	International Construction Costs and Reference Data Yearbook 2025 [Електронний ресурс] // Arcadis. – 2025. – Режим доступу: https://www.arcadis.com/insights/publications/international-construction-costs
37	Construction Management and Economics [Електронний ресурс] : journal. – Abingdon : Taylor & Francis, 1983– . – Режим доступу: https://www.tandfonline.com/journals/rcme20
38	Langston C. Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-making. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2014. – 304 p. – ISBN 9781118477106.

Додаток



- Небезпека ураження електричним струмом!

- * -Пристрої до складу виробу не входять, при необхідності комплектуються відповідно до замовлення.
- Перетин кабелів для підключення M1, M2 вибрати відповідно до потужності двигуна M1, M2.
- Монтаж і експлуатацію електрообладнання виконувати відповідно до ПУЕ, ПТЕ і ПТБ при експлуатації електроустановок споживачів.
- Перетин кабелів для підключення EK1-EK3 вибрати в відповідності до потужності електронагрівача.



ИНВ. № ПОДП. ПОДП. И ДАТА ВЗАМ. ИНВ. № ИВ. № ДУОП. ПОДП. И ДАТА

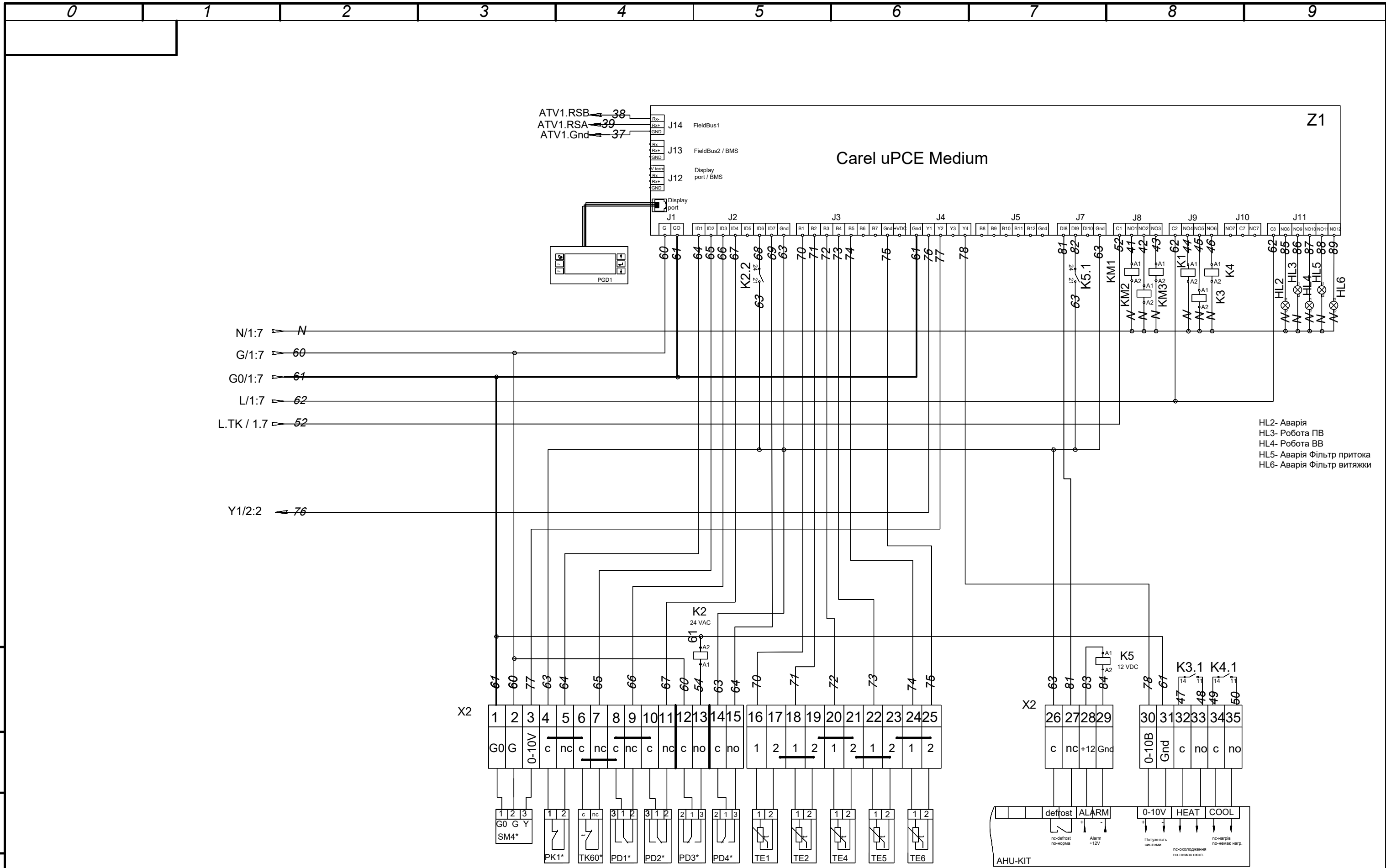
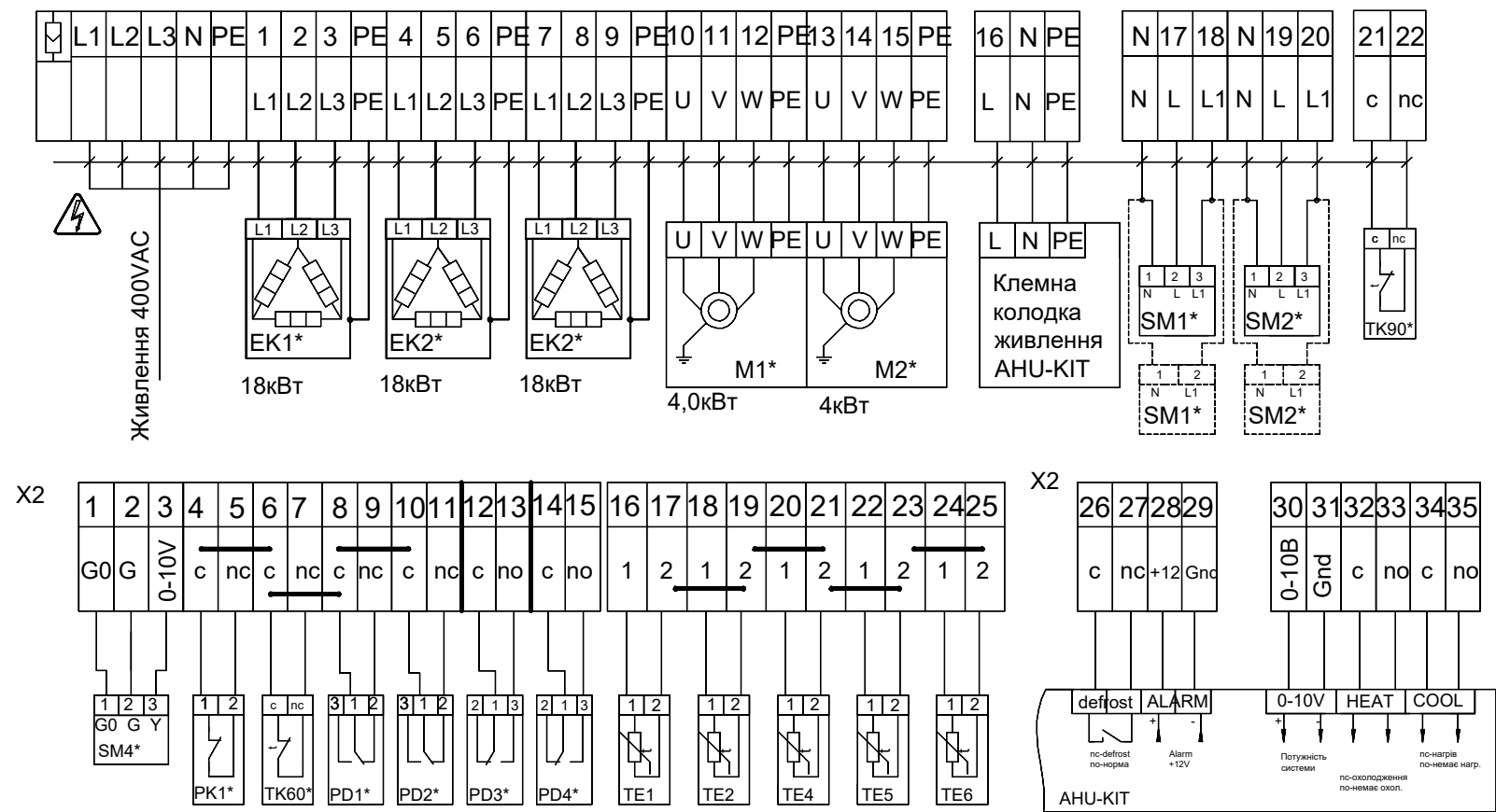


Схема зовнішніх підключень для систем SR-E054-R-P-3P



- ⚠ - Небезпека ураження електричним струмом!**
- * - Пристрої до складу виробу не входять, при необхідності комплектуються відповідно до замовлення.
 - Перетин кабелів для підключення М1, М2 вибрати відповідно до потужності двигуна М1, М2.
 - Монтаж і експлуатацію електрообладнання виконувати відповідно до ПУЕ, ПТЕ і ПТБ при експлуатації електроустановок споживачів.
 - Перетин кабелів для підключення ЕК1-ЕК3 вибрати в відповідності до потужності електронагрівача.

Позначення	Найменування	Тип	Провід підключення**
M1	Ел.двигун припливного вентилятора	згідно із замовленням	
M2	Ел.двигун витяжного вентилятора	згідно із замовленням	
EK1	Електрокалорифер 1 ступінь	макс. 18 кВт	
EK2	Електрокалорифер 2 ступінь	макс. 18 кВт	
EK3	Електрокалорифер 3 ступінь	макс. 18 кВт	
АНУ-kit	Живлення плати АНУ-КІТ	згідно із замовленням	3x1,0мм ²
АНУ-kit	Управління ККБ		5x2x0,75мм ²
SM1	Електропривод припливної повітряної заслонки	LM 230	3x0,75мм ²
SM2	Електропривод витяжної повітряної заслінки	LM 230	3x0,75мм ²
SM4	Електропривід байпасної заслонки рекуператора	LM 24 A SR	3x0,75мм ²
PD1	Реле перепаду тиску на фільтрі припливу	NC	2x0,75мм ²
PD2	Реле перепаду тиску на фільтрі витяжки	NC	2x0,75мм ²
PD3	Реле перепаду тиску на вентиляторі притоку	NO	2x0,75мм ²
PD4	Реле перепаду тиску на вентиляторі витяжки	NO	2x0,75мм ²
TE1	Датчик зовнішньої температури	NTC	2x0,75мм ²
TE2	Датчик витяжної температури після рекуператора	NTC	2x0,75мм ²
TE4	Датчик температури після ел.нагрівача	NTC	2x0,75мм ²
TE5	Датчик температури притоку	NTC	2x0,75мм ²
TE6	Датчик температури витяжки	NTC	2x0,75мм ²
TK60	Термоконтакт захисту ел.нагрівача T=60 C	NC	2x0,75мм ²
TK90	Термоконтакт захисту ел.нагрівача T=90 C	NC	2x0,75мм ²
PK1	Контакт з пульта пожежної сигналізації	NC	2x0,75мм ²

Автомат	Функція
Q1	Автомат захисту електронагрівача 1 ст.
Q2	Автомат захисту електронагрівача 2 ст.
Q3	Автомат захисту електронагрівача 3 ст.
Q4	Автомат захисту припливного вентилятора М1
Q5	Автомат захисту витяжного вентилятора М2
Q6	Автомат захисту блоку управління АНУ-КІТ
Q7	Автомат захисту ланцюга управління

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № / Инв. № дубл. Подп. и дата. Справ. №. Перв. примен.

