

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(кафедра)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТРА

на тему:

Енергоефективні системи теплохолодопостачання житлових
будинків

Портний Віталій Олегович

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

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(кафедра)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 2024 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТРА**

Енергоефективні системи теплохолодопостачання житлових
будинків
(назва)

*Як здобувач вищої освіти КНУБА
розумію і підтримую політику
закладу з академічної доброчесності.
Я не надавав і не одержував незгоду
допомогу під час підготовки цієї роботи.
Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело.*

Здобувач: Портний Віталій Олегович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція

(освітня програма)

студент групи ТВм-23-1

Керівник Чепурна Н.В.

(прізвище та ініціали)

Кандидат технічних наук, доцент

(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент

Кириченко М. А.

(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології
Випускова кафедра: Теплотехніки
Ступінь вищої освіти: «Магістр за ОПШ»
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма: «Теплогазопостачання і вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Портний Віталій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Енергоефективні системи теплохолодопостачання житлових будинків.

затверджена наказом ректора КНУБА №2494/2 від “28” листопада 2024 року.

2. Керівник роботи к.т.н., доц. Чепурна Н.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

P.1. Теплова характеристика будівлі

P.2. Аналіз проектних рішень для існуючих систем ОВіК

P.3. Техніко-економічне обґрунтування обраних інженерних рішень

P.4. Проектування інженерних систем

P.5. Автоматизація припливно витяжної установки

P.6. Дослідження параметрів повітря

P.7. Енергозбереження

P.8. Охорона праці

Список літератури

Додатки

5. Графічний матеріал за розділами

P.3. Плакат №1. Порівняння за техніко-економічними показниками обладнання

P.4. Система поверхневого опалення. План 1-го, 0-го, -1-го поверхів.

P.4. Система поверхневого опалення. План 0-го поверху

P.4. Система радіаторного/конвекторного опалення. План 1-го, 0-го, -1-го поверхів.

P.4. Розташування розподільчих колекторів. План 1-го, 0-го, -1-го поверхів

- Р.4. 3Д вид системи радіаторного/конвекторного опалення
- Р.4. Система вентиляції і кондиціонування. План 1-го, 0-го, -1-го поверхів.
- Р.4. 3Д вид систем вентиляції і кондиціонування.
- Р.4. Система холодопостачання. План 1-го,-1-го,0-го поверхів
- Р.4. 3Д вид холодопостачання фанкойлів
- Р.4. Система водопостачання. План 1-го,0-го,-1-го поверхів.
- Р.4. 3Д Фрагменти 1-го, 0-го,-1-го поверхів.
- Р.6. Плакат №2 Параметри мікроклімату житлової частини будинку
- Р.7. Обладнання котельні

6. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 8.	Клімова І. В., доц.		

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Теплова характеристика будівлі	22.08.2024
Розділ 2. Аналіз проектних рішень для існуючих систем ОВіК	13.09.2024
Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування обраних інженерних рішень	25.09.2024
Розділ 4. Проектування інженерних систем	20.10.2024
Розділ 5. Автоматизація припливно витяжної установки	05.11.2024
Розділ 6. Дослідження параметрів повітря	13.11.2024
Розділ 7. Енергозбереження	25.11.2024
Розділ 8. Охорона праці	26.11.2024
Остаточне оформлення роботи	26.11.2024
Направлення роботи для перевірки на плагіат	28.11.2024
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	28.11.2024
Направлення роботи на рецензування	28.11.2024

8. Дата видачі завдання 15.08.2024

Зав.кафедри _____ **Кириченко М.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Чепурна Н.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач _____ **Портний В.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

РОЗДІЛ 1	7
ТЕПЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДІВЛІ.....	7
1.1. Вихідні дані.....	8
1.2. Розрахункові параметри повітря.	8
1.4. Обчислення теплових втрат та теплових надходжень в приміщення	22
1.5. Необхідне теплове навантаження для будинку	30
РОЗДІЛ 2.....	33
АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ОВІК ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	33
2.1. Аналіз проектних рішень для систем опалення.....	34
2.2. Аналіз проектних рішень для систем вентиляції.....	35
2.3. Типи систем кондиціонування.....	38
2.4. Системи гарячого водопостачання (ГВП)	42
РОЗДІЛ 3	47
Техніко-економічне обґрунтування обраних інженерних рішень.....	47
3.1. Порівняння обладнання припливно-витяжної установки.....	48
3.2. Фінансово-економічний аналіз:	55
3.3. Результати порівняння.....	56
3.4. Порівняння обладнання системи опалення та гарячого водопостачання .	57
РОЗДІЛ 4.....	61
ПРОЕКТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ	61
4.1. Проектні рішення системи опалення	62
4.2. Обґрунтування обраного типу системи опалення	65
4.3. Підбір основного обладнання та опалювальних приладів	67
4.4. Розрахунок системи теплої підлоги	70
4.5. Гідравнічний розрахунок.	78
4.6. Вибір насосів та Основного обладнання обладнання.	80
4.7. Розрахунок системи ГВП.....	86
4.8. Кондиціонування повітря.....	91
4.9. Вентиляція	97
РОЗДІЛ 5	112
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ	112
РОЗДІЛ 6.....	116
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ	116

							Кваліфікаційна робота магістра	Арк. 4
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 7.....	120
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	120
РОЗДІЛ 8.....	124
ОХОРОНА ПРАЦІ.....	124
6.1.Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	125
6.2.Заходи профілактики виявлених чинників.....	126
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	132

- Додаток Д.1
- Додаток Д.2
- Додаток Д.3
- Додаток Д.4
- Додаток Д.5
- Додаток Д.6
- Додаток Д.7
- Додаток Д.8
- Додаток Д.9
- Додаток Д.10

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							5
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Вступ

Відповідно до завдання магістерської атестаційної роботи, архітектурно-планувальних рішень та чинних будівельних норм, був розроблений проєкт систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, а також гарячого водопостачання для житлового будинку в місті Миколаїв. У межах роботи проведено техніко-економічний аналіз систем вентиляції та кондиціонування, на основі якого обрано оптимальне рішення для цієї будівлі, а також виконано аналіз ефективності впроваджених рішень.

Функціонування систем опалення, вентиляції та кондиціонування має забезпечувати створення та підтримку оптимальних мікрокліматичних умов, відповідати санітарно-гігієнічним нормам, а також бути зручним для контролю та управління.

Система кондиціонування розроблена для підтримання встановлених параметрів внутрішнього повітря в теплу пору року.

Всі технічні рішення виконані з урахуванням чинних нормативних документів:

- ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування";
- ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель";
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія";
- ДБН В.2.2-15-2019 "Житлові будинки. Основні положення" із Зміною №1;
- ДБН В.1.2-10:2021 "Захист від шуму та вібрації";
- ДБН В.1.2-11:2021 "Енергозбереження та енергоефективність";
- ДБН В.1.2-7:2021 "Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека".

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							6
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1
ТЕПЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДІВЛІ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							7
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

1.1. Вихідні дані

1.1.1. Характеристика будівлі

Будівля знаходиться в місті Миколаїв на широті 46° північної широти та належить до другої температурної зони. У цьому регіоні барометричний тиск становить 990 ГПа, що є важливим фактором для врахування під час проєктування систем опалення, вентиляції та кондиціонування.

Цей житловий будинок розташований на схилі та має три поверхи, спроектовані каскадно відповідно до особливостей рельєфу. Конструкція споруди включає консольний виступ між цокольним і першим поверхами, що не лише надає будівлі архітектурної виразності, але й створює додатковий простір. Загальна висота будинку становить 11,8 метра, що забезпечує раціональне використання його площі та об'єму. Головний вхід розміщений із південного боку, завдяки чому будівля отримує достатньо природного світла й оптимальну інсоляцію протягом усього дня.

Загальний об'єм будівлі становить 1874 м³, а загальна площа приміщень дорівнює 492,75 м². У будівлі передбачено 38 приміщень із різним функціональним призначенням, серед яких житлові кімнати, технічні та допоміжні простори. Кожне приміщення виконує свою специфічну функцію, спрямовану на забезпечення комфорту мешканців. Така структура дозволяє ефективно організувати внутрішній простір, враховуючи потреби жителів, і максимально раціонально використовувати наявний об'єм і площу.

1.2. Розрахункові параметри повітря.

1.2.1. Параметри зовнішнього повітря.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря визначені відповідно до кліматичних характеристик, наведених у ДСТУ-Н Б В.1.1-27, для міста Миколаєва:

Таблиця 1.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							8
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Місто	Температура повітря, °С						Період із середньою добовою температурою повітря						
	Холодного періоду				Теплого періоду		≤8°С		≤10°С		≥21°С		
	Найхолодніша доба забезпеченістю		Найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю		Найжаркіша доба забезпеченістю 0,95	Найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99	Тривалість, діб	Середня температура, °С	Тривалість, діб	Середня температура, °С	Тривалість, діб	Середня температура, °С	
	0,98	0,92	0,98	0,92									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Миколаїв	+10,1	-26	-23	-22	-20	30	25	161	1,1	178	2	75	22,3

Розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення, вентиляції та кондиціонування в холодний період року встановлюється на рівні -20°С. Для систем вентиляції та кондиціонування в теплий період року розрахункова температура складає +35°С.

Основні кліматичні показники для міста Миколаїв:

- Географічна широта: 46,58° пн. ш.
- Тривалість опалювального періоду: 161 день
- Середня температура повітря в опалювальний період: 1,1°С

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Результуючі параметри зовнішнього повітря визначені відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27 для міста Миколаїв:

Таблиця 2.

Період року	Температура повітря, t_{ext} , °C	Ентальпія I_{ext} , кДж/кг	Вологовміст, d_{ext} , г/кг	Відносна вологість, %	Швид. Вітру, V_{ext} , м/с
Холодний період	-20	-19	0,534	84	3,4
Теплий період	+35	92,5	21,8	61	

1.2.2. Параметри внутрішнього повітря.

Температура повітря та відносна вологість у приміщеннях визначаються відповідно до норм та технічного завдання, з урахуванням вимог санітарно-гігієнічних стандартів для забезпечення комфорту та здоров'я мешканців:

Таблиця 2.

№ п/п	Найменування приміщення	Холодний період		Теплий період		Примітки
		t_{wz} , °C	Φ_{wz} , %	t_{wz} , °C	Φ_{wz} , %	
1-й поверх						
1	Хол	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
2	Електрощитова	16	-	-	-	
3	Кабінет	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
4/8/13	Гардеробна	20	-	-	-	
5	Котельна	16	-	-	-	
6	Бойлерна	16	-	-	-	
7	Передпокій	22	-	-	-	
9/14	Спальня	22	25-60	24,5±1,5	25-60	

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							10
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

10/15	Санвузол	25	-	-	-	
12	Студія	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
0-й поверх						
1	Зона столової та сходи	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
2	Вітальня	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
3	Кухня/бар	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
4/9/12	Санвузол	25	-	-	-	
5	Постирочна	18	-	-	-	
6	Кладова	18	-	-	-	
8	Спальня	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
10	Хол	22	-	-	-	
11	Майстер-спальня	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
13	Гардероб	20	-	-	-	
-1-й поверх						
3	Спальня	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
5	Санвузол	25	-	-	-	
6	Кімната відпочинку	22	25-60	24,5±1,5	25-60	
7	Переливний душ/душова	25	-	-	-	
8	Сауна	29	50-60	-	50-60	
Кваліфікаційна робота магістра						
						Арк.
						11
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата	

1.3. Теплотехнічний розрахунок та вибір огорожувальних конструкцій житлового будинку

1.3.1. Вимоги до огородження

При розрахунку огорожувальних конструкцій слід підібрати такі параметри, щоб вони відповідали вимогам, зазначеним у нормативних документах [2]. Розрахунок проводиться для зовнішніх та внутрішніх конструкцій, які використовуються для огородження та розділення приміщень з різницею температури повітря 4°C і більше. Під час вибору огорожувальних конструкцій необхідно враховувати такі вимоги:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin} \quad (1.1)$$

де:

- R_{qmin} - мінімально допустимі значення приведеного опору теплопередачі для непрозорих конструкцій або їх частин, а також для світлопрозорих конструкцій, $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$.
- $R_{\Sigma пр}$ - ефективність опору теплопередачі для непрозорих огорожувальних конструкцій або їх частин, а також для світлопрозорих огорожень, $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$;

$$\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max} \quad (1.2)$$

де:

- $\Delta\theta_{int-si,max}$ - згідно з санітарно-гігієнічними нормами, дозволена різниця між температурою повітря в приміщенні та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C.
- $\Delta\theta_{int-si}$ - різниця між температурою повітря всередині приміщення та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C;

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min} \quad (1.3)$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							12
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

де:

- $\theta_{si,min}$ - під час розрахунку температури внутрішнього та зовнішнього повітря враховується мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні, °С.
- $\theta_{tb,si,min}$ - мінімально дозволене значення температури внутрішньої поверхні в зоні теплопровідного включення огорожувальної конструкції, °С;

Згідно з таблицею Б.2, для теплотехнічних розрахунків ми визначаємо розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря. Для житлової частини будівлі приймаються такі параметри: температура $\theta_{int} = 20$ °С ; відносна вологість: $\phi_{int} = 55$ %.

Для поверхні підлоги необхідно виконати наступну умову:

$$Y_f \leq Y_{f,max} \quad (1.4)$$

де:

- $Y_{f,max}$ – максимально дозволене значення показника теплопоглинання підлогою, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$.
- Y_f – показник теплопоглинання поверхнею підлоги, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

1.3.2. Підбір зовнішня стіна будинку

Для зовнішньої стінової конструкції, що знаходиться в II температурної зони. Коефіцієнт тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{вн} = 8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$; $\alpha_з = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$. Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі становить: $R_{qmin} = 3,5 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$. Згідно з санітарно-гігієнічними вимогами, допустима різниця між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні конструкції для житлової будівлі не повинна перевищувати: $\Delta\theta_{int-si,max} = 4$ °С.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							13
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Опис матеріалів, що входять до складу огорожувальної конструкції

Таблиця 3.

Назва матеріала	$\rho, \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$	$\delta, [\text{М}]$	$R, \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$	$S_B, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$	$\lambda_B, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right]$	$\mu, \left[\frac{\text{мг}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}} \right]$
Клінкерна плитка	1600	0,02	0,03125	8,48	0,64	0,14
Вироби із екструдованого пінополістиролу	50	0,12	3,75	0,53	0,04	0,05
Керамічний блок Кератерм М100	1600	0,25	0,3125	8,48	0,64	0,14
Штукатурка	1800	0,02	0,215	11,09	0,93	0,09

Тепловий шару конструкції:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.5)$$

де:

- λ_i -теплопровідність матеріалу шару, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.
- δ_i -товщина шару, м ;

Тепловий опір першого шару конструкції:

$$R_1 = \frac{0,2}{0,64} = 0,03125 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Тепловий опір третього шару конструкції:

$$R_3 = \frac{0,25}{0,64} = 0,3125 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Тепловий опір четвертого шару конструкції:

$$R_3 = \frac{0,02}{0,93} = 0,0215 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Обчислюємо необхідну товщину теплоізоляційного матеріалу:

$$\delta_{\text{ут, min}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot \left(R_{\text{qmin}} - \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} - \sum_{i=1}^n R - \frac{1}{\alpha_3} \right), \text{ м} \quad (1.6)$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

де:

- R_{qmin} - мінімально дозволене значення приведенного опору теплопередачі.
- $\alpha_{вн}, \alpha_3$ - коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальних конструкцій, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

$$\delta_{ут,min} = 0,04 \cdot \left(3,5 - \frac{1}{8,7} - (0,03125 + 0,3125 + 0,215) - \frac{1}{23} \right) = 0,111$$
$$\approx 0,12 \text{ м}$$

Встановлюємо товщину утеплювача 120 мм.

Приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + R_1 + R_2 + \frac{1}{\alpha_{вн}}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \quad (1.7)$$

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{23} + \frac{0,12}{0,04} + 0,03125 + 0,3125 + 0,215 + \frac{1}{8,7} = 3,7 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Так як $R_{\Sigma пр}(3,7) = R_{qmin}(3,5)$ - умова виконується.

Визначимо температурний перепад між температурою повітря всередині приміщення та температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\Delta\theta_{int-si} = \frac{t_{вн} - t_3}{R_{\Sigma пр} \cdot \alpha_3}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.8)$$

$$\Delta\theta_{int-si} = \frac{20 + 20}{3,7 \cdot 8,7} = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так як $\theta_{int-si}(1,2) < \Delta\theta_{int-si,max}(4)$ - то умова виконується.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (1.9)$$

$$U = \frac{1}{3,7} = 0,27 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

1.3.3. Підбір перекриття, що межує із зовнішнім повітрям

Для перекриття, що знаходиться в II гігієнічними вимогами, допустима температурній зоні, мінімально різниця між температурою

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							15
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

допустиме значення приведенного внутрішнього повітря та приведеною опором теплопередачі складає: $R_{qmin} =$ температурою внутрішньої поверхні $6 \frac{m^2 \cdot K}{W}$. Коефіцієнт тепловіддачі для конструкції для житлової будівлі не повинна перевищувати: $\Delta\theta_{int-si.max} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

огороджувальної конструкції: $\alpha_{вн} = 8,7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$; $\alpha_3 = 6 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ Згідно з санітарно

Опис матеріалів, що входять до складу огороджувальної конструкції

Таблиця 4.

Назва матеріал	$\rho, \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	$\delta, [m]$	$R, \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$	$S_B, \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$\lambda_B, \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	$\mu, \left[\frac{mg}{m \cdot год \cdot Pa} \right]$
Баласт - щебінь гранітний, фракція	280	0,08	0,023	25,04	3,49	0,008
Цементно-піщана стяжка М 150 по ухилу армована Ø4 Вр-1, з чар.100x100 мм	1800	0,15	0,162	11,09	0,93	0,09
ЕППС Knauf CARBON PROF	50	0,22	5,5	0,53	0,04	0,05
Залізобетон	2500	0,2	0,1	18,95	2,04	0,03

Тепловий опір першого шару конструкції:

$$R_1 = \frac{0,08}{3,49} = 0,023 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Тепловий опір третього шару конструкції:

$$R_3 = \frac{0,15}{0,93} = 0,162 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Тепловий опір четвертого шару конструкції:

$$R_3 = \frac{0,2}{2,04} = 0,1 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Обчислюємо необхідну товщину теплоізоляційного матеріалу:

$$\delta_{ут,min} = 0,04 \cdot \left(6 - \frac{1}{8,7} - (0,023 + 0,162 + 0,1) - \frac{1}{6} \right) = 0,217 \approx 0,22 \text{ м}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							16
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Встановлюємо товщину утеплювача 220 мм.

Приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{0,04} + 0,023 + 0,162 + 0,1 + \frac{1}{8,7} = 6,06 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Так як $R_{\Sigma \text{пр}}(6,06) > R_{q \text{min}}(6)$ - умова виконується.

Визначимо температурний перепад між температурою повітря всередині приміщення та температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = \frac{20 + 20}{6,06 \cdot 8,7} = 0,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так як $\theta_{\text{int-si}}(0,76) < \Delta\theta_{\text{int-si.max}}(3)$ - то умова виконується.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$U = \frac{1}{6,06} = 0,165 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Оцінка теплостійкості в літній період:

Розрахунок теплових інерцій окремих шарів та огорожувальної конструкції в цілому

Таблиця 5.

Номер шару	Позначення	Розрахунок	Значення
1	D_1	$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0,023 \cdot 25,04 = 0,6$	0,6
2	D_2	$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0,162 \cdot 11,09 = 1,8$	1,8
3	D_3	$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 5,5 \cdot 0,53 = 2,9$	2,9
4	D_4	$D_4 = R_4 \cdot s_4 = 0,1 \cdot 18,95 = 1,9$	1,9
Усієї конструкції	D	$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,6 + 1,8 + 2,9 + 1,9 = 7,2$	7,2

Розрахунок показника теплопоглинання для кожного шару огорожувальної конструкції.

Так як теплова інерція першого шару $D_1(0,6) > 0,5$, то:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							17
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Y_1 = 2s_1 = 50,08 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

Так як теплова інерція другого шару $D_2(1,8) > 1$, то:

$$Y_2 = s_2 = 11,09 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

Так як теплова інерція третього шару $D_3(1,9) > 1$, то:

$$Y_3 = s_3 = 0,53 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

Так як теплова інерція четвертого шару $D_4(1,9) > 1$, то:

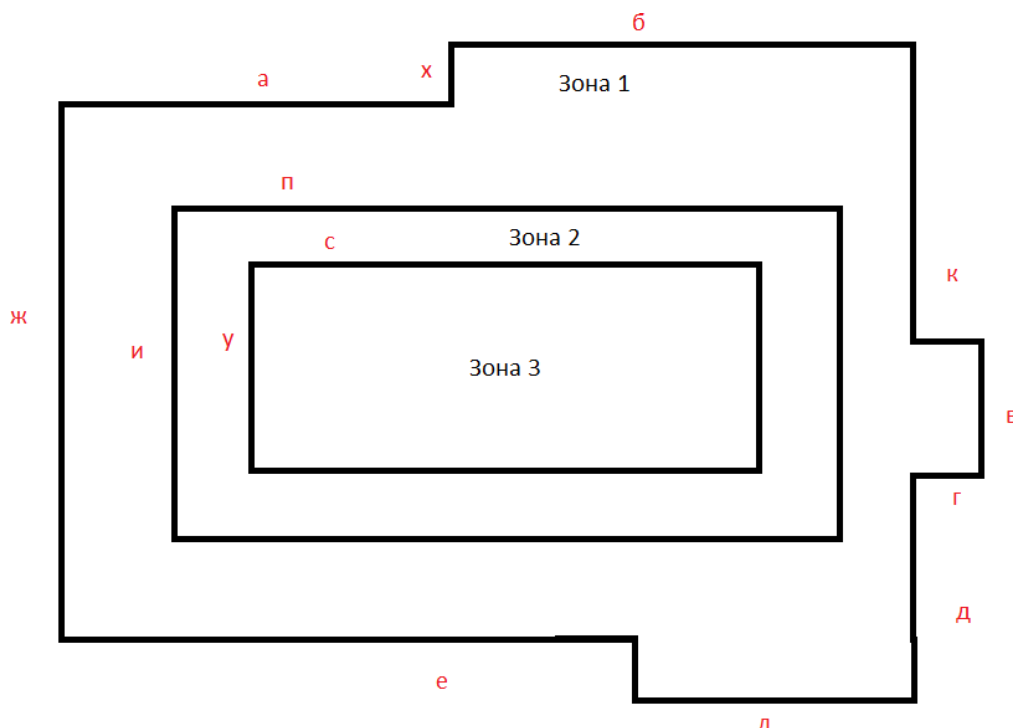
$$Y_4 = \frac{R_4 \cdot s_4^2 + Y_3}{1 + R_4 \cdot Y_3} = \frac{0,1 \cdot 18,95^2 + 0,53}{1 + 0,1 \cdot 0,53} = 34,6 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

1.3.4. Підбір підлоги на ґрунті

Площа підлоги, яка безпосередньо контактує з ґрунтом, поділяється на чотири зони, що розташовані паралельно до зовнішніх стін. Ширина перших трьох зон складає по 2 метри, а четверта зона охоплює всю решту площі. Приклад поділу приміщення на зони представлений на рис. 1. Використовуючи ці дані, де зазначені теплові зони будівлі, була проведена оцінка площ для кожної зони: першої, другої, третьої та четвертої, позначених як F1, F2, F3 та F4 відповідно.

Теплові зони будинку

Рисунок 1.



						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахунок виконано для приміщень -1-го та частину 0-го поверху, виходячи з архітектурно-планувальних рішень. Розрахунок було виконано за допомогою програмного забезпечення SoftHVAC. Склад огороження та результуючі дані наведено в таблицях 6. та 7 відповідно.

Опис матеріалів, що входять до складу огорожувальної конструкції.

Таблиця 6.

Назва матеріала	ρ , [$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$]	δ , [м]	R , [$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$]	S_B , [$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$]	λ_B , [$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$]	μ , [$\frac{\text{мг}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}$]
Плитка	2000	0,02	-	12,55	1,1	0,06
Цементно-піщана стяжка армована	1800	0,08	-	11,09	0,93	0,09
ЕППС Knauf CARBON ECO,	50	0,1	-	0,53	0,04	0,05
Залізобетон	2500	0,2	-	18,95	2,04	0,03
Цементно-піщана стяжка	1800	0,05	-	11,09	0,93	0,09
Knauf ЕПП	50	0,015	5,5	0,53	0,04	0,05
Бетонна підготовка	1600	0,1	-	7,91	0,58	0,17

Теплоізоляційні характеристики конструкції підлоги.

Таблиця 1.5.

Умовний опір теплопередачі $R_{п, I-IV}$ [$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$]	Ділянка			
	I зона	II зона	III зона	IV зона
	5,03	7,23	11,53	17,13

1.3.5. Вибір вікон для будівлі.

Коефіцієнт тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{вн} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ Для перекриття ,яка знаходиться в II температурної зони мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі становить: $R_{qmin} = 0,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$. Відповідно до архітектурно-планувальних рішень будинку,

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							19
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

застосовуються панорамні вікна ARTEVO від компанії Rehau. За інформацією виробника, ці вікна мають теплотехнічні характеристики, що відповідають значенню : $R_{ск} = 0,6 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$. (згідно EN 12412-2).

Приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{23} + 0,6 + \frac{1}{8} = 0,77 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Так як $R_{\Sigma пр}(0,77) = R_{qmin}(0,7)$ - умова виконується.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$U = \frac{1}{0,77} = 1,3 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Перший шар огороження : Скло

Теплова інерція першого шару:

$$D_1 = \frac{0,004}{0,76} \cdot 10,79 = 0,056$$

Так як теплова інерція першого шару $D_1(0,056) < 1$, то:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + \alpha_{вн}}{1 + R_1 \cdot \alpha_{вн}} = \frac{\frac{0,004}{0,76} \cdot 10,79^2 + 8}{1 + \frac{0,004}{0,76} \cdot 8} = 8,26 \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$$

1.3.6. Вибір зовнішніх дверей для будівлі.

.Для перекриття ,яка знаходиться в II температурної зони мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі становить: $R_{qmin} = 0,6 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$. Коефіцієнт тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{вн} = 8 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$: $\alpha_з = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ Відповідно до архітектурно-планувальних рішень будинку, застосовуються панорамні вікна ARTEVO від компанії Rehau. За інформацією виробника, ці вікна мають теплотехнічні характеристики, що відповідають значенню : $R_{ск} = 0,75 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$. (згідно EN 12412-2).

Приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{23} + 0,75 + \frac{1}{8} = 0,92 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							20
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Так як $R_{\Sigma пр}(0,92) = R_{qmin}(0,6)$ - то умова виконується.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$U = \frac{1}{0,92} = 1,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Перший шар огороження : Скло

Теплова інерція першого шару:

$$D_1 = \frac{0,004}{0,76} \cdot 10,79 = 0,056$$

Так як теплова інерція першого шару $D_1(0,056) < 1$, то:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + \alpha_{вн}}{1 + R_1 \cdot \alpha_{вн}} = \frac{\frac{0,004}{0,76} \cdot 10,79^2 + 8}{1 + \frac{0,004}{0,76} \cdot 8} = 8,26 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

1.3.7 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій проведено відповідно до технічного завдання, архітектурно-будівельних креслень та вимог ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель". Огорожувальні конструкції спроектовані з теплофізичними характеристиками, що забезпечують рівень споживання теплової енергії для опалення в межах чинних норм.

Розрахунковий опір теплопередачі огорожувальних конструкцій:

Таблиця 3.

№ п/п	Назва огорожувальних конструкцій	Мінімальний опір теплопередачі, $R_{q \min}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$	Прийнятий опір теплопередачі, $R_{q \text{ пр}}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$
1	Зовнішні стінові огороження -стіни, що межують із зовнішнім повітрям; -стіни, що межують з ґрунтом.	3,5	4,46

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							21
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

2	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,7	1,15
3	Зовнішні двері	0,6	0,92
4	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	6	6,06
5	Підлога по ґрунту:	-	-
	I зона		5,03
	II зона		7,23
	III зона		11,53
	IV зона		17,13

1.4. Обчислення теплових втрат та теплових надходжень в приміщення

1.4.1. Теплонадходження від пристроїв штучного освітлення.

У приміщеннях з природним освітленням теплові навантаження від штучного освітлення враховуються тільки в холодний період року. Якщо точна потужність освітлювальних приладів невідома, теплонадходження можна визначити, враховуючи рівень нормованої освітленості та площу приміщення:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot A \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \text{Вт} \quad (1.12)$$

де:

- E – нормативний рівень освітленості, Лк;
- A – площа підлоги приміщення, м²;
- $q_{\text{осв}}$ – питомі виділення теплоти, Вт/м² на 1 Лк освітленості;
- $\eta_{\text{осв}}$ – Теплова енергія, що надходить до приміщення, змінюється в залежності від способу установки світильників.

1.4.2. Постачання тепла в приміщення.

Надходження теплоти від людей:

Розрахунок здійснюється окремо для явних та повних теплових виділень.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							22
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Кількість повна теплоти:

$$Q_{\text{п.л.}} = \sum q_{\text{пі}} \cdot n_i, \text{Вт} \quad (1.10)$$

де:

- $q_{\text{пі}}$ – питоме тепловиділення, яке впливає на загальну кількість теплової енергії, що виділяється однією людиною, визначається залежно від температури робочого середовища та інтенсивності фізичного навантаження, $\frac{\text{Вт}}{\text{люд.}}$;
- n_i – кількість людей у приміщенні, люд.

Кількість явної теплоти:

$$Q_{\text{я.л.}} = \sum q_{\text{яі}} \cdot n_i, \text{Вт} \quad (1.11)$$

де:

- $q_{\text{яі}}$ – кількість явної теплоти, яку виділяє одна людина, $\frac{\text{Вт}}{\text{люд.}}$;
- n_i – кількість людей у приміщенні, люд.

1.4.3. Теплонадходження від сонячної радіації через світлопрозорі конструкції

Розрахунки теплових надходжень проводяться для кожного приміщення, в якому встановлені світлопрозорі отвори. Показник загального поглинання тепла огороженням та обладнанням приміщення включає врахування цих факторів:

$$\sum Y = Y_{\text{ос}} \cdot A_{\text{ос}} + Y_{\text{ог}} \cdot A_{\text{ог}} + Y_{\text{ст}} \cdot A_{\text{ст}} + Y_{\text{п}} \cdot A_{\text{п}}, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{К}} \right] \quad (1.14)$$

де:

- $A_{\text{ос}}, A_{\text{ог}}, A_{\text{ст}}, A_{\text{п}}$ – площі вікон, стін, стелі та підлоги, м^2 ;
- $Y_{\text{ос}}, Y_{\text{ог}}, Y_{\text{ст}}, Y_{\text{п}}$ – коефіцієнти теплосасвоєння, $\frac{\text{Вт}}{\text{К}}$;

$$\Delta = 2,55 \cdot (A_{\text{ос}} + A_{\text{ог}} + A_{\text{ст}} + A_{\text{п}}), [\text{м}^2] \quad (1.15)$$

де:

- Δ – показник інтенсивності конвективного теплообміну в приміщенні, м^2 .

Потік тепла, що передається через світловий отвір:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Q_{\Delta t} = (t_3 + 0,5 \cdot \theta_1 \cdot A_{\text{м.с.}} - t_{\text{п}}) \cdot \frac{A_{\text{ос}}}{R_{\text{ос}}}, [\text{Вт}] \quad (1.16)$$

де:

- $A_{\text{ос}}$ - площа віконих прорізів;
- $A_{\text{м.с.}}$ -середня добова амплітуда температури зовнішнього повітря за місяць: у липні, °С;
- t_3 -середня температура повітря за місяць: в липні, °С;
- $t_{\text{п}}$ – температура внутрішнього повітря в приміщенні, °С.
- θ_1 – коефіцієнт, який характеризує коливання температури зовнішнього повітря;
- $R_{\text{ос}}$ – термічний опір віконих прорізів.

Часове запізнення температурних коливань в огорожуючій конструкції ε , вимірюється в годинах:

$$\varepsilon = 2,7 \sum D - 0,4, \text{ год.} \quad (1.17)$$

$$\varepsilon_R = \varepsilon + 15, \text{ год.} \quad (1.18)$$

Потік тепла від сонячної радіації, що проходить через світловий отвір:

$$Q_{\text{осі}} = (q_{\text{р}} \cdot K_1 + q_{\text{п}} \cdot K_2) \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot A_{\text{ос}}, [\text{Вт}] \quad (1.19)$$

де:

- K_1 – коефіцієнт прямого опромінення сонячною радіацією;
- $q_{\text{р}}, q_{\text{п}}$ – поверхнева щільність теплового потоку (як розсіяного, так і прямого), Вт/м²;
- K_3 – коефіцієнт теплопроникності сонцезахисних пристроїв;
- K_2 – Коефіцієнт поглинання для врахування потоку розсіяної сонячної радіації, що проходить через незатемнені світлові прорізи, без наявності горизонтальних чи вертикальних зовнішніх захисних конструкцій.
- K_4 – коефіцієнт теплопроникності склінням світлових прорізів. Для двошарових склопакетів в металевих палітурках;
- $A_{\text{ос}}$ – площа світлового прорізу (скління), м².

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							24
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

ПТепловий потік, що проходить через і-й закслений світловий отвір від сонячної радіації:

$$Q_{oc} = Q_{oc_i} \cdot a_n + Q_{\Delta t}, [Вт] \quad (1.20)$$

де:

- a_n - коефіцієнт поглинання теплового потоку сонячної радіації, залежно від відношення $\frac{\sum Y}{\Delta}$.

1.4.4. Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні конструкції.

Тепловий потік, який проходить через масивну огорожувальну конструкцію, позначений як Q_m :

$$Q_m = \left[\frac{1}{R_{\Sigma пр}} \cdot \left(t_{зovн} + \chi \cdot \frac{J_{cp}}{\alpha_{зovн}} - t_1 \right) + \beta \cdot \frac{\alpha_{вн}}{v} \cdot \left(0,5 \cdot \theta_1 \cdot A_{м.с.} + \frac{\chi}{\alpha_{зovн}} \cdot \theta_2 \cdot A_j \right) \right] \cdot A_m, [Вт] \quad (1.21)$$

де:

- $t_{зovн}$ - зовнішня температура повітря, °С;
- β - Коефіцієнт, що дорівнює 1, застосовується за умов відсутності вентиляційного повітряного прошарку в огорожувальній конструкції.
- $R_{\Sigma пр}$ - опір теплопередачі масивної огорожувальної конструкції, $м^2 \cdot К / ВТ$;
- $\alpha_{зovн}$, $\alpha_{вн}$ - коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої і внутрішньої поверхонь огороження $ВТ / (м \cdot ^\circ С)$, приймається за ДБН В.2.6-31:2021; $\alpha_{зovн} = 23 \left[\frac{ВТ}{м^2 \cdot К} \right]$; $\alpha_{вн} = 8,7 \left[\frac{ВТ}{м^2 \cdot К} \right]$;
- R_1 , R_2 , R_3 - опір теплопередачі шару огорожувальної конструкції, $м^2 \cdot К / ВТ$;
- χ - Коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею огорожувальної конструкції визначається згідно з ДБН В.2.6-31:2021;

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							25
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- J_{cp} - Середньодобове значення поверхневої густини теплового потоку сумарної сонячної радіації (прямої та розсіяної) у Вт/м², що потрапляє в приміщення протягом липня;
- ν - Величина затухання амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції.
-
- t_1 - температура повітря біля поверхні огороження,°С:
- $\alpha_{зовн}$, $\alpha_{вн}$ - коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої і внутрішньої поверхонь огороження Вт/(м²·°С), приймається за ДБН В.2.6-31:2021; $\alpha_{зовн} = 23 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$; $\alpha_{вн} = 8,7 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;

$$\nu = 2^{\sum D} \cdot \left(0,83 + 3 \cdot \frac{\sum R}{\sum D} \right) \cdot \nu_e \cdot \nu_a \quad (1.22)$$

де:

- $\sum D$ – теплова інерція огороження:

$$\sum D = D = D_1 + D_2 + D_3$$

- $\sum R$ – термічний опір огороження Вт/м²·°С:

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3$$

Для багат шарової конструкції:

$$\nu_e = 0,85 + 0,15 \cdot \frac{s_1}{s_2} \quad (1.23)$$

- s_1, s_2 – коефіцієнти теплосвоєння матеріалів першого і другого шарів вздовж напрямку теплової хвилі, Вт/м²·°С;
- A_j - Амплітуда коливань сумарної сонячної радіації (що включає як пряму, так і розсіяну складові) протягом доби:

$$A_j = J_{max} - J_{cp}, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right] \quad (1.24)$$

де:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							26
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- J_{\max} - Максимальна величина сумарної сонячної радіації (включаючи пряму та розсіяну складові), що досягає зовнішньої огорожувальної конструкції:

$$J_{\max} = J_{\max(p)} - J_{\max(n)}, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

$J_{\text{ср}}$ - Середнє значення сумарної сонячної радіації (включаючи пряму та розсіяну складові), що досягає зовнішньої огорожувальної конструкції протягом доби.

Розрахунок теплонадходжень був здійснений з використанням програмного забезпечення SoftHVAC.

Розрахунки наведено в додатку Д.1

1.4.5. Проектні тепловтрати опалювального приміщення

Розрахункові теплові втрати приміщення через теплопередачу через будівельні огороження залежать від різних способів облаштування приміщення:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,ij} + N_{T,iue}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{Вт} \quad (1.45)$$

де:

- $N_{T,ie}$ – опис трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції в напрямку зовнішнього середовища, Вт/°С;
- $N_{T,ij}$ – Опис трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через огорожувальні конструкції до суміжних приміщень., Вт/°С;
- $N_{T,iue}$ – Опис трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огорожувальні конструкції до неопалюваного приміщення або зовнішнього середовища., Вт/°С;
- $\theta_{int,i}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;
- θ_e – температура зовнішнього повітря, °С.

При розрахунках зростання витрат теплоти у високих приміщеннях враховуються коефіцієнти, що залежать від висоти приміщення. Цей коефіцієнт показує вплив висоти на втрати тепла і включається в розрахункові формули $f_{h,i}$.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							27
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Опис трансмісійних теплових втрат приміщення через зовнішні огорожувальні конструкції:

Розрахункова величина тепловтрат приміщень, що забезпечують через теплопередачу від опалюваного простору до зовнішнього середовища через конструктивні елементи будівлі, зокрема стіни, двері, стелю та вікна:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}} \quad (1.46)$$

де:

- A_k – Площа, через яку відбувається теплопередача для k -го огороження приміщення, м^2 ;
- U_k – Коефіцієнт теплопередачі від внутрішнього повітря через k -те огороження приміщення до зовнішнього середовища, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{К})$;
- ψ_l – Лінійний коефіцієнт теплопередачі для l -го компонента лінійного теплового мосту в структурі будівельного огороження, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{К})$;
- l_l – довжина лінійного теплового мосту в огороженні, м ;
- e_k, e_l – Коригувальні коефіцієнти, що враховують додаткові тепловтрати через випромінювання поверхні огороження, залежать від таких чинників, як мікрокліматичні умови, тип ізоляційних матеріалів, їх вологість, швидкість вітру та температура зовнішнього повітря.

Вентиляційні тепловтрати приміщень:

Розрахункові теплові втрати приміщення, що виникають внаслідок обігріву вентиляційного повітря в приміщеннях:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{Вт} \quad (1.47)$$

де:

- $H_{V,i}$ – Характеристика тепловтрат приміщення, що виникають через вентиляцію, $\text{Вт}/^\circ\text{C}$.

Розрахункове значення тепловтрат опалювального приміщення при нагріванні зовнішнього вентиляційного повітря, що потрапляє через вентиляційні

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							28
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

процеси (інфільтрація, провітрювання та інші), можна визначити за допомогою відповідної розрахункової формули:

$$H_{V,i} = V_i^c \cdot \rho \cdot c_p \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{°C}} \quad (1.48)$$

де:

- ρ – густина повітря при розрахунковій температурі приміщення, кг/м^3 ;
- c_p – Питома теплоємність повітря при розрахунковій температурі в приміщенні, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;
- V_i^c – Об'ємна витрата повітря, що надходить до опалювального приміщення і вимірюється в кубічних метрах на секунду ($\text{м}^3/\text{с}$), розраховується залежно від організації повітрообміну в приміщенні. Цей параметр визначається з урахуванням таких чинників, як система вентиляції, розміри вентиляційних отворів, налаштування клапанів або регуляторів потоку повітря, інтенсивність провітрювання та інші аспекти.

Якщо в приміщенні відсутня організована подача припливного повітря, для визначення об'ємної витрати повітря (V_i) при розрахунку приймається більше значення між інфільтраційним та санітарно-гігієнічним повітрообмінами. Це означає, що розрахункова величина V_i враховує потік повітря, який потрапляє в приміщення через непередбачувані щілини, тріщини або не призначені для цього вентиляційні канали (інфільтрація), а також потік повітря, необхідний для дотримання санітарних та гігієнічних норм:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}), \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (1.49)$$

Розрахунок тепловтрат виконувався за допомогою програмного забезпечення SoftHVAC.

Результати розрахунків тепловтрат наведено в додатку Д.2

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							29
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

1.5. Необхідне теплове навантаження для будинку

1.5.1. Теплова потужність системи опалення

Згідно з діючими нормативними документами, теплова потужність системи опалення визначається за наступною формулою:

$$Q_{co} = 1,1 \cdot (Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3) \quad (1.50)$$

де:

- Q_1 - розрахункові тепловтрати будинку, кВт;
- b_1 - Коефіцієнт дискретності типорозмірів опалювальних приладів, який враховує додатковий тепловий потік при виборі опалювального приладу через округлення розрахункової величини кількості секцій або теплової потужності в більшу сторону, приймається згідно з табличними даними, де $b_1 = 1,13$ (для мінімального типорозміру 0,7 та кроком опалювальних приладів 0,1).
- b_2 - Коефіцієнт врахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими в зовнішніх огороженнях при відсутності теплозахисних екранів, приймається згідно з табличними даними, де $b_2 = 1,05$ (для конвекторів з кожухом, що встановлені біля скління).
- Q_2 - Непродуктивні втрати теплоти трубопроводами, що розташовані в неопалюваних приміщеннях, визначаються в кВт. Оскільки точний розрахунок цих втрат неможливий до виконання гідравлічного розрахунку системи опалення, можна прийняти максимально допустиме значення тепловтрат трубопроводами, що становить 4% від загальної величини тепловтрат будинку (Q_1):

$$Q_2 = 0,04 \cdot Q_1 = 0,04 \cdot 29 = 1,16 \text{ кВт} \quad (1.51)$$

- Q_3 - Квазістаціонарний тепловий потік, що постійно надходить від людей, обладнання, освітлення, нагрітих матеріалів та виробів, сонячної радіації тощо, вимірюється в кВт. Оскільки в будівлі використовуються світлодіодні лампи, які набагато ефективніше перетворюють електроенергію в світло (приблизно 80-90% електроенергії) і лише 10-20% — в тепло, вони виділяють значно менше тепла порівняно з лампами

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							30
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

розжарювання, які перетворюють 90-95% електроенергії в тепло. Тому світлодіоди практично не нагрівають навколишнє повітря і можуть бути не враховані в розрахунках для систем опалення. Крім того, через малу кількість людей у приміщенні їхня теплова віддача є настільки незначною, що можна її знехтувати.

$$Q_{co} = 1,1 \cdot (29 \cdot 1,13 \cdot 1,05 + 1,16) = 39,2 \text{ кВт}$$

1.5.2. Витрата тепла на гаряче водопостачання будівлі.

Тепловий потік Q_T^h , Q_{hr}^h за період максимального водоспоживання на потреби гарячого водопостачання визначають за формулами: Середній за годину:

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t^c), \text{ кВт} \quad (1.52)$$

де:

- q_T^h – середня за годину розрахункова витрата гарячої води, м³/год;
- t^c – температура холодної води, 5°C, у мережі водопроводу в холодний період року.

$$Q_T^h = 1,16 \cdot 0,042 \cdot (55 - 5) = 2,44 \text{ кВт}$$

Упродовж години максимального споживання:

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot q_{hr}^h \cdot (55 - t^c), \text{ кВт} \quad (1.53)$$

де:

- q_{hr}^h – максимальна за годину розрахункова витрата гарячої води, м³/год.

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot 0,41 \cdot (55 - 5) = 23,8 \text{ кВт}$$

1.5.3. Витрати тепла на вентиляцію будівлі

Середньогодинна витрата теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_B = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_B - t_3), \text{ Вт} \quad (1.54)$$

де:

- $t_3 = -20^\circ\text{C}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування;
- $t_3 = 22^\circ\text{C}$ – кінцева температура повітря, що нагрівається;
- $L = 815 \text{ м}^3/\text{год}$ – об'ємна витрата
- c_B – питома масова теплоємність повітря, що дорівнює 1 кДж/(кг °C);
- 0,28 – перевідний коефіцієнт;

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							31
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- ρ_v – густина припливного повітря при температурі, що відповідає розрахунковому режиму, кг/м^3 .

$$Q_v = 0,28 \cdot 815 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (22 - (-20)) = 13420 \text{ Вт} = 13,42 \text{ кВт}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							32
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ
ОВІК ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							33
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

2.1. Аналіз проектних рішень для систем опалення

Системи опалення являють собою комплекс елементів, необхідних для забезпечення оптимального температурного режиму приміщень у холодний період року. Основними елементами системи опалення являються джерела тепла, теплопроводи, нагрівальні прилади. Теплоносіями виступають нагріта вода, пара або ж повітря.

Опалювальні системи поділяються на центральні та місцеві. До місцевого належить повітряне опалення, а також опалення електричними та газовими приладами. До систем центрального опалення відносять: водяне, парове, повітряне, комбіноване.

Повітряне опалення: місцеве (подача підігрітого повітря від місцевих нагрівачів) або ж центральне (подача підігрітого повітря від джерела тепла). Основними перевагами цієї системи являється швидкий тепловий ефект при вмиканні системи, відсутність нагрівальних приладів та можливість використання в літній період для охолодження приміщень. Досягти найбільш економічного ефекту можливо в результаті суміщення опалення із загальною обмінною вентиляцією.

Для досягнення мінімальних енерговитрат при опаленні електричними приладами, необхідно доповнювати іншими варіантами опалення, так як експлуатаційні витрати для такого приладу залежать від вартості електроенергії, або в певних типах приміщень, де центральне опалення неможливо або небажано.

Для енергоефективнішого опалювання газовими приладами доцільно використовувати конденсаційні котли на відміну від звичайних. Саме конденсаційні котли для підігріву теплоносія використовують не лише енергію від згоряння газу, а також тепло, отримане від конденсації пари. Таким чином забезпечується вища теплопровідність палива, тобто досягається максимально можлива користь від його згоряння

Парова та водяна системи опалення в залежності від тиску пари чи температури води поділяють на системи низького тиску або ж високого, з тиском

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							34
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

пари до 70 кПа або температури води до 100 °С та з тиском пари більше 70 кПа або температурою води понад 100 °С відповідно. Водяне опалення низького тиску відповідає основним санітарно-гігієнічним вимогам так як основними перевагами даної системи є рівномірність нагрівання приміщень, відсутність запаху гару при осіданні пилу на нагрівальні прилади, можливість централізованого регулювання температури теплоносія. Парове опалення на відміну від водяного має низку недоліків, зокрема внаслідок перегрівання повітря знижується його відносна вологість, а органічний пил, що осідає на нагрівальних приладах підгорає та створює запах гару.

Враховуючи вищевикладене дійдемо до висновку, що саме місцева система опалення є найбільш доцільною для влаштування, так як при центральному опаленні орієнтовно 5% теплової енергії втрачається на стадії теплогенерації, тобто під час виробництва її в котельнях і на ТЕС; 10-15% втрачається на стадії транспортування і до кінцевого користувача потрапляє лише 80-85% теплової потужності. Місцева система опалення виключає можливість перерахованих вище тепловтрат так як джерело тепла знаходиться безпосередньо на ділянці яку потрібно опалювати.

2.2. Аналіз проектних рішень для систем вентиляції

Системи вентиляції забезпечують необхідний повітрообмін у приміщеннях, видаляючи відпрацьоване повітря та подаючи свіже, що дозволяє підтримувати оптимальні мікрокліматичні умови. Основні елементи вентиляційної системи включають повітропроводи, вентилятори, повітряні клапани, фільтри та рекуператори. Вентиляційні системи можуть бути механічними або природними, централізованими чи місцевими, залежно від методів організації повітрообміну.

2.2.1 Типи систем вентиляції

1. Природна вентиляція

Природна вентиляція ґрунтується на природних процесах, зокрема різниці температури та тиску повітря всередині та зовні будівлі, а також вітрових

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							35
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

навантаженнях. Ця система не потребує використання механічних вентиляторів, що знижує витрати на експлуатацію.

Переваги:

- Низька вартість встановлення та відсутність витрат на електроенергію.
- Простота в обслуговуванні та експлуатації.
- Зменшення шуму, оскільки відсутні механічні елементи.

Недоліки:

- Низька ефективність в умовах слабкої різниці температур або у спокійну погоду.
- Немає можливості регулювати повітрообмін за необхідності.
- Можливі коливання температури в приміщеннях, особливо в багатоповерхових будівлях, що знижує ефективність вентиляції.

2. Механічна вентиляція

Механічна вентиляція забезпечує примусовий повітрообмін за допомогою вентиляторів, які контролюють процес подачі та видалення повітря незалежно від зовнішніх умов. Цей тип вентиляції може бути централізованим або місцевим.

- **Централізована механічна вентиляція:** Подає свіже повітря та видаляє відпрацьоване повітря з усіх приміщень одночасно, забезпечуючи рівномірний повітрообмін.
- **Місцева механічна вентиляція:** Працює у конкретних зонах або приміщеннях (наприклад, кухні, санвузли) для видалення забрудненого повітря з джерел його утворення.

Переваги:

- Забезпечує високий рівень контролю над повітрообміном.
- Можливість регулювання температури та вологості.
- Рівномірний розподіл повітря, незалежний від кліматичних умов.

Недоліки:

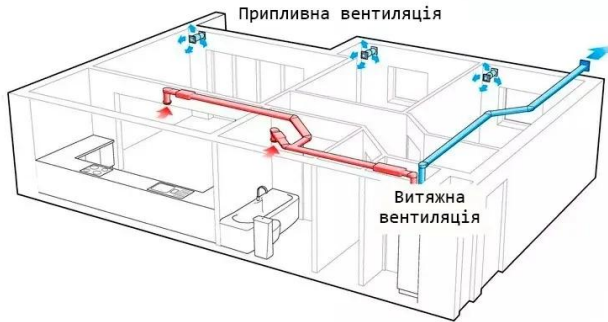
- Потребує значних витрат на електроенергію для роботи вентиляторів.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							36
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Необхідність регулярного технічного обслуговування (очищення фільтрів, обслуговування вентиляторів).
- Підвищений рівень шуму в разі неправильного монтажу або роботи вентиляційних систем.

2.2.2. Типи вентиляційних систем за способом обробки повітря

1. Витяжна вентиляція



Витяжна вентиляція видаляє відпрацьоване повітря з приміщення через витяжні вентилятори або повітропроводи, створюючи зону розрідження, яка сприяє надходженню

свіжого повітря ззовні.

Переваги:

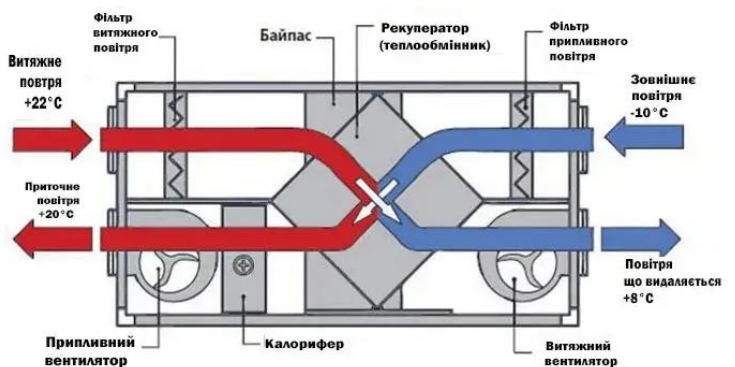
- Ефективне видалення шкідливих речовин, надлишкової вологи та запахів.
- Простота у встановленні та відносно низька вартість обслуговування.

Недоліки:

- Неможливість регулювання кількості свіжого повітря.
- При відсутності адекватного притоку може створюватися дефіцит свіжого повітря.

2. Приточно-витяжна вентиляція

Приточно-витяжна вентиляція забезпечує одночасно приток свіжого та видалення відпрацьованого повітря, що дозволяє зберігати баланс тиску в приміщенні. Часто обладнується системами рекуперації тепла для зниження тепловтрат.



Переваги:

- Підтримка оптимального повітряного балансу та мікроклімату.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							37
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Зниження енерговитрат завдяки рекуперації тепла.
- Регулювання температури та вологості повітря.

Недоліки:

- Висока вартість встановлення та обслуговування.
- Потребує значного простору для розміщення обладнання та повітропроводів.
- Підвищені вимоги до технічного обслуговування рекуператорів та вентиляторів.

Одже, результуючи для досягнення енергоефективності та оптимальних умов мікроклімату рекомендується встановлення приточно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла. Це рішення забезпечить максимальний повітрообмін із мінімальними енерговитратами, що особливо актуально для будівель із високими вимогами до комфорту.

2.3. Типи систем кондиціонування

1. Спліт-системи

Спліт-системи складаються з внутрішнього та зовнішнього блоків, які з'єднані трубопроводом для холодоагенту. Внутрішній блок монтується в приміщенні і забезпечує охолодження або обігрів повітря.

Переваги:

- Можливість індивідуального регулювання температури в кожному приміщенні.
- Відносно низька вартість встановлення.
- Простота в експлуатації та обслуговуванні.

Недоліки:

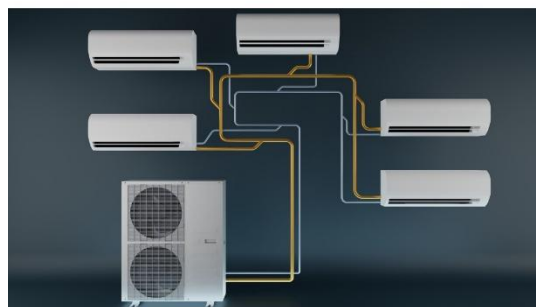
- Необхідність монтажу зовнішніх блоків, що може псувати естетичний вигляд фасаду.
- Обмежена потужність та ефективність для великих площ.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							38
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Неможливість централізованого управління для багатоповерхових будівель.

2. Мультиспліт-системи

Мультиспліт-системи дозволяють підключити декілька внутрішніх блоків до одного зовнішнього, забезпечуючи кондиціювання одразу у кількох приміщеннях.



Переваги:

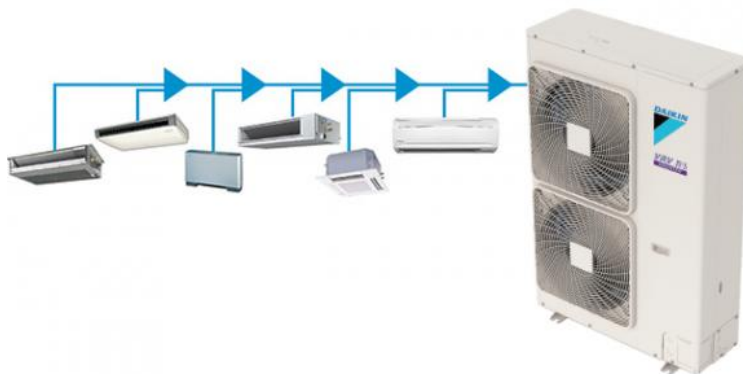
- Зниження кількості зовнішніх блоків на фасаді.
- Можливість охолодження або обігріву кількох кімнат одночасно.
- Індивідуальне регулювання температури в кожному приміщенні.

Недоліки:

- Складніший монтаж та підвищена вартість порівняно зі спліт-системами.
- При поломці зовнішнього блоку всі внутрішні блоки стають неактивними.
- Необхідність регулярного обслуговування для забезпечення ефективності.

3. VRF/VRV-системи

Системи з регульованим потоком холодоагенту (VRF або VRV) є централізованими системами, які дозволяють одночасно охолоджувати та обігрівати різні приміщення в будівлі, використовуючи один зовнішній блок і декілька внутрішніх блоків.



Переваги:

- Висока енергоефективність завдяки можливості регулювання витрат холодоагенту.
- Підтримка різних температурних режимів у різних приміщеннях.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							39
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

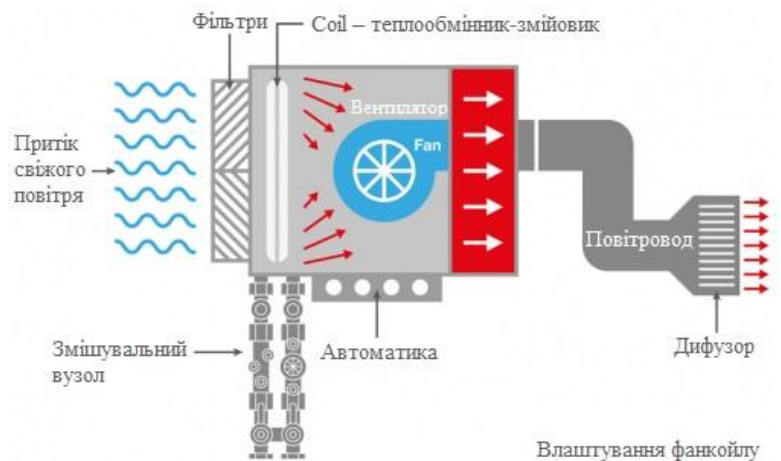
- Можливість встановлення в будівлях будь-якої поверховості, особливо у великих офісних та житлових комплексах.

Недоліки:

- Висока вартість встановлення та обслуговування.
- Складність монтажу і потреба в професійному обслуговуванні.
- Необхідність виділення значного простору для зовнішнього блоку та системи трубопроводів.

4. Чілер-фанкойл системи

Чілер-фанкойл системи складаються з чілера (охолоджувача води), який охолоджує воду, і фанкойлів (повітроохолоджувачів), які забезпечують охолодження або обігрів повітря в приміщеннях за допомогою циркуляції охолодженої води.



Переваги:

- Висока ефективність для кондиціонування великих площ.
- Можливість використання системи для як охолодження, так і для опалення.
- Низькі експлуатаційні витрати завдяки високій енергоефективності.

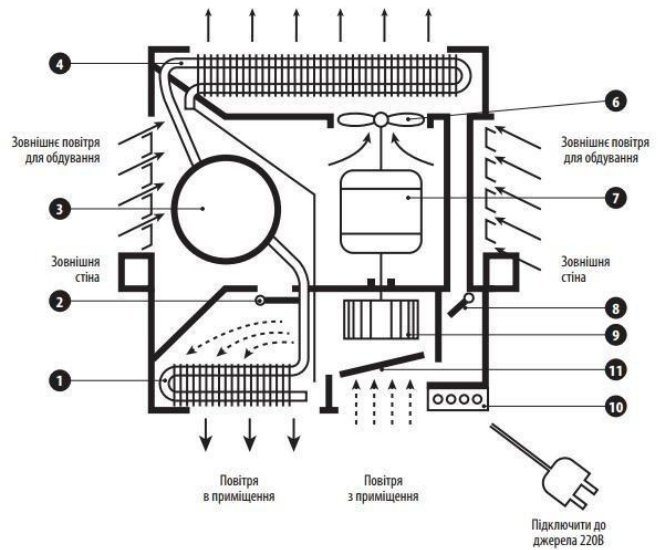
Недоліки:

- Складний монтаж та висока вартість обладнання.
- Потреба у великому технічному приміщенні для встановлення чілера.
- Необхідність регулярного обслуговування для запобігання утворенню конденсату та забезпечення ефективної роботи.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							40
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

5. Мобільні та віконні кондиціонери

Це автономні місцеві системи кондиціонування, які не потребують складного монтажу. Віконний кондиціонер – це компактний кліматичний пристрій, який встановлюється безпосередньо у віконний отвір або спеціально підготовлений отвір у стіні а мобільні можна переміщати по приміщенню. Цей тип кондиціонера є моноблоком, що поєднує в собі всі необхідні компоненти для охолодження, а іноді і нагрівання повітря в приміщенні.



1. Випарювач; 2/8. Вентилятор обдування повітря;
 3. Компресор; 4. Конденсер;
 5. Трубопровід фреону; 6. Вентилятор обдування Повітря
 7. Мотор вентиляторів;
 9. Вентилятор обдування випарювача;
 10. Панель управління; 11. Фільтр очистки.

Переваги:

- Відсутність необхідності складного монтажу та зручність у переміщенні.
- Відносно низька вартість, що робить їх доступними для більшості користувачів.
- Можливість використання у невеликих приміщеннях.

Недоліки:

- Низька потужність, неефективні для великих приміщень.
- Підвищений рівень шуму під час роботи.
- Можливі втрати тепла через віконні щілини (для віконних кондиціонерів).

Висновок

Оптимальним рішенням для кондиціонування великих житлових або комерційних будівель є централізовані системи (наприклад, VRF або чілер-фанкойл системи), оскільки вони забезпечують рівномірний температурний режим та високу енергоефективність. Для невеликих квартир та будинків

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							41
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

найбільш доцільним є використання мультиспліт або спліт-систем, що дозволяє контролювати температуру в кожному приміщенні окремо.

2.4. Системи гарячого водопостачання (ГВП)

Системи гарячого водопостачання призначені для забезпечення постійної подачі гарячої води до приміщень, що потребують цього для гігієнічних, побутових або виробничих потреб. Основні елементи систем ГВП включають водонагрівачі, теплопроводи, запірну та регулюючу арматуру, а також накопичувальні ємності. Основним теплоносієм виступає вода, яка нагрівається до необхідної температури.

Системи гарячого водопостачання поділяються на централізовані та місцеві. Місцеві системи включають електричні та газові водонагрівачі, бойлери. До централізованих систем належать установки, де нагрів води здійснюється в котельнях або на теплоелектроцентралях, і вода транспортується до кінцевих користувачів через мережу трубопроводів.

2.4.1. Типи систем гарячого водопостачання

1. Централізоване гаряче водопостачання

Централізована система забезпечує подачу гарячої води з котелень або ТЕЦ, звідки нагріта вода транспортується до будівель через систему трубопроводів.

Переваги:

- Можливість обслуговування великої кількості споживачів одночасно.
- Економічність у великих будівлях або комплексах.
- Менші витрати на обслуговування для кінцевих користувачів.

Недоліки:

- Втрати тепла під час транспортування, особливо на великих відстанях.
- Неможливість індивідуального регулювання температури.
- Залежність від централізованого постачання тепла та можливість перебоїв у випадку ремонтних робіт.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

2. Місцеві бойлерні установки

Місцеві бойлери встановлюються безпосередньо в будівлі або квартирі та забезпечують нагрів води на місці. Такі системи можуть бути електричними, газовими або твердопаливними.

Стандартна конструкція накопичувального бойлера включає водний резервуар, обрамлений

декоративною оболонкою з ізоляційним шаром між ними, що нагадує термос. Відмінності між моделями стосуються виду

Структура та механізм роботи накопичувальних

Нагрівача – це може бути водонагрівачів електричний елемент або газовий пальник. Менш поширені водонагрівачі з непрямим нагріванням через змійовик, підключений до опалювальної системи.

Переваги:

- Можливість індивідуального регулювання температури гарячої води.
- Відсутність залежності від центрального водопостачання, особливо важливо у віддалених районах.
- Низькі тепловтрати завдяки відсутності необхідності транспортування гарячої води.

Недоліки:

- Потреба у виділенні місця для встановлення бойлера.
- Вищі експлуатаційні витрати (особливо для електричних бойлерів).
- Необхідність регулярного обслуговування для забезпечення безпеки та ефективності.

3. Проточні водонагрівачі



Структура та механізм роботи накопичувальних

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Проточні водонагрівачі нагрівають воду тільки в момент використання. Нагрів здійснюється безпосередньо під час протікання води через нагрівач, що забезпечує миттєве отримання гарячої води.

Переваги:

- Компактність і відсутність потреби у зберіганні води.
- Миттєве нагрівання, що забезпечує економію енергії.
- Відсутність обмежень за об'ємом гарячої води (подача на вимогу).

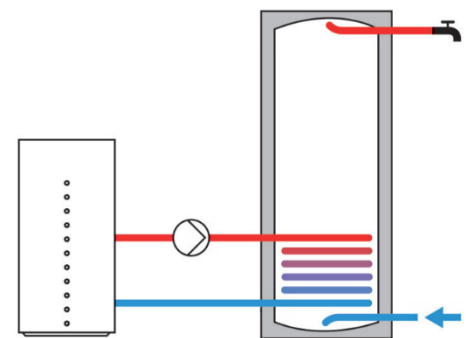
Недоліки:

- Велике навантаження на електромережу для електричних моделей.
- Потреба у стабільному та достатньому тиску води.
- Обмежена можливість встановлення у будинках зі слабкою електромережею.

4. Системи з використанням теплових насосів

Велику перспективу має використання теплових насосів у системах гарячого водопостачання (ГВС) будівель. Відомо, що в річному циклі на ГВС витрачається приблизно стільки ж тепла, скільки і на опалення будівель.

Теплові насоси для гарячого водопостачання використовують тепло з навколишнього середовища (повітря, ґрунту або води) для нагрівання води. Це високоефективна та екологічно чиста система.



Моновалентний режим нагріву води

Переваги:

- Висока енергоефективність завдяки використанню природного тепла.
- Можливість нагріву великої кількості води з мінімальними витратами енергії.
- Екологічність та зниження викидів CO₂.

Недоліки:

- Висока початкова вартість встановлення та обладнання.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							44
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Залежність ефективності від кліматичних умов.
- Необхідність виділення місця для теплового насоса та забезпечення належної вентиляції.

5. Сонячні колектори

Сонячний колектор – конструкція або пристрій для перетворення енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі у тепло. На відміну від сонячних батарей, які виробляють безпосередньо електрику, сонячний колектор здійснює нагрів матеріала-теплоносія. Колектори застосовують для підігріву води та підтримання опалення, існують різні їх типи, але всі вони засновані на простому принципі: темна поверхня «вбирає» сонячну енергію, потім це тепло

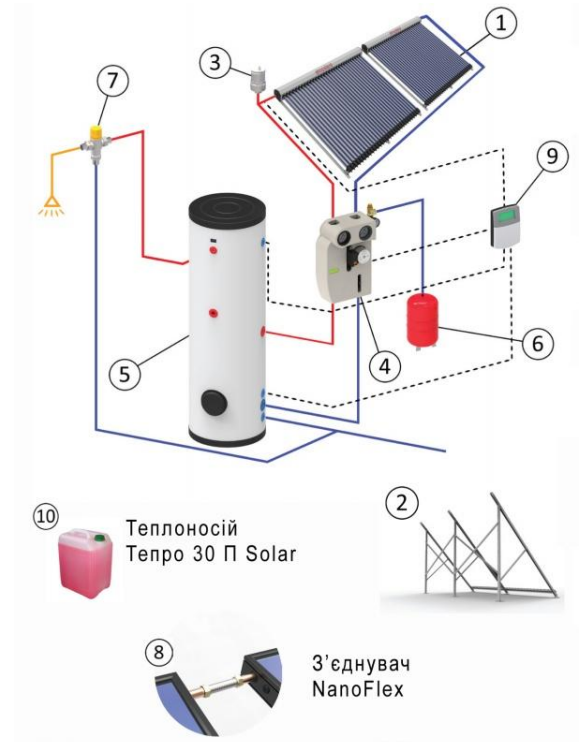


Схема роботи сонячної геліотермальної станції.

передається теплоносію. Найпростіші колектори пасивної системи не вимагають насосів або іншого електрообладнання, бо гаряча рідина переміщається між колектором і баком

1. Сонячні колектори; 2. Рама; 3. Повітрявідвідний клапан. 4. Насосна група; 5. Бак-накопичувач;
6. Розширювальний бак; 7. Термомішувальний клапан
8. З'єднувач; 9. Контролер; 10. Теплоносій

за принципом конвекції (нагріта рідина завжди піднімається вгору), а завдяки застосуванню антифризу вони можуть використовуватися навіть в зимовий час

Переваги:

- Використання відновлювальної енергії, що знижує витрати на електроенергію.
- Висока ефективність у сонячних регіонах.
- Екологічність і відсутність шкідливих викидів.

Недоліки:

- Нестабільність нагрівання через залежність від погодних умов.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							45
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Необхідність резервних систем для забезпечення ГВП в холодні або похмурі дні.
- Високі початкові інвестиції у встановлення колекторів та обладнання.

Висновок

Найбільш доцільним для багатоповерхових будівель або районів із розвинутою інфраструктурою є централізовані системи ГВП, оскільки вони забезпечують стабільну подачу гарячої води та знижують витрати на експлуатацію. У приватних будинках або будівлях із низькою щільністю населення доцільно використовувати місцеві системи, такі як бойлери або теплові насоси. Використання сонячних колекторів та теплових насосів є енергоефективними та екологічно чистими рішеннями, проте вони потребують додаткових інвестицій.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							46
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
***Техніко-економічне обґрунтування обраних
інженерних рішень***

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							47
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3.1. Порівняння обладнання припливно-витяжної установки

Основною метою Техніко-економічного обґрунтування в виборі припливно-витяжної установці є покращення якості повітря в приміщеннях за рахунок організації ефективного припливу свіжого повітря та видалення відпрацьованого мінімальними енерговитратами, з використанням сучасної припливно-витяжної установки з рекуперацією тепла. Це дозволяє:

- Забезпечити оптимальний мікроклімат у часі.
- Зменшити витрати на опалення та охолодження.
- Поліпшити умови для здоров'я та комфорту людей, які знаходять у всьому.

Основними даними для порівняння будуть Рівень звукового тиску, споживча потужність.

3.1.1. Аналіз ринку і вибір обладнання

Для порівняння обладнання оберемо 3 різних виробників з трьома різними типами рекуперації:

- 1) без рекуперації
- 2) з роторним рекуператором Komfovent Domekt R 900 V C6M
- 3) з пластинчастим рекуператором Salda RIS 1000 PE 3.0

3.1.2. Технічна характеристика обраного обладнання

Salda RIS 1000 PE 3.0

Компактні припливно-витяжні установки RIS P оснащені пластинчастим рекуператором з ККД до 80%, вбудованим електричним нагрівачем або з можливістю підключити опціональний водяний нагрівач.

Компактні розміри та вбудована автоматика дозволяють значно спростити монтаж системи та забезпечують зручну експлуатацію.



						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Особливості:

- Компактні розміри
- Підвісне виконання
- Класичний рекуператор
- Ефективні вентилятори з двигуном із зовнішнім ротором (IP54)
- Корпус установок із гальванізованої сталі зі звуко- та теплоізоляцією 30мм (тільки для RIS 400 P, 700 P), покритий спеціальною порошковою емаллю сірого кольору, яка гарантує 100% захист від корозії
- У комплекті фільтруюча вставка класу M5
- Вбудована система автоматики, адаптована до умов експлуатації та дистанційний пульт керування (опціонально Stouch, Flex)
- Простий та зручний монтаж
- Зручне обслуговування

Технічна характеристика Salda RIS 1000 PE 3.0:

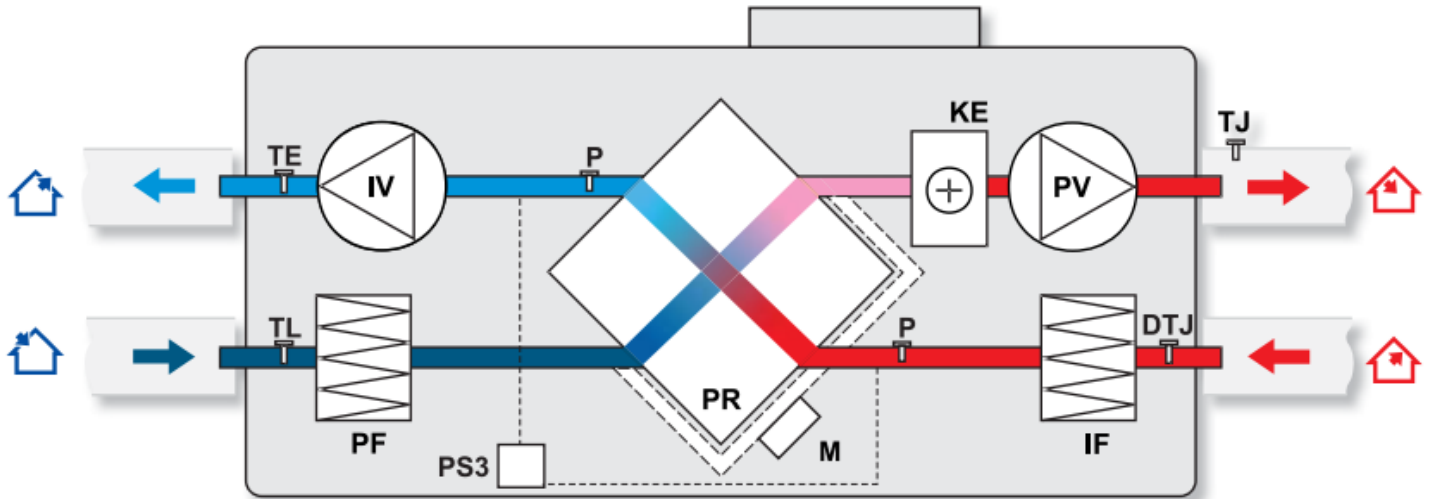
Електронагрівач	Фаза/напруга	50Гц/ВАЦ	~3, 400
	Споживча потужність	кВт	6,0
ЕС вентилятор	Фаза/напруга	50Гц/ВАЦ	~1, 230
Видалення	Потужність/сила тока	кВт/А	0,303/1,32
	Швидкість вентилятора	хв ⁻¹	2250
Приплив	Потужність/сила тока	кВт/А	0,22/1,4
	Швидкість вентилятора	хв ⁻¹	2250
Клас захисту двигуна			IP-44
Ефективність рекуперації тепла			51%
Максимальна споживана потужність		кВт/А	6,63/11,40
Клас фільтра	Видалення		M5
Клас фільтра	Приплив		M5
Теплоізоляція		мм	30
Маса		кг	113
Габаритні розміри (ДхШхВ)		мм	1500x890x495
Рівень звукового тиску		дБ (А)	49

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							49
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3.1.3.Схема роботи обладнання

де:

IV - вентилятор витяжного повітря



PV – припливний вентилятор

PR - пластинчастий теплообмінник

KE – електричний нагрівач

PF – фільтр для свіжого повітря

IF – фільтр для витяжного повітря

TJ – датчик темп. припливного повітря

TL – датчик темп. свіжого повітря

TE - датчик температури повітря, що викидається

DTJ - вологість та темп. витяжного повітря

M - привід заслінки байпаси

PS3 - датчик тиску для захисту теплообмінника від замерзання

P - датчик тиску теплообмінника

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							50
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Komfovent Domekt R 900 V C6M

Domekt R 900 V C6M — це припливно-витяжна вентиляційна установка з рекуперацією тепла від литовського виробника Komfovent, яка підходить для середніх і великих комерційних або житлових приміщень. Ця модель має вертикальне компонування (V у назві означає "Vertical"), що дозволяє її встановлювати в умовах обмеженого простору.



Установка оснащена роторним рекуператором, що забезпечує високу ефективність теплопередачі та часткове повернення вологості, що особливо корисно в холодних кліматичних умовах.

Основні характеристики та особливості:

1. Продуктивність повітря:

- Максимальна продуктивність – до 900 м³/год. Це дозволяє забезпечити ефективну вентиляцію для приміщень площею до 200-300 м² (залежно від умов експлуатації та потреб).

2. Роторний рекуператор:

- Тип рекуператора – роторний, що забезпечує ефективність рекуперації тепла на рівні до 85-90%.
- Роторний рекуператор також частково передає вологу від витяжного до припливного повітря, що знижує ризик надмірної сухості в приміщенні під час роботи взимку.
- Система працює ефективно навіть при низьких зовнішніх температурах і має низький ризик обмерзання.

3. Енергоспоживання:

Установка обладнана енергоефективними вентиляторами з двигунами ЕС (електронно-комутовані двигуни), що забезпечують економію електроенергії та

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							51
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

тривалу експлуатацію. Завдяки цьому Domekt R 900 V C6M є бнергоефективною моделю.

4. Система керування C6:

- C6 — це сучасна система керування, що забезпечує автоматичне регулювання роботи установки та можливість підключення до системи "Розумний дім".
- Установка оснащена сенсорним пультом управління і може підключатися до мережі через Wi-Fi для дистанційного керування.
- Система C6 дозволяє гнучко налаштовувати режими вентиляції, програмувати робочий графік та отримувати дані в реальному часі, що сприяє ефективному управлінню енергоспоживанням.

5. Фільтрація повітря:

- Установка оснащена фільтрами високої якості для припливного і витяжного повітря. Це допомагає забезпечити подачу чистого повітря в приміщення і захищає внутрішні компоненти установки від забруднення.
- Фільтри легко замінюються та мають індикатори забруднення, що допомагає підтримувати стабільну роботу системи.

6. Низький рівень шуму:

- Рівень шуму установки знаходиться в межах норми для побутових та комерційних приміщень, що робить її зручною для використання в офісах, квартирах і приватних будинках.

7. Компактні розміри та зручний монтаж:

- Вертикальне компонування установки дозволяє легко інтегрувати її у технічні приміщення з обмеженим простором.

Переваги Domekt R 900 V C6M:

Висока ефективність рекуперації тепла та вологи.

- Енергозбереження завдяки ЕС-вентиляторам та інтелектуальній системі керування.
- Просте та зручне дистанційне керування через Wi-Fi.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							52
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Низький рівень шуму, що дозволяє використовувати установку в житлових приміщеннях.
- Зменшення витрат на обігрів і охолодження повітря за рахунок ефективної рекуперації.

Застосування:

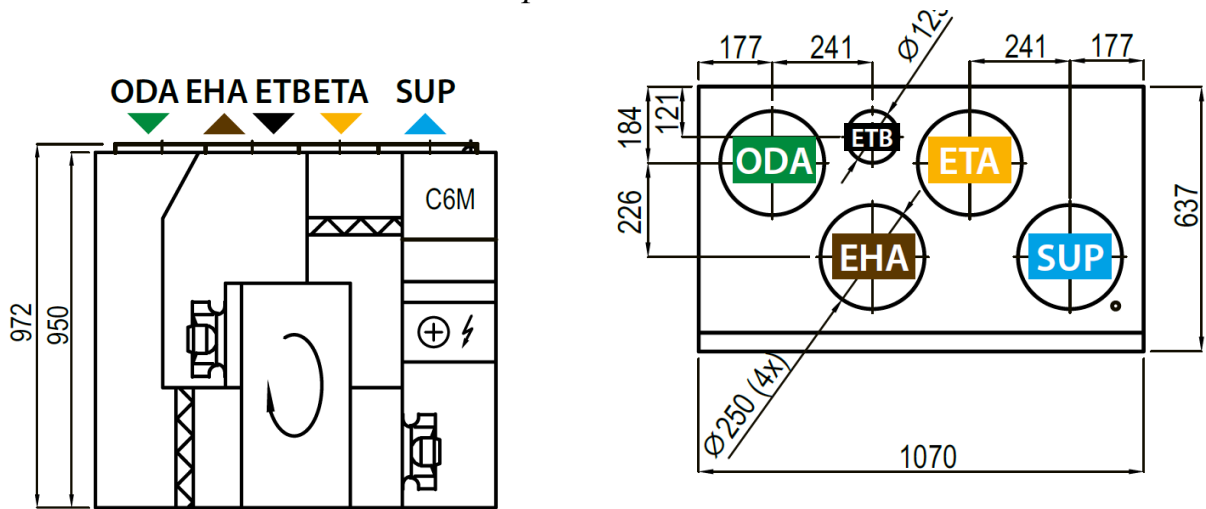
Domekt R 900 V C6M підходить для комерційних, офісних приміщень, а також для житлових будинків, де потрібна ефективна вентиляція з високою ефективністю рекуперації тепла і підтримкою комфорту завдяки збереженню частини вологості.

Технічна характеристика **Domekt R 900 V C6M**:

Максимальна витрата повітря,	м ³ /год	942
Номінальний перепад тиску	Па	50
Тепловий ККД рекуперації тепла	%	83
Потужність електричного нагрівача	кВт/ Δt, °С	2/8,9
Напруга живлення	В	1~230
Максимальний робочий струм HE	А	13,2
Споживана електрична потужність приводу вентилятора при максимальній витраті	Вт	261
Рівень шумової потужності L _{WA}	дБ(А)	46
Рівень шумового тиску L _{PA}	дБ(А)	36
Розміри фільтрів В×Н×L	мм	540×260×46
Розміри установки В×Н×L	мм	637×950×1070
Простір для обслуговування	мм	1070
Вага установки	кг	110

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							53
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Схема роботи обладнання



де:

- ODA – повітря, що забирається з вулиці
- SUP – повітря, що подається до приміщення
- ETA – повітря, що видаляється з приміщення
- EHA – повітря, що викидається на вулицю
- ETB – підключення додаткового каналу

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							54
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2. Фінансово-економічний аналіз:

Варіант 1

Середньогодинна витрата теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_B = 0,28 \cdot 815 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (22 - (-20)) = 13420 \text{ Вт} = 13,42 \text{ кВт}$$

Річні витрати теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_{B,\text{рік}} = \frac{24 \cdot Q_B \cdot (t_B - t_{\text{ср}})}{t_B - t_p} \cdot n, \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

де:

Q_B – максимальна витрата теплової енергії на вентиляцію, Гкал/ч;

$n_{\text{вент}}$ – тривалість роботи вентиляції, днів;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні, °С;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування, °С;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура опалювального сезону (період із середньодобовою температурою повітря $<8^\circ\text{C}$), °С.

$$Q_{B,\text{рік}} = \frac{24 \cdot 13,42 \cdot (22 - 1,1)}{22 - (-20)} \cdot 161 = 25804 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Варіант 2

Середньогодинна витрата теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_B = 13,42 - (0,28 \cdot 815 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (1,42 - (-20))) = 6576 \text{ Вт} = 6,58 \text{ кВт}$$

Річні витрати теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_{B,\text{рік}} = \frac{24 \cdot 6,58 \cdot (22 - 1,1)}{22 - (-20)} \cdot 161 = 12652 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Варіант 3

Середньогодинна витрата теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_B = 13,42 - (0,28 \cdot 815 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (14,86 - (-20))) = 3476 \text{ Вт} = 3,48 \text{ кВт}$$

Річні витрати теплової енергії на вентиляцію:

$$Q_{B,\text{рік}} = \frac{24 \cdot 3,48 \cdot (22 - 1,1)}{22 - (-20)} \cdot 161 = 6691 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							55
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3.3.Результати порівняння

Для спрощеного порівняння було прийнято, що припливно-витяжні установки оснащені електронагрівачами. В порівнянні враховується тільки ціна за обладнання та за спожиту електроенергію, якою необхідно нагріти повітря до заданих параметрів.

Вартість теплоенергії згідно з постановою Кабінета Міністрів України №632 від 31.05.2024 складає - 4,32 грн/кВт·год незалежно від обсягу споживання.

Варіант 1 припливно-витяжна установка без рекуперації		
Ціна за обладнання	грн	98588
Вартість теплової енергії в холодний період року	грн	111473,28
Варіант 2 припливно-витяжна установка з пластинчатим рекуператором Salda RIS 1000 PE 3.0		
Ціна за обладнання	грн	185822
Вартість теплової енергії в холодний період року	грн	54656,7
Термін окупності	рік	3,2
Варіант 3 припливно-витяжна установка з роторним рекуператором Domekt R 900 V C6M		
Ціна за обладнання	грн	271853
Вартість теплової енергії в холодний період року	грн	28905,12
Термін окупності	рік	3,3

Порівняльна таблиця по звуковому тиску від обладнання

Варіант 1 припливно-витяжна установка без рекуперації	дБ(А)	35
Варіант 2 припливно-витяжна установка з пластинчатим рекуператором	дБ(А)	49
Варіант 3 припливно-витяжна установка з роторним рекуператором	дБ(А)	36

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							56
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3.4. Порівняння обладнання системи опалення та гарячого водопостачання

Для порівняння систем опалення з тепловим насосом (з додатковим електронагрівачем), газовим котлом, твердопаливним котлом та рідкопаливним котлом розглянемо такі аспекти: ефективність, витрати на паливо, обслуговування, екологічність, та надійність.

1. Тепловий насос в парі з електронагрівачем

- Ефективність: Теплові насоси мають високий коефіцієнт продуктивності (COP), зазвичай від 3 до 5, тобто на кожен спожитий 1 кВт електроенергії вони виробляють 3-5 кВт тепла. Проте зниження зовнішньої температури впливає на COP, і тому додатковий електронагрівач може бути необхідний при дуже низьких температурах.
- Витрати на паливо: Основні витрати йдуть на електроенергію, що може бути вигідно при низьких тарифах на електроенергію.
- Обслуговування: Малі експлуатаційні витрати; однак теплові насоси потребують регулярного технічного огляду для підтримки ефективності.
- Екологічність: Це екологічно чистий варіант, оскільки використовує електроенергію, а теплові насоси не викидають CO₂ у повітря.
- Надійність: Надійний при коректній установці, але ефективність може падати при низьких температурах.

2. Газовий котел

- Ефективність: Сучасні конденсаційні газові котли можуть досягати ККД понад 90%, що робить їх досить економічними.
- Витрати на паливо: Вартість газу залежить від тарифів і може коливатися, проте зазвичай це економічно вигідний варіант.
- Обслуговування: Потребує щорічного технічного обслуговування для забезпечення безпеки та ефективності.
- Екологічність: Викиди CO₂ та інших шкідливих речовин відносно низькі, проте газовий котел все ж не є повністю екологічним.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							57
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Надійність: Газові котли забезпечують стабільну роботу, незалежну від зовнішньої температури, за умови безперебійної подачі газу.

3. Твердопаливний котел

- Ефективність: Ефективність залежить від якості палива (дрова, вугілля, пелети) і самого котла, в середньому ККД становить 70-85%.
- Витрати на паливо: Вартість дров або пелет може бути дешевшою порівняно з іншими видами палива, але потрібно забезпечити запас і простір для зберігання.
- Обслуговування: Потребує регулярного чищення та видалення золи, а також завантаження палива вручну або автоматично (для пелетних котлів).
- Екологічність: Твердопаливні котли мають високі викиди забруднюючих речовин, хоча пелетні моделі є менш шкідливими.
- Надійність: Незалежні від зовнішніх умов, але вимагають постійного контролю або автоматизованої системи подачі палива.

4. Рідкопаливний котел

- Ефективність: Ефективність залежить від типу рідкого палива (наприклад, дизельного або мазуту), ККД таких котлів складає близько 80-90%.
- Витрати на паливо: Вартість рідкого палива часто вища за інші варіанти, і зберігання палива потребує окремого резервуара.
- Обслуговування: Потрібне регулярне технічне обслуговування для уникнення забруднення форсунок і збереження ККД.
- Екологічність: Викиди CO₂ і сажі досить високі, тому ці системи менш екологічні.
- Надійність: Забезпечують незалежність від газопостачання або електрики, але потребують наявності резервуара для зберігання палива.

Висновок

Тепловий насос – екологічно чистий, економічний, але вимагає додаткового обігрівача при низьких температурах.

Газовий котел – ефективний і зручний, із середнім рівнем викидів, однак залежить від стабільних поставок газу.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							58
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Твердопаливний котел – варіант для регіонів без газу та електрики, але потребує ручного обслуговування і має високі викиди.

Рідкопаливний котел – забезпечує автономію, але з високими витратами на паливо і негативним впливом на довкілля.

3.3.1. Фінансово-економічний аналіз.

Розрахунок було виконано за допомогою програмного забезпечення SoftHVAC. В вихідних даних зазначаємо регіон будівництва, потужність на нагрівання опалення, гарячого вожопостачання, режим роботи теплового насоса, COP, ціни та паливо. В розрахунках в якості теплового насоса було обрано IDM AERO SLM 6-17. Для інших типів обладнання буде взято середні значення. В якості твердого палива обрано пелети, брикети дерев'яні з теплотворністю твердого палива $q_s=4,7$ кВт • год/кг. В якості рідкого палива обрано мазут з теплотворністю рідкого палива $q_l=10.61$ кВт • год/л. Теплотворність природного газу обрано $q_g=9,5$ кВт • год/м³.
Результати розрахунку наведені в додатку Д.3.



Підсумкова таблиця:

Вартість електроенергії теплового насоса	C_{tp} , грн/рік	145634
Вартість електроенергії електродкотла	C_{te} , грн/рік	363100
Вартість газу газового котла	C_{tg} , грн/рік	78540
Вартість палива твердопаливного котла	C_{ts} , грн/рік	193145
Вартість палива рідкопаливного котла	C_{tl} , грн/рік	466400
Економія теплового насоса щодо електродкотла	E_{te} , грн/рік	217466
Економія теплового насоса щодо твердопаливного котла	E_{ts} , грн/рік	47511
Економія теплового насоса щодо рідкопаливного котла	E_{tl} , грн/рік	320766

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							59
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Потужність теплого насоса за EN 14511 (при $t_{ext}=7\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Q_{ps} , кВт	41,1
Потужність теплого насоса + електронагрівача (при $t_{ext}=7\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Q_{pe} , кВт	63,8
Потужність теплого насосу (при $t_{ext}=-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Q_p , кВт	19,1
Потужність електронагрівача (при $t_{ext}=-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Q_e , кВт	44,7
Тепло вироблене електронагрівачем	q_{te} , %/рік	10,11
Температура точки бівалентності	t_b , $^{\circ}\text{C}$	2
Витрата тепла	Q_t , МВт • год/рік	84,1
Витрата електроенергії	W_t , МВт • год/рік	33,7

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							60
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4
ПРОЕКТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

2	Вітальня	Променева система	«тепла підлога»	
3	Кухня/бар	Променева система	«тепла підлога»	
4/9/12	Санвузол	Променева система	«тепла підлога»	
5	Постирочна	Променева система	«тепла підлога»	
6	Кладова	Променева система	«тепла підлога»	
8	Спальня	Променева система, Система Тіхельмана	«тепла підлога» Підлогові конвектори	
10	Хол	Променева система	«тепла підлога»	
11	Майстер-спальня	Променева система, Система Тіхельмана	«тепла підлога» Підлогові конвектори	
13	Гардероб	Променева система	«тепла підлога»	

-1-й поверх

3	Спальня	Променева система	«тепла підлога»	Вода T=55/45°C
5	Санвузол	Променева система	«тепла підлога»	
6	Кімната відпочинку	Променева система	«тепла підлога»	
7	Переливний душ/душова	Променева система	«тепла підлога»	
8	Сауна	Променева система, Система Тіхельмана	«тепла підлога» Вертикальні радіатори	

Для систем опалення, що використовують радіатори та конвектори, теплоносієм є вода з температурою 55-45°C, аналогічно для системи опалення теплою підлогою. Приготування теплоносія відбуватиметься у котельні.

Система опалення радіаторами та конвекторами спроектована як двотрубна з нижнім розташуванням трубопроводів, що підключені через систему Тіхельмана. Система опалення теплою підлогою проектується з урахуванням вимог ДБН В.2.5-67:2013, додаток С, та конструкційних особливостей підлоги. Розподільчий колектор цієї системи знаходиться в котельні.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							63
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Розподільчі колектори для теплої підлоги розміщуються в приміщеннях з обмеженим використанням (шафи, технічні кімнати). Прокладання стояків системи опалення передбачено у спеціально виділених шахтах. Колектори опалення знаходяться в спеціальних шафах з можливістю доступу до них, а трубопроводи для підведення до опалювальних приладів прокладаються в підлозі. Всі трубопроводи та розводки системи опалення утеплюються.

Стояки та магістральні трубопроводи виконуються зі сталевих водогазопровідних труб за ДСТУ 8936:2019, діаметром Ø50 і більше – з електрозварювальних труб за ДСТУ 8943:2019. Горизонтальна розводка та підводка до опалювальних приладів виконуються з поліетиленових труб.

Опалювальними приладами є радіатори, підлогові конвектори та тепла підлога, яка повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-67:2013, додаток С, і підтримувати температуру підлоги на рівні 29°C у приміщеннях з постійним перебуванням людей та 31°C у приміщеннях з тимчасовим перебуванням. Передбачена можливість дистанційного відключення поетажних колекторів у разі аварії.

Для підтримки оптимального клімату в приміщеннях встановлюється хронотермостат. У всіх найнижчих точках трубопроводів передбачені спускні крани для спустошення системи, а у найвищих точках – повітрозбірники з відводами повітря для спуску повітря. Температурні розширення трубопроводів компенсуються за допомогою вигинів трас (природна компенсація).

При перетині трубопроводами будівельних конструкцій встановлюються гільзи з подальшою заделкою зазорів негорючими матеріалами. Стальні трубопроводи системи опалення фарбуються двічі: грунтовкою перед монтажем та після зварювальних робіт перед установкою теплоізоляції.

4.1. Система теплої підлоги

Ізоляція по периметру необхідна для компенсації теплового розширення бетонної маси та зменшення теплових втрат через бічні стіни. Товщина ізоляційного шару по периметру має бути не меншою за 5 мм, а його висота повинна відповідати висоті заливки бетону. Ізоляція виготовляється з спіненого

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							64
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

поліуретану, який не поглинає вологу. Окрім периметральної ізоляції, застосовується також ізоляція для компенсаційних швів. Вона не має привареної поліетиленової плівки і виконує функцію вологозахисту.

Ізоляція по периметру є обов'язковою, тоді як компенсаційний шов застосовується тільки в разі, якщо площа приміщення перевищує 40 м². В таких ситуаціях приміщення поділяється на кілька зон, і встановлюються додаткові компенсаційні шви. Важливо правильно розташувати нагрівальні контури так, щоб кількість труб, які проходять через компенсаційний шов, була мінімальною (оптимально, якщо через шов проходять тільки дві труби: подача та зворотна). Також необхідно правильно організувати проходження труб через компенсаційний шов: труба повинна проходити з легким вигином всередині гофрованої трубки довжиною не менше 60 см, щоб забезпечити її рухливість.

4.2. Обґрунтування обраного типу системи опалення

Колекторна система для теплої підлоги.

Колекторна система підходить для теплої підлоги, забезпечуючи рівномірну подачу теплоносія до кожного окремого контуру теплої підлоги, що важливо для комфорту та ефективності опалення. Така система дозволяє розподіляти тепло по всій площі підлоги, уникаючи зону перегріву або недостатнього обігріву. Крім того, колектор дозволяє самостійно регулювати температуру в кожному контурі, що дозволяє адаптувати температуру в різних кімнатах до потреб користувача. Це забезпечує як комфорт, так і енергоефективність, знижує можливу температуру в кімнатах, де менше споживає в обігріві.

Система Тіхельмана для підлогових конвекторів, сталевих і вертикальних радіаторів

Система Тіхельмана є оптимальним вибором для підлогових конвекторів, сталевих і вертикальних радіаторів, забезпечує рівномірний розподіл теплоносія між усіма радіаторами. У цій системі довжина контуру для подачі та зворотного потоку теплоносія до кожного радіатора однакова, що дозволяє уникнути проблем перепадів тиску і температури. Це особливо важливо для вертикальних

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							65
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

радіаторів, які можуть вимагати більшої рівномірної подачі тепла для ефективної роботи. Система Тіхельмана також дозволяє зменшити гідравлічні втрати, що позитивно впливає на ефективність роботи всієї системи опалення.

Підключення до колектора

Використання колектора для об'єднання системи Тіхельмана з теплою підлогою забезпечує центральне управління системою опалення, зручне регулювання і можливість окремо контролювати кожен контур. Такий підхід дозволяє поєднати переваги обох систем: рівномірне розподілення тепла у всі часи та гнучкість в управлінні окремими зонами. Колектор дозволяє розділяти теплоносій між контурами, регулювати їхню температуру та вмикати/вимикати певні зони, що є зручним для економії енергії в різні періоди дня або для зонального обігріву

Колектори систем опалення – це обладнання, яке призначене для підключення всіх пристроїв, які залежать від системи обігріву. Така конструкція дозволяє регулювати подачу тепла до кожної з ділянок опалювальної системи, що забезпечує підвищення ефективності обігріву приміщень без збільшення витрати теплового носія.

Контролюють правильність функціонування різних інженерних систем спеціальні колектори. Вони правильно індексують витрату певного носія тепла, контролюють його та розподіляють за споживчими контурами. Залежно від конфігурації вони можуть застосовуватися у всіляких системах. Колектор кожного виду виконує своє призначення та функції, які визначає ситуація та особливості приміщення.

Переваги встановлення колекторів:

- Широкий асортимент для наявних інженерних систем.
- Гідний рівень надійності, безпеки, якості та довговічності роботи.
- Чітке регулювання теплового розподілу.
- Можливість монтажу в системах низько- та високотемпературних.
- Відсутність потреби у додаткових ущільнювачах, а також застосовується для регулювання додаткової запірної арматури.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							66
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Зниження витрат при проектуванні, встановленні та налаштуванні обладнання.
- Можливість проводити монтаж у будь-яких приміщеннях різними способами.

Монтаж колектора опалення виконується в централізованих системах опалення, дозволяючи контролювати температуру, об'єм та тиск нагрівальної рідини, що подається на кожне приміщення в будівлі. Найчастіше такі пристрої встановлюються в замських будинках, забезпечуючи економічне споживання енергоресурсів, і знижуючи витрати на оплату комунальних платежів.

Визначаючи для чого потрібен колектор у системі опалення, необхідно виділити такі його функції:

- регулювання температури в приміщеннях, що обігріваються;
- контроль обсягів споживаного ресурсу;
- зміна температури обігріву в окремих напрямках контуру;
- можливість перекривати подачу тепла на окремі напрямки контуру, без шкоди для решти опалювальної системи;
- контроль рівня тиску у контурі.

Однією з ключових переваг цього обладнання є те, що до нього можна підключити не тільки опалювальні системи, але й конструкцію теплої підлоги, сонячні батареї, конвекторні або панельні системи опалення. Колектор для опалення приватного будинку або будь-якої іншої будівлі дозволяє домогтися оптимального мікроклімату в кожному з приміщень.

4.3. Підбір основного обладнання та опалювальних приладів

Тепловий потік опалювального приладу Q , Вт, при умовах, що відрізняються від номінальних, визначають за формулою:

$$Q = Q_H \cdot \left(\frac{\Delta t_T}{\Delta t_H}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{O.P.}}{G_H}\right)^p \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 = Q_H \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3$$

де:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							67
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Q_H - номінальна теплова потужність опалювальних приладів при стандартних умовах, Вт;
- Δt_T - розрахункова різниця температур в опалювальному приладі, °С;
- Δt_H - Нормована різниця температур в опалювальному приладі;
- $G_{0.п.}$ - Розрахунковий об'єм води, що протікає через опалювальний прилад, кг/год;
- G_H - Нормована витрата води через опалювальний прилад;
- n і p - Емпіричні коефіцієнти для ступеня, що залежать від відносного температурного напору та відносної витрати води;
- φ_1 - Поправочний коефіцієнт, який враховує зміну теплової потужності опалювального приладу при різниці в розрахунковому температурному напорі;
- φ_2 - Поправочний коефіцієнт, який враховує зміну теплової потужності опалювального приладу при відмінності розрахункової витрати води від нормованої;
- b - коефіцієнт, який залежить від розрахункового барометричного тиску P_6 , кПа, для конкретного географічного пункту;
- c - Поправочний коефіцієнт, який враховує схему руху води в опалювальному приладі та зміну показника ступеня gr при різних діапазонах витрати теплоносія (застосовується тільки для чавунних секційних радіаторів і сталевих панельних радіаторів типу РСВІ).;
- ψ_1 - Безрозмірний коригуючий коефіцієнт, який враховує зменшення теплової потужності опалювального приладу при русі води за схемою «знизу-вгору», застосовується для чавунних секційних радіаторів, сталевих панельних радіаторів і конвекторів відповідного типу;
- ψ_2 - Поправочний коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку верхніх опалювальних приладів, що омиваються нагрітим

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							68
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

повітрям від нижніх приладів, в залежності від кількості рядів приладів, розташованих по вертикалі.

- Величину коефіцієнта Ψ_1 обчислюють за формулою:

$$\psi_1 = 1 - a \cdot \Delta t_{0.п.}$$

де:

- a - величина, яку приймають залежно від типу опалювального приладу;
- $\Delta t_{0.п.}$ - перепад температур води в опалювальних приладах, °С.

Необхідну теплову потужність опалювального приладу, приведену до нормованих умов, слід обчислювати за такою формулою:

$$Q_H^{потр.} = \frac{Q_{0.п.}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}$$

Тепловіддачу відкрито прокладених сталевих труб в опалювальному приміщенні можна визначити за такою формулою:

$$Q_{тр} = q_{тр} \cdot (l_v + 1,28 \cdot l_r)$$

де:

- $q_{тр}$ - Тепловий потік, що передається від 1 метра вертикальних сталевих труб, прокладених відкритих у всю, залежить від діаметра труби і температурного різну $\Delta t_{тр}$ °С;
- l_v - довжина (висота) вертикальних труб, м;
- l_r - довжина горизонтально прокладених труб, м.

Температурний напір t_m , °С, в опалювальному приладі визначають за формулою:

$$\Delta t_{тр} = t_{вх} - \frac{\Delta t_{0.п.}}{2} - t_{вх}$$

де:

- $t_{вх}$ - температура води, що входить в опалювальний прилад, °С;
- $\Delta t_{0.п.}$ - перепад температури води в опалювальному приладі, °С;
- $t_{вх}$ - розрахункова температура повітря в приміщенні, °С.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							69
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Витрату води в опалювальних приладах двотрубних систем водяного опалення з горизонтальними вітками потрібно розраховувати за наступною формулою:

$$G_{0.п} = G_{п.в.} \frac{Q_1}{\sum Q_1}$$

де:

- Q_1 - Тепловтрати приміщення, для якого проводиться розрахунок опалювального обладнання, Вт;
- $\sum Q_1$ - Загальні тепловтрати приміщень, що обслуговуються горизонтальною приладовою віткою., Вт.

Фактичний тепловий потік, що постачається для установки опалювального приладу ($Q_n \phi$), приведений до стандартних умов, не повинен відрізнятись від необхідного теплового потоку ($Q_n \text{потр}$) більш ніж на 5% або на 60 Вт. Розбіжність M , % між значеннями $Q_n \phi$ і $Q_n \text{потр}$ для кожного опалювального приладу визначається за наступною формулою:

$$M = \frac{Q_n^\phi - Q_n^{\text{потр}}}{Q_n^{\text{потр}}} \cdot 100\%$$

Результати розрахунку та підбору обладнання наведені в додатку Д.4

4.4. Розрахунок системи теплої підлоги

Обігрівальний контур вкривають шаром бетону, який забезпечує рівномірний розподіл температури, приймає силові навантаження та передає їх на менш міцний шар теплоізоляції. У житловому будівництві зазвичай використовують цементний стяжковий шар, розрахований на експлуатаційне навантаження до 2 кН/м². Товщина бетонного покриття від рівня ізоляції повинна складати щонайменше 5,5–6,5 см, причому над трубами шар має бути не меншим за 3,5–4,5 см, щоб забезпечити рівномірне прогрівання поверхні підлоги та необхідну міцність конструкції. Для бетону, що використовується у таких системах, рекомендується додавати спеціальні пластифікатори, оптимізовані для «теплих підлог».

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							70
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Підлогове покриття укладається безпосередньо на бетонну основу. Як оздоблювальні матеріали можуть використовуватися:

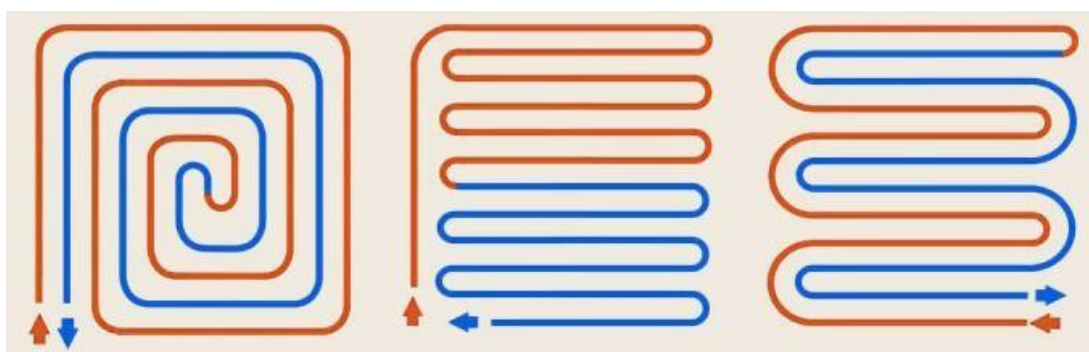
- цементний розчин;
- лінолеум;
- керамічна плитка;
- пластикова плитка;
- паркет (спеціально розроблений для систем «тепла підлога»);
- ковролін;
- мармурова плитка.

Усі матеріали для покриття, а також клеї, що використовуються, повинні бути стійкими до тривалого впливу температур до 50 °С та мати сертифікат, який підтверджує їхню сумісність із системами «тепла підлога». Це включає відсутність змін фізичних характеристик і виділення шкідливих речовин під час нагрівання.

Під час проектування системи «тепла підлога» важливо заздалегідь врахувати тип оздоблювального покриття, адже від нього значно залежить ефективність тепловіддачі.

У цьому випадку для санвузлів використовується керамічна плитка з тепловим опором 0,02 (м²*К)/Вт, а для інших приміщень – паркет.

Труби теплої підлоги компонують декількома способами:



а)

б)

а) компоновка равником; б) компоновка змійкою

Визначення необхідного теплового потоку з одного квадратного метра площі здійснюється на основі площі підлоги $F_{Т.п}$ (м²) та теплових втрат

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							71
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

приміщення $Q_{т.п}$ (Вт). Цей розрахунок дозволяє визначити, яку кількість тепла повинна віддавати кожна одиниця площі, щоб компенсувати теплові втрати приміщення. Формула для розрахунку має вигляд:

$$q = Q_{т.п} / F_{т.п}$$

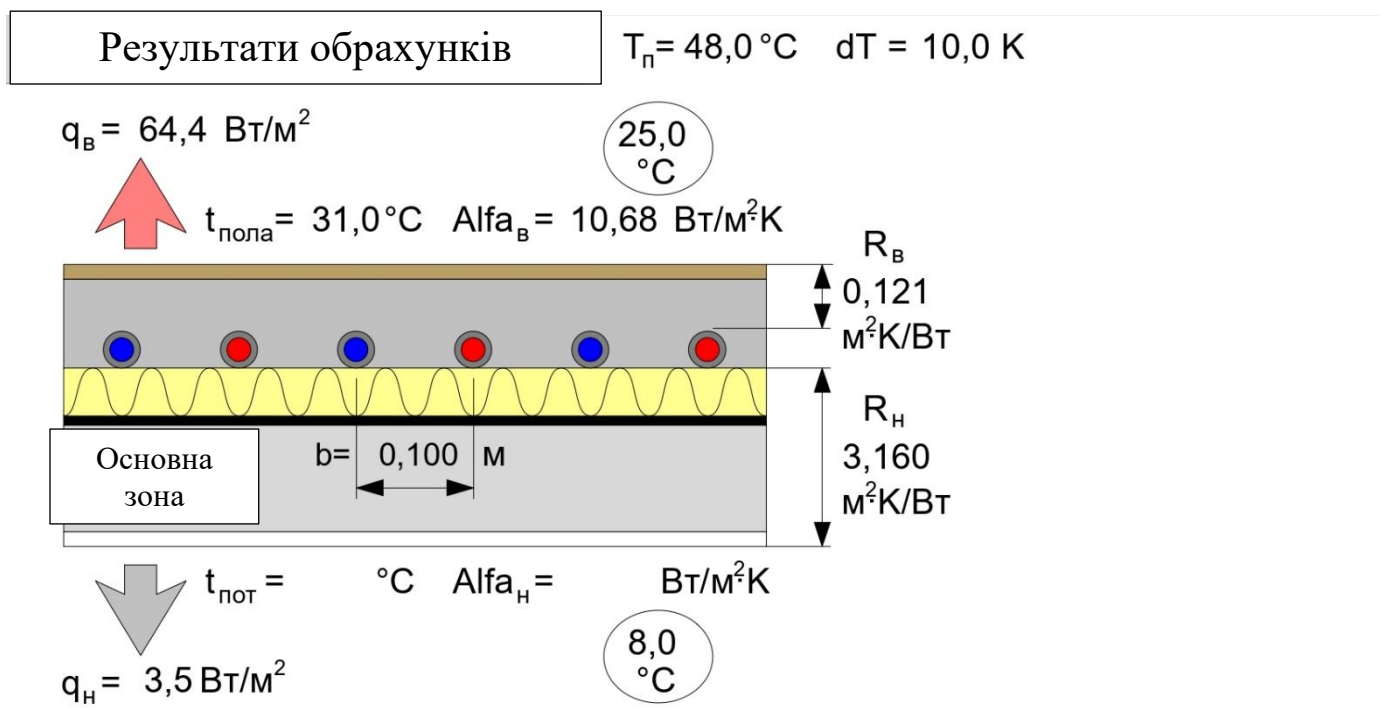
Втрати теплоти в кожному приміщенні з системою «тепла підлога» можна розрахувати за формулою:

$$Q_{прим} = q \cdot F_{прим}$$

Підбираємо таблицю, яка відповідає обраному типу підлогового покриття. Встановлюємо температуру теплоносія та, орієнтуючись на задану температуру повітря в приміщенні, визначаємо відстань між трубами, беручи до уваги характеристики покриття. Для виконання розрахунків використовуємо програмне забезпечення С.О. Herz.

Результати розрахунку:

Приміщення санвузлів, які контактують з ґрунтом з покриттям підлоги із керамічної плитки:



						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							72
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Приміщення, які контактують з ґрунтом з покриттям підлоги із керамічної плитки:

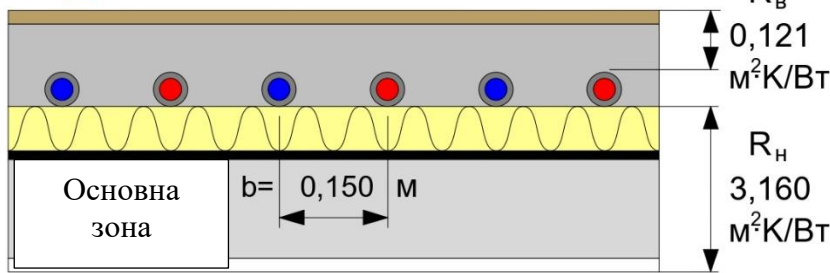
Результати обрахунків

$T_n = 55,0 \text{ }^\circ\text{C}$ $dT = 7,0 \text{ K}$

$q_b = 99,1 \text{ Вт/м}^2$

$20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

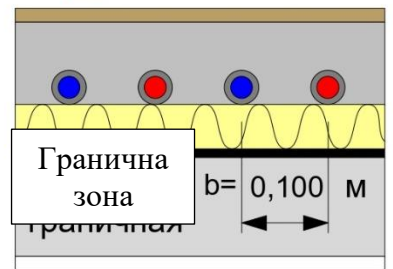
$t_{\text{пола}} = 28,9 \text{ }^\circ\text{C}$ $\text{Alfa}_b = 11,10 \text{ Вт/м}^2\text{K}$



$t_{\text{пот}} = \text{ }^\circ\text{C}$ $\text{Alfa}_n = \text{ Вт/м}^2\text{K}$
 $q_n = 3,6 \text{ Вт/м}^2$ $8,0 \text{ }^\circ\text{C}$

$q_b = 115,9 \text{ Вт/м}^2$

$t_{\text{пола}} = 30,3 \text{ }^\circ\text{C}$



$t_{\text{пот}} = \text{ }^\circ\text{C}$
 $q_n = 4,0 \text{ Вт/м}^2$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							73
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

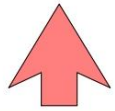
Приміщення, в яких покриття підлоги із паркету та покриття контактує з внутрішнім повітрям:

Результати обчислень

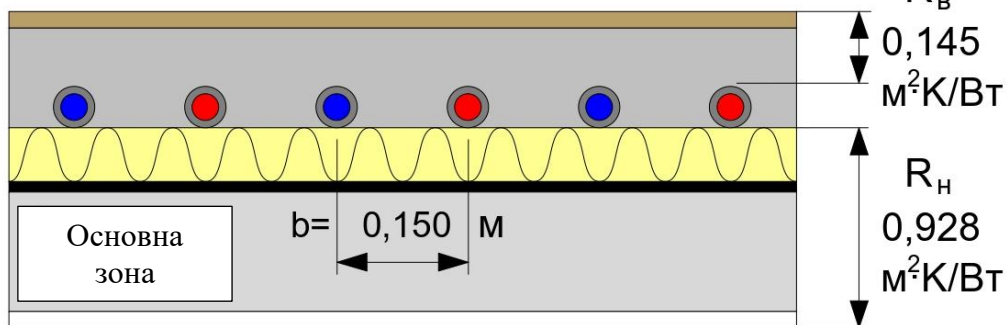
$$T_n = 54,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad dT = 10,0 \text{ K}$$

$$q_B = 63,2 \text{ Вт/м}^2$$

25,0
°C



$$t_{\text{пола}} = 30,9 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Alfa}_B = 10,66 \text{ Вт/м}^2\text{K}$$



$$t_{\text{пот}} = 21,6 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Alfa}_H = 6,54 \text{ Вт/м}^2\text{K}$$

$$q_H = 10,3 \text{ Вт/м}^2$$

20,0
°C

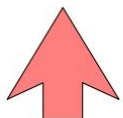
Приміщення санвузлів, в яких покриття підлоги із паркету та покриття контактує з внутрішнім повітрям:

Результати обчислень

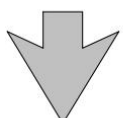
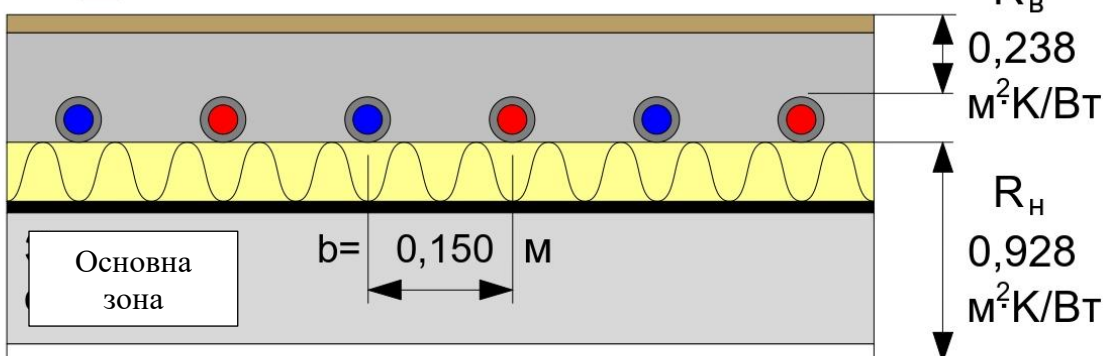
$$T_n = 55,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad dT = 5,0 \text{ K}$$

$$q_B = 55,8 \text{ Вт/м}^2$$

22,0
°C



$$t_{\text{пола}} = 27,3 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Alfa}_B = 10,54 \text{ Вт/м}^2\text{K}$$



$$t_{\text{пот}} = 23,7 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Alfa}_H = 6,68 \text{ Вт/м}^2\text{K}$$

$$q_H = 11,2 \text{ Вт/м}^2$$

22,0
°C

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

Значення температур, отриманих у розрахунках, не перевищують максимально допустимих для поверхні підлоги: $t_{\text{під.макс}}=29$ С у приміщеннях із постійним перебуванням людей і $t_{\text{під.макс}}=31$ С для приміщень із тимчасовим перебуванням.

Під довжиною контуру мається на увазі вся довжина труби, включно з ділянками від колектора, а не лише тією частиною, яка знаходиться безпосередньо в зоні обігріву. Відповідно до рекомендацій, довжина труби в одному контурі не повинна перевищувати 80–100 м. Нагрівальний контур повинен виконуватися з цільної труби, і встановлення з'єднувальних фітингів у зоні заливки бетоном є неприпустимим.

Для кожного окремого контуру виконаємо розрахунок довжини труби за формулою:

$$L = F_{\text{прим}} / b.$$

У разі паралельного підключення кількох контурів із одночасною подачею теплоносія необхідно забезпечити балансування їхнього гідравлічного опору. Це вирівнювання виконується відповідно до втрат у контурі з найбільшим опором (найбільшими втратами тиску). Різниця гідравлічного опору між паралельно підключеними контурами після регулювання не повинна перевищувати 20–30%.

Під час визначення максимальної довжини кільця нагрівального контуру необхідно врахувати, що опір потоку не повинен перевищувати 20–25 кПа. При цьому швидкість руху теплоносія в трубах має бути не меншою за 0,15–0,2 м/с (або 1,4–1,8 л/хв). Це забезпечує видалення повітряних бульбашок із системи, запобігаючи утворенню повітряних пробок.

На основі цих рекомендацій контури були розділені по зонах у

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							75
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

приміщеннях, як зазначено раніше. Далі, керуючись принципами формування контурів системи «тепла підлога», розрахуємо теплову потужність кожного з них і визначимо необхідну витрату теплоносія для кожного контуру окремо.

Формула для обчислення об'ємної витрати теплоносія:

$$G = \frac{0.86 \cdot Q_w}{(t_{\text{под.}} - t_{\text{зв.}})}$$

За результатами вибираємо Rehau Rautherm S для теплого пола 17x2,0 мм.

Уточнимо значення швидкостей гарячої води в кожному контурі за формулою:

$$w = \frac{m}{\rho \cdot f}$$

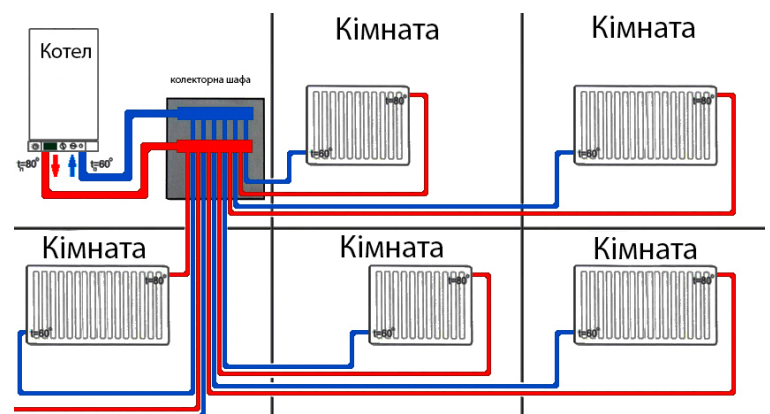
де:

- ρ – густина теплоносія (для води приймаємо 992,2 кг/м³);
- f – площа поперечного перерізу трубопроводу:

Теплові потужності та масові витрати гарячої води контурів опалення «теплої підлоги» для колекторів наведена в додатку Д.5.

Принцип роботи колектора теплої підлоги

Колектор для системи «тепла підлога» є ключовим елементом, який забезпечує рівномірний розподіл теплоносія (гарячої води) між різними контурами опалення. Він складається з двох основних частин:



1. **Подаючий колектор** — розподіляє гарячий теплоносій від джерела тепла до кожного з контурів.
2. **Зворотний колектор** — збирає охолоджений теплоносій

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

із контурів і направляє його назад до джерела тепла для повторного нагрівання.

Основні етапи роботи:

1. **Подача теплоносія:**

Гарячий теплоносій із котла або іншого джерела тепла подається в подаючий колектор. Він розподіляє теплоносій між окремими трубопроводами системи. Кількість теплоносія, що надходить у кожен контур, можна регулювати за допомогою запірно-регулювальних клапанів.



2. **Циркуляція:**

Теплоносій проходить через контури трубопроводу, передаючи тепло підлозі. Під час циркуляції його температура поступово знижується.

3. **Збір охолодженого теплоносія:**

Охолоджена рідина повертається до зворотного колектора. Тут її збирають із усіх контурів і направляють назад у котел для нагрівання.

4. **Балансування гідравлічного опору:**

Колектор обладнаний балансувальними клапанами, які дозволяють вирівняти гідравлічний опір між різними контурами, щоб забезпечити рівномірний прогрів підлоги.

5. **Контроль і регулювання:**

Колектори можуть бути оснащені термостатичними клапанами, витратомірами, термометрами і навіть сервоприводами для автоматичного регулювання температури та витрати теплоносія. Це забезпечує точний контроль температури в кожній зоні.

Додаткові особливості:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							77
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- У деяких колекторах встановлюються змішувальні вузли для регулювання температури теплоносія, якщо необхідно знизити її до комфортного рівня (наприклад, до 30–35°C для підлогового опалення).
- Повітровідвідники дозволяють видаляти повітря, яке може потрапити в систему, запобігаючи утворенню повітряних пробок.

Колектор виконує функцію "серця" системи «тепла підлога», забезпечуючи її ефективну та надійну роботу.

4.5. Гідравлічний розрахунок.

Опис гідравлічних процесів, які відбуваються на окремій ділянці будь-якої гідравлічної системи, може бути виконаний за допомогою формули Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_m = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right)$$

де:

- ΔP_1 - Тиск, що втрачається внаслідок тертя в трубопроводі на певній ділянці опалювальної системи., Па;
- ΔP_m - Тиск, що втрачається внаслідок місцевих опор на певній ділянці опалювальної системи, Па;
- ρ - Щільність теплоносія, що переміщається., кг/м³ ;
- λ - коефіцієнт гідравлічного тертя;
- d і l - Відповідно, внутрішній діаметр та довжина трубопроводу на певній частині системи опалення., м;
- $\sum \xi$ - Сума коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів на певній ділянці;
- v - швидкість теплоносія, м/с.

Для розрахунку коефіцієнта гідравлічного тертя трубопроводів λ у міжнародній практиці використовуються різні стандартні залежності. Однією з найбільш популярних є формула Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{k_e}{3,17 \cdot d} \right)^{0,25}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							78
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

де:

- Re - число Рейнольда;
- k_e - еквівалентна шорсткість труби, мм.

Аналіз результатів обчислення коефіцієнтів гідравлічного тертя λ , отриманих за допомогою зазначених формул для економічно доцільних швидкостей руху теплоносія в трубах (від 0,4 до 0,6 м/с), що відповідає перехідному режиму течії рідини, показує, що формула Альтшуля є більш точною як для сталевих, так і для полімерних трубопроводів.

Згідно з методом характеристик, опір та втрати тиску на ділянці системи пропорційні квадрату витрати теплоносія:

$$S = A \cdot \xi_{\text{пр}} = A \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right)$$

де:

- A - питомий динамічний тиск, Па/(кг/год)² ;
- $\xi_{\text{пр}}$ - приведений коефіцієнт місцевих опорів ділянки.

Питомий динамічний тиск у трубопроводі з фіксованим діаметром — це динамічний тиск, який створюється теплоносієм при масовій витраті 1 кг/год. Якщо дані виробника відсутні, його можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$A = \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot G^2} = \frac{1}{2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 3600 \right)^2} = \frac{6,2544}{\rho \cdot d^4} \cdot 10^{-8}$$

Зважаючи на стрімкий розвиток ринку трубопроводів із полімерних матеріалів, які мають подібні значення еквівалентної шорсткості k_e , багато виробників труб надають питомі втрати тиску R (Па/м) для різних типів труб, що випускаються. Це дозволяє значно спростити методику розрахунку втрат тиску на ділянці системи:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_M = R \cdot l \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \sum \xi$$

Отже, для розрахунку втрат тиску на ділянці системи опалення з визначеним діаметром труби d необхідно врахувати такі параметри:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- λ/d і A або R — гідравлічні характеристики трубопроводу;
- l — довжину трубопроводу на розрахунковій ділянці;
- $\Sigma\xi$ — конфігурацію ділянки та коефіцієнти місцевих опорів, що залежать від встановленої на ділянці запірно-регулюючої арматури та обладнання.

Гідравлічний опір системи опалення обчислюється як сума втрат тиску на всіх ділянках, які формують основне циркуляційне кільце системи.

$$\Delta P_{CO} = \sum \Delta P_{i-j}$$

Розрахунок наведено в додатку Д.6.

4.6. Вибір насосів та Основного обладнання обладнання.

4.6.1. Вибір джерела теплової генерації

Тепловий насос повітря-вода складається з декількох основних частин, що працюють спільно для забезпечення ефективного нагрівання води та опалення приміщень. Основні елементи теплового насоса включають компресор, конденсатор, випарник та дросельний клапан.

Процес роботи теплового насоса починається з випарника, де холодоагент, зазвичай газоподібний, забирає тепло з навколишнього повітря. Цей газ потім стискається компресором, що збільшує його температуру. Гарячий газ надходить у конденсатор, де він передає тепло воді, що циркулює в системі опалення. Після цього холодоагент переходить у рідкий стан і проходить через дросельний клапан, де його тиск та температура знижуються, готуючи його для повторного циклу у випарнику.

Керування роботою теплового насоса здійснюється за допомогою контролера, який відповідає за регулювання температури води та ефективність роботи системи. Контролер може керувати швидкістю обертання компресора, параметрами циркуляційного насоса та іншими компонентами, забезпечуючи оптимальні умови для роботи системи.

Тепловий насос обладнано ізоляційними кожухами, які мінімізують теплові втрати та захищають внутрішні компоненти від впливу зовнішніх

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

факторів. Для обслуговування та діагностики передбачено спеціальні панелі та лючки, що дозволяють легко дістатися до внутрішніх частин насоса.

Система працює на принципі використання відновлюваної енергії, забезпечуючи ефективне опалення з мінімальними витратами електроенергії. Тепловий насос може працювати в різних режимах, включаючи нагрівання води, обігрів приміщень та охолодження влітку, що робить його універсальним рішенням для забезпечення комфортних умов у будинку протягом всього року.

Основні технічні характеристики " IDM AERO SLM 6-17"

Таблиця 2.

Параметри	Од. вимірювання	Значення
		AERO SLM 6-17
Дані про продуктивність згідно EN 14511 при номінальній швидкості		
Теплова потужність при A2°C/W35°C	кВт	11.25
Електрична потужність при A2°C/W35°C	кВт	2.50
COP при A2°C/W35°C	-	4.50
Потужність охолодження при A35°C/W18°C	кВт	11.98
Електрична потужність при A35°C/W18°C	кВт	2.70
EER при A35°C/W18°C	-	4.43
Висота / ширина / глибина	мм	1262/ 620 / 762
Розміри внутрішнього модуля		
Вага	кг	168
Мінімальний розмір кімнати для установки (зі стандартним наповненням)	м ³	10.90

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							81
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Розміри зовнішнього модуля		
Висота / ширина / глибина	мм	1546 / 1090 / 74
Вага	кг	150
Максимальна температура подачі	°C	62
Фреон		R410A
Об'єм фреону	кг	4.8 (up to 6 m)
CO2 -Еквівалент	т	10.0
Об'єм повітря зовнішнього модуля (A7°C/ W35°C при номінальній швидкості)	м³/год	5,000

4.6.2. Розрахунок буферної ємності системи опалення

Розрахунок теплоаккумулятора полягає у визначенні акумулюючої здатності запасеного об'єму води. Акумулюючу здатність води характеризує її теплоємність, яка дорівнює 4,187 кДж/кг·°C. Це означає, що для нагрівання одного кілограма води на 1 °C необхідно підвести кількість тепла, еквівалентну 4,187 кДж або, що те саме, 1 ккал = 1,163 Вт·год.

Отже, за формулою відповідно до DIN EN 303-5 мінімально необхідний об'єм буферної ємності становить:

$$V_{PS} = \frac{P_{WP} \cdot t}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 39,2 \cdot 2}{1000 \cdot 4,187 \cdot (55 - 45)} = 1480 \text{ л}$$

де:

- V_{PS} – необхідний об'єм буферної ємності л;
- P_{WP} – Теплова потужність теплового насоса, кВт;
- t - час перекриття через перерву в роботі, год;
- c – Питома теплоємність води;
- Δt – різниця температур подачі/звороту;
- ρ – густина води, кг/м³.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							82
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Обираємо буферну ємність для системи опалення виробника Reflex (Німеччина) Наші умови задовольняє наступна модель: буферна ємність Reflex H 1500/1.

4.6.3. Вибір розширювального бака системи опалення

Щоб виконати розрахунок робочого об'єму мембранного розширювального бака, необхідно знати загальний об'єм системи опалення.

Розрахунок об'єму розширювальних баків наступний:

$$V = \frac{(e \cdot C)}{1 - \left(\frac{P_o}{P_{max}}\right)}, \text{ л}$$

де:

- V – об'єм компенсатора, л;
- C – об'єм системи опалення, л;
- e – 0,010 (при 50°C) коефіцієнт об'ємного розширення води системи опалення;
- P_o – абсолютний (статичний) тиск системи, 1,96 бар;
- P_{max} – максимальний робочий тиск системи, 4 бар.

Об'єм розширювального бака:

$$V = \frac{0.01 \cdot 2088}{1 - \left(\frac{1,96}{4}\right)} = 216 \text{ л}$$

Обираємо розширювальний баки виробництва Flexcon (Німеччина). Об'єм бака з урахуванням резервної ємності 2x110 л Meibes Flexcon 110 з наступними характеристиками $P_{max} = 10$ бар, T_{max} (для води)=120°C.

4.6.4. Насос для опалювальних приладів

Даний насос слугує для циркуляції води в замкнутій системі між опалювальними приладами та колектором.

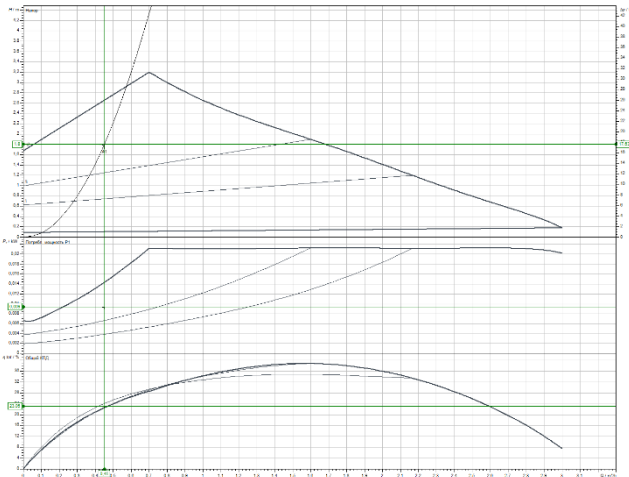
Максимальне теплове навантаження складає 5,2 кВт (при

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							83
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

температурному режимі 55/45°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 5,2}{4,187 \cdot (55 - 45)} = 0,45 \frac{m^3}{год}$$



де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;

- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;

- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

Втрати тиску в мережі

становлять максимально – 1,8 м.в.ст.

Вибираємо насос марки **Atmos PICO 25/1-4** фірми «Wilо», Німеччина, з тиском 1,8 м.вод.ст. при витраті 0,45 м³/год, максимальна витрата – 3 м³/год., $N=0,020$ кВт.

Насос для ОП

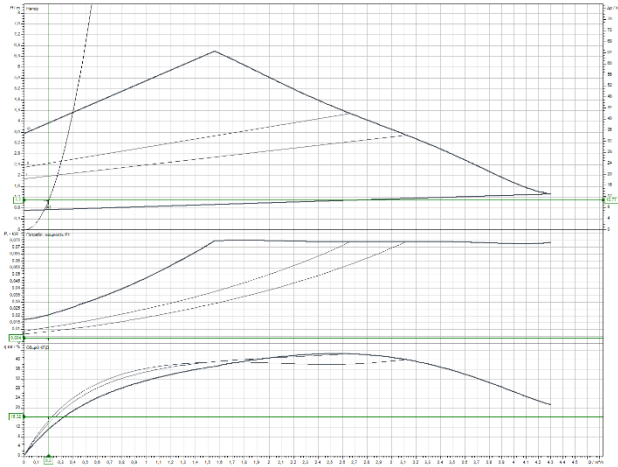
Даний насос служить для циркуляції води в замкнутій системі між опалювальними приладами та колектором.

Максимальне теплове навантаження складає 2,3 кВт (при температурному режимі 55/45°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 2,3}{4,187 \cdot (55 - 45)} = 0,2 \frac{m^3}{год}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							84
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		



де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;
- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;
- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

Втрати тиску в мережі

становлять максимально – 1,1 м.в.ст.

Вибираємо насос марки **Atmos PICO 25/1-8** фірми «Wilo», Німеччина, з тиском 1,1 м.вод.ст. при витраті 0,2 м3/год, максимальна витрата – 3 м3/год., $N=0,075$ кВт.

Насос для ТП

Даний насос служить для циркуляції води в замкнутій системі теплою підлогою та колектором.

Максимальне теплове навантаження складає 15,5 кВт (при температурному режимі 55/45°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 15,5}{4,187 \cdot (55 - 45)} = 1,33 \frac{m^3}{год}$$

де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;
- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;
- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

Втрати тиску в мережі становлять максимально – 3,5 м.в.ст.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		85

Вибираємо насос марки **Atmos PICO 15/1-6** фірми «Wilо», Німеччина, з тиском 3,5 м.вод.ст. при витраті 1,33 м3/год, максимальна витрата – 3 м3/год., N=0,04 кВт.

Насос для ТП

Даний насос служить для циркуляції води в замкнутій системі теплою підлогою та колектором.

Максимальне теплове навантаження складає 16,1 кВт (при температурному режимі 55/45°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 16,1}{4,187 \cdot (55 - 45)} = 1,39 \frac{m^3}{год}$$

де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;

- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;

- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

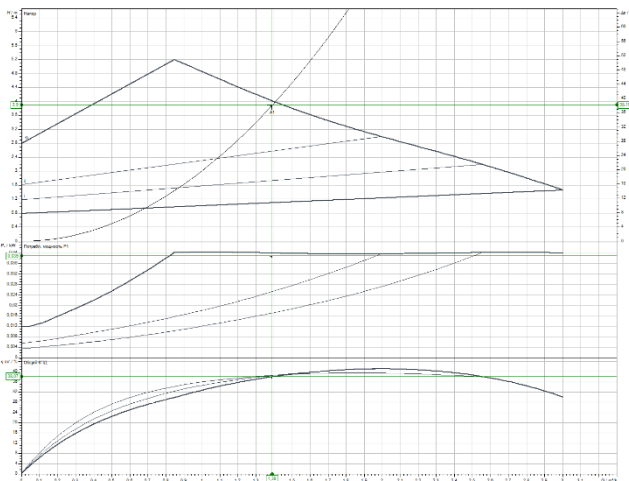
Втрати тиску в мережі

становлять максимально – 3,9 м.в.ст.

Вибираємо насос марки **Atmos PICO 15/1-6** фірми «Wilо», Німеччина, з тиском 3,9 м.вод.ст. при витраті 1,39 м3/год, максимальна витрата – 3 м3/год., N=0,04 кВт.

4.7. Розрахунок системи ГВП

У цьому проєкті реалізована комбінована система нагріву води для потреб гарячого водопостачання (ГВП), яка поєднує в собі використання пластинчастого теплообмінника та електричного бойлера. Ця система дозволяє оптимально використовувати енергію, забезпечуючи комфорт і



						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							86
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

енергоефективність.

Електричний бойлер

Електричний бойлер виконує функцію резервного та додаткового джерела тепла. Його завдання – догрівати воду, якщо температура, отримана від теплообмінника, не відповідає потребам користувача. Бойлер забезпечує постійну подачу гарячої води стабільної температури навіть у пікові періоди споживання, коли потужності основного нагрівального джерела може бути недостатньо.

Пластинчастий теплообмінник

Теплообмінник у системі працює як основний елемент для передачі тепла від контуру котла до системи гарячого водопостачання. Завдяки своїй конструкції, пластинчастий теплообмінник забезпечує високу ефективність теплопередачі, оскільки має велику площу контакту між теплоносієм і водою. Він працює від джерела тепла (котла), нагріваючи воду до певної температури.

Принцип роботи

Спочатку вода для ГВП проходить через пластинчастий теплообмінник, де отримує основне тепло від системи опалення. Якщо температура води після теплообмінника нижча за встановлений користувачем рівень, бойлер автоматично вмикається для додаткового нагріву. Це забезпечує надійну та стабільну роботу системи, навіть коли температура у контурі котла недостатня для повного нагріву води.

Переваги системи

Основною перевагою є економія енергії. Використання теплообмінника дозволяє значно зменшити навантаження на електричний бойлер, що сприяє зниженню витрат на електроенергію. Система також має високу гнучкість, адже дозволяє працювати як у звичайному режимі (з котлом), так і автономно (лише з бойлером), залежно від умов експлуатації та потреб користувача.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							87
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Додаткові особливості

Для точного регулювання температури води в системі встановлюється термостат. Він контролює температуру води після теплообмінника та керує включенням бойлера. Окрім цього, у систему інтегровані засоби захисту, які запобігають перегріву теплоносія або зворотному потоку, що може вплинути на роботу теплообмінника чи котла.

Висновок

Комбінована система з використанням електричного бойлера та пластинчастого теплообмінника є ефективним рішенням для нагріву води. Вона дозволяє оптимально використовувати потужність системи опалення, мінімізувати використання електроенергії та забезпечити безперебійне гаряче водопостачання.

4.7.1. Гідравлічний розрахунок

Після обчислення розрахункових витрат води на потреби гарячого водопостачання на окремих ділянках виконують гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів з метою визначення діаметрів. При цьому можна скористуватись таблицями гідравлічного розрахунку для водопровідних мереж. Орієнтуючись на швидкість води в трубопроводах, яка повинна бути не більше 1,5 м/с для вертикального трубопроводів та для горизонтальних 2,5 м/с після чого назначають діаметри трубопроводів. Втрати тиску на окремих ділянках обчислюють за допомогою формули:

$$H = R \cdot l \cdot (1 + k_m), \text{ м}$$

де k_m – коефіцієнт, який враховує втрати тиску на місцевих опорах.

де R – питомі втрати напору на тертя при розрахунковій витраті води в ділянці трубопроводу, Па/м

де l – довжина ділянки трубопроводу, м

Гідравлічний розрахунок буде робиться для труб ПВХ та наведений в додатку Д.7.

4.7.1. Вибір насосів та Основного обладнання обладнання.

Насос циркуляції контуру ГВП

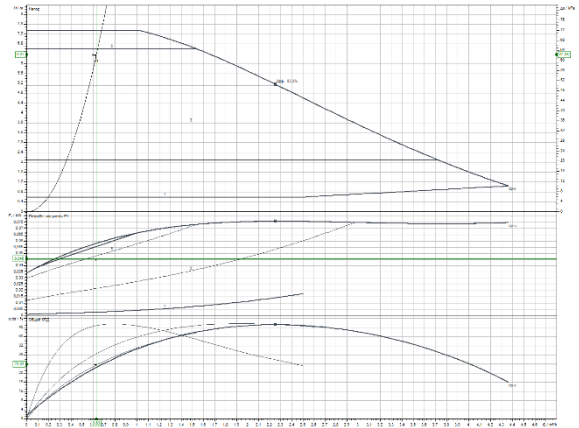
						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							88
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Дані насоси служать для подачі прямої мережної води в контурі грюючої сторони теплообмінника. Визначаємо максимальну витрату мережної води для максимального навантаження ГВП 23,8 кВт

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 23,8}{4,187 \cdot (55 - 5)} = 0,63 \frac{m^3}{год}$$

Втрати тиску в мережі становлять максимально – 6,37 м.в.ст.

Мережних насосів повино бути два, один з яких резервний. Вибираємо насос марки **Yonos PICO1.0 25/1-8** фірми «Wilо», Німеччина, з тиском до 6,37м.вод.ст. при витраті 0,63 м3/год., максимальна витрата – 7,1 м3/год., N=0,075 кВт.



Розширювальні баки (К4)

Для компенсації об'єму системи гарячого водопостачання передбачається розширювальний мембранний бак.

Розрахунок об'єму розширювальних баків наступний:

$$V = \frac{(e \cdot C)}{1 - \left(\frac{P_o}{P_{max}}\right)}, л$$

де:

- V – об'єм компенсатора, л;
- C – об'єм системи опалення, л;
- e – 0,010 (при 50°C) коефіцієнт об'ємного розширення води системи опалення;
- P_o – абсолютний (статичний) тиск системи, 1.47 бар;
- P_{max} – максимальний робочий тиск системи, 4 бар.

Об'єм розширювального бака:

$$V = \frac{0.010 \cdot 1107}{1 - \left(\frac{1.47}{4}\right)} = 41 л$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							89
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Об'єм бака з урахуванням резервної ємності Flamco Airfix P 60 л з наступними характеристиками $P_{\max} = 10$ бар, T_{\max} (для води) = 100°C.

Розрахунок бака акумулятора теплоти для ГВП (бойлер)

Визначаємо об'єм для бака-акумулятора теплоти в системі ГВП за потужності генератора теплоти, що не забезпечує максимального годинного споживання теплоти:

$$W = \frac{\varphi \cdot T \cdot Q_T^h}{1,16 \cdot (65 - t^c)}, \text{ м}^3$$

де:

- Q_T^h – середній за годину тепловий потік на потреби ГВП;
- T – розрахунковий період роботи ГВП, прийнято 24 год;
- φ – відносна величина акумуляючого об'єму, залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності споживання теплоти:

$$\varphi = 1 - K_{hr}^{sp} + (K_{hr}^{ht} - 1) \cdot \left(\frac{K_{hr}^{sp}}{K_{hr}^{ht}} \right)^{\frac{K_{hr}^{ht}}{K_{hr}^{ht} - 1}},$$

де:

- K_{hr}^{ht} – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання теплоти:

$$K_{hr}^{ht} = \frac{Q_{hr}^h}{Q_T^h} = \frac{69}{2,44} = 28.3$$

- K_{hr}^{sp} – коефіцієнт годинної нерівномірності подачі теплоти:

$$K_{hr}^{sp} = \frac{Q^{sp}}{Q_T^h} = \frac{23,8}{2,44} = 9.8$$

де:

- Q^{sp} – розрахункова потужність водонагрівача системи ГВ (прийнято 69 кВт).

$$\varphi = 1 - 9.8 + (28.3 - 1) \cdot \left(\frac{9.8}{28.3} \right)^{\frac{28.3}{28.3 - 1}} = 0,3$$

$$W = \frac{0,3 \cdot 24 \cdot 2,44}{1,16 \cdot (55 - 5)} = 0,6, \text{ м}^3 = 950 \text{ л}$$

Отже, прийнято акумуляючу ємність **Reflex Aqua Load AL 1000/R**

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							90
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

4.8. Кондиціонування повітря

Система кондиціонування повітря житлового будинку спроектована згідно технічних даних , а саме архітектурно-планувальних рішень, розрахункових теплонадходжень в приміщення, дизайн проекту приміщень та технічних можливостей систем кондиціонування.

Оптимальними умовами мікроклімату згідно ДБН В.2.2-20 п.7.2.2. та ДБН В.2.5-67 табл Д.5 кімнат є температура повітря в теплий період 24 °С , відносна вологість 25-60 % , в холодний період температура повітря 22 °С , відносна вологість 25-60 %.

На основі отриманих даних та задля асимілювання теплонадлишків було спроектовано систему кондиціонування тепловий насос-фанкойл.

Робочою рідиною є вода з параметрами 8-14°С. Охолоджена рідина за допомогою циркуляційних насосів по системі трубопроводів подається до місцевих кондиціонерів – фанкойлів.

Передбачується встановлення Внутрішніх блоків системи в обслуговуючих приміщеннях(згідно дизайн проекту). Основим типом обладнання є каналні фанкойли. Кондиціонер являє собою блок, що включає фільтр, водяний теплообмінник, вентилятор і пульт управління. Фанкойли (як і внутрішні блоки фреонових систем) мають різноманітні конструкції, що дозволяє їх використовувати у будь-якому інтер'єрі.

Зовнішній блок фанкойлів, як частина системи кондиціонування, розташований на фасаді будинку на відмітці 3.000. Холодильна машина (тепловий насос) запроектована типу гліколь-вода та обладнана економайзером. За рахунок автоматичного керування компресорами, насосами та встановлення регуляторів витрати на підводках до фанкойлів, досягається висока енергоефективність та комфорт.

Температура повітря задається пультом керування або централізовано через систему диспетчеризації. Присутня можливість програмування по недільному таймеру, що дозволяє знижувати температуру в холодний період та вимикати внутрішні блоки в теплий період, в неробочий час.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							91
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Розподілення холодоносія, фреону, води, здійснюється мідними трубами, розрахункова витрата відгалужень підтримується автоматичними регуляторами перепаду тиску. Трубопроводи прокладаються за підшивною стелею та теплоізолюються.

Видалення конденсату від внутрішніх блоків передбачено в загальний збірний полімерний трубопровід, що підключено до системи каналізації через гідрозатвор. Для очищення всіх елементів системи передбачити вільний доступ.

4.8.1. Вибір фанкойлів

Вибір фанкойлів є важливим етапом проектування системи кондиціонування, оскільки правильний вибір пристроїв забезпечує оптимальну роботу всієї системи, комфорт у приміщенні та енергоефективність. Ось основні аспекти, які слід враховувати:

Потужність фанкойла. Потужність фанкойла визначається тепловим або холодним навантаженням приміщення. Для цього проводиться теплотехнічний розрахунок, що враховує тепловтрати взимку та теплопритоки влітку. Для обігріву фанкойл підбирається за параметрами теплоносія (наприклад, 70/50°C), а для охолодження – за параметрами холодоносія (7/12°C) та вологовиділення. Важливо врахувати розрахункову температуру повітря у приміщенні та рівень ізоляції будівлі.

Тип установки. Залежно від архітектури приміщення та дизайнерських вимог, фанкойли можуть бути настінними, каналними, підлоговими, підстельовими або касетними. Настінні моделі компактні й легко встановлюються, тоді як каналні та касетні приховуються в конструкціях стелі, що дозволяє зберегти естетику інтер'єру. Підлогові або підстельові фанкойли забезпечують універсальність монтажу й часто використовуються в офісах або громадських приміщеннях.

Тип теплообмінника. Фанкойли поділяються на двоходові (2-трубні) та чотириходові (4-трубні) системи. У двоходових фанкойлах використовується один контур для тепло- або холодоносія, що підходить для сезонного режиму роботи. Чотириходові системи мають окремі контури

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							92
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

3	Кабінет	1,08	FWB-C 04	1,72
9	Спальня	1,2	FWB-C 04	1,72
12	Студія	4,32	FWB-C 11	4,79
14	Спальня	2,04	FWB-C 06	2,69
0-й поверх				
2	Вітальня	5,2	FWB-C 15	6,66
3	Кухня/бар	4,32	FWB-C 11	4,79
8	Спальня	1,56	FWB-C 04	1,72
11	Майстер-спальня	2,16	FWB-C 06	2,69
1-й поверх				
3	Спальня	1,32	FWB-C 04	1,72
6	Кімната відпочинку	1,8	FWB-C 05	1,9

4.8.2. Гідравлічний розрахунок:

Методика гідравлічного розрахунку наведена в розділі опалення.

Розрахунок наведено в додатку Д.8.

4.8.3. Вибір насосів та Основного обладнання обладнання.

Розрахунок буферної ємності системи опалення

Розрахунок теплоаккумулятора полягає у визначенні акумулюючої здатності запасеного об'єму води. Акумулюючу здатність води характеризує її теплоємність, яка дорівнює **4,187 кДж/кг·°С**. Це означає, що для нагрівання одного кілограма води на 1 °С необхідно підвести кількість тепла, еквівалентну **4,187 кДж** або, що те саме, **1 ккал = 1,163 Вт·год**.

Отже, за формулою відповідно до DIN EN 303-5 мінімально необхідний об'єм буферної ємності становить:

$$V_{PS} = \frac{P_{WP} \cdot t}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 40,5 \cdot 2}{1000 \cdot 4,187 \cdot (14 - 8)} = 770 \text{ л}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							94
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

де:

- V_{PS} – нехобідний об'єм буферної ємності л;
- P_{WP} – Теплова потужність теплового насоса, кВт;
- t - час перекриття через перерву в роботі, год;
- c – Питома теплоємність води;
- Δt – різниця температур подачі/звороту;
- ρ – густина води, кг/м³.

Обираємо буферну ємність для системи опалення виробника Reflex (Німеччина) Наші умови задовольняє наступна модель: буферна ємність Reflex H 800/1.

Вибір розширювального бака системи опалення

Щоб виконати розрахунок робочого об'єму мембранного розширювального бака, необхідно знати загальний об'єм системи опалення.

Розрахунок об'єму розширювальних баків наступний:

$$V = \frac{(e \cdot C)}{1 - \left(\frac{P_o}{P_{max}}\right)}, \text{ л}$$

де:

- V – об'єм компенсатора, л;
- C – об'єм системи опалення, л;
- e – 0,010 (при 14°C) коефіцієнт об'ємного розширення води системи опалення;
- P_o – абсолютний (статичний) тиск системи, 1,96 бар;
- P_{max} – максимальний робочий тиск системи, 4 бар.

Об'єм розширювального бака:

$$V = \frac{0.01 \cdot 1587}{1 - \left(\frac{1,96}{4}\right)} = 98 \text{ л}$$

Об'єм бака з урахуванням резервної ємності 110 л Meibes Flexcon 110 з наступними характеристиками $P_{max} = 10$ бар, T_{max} (для води) = 120°C.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							95
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

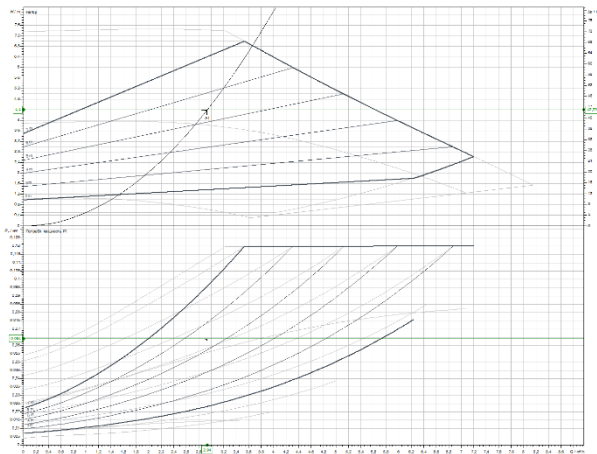
Насос для Фанкойлів 1-го поверху

Даний насос служить для циркуляції води в замкнутій системі між фанкойлами та колектором.

Максимальне теплове навантаження складає 20,5 кВт (при температурному режимі 14/8°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 20,5}{4,187 \cdot (14 - 8)} = 2,94 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$



де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;

- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;

- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

Втрати тиску в мережі становлять

максимально – 4,4 м.в.ст.

Вибираємо насос марки **Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10** фірми «Wilo», Німеччина, з тиском 1,8 м.вод.ст. при витраті 2,94 м³/год, максимальна витрата – 5 м³/год., N=0,020 кВт.

Насос для Фанкойлів 0-го поверху

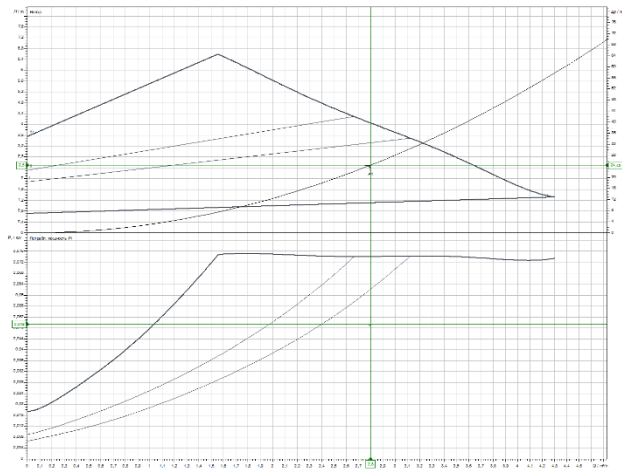
Даний насос служить для циркуляції води в замкнутій системі між фанкойлами та колектором.

Максимальне теплове навантаження складає 20 кВт (при температурному режимі 14/8°C).

Визначаємо максимальну витрату води:

$$G^{max} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 2,3}{4,187 \cdot (14 - 8)} = 2,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							96
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		



де:

- Q – розрахункове теплове навантаження, кВт;
- $t_1 - t_2$ – розрахунковий перепад температури води в системі опалення;
- c_p – теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/(кг • К).

Втрати тиску в мережі

становлять максимально – 2,5 м.в.ст.

Вибираємо насос марки **Atmos PICO 25/1-8** фірми «Wilо», Німеччина, з тиском 1,1 м.вод.ст. при витраті 0,2 м3/год, максимальна витрата – 3 м3/год., $N=0,075$ кВт.

4.9. Вентиляція

Вентиляція запроектована відповідно до завдання на проектування, архітектурно-будівельних креслень, технологічного завдання та вимог санітарно-технічних норм, діючих на території України будівельних норм та правил.

Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов повітряного середовища у робочій зоні приміщень запроектованої будівлі проектом передбачені такі вентиляційні заходи:

- припливна та витяжна вентиляція загального обміну свіжого повітря, розрахована, з метою забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов для людей та складських приміщень згідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013, ДБН В.2.2-20:2008, ДБН В.2.2-15-2019, за відповідною нормативною кратністю обміну повітря у житлових приміщеннях та допоміжного призначення.

- системи забезпечення видалення забрудненого повітря з місцевих відсмоктувачів над поверхнями технологічного обладнання та мийних в зоні кухні.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							97
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- охолодження припливного повітря з розрахунку асиміляції надлишків тепла у зовнішньому припливному повітрі в теплий період.

- рекуперація тепла витяжного повітря в зимовий період для заощадження енергоресурсів.

- для систем загальнообмінної вентиляції передбачено встановлення карманних фільтрів грубої очистки класу не нижче за G4 зі ступенем очищення 91,4%. Фільтри встановлюються як на припливній частині так і на витяжній.

Для всіх фільтруючих елементів передбачається можливість їх очищення в процесі подальшої експлуатації. Необхідні обсяги обміну повітря та потреби у нагріві та охолодженні припливного повітря визначені розрахунками, результати яких наведені у таблиці повітрообміну в додатку Д.9.

Повітрообмін в усіх приміщеннях розрахований згідно з чинними нормами за санітарною нормою та кратністю повітрообміну.

Подача та видалення повітря в житлових зонах здійснюється через систему повітроводів, які з'єднані з припливно-витяжною установкою, розміщеною в технічному приміщенні під підшивною стелею обслуговуваного поверху. Повітрообмін у приміщеннях встановлено на рівні 30 м³/год на одну особу.

Витрата витяжного повітря прийнята:

- для суміщених санвузлів — 90 м³/год з кожного приміщення;
- для кухонь об'ємом до 20 м³ — 60 м³/год.

Для технічних приміщень передбачено видалення повітря з кратністю не менше 1, у приміщенні для зберігання — не менше 2 крат.

В котельні передбачені окремі системи витяжної та припливної вентиляції. Видалення повітря здійснюється з кратністю не менше 3, подача — не менше 3 крат + необхідна кількість повітря для повного згоряння палива згідно з технічних характеристик обладнання. Забір повітря здійснюється з фасаду будівлі, а видалення — через дах.

Розрахунок повітрообміну

Витрату припливного повітря L, м³ /год, для системи вентиляції та кондиціонування визначають за розрахунком та вибирають більшу із витрат, яка

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							98
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

необхідна для забезпечення санітарно-гігієнічних норм та норм вибухопожежної безпеки. Витрату повітря визначають окремо для теплого і холодного періодів року та перехідних умов, беручи більшу із значень, отриманих за наведеними нижче формулами. Витрату повітря за надлишками явної теплоти визначають за формулою:

$$L = L_{w.z.} + \frac{3,6 \cdot Q - c_B \cdot \rho \cdot L_{w.z.} \cdot (t_{w.z.} - t_{in})}{c_B \cdot \rho \cdot L_{w.z.} \cdot (t_l - t_{in})}$$

де:

- $L_{w,z}$ – Витрата повітря, що виводиться місцевими вентиляційними системами з обслуговуваної або робочої зони приміщення, а також для технологічних потреб, м³/год;
- Q – явний тепловий потік у приміщенні, Вт;
- c_B – теплоємність повітря, що дорівнює 1,006 кДж/(кг·К);
- $t_{w,z}$ – Температура повітря, яке виводиться місцевими вентиляційними системами з обслуговуваної або робочої зони приміщення, а також для технологічних потреб, °С;
- t_l – Температура повітря, яке виводиться з приміщення поза зоною обслуговування або робочою зоною, °С;
 - t_{in} – Температура припливного повітря, що подається до приміщення, °С. Тепловий потік, який поступає до приміщення від прямої та розсіяної сонячної радіації, враховується під час проектування:
 - вентиляції, у тому числі з випарним охолодженням повітря – для теплого періоду року;
 - кондиціонування – для теплого та холодного періодів року і для перехідних умов.

Витрату повітря за масою шкідливих або вибухонебезпечних речовин, що виділяються, визначають за формулою:

$$L = L_{w.z.} + \frac{m_{po.} - L_{w.z.} \cdot (q_{w.z.} - q_{in})}{q_l - q_{in}}$$

де:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							99
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- m_{po} – Витрата кожної шкідливої або вибухонебезпечної речовини, що потрапляє в повітря приміщення, мг/год;
- $q_{w,z}$, q_l – Концентрація шкідливої або вибухонебезпечної речовини у повітрі, що видаляється, відповідно з обслуговуваної або робочої зони приміщення та поза її межами, мг/м³ ;
- q_{in} – Концентрація шкідливої або вибухонебезпечної речовини у повітрі, що подається до приміщення, мг/м³.

У разі одночасного виділення кількох шкідливих речовин у приміщенні, що мають ефект сумарної дії, повітрообмін визначають шляхом додавання витрат повітря, розрахованих для кожної з цих речовин, зокрема для надлишку вологи (водяної пари):

$$L = L_{w.z.} + \frac{W - \rho \cdot (d_{w.z.} - d_{in})}{\rho \cdot (d_l - d_{in})}$$

де:

- W – надлишки вологи у приміщенні, г/год;
- $d_{w,z}$ – Вологовміст повітря, що виводиться системами місцевих відсмоктувачів з обслуговуваної або робочої зони приміщення, а також для технологічних потреб, г/кг;
- d_l – Вологовміст повітря, що виводиться з приміщення поза зоною обслуговування або робочою зоною., г/кг;
- d_{in} – вологовміст повітря, що подається до приміщення, г/кг; – за надлишками повної теплоти:

$$L = L_{w.z.} + \frac{3,6 \cdot Q_{h,f} - \rho \cdot L_{w.z.} \cdot (I_{w.z.} - I_{in})}{\rho \cdot (I_l - I_{in})}$$

де:

- $Q_{h,f}$ – надлишковий явний та повний теплові потоки у приміщенні, Вт;
- $I_{w,z}$ – Питома ентальпія повітря, що виводиться системами місцевих відсмоктувачів з обслуговуваної або робочої зони приміщення, а також для технологічних потреб., кДж/кг;

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							100
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- I_1 – Питома ентальпія повітря, що виводиться з приміщення поза зоною обслуговування або робочою зоною., кДж/кг;
- I_{in} – питома ентальпія повітря, що подається до приміщення, кДж/кг, яка визначається з урахуванням підвищення температури:

$$L = V_p \cdot n$$

де:

- V_p – об'єм приміщення, м³ (для приміщень заввишки 6 м і більше потрібно брати $V_p = 6 A$);
- A – площа приміщення, м² ;
- N – Кількість людей (відвідувачів), робочих місць або одиниць обладнання;
- n – нормована кратність повітрообміну, год-1 ;
- k – нормована витрата припливного повітря на 1 м² підлоги приміщення, м³ /(год·м²);
- m – нормована питома витрата припливного повітря, м³ /год, на 1 робоче місце, на 1 людину або на одиницю обладнання.

Витрату повітря для забезпечення норм вибухопожежної безпеки визначають за формулою (2.9). При цьому $q_{w,z}$ та q_l замінюють на $0,1q_g$, мг/м³ (де q_g – нижня концентраційна межа поширення полум'я для газо-, паро- та пилоповітряної суміші).

Розрахунок повітрообміну наведено в додатку Д.9.

4.9.1. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

Для вентиляції житлових та громадських будівель часто застосовуються повітропроводи, виготовлені з різних матеріалів, серед яких металеві повітропроводи з тонкостінної сталі є одним із популярних варіантів. Вибір матеріалу та конструкції повітропроводів повинен базуватися на вимогах до ефективності вентиляційної системи, тривалості експлуатації, звукопоглинання,

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							101
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

гігієнічних норм, пожежної безпеки та інших чинників, що впливають на якість та безпеку повітропостачання у будівлі. Також важливо враховувати втрати тиску, спричинені опором тертя.

Втрати тиску:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l \right) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Па} \quad (2.14)$$

де:

- λ - коефіцієнт гідравлічного тертя;
- d – діаметр внутрішньої частини розрахункової ділянки, м;
- l – довжина розрахункової ділянки, м;

Коефіцієнт гідравлічного тертя при числі Рейнольдса $Re > 2300$:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad (2.15)$$

де:

- k_e – еквівалентна шорсткість внутрішніх стінок повітропроводу, м;
- d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу, м;
- Re – число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu} \quad (2.16)$$

де:

- ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, приймається $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.
- d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу, м;
- v – швидкість повітря в повітропроводі м/с

Швидкість руху повітря в повітропроводі :

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f_d} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.17)$$

де:

L – витрата повітря на певній ділянці повітропроводу, $\text{м}^3/\text{год}$;

f_d – площа поперечного перерізу повітропроводу, м^2 ;

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							102
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Втрати тиску на тертя:

$$P_T = \left(\frac{\lambda}{d_e}\right) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_d, \text{ Па} \quad (2.18)$$

де:

- $\beta_{ш}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість стінок повітропроводів
- k_1 k_2 – поправочні коефіцієнти, які враховують температуру повітря що транспортується о повітропроводах.
- P_d – динамічний тиск повітря на ділянці. Па.

Втрати тиску на подолання місцевих опорів вентиляційних систем:

$$\Delta P_z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot k_2 = \sum \xi \cdot P_d \cdot k_2, \text{ Па} \quad (2.19)$$

де:

- $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці вентиляційної системи.

Втрати тиску на розрахунковому відрізку довжиною l , що враховують місцеві опори, визначаються як сума втрат тиску, зумовлених подоланням опору тертя, та втрат тиску, спричинених місцевими опорами на цьому відрізку:

$$\Delta P_{діл} = \Delta P_T + \Delta P_z, \text{ Па} \quad (2.20)$$

Загальні втрати тиску в вентиляційній системі обчислюються як сума втрат на розрахункових ділянках, що складають головну магістраль системи. Головна магістраль визначається як найбільш віддалена від вентилятора частина, яка має найбільше навантаження за обсягом повітря, що проходить через неї.

$$H = \frac{\Delta P_{діл} - \Delta P_{від}}{\Delta P_{діл}} \cdot 100\% \quad (2.21)$$

Якщо неможливо досягти збалансування різниці тисків шляхом зміни поперечного перерізу повітропроводу гілки, ув'язнення здійснюється за допомогою встановлення діафрагми (дросельного клапану), що створює додатковий місцевий опір $\xi_{дф}$:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							103
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

$$\xi_{\text{дф}} = \frac{1,67 \cdot (\Delta P_{\text{діл}} - \Delta P_{\text{від}})}{v_{\text{від}}^2} \quad (2.22)$$

де:

- $\Delta P_{\text{діл}}$ – втрати тиску в магістралі Па;
- $\Delta P_{\text{від}}$ – втрати тиску в відгалуженні Па;
- $v_{\text{від}}^2$ – дійсна швидкість повітря на відгалуженні м/с.

Після врахування різниці тисків у гілці та паралельній ділянці головного напрямку системи, проводиться розрахунок, в якому враховується додатковий місцевий опір діафрагми (дросельного клапану) у гілці, з використанням коефіцієнта місцевого опору.. $\xi_{\text{дф}}$.

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів системи вентиляції зводиться в таблицю додаток Д.10.

4.9.2. Повітроподіллення

Вибір схеми повітрообміну є важливою частиною проектування вентиляційної системи. Вона має забезпечити ефективний розподіл повітря в приміщенні, уникати протягів, застійних зон та перетоків між "чистими" і "брудними" зонами.

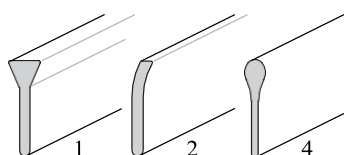
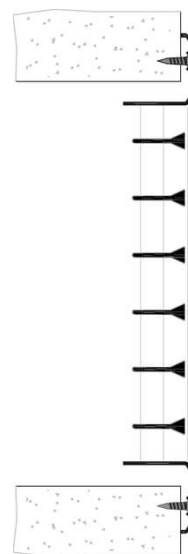
Для приміщення 0-го поверху, 02 Вітальня, обрано розподільчий пристрій — решітку NOVA-L1-1-1200x150-R-1-12-AN, ділянка довжиною 1200 мм. Подача повітря здійснюється горизонтально, і витрата повітря для цієї ділянки складає $L = 291,5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Видалення повітря також передбачено через щельовий дифузор HELLA-3-1200-B-R-0-AN, в цьому випадку витрата повітря для ділянки 1200 мм також становить $L = 291,5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розрахунок струмін виконано за допомогою програмного забезпечення Systemair DESIGN.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							104
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Припливна решітка



Опис

NOVA-L - прямокутна решітка з горизонтальними нерухомими жалюзі, призначена для використання в припливних і витяжних системах комерційних та промислових приміщень. рівномірного розподілу повітряного потоку та надійної роботи решітки, рекомендується додатково встановлювати повітророзподільну камеру або регулюючий клапан

Налаштування

Параметр	Значення
Довжина	1200 (нестандарт)
Висота	150
Жалюзі	Горизонтально (стандартно)
Кількість рядів	1-рядные жалюзі
Монтаж	-
Спосіб регулювання	R1
Тип жалюзі	1

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							105
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Осовий шаг (мм)

12 мм (стандарт)

Виконання
(нестандарт)

Стандарт

Покриття

Колір - анодирований

Напряг повітря

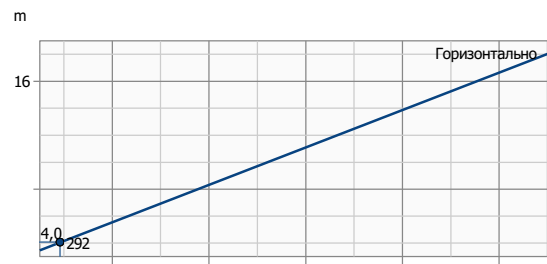
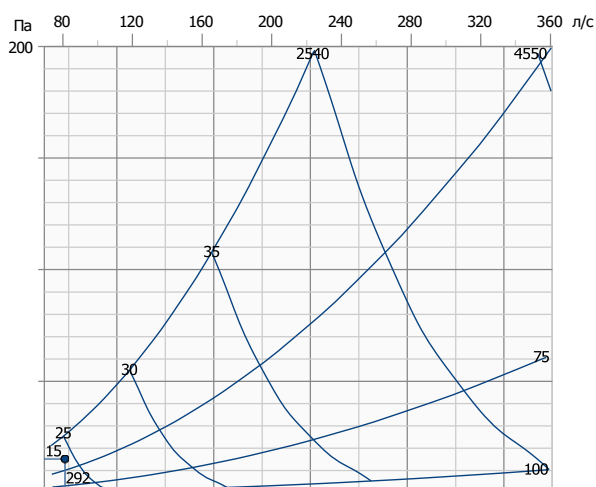
Приток

Розрахунок

Перепад тиску та рівень звукової потужності (А-зважений)

Дальнобойність (для конечной скорости 0.2 m/s)

Загальний рівень звукової потужності (А-фільтр)



Параметр	Значення	
Витрата повітря	292	м³/год
Швидкість повітря	0,45	m/s
Перепад тиску	15	Па
Кімнатна температура	22	°C
Температура припливного повітря	20	°C
Налаштування регулятора	20	%
Дальнобойність	4,0	m
Загальний рівень звукової потужності	39	дБ
Загальний рівень звукової потужності (А-фільтр)	24	дБ(А)
Загальний рівень звукової потужності (площа поглинання 10 м², А-фільтр)	20	дБ(А)

Загальний рівень звукової потужності									
	Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L _w	dB	38	28	27	24	9	<5	<5	21
L _{WA}	dB(A)	10	11	18	20	9	<5	<5	19

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							106
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

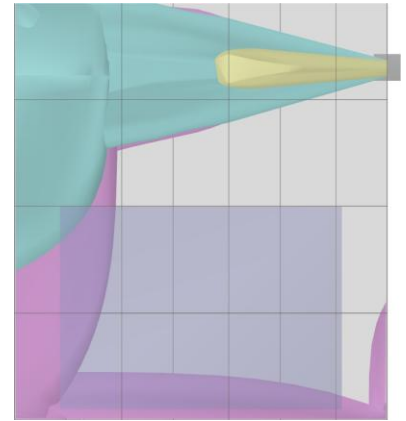
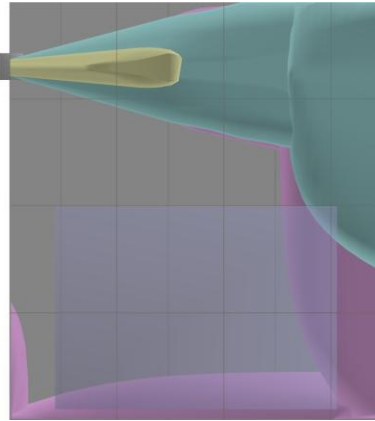
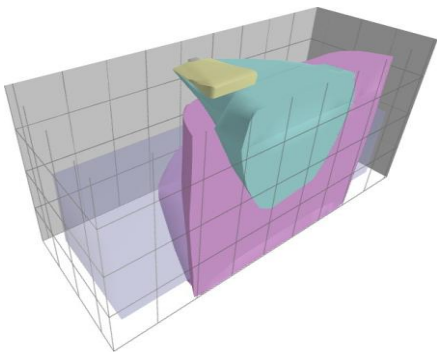
Картина розподілу

Ширина приміщення (X): 3.480 m Позиція (розташування) X: 0.000 m

Довжина приміщення (Y): 9.150 m Позиція (розташування) Y: 4.500 m

Висота приміщення (Z): 3.900 m Позиція (розташування) Z: 3.300 m

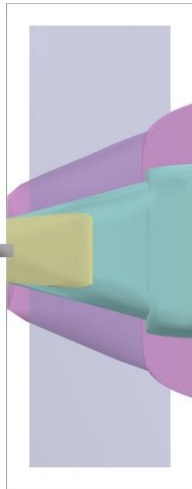
20 m/s 0.20 m/s 0.10 m/s 0.50 m/s



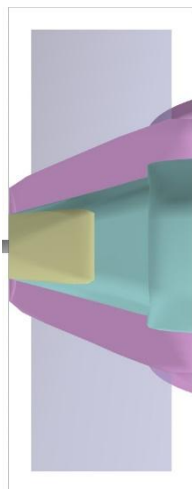
Користувальницький

Вид фронтальний

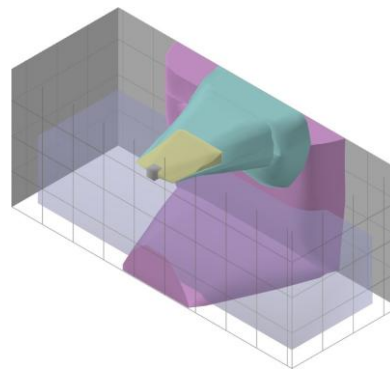
Задній вид



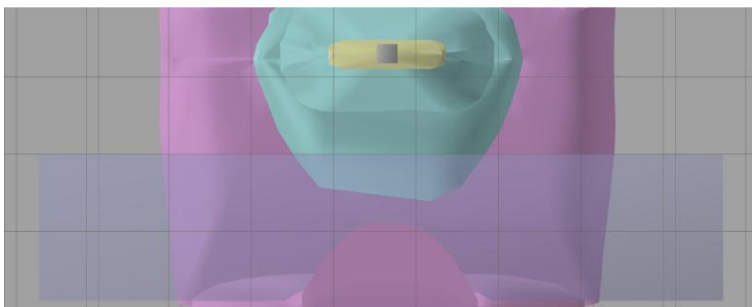
Вид зверху



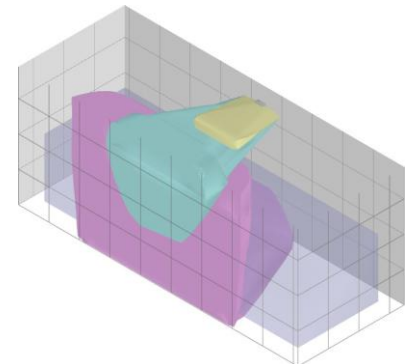
Вид знизу



Південний захід



Вид справа



Північний схід

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

Витяжна решітка



Опис

HELLA — це лінійний дифузор, спеціально розроблений для ефективної подачі повітря в різноманітних адміністративних будівлях. Важливими особливостями є можливість регулювання напрямку повітряного потоку за допомогою дефлекторів та можливість регулювання витрати повітря завдяки спеціальному регулюючому пристрою (-R-). Диффузор HELLA може використовуватися як для подачі, так і для видалення повітря.

HELLA встановлюється в підвісні стелі, включаючи варіанти для безперервної лінійної установки декількох дифузорів. Модель HELLA-T призначена для монтажу в касетні стелі розміром 600*600.

Основні характеристики:

- Мінімалістичний дизайн
- Легкість і швидкість монтажу
- Регулювання карти розподілу
- Можливість оснащення камерою статичного тиску або без неї
- Клас герметичності C (відповідно до EN 1751)
- Можливість установки в одну безперервну лінію
- 1-, 2-, 3- або 4 слоти

Конструкція:

- Дифузор виготовлений з алюмінію та пофарбований у білий колір RAL9003.
- Кількість слотів варіюється від 1 до 4.

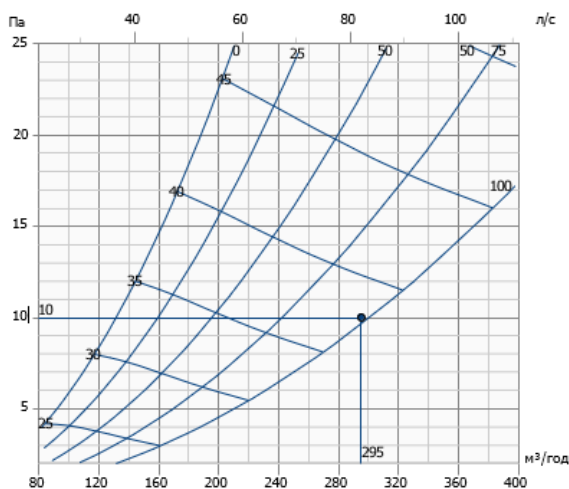
						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							108
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Кожен дифузор оснащений дефлектором для регулювання напрямку потоку повітря (від вертикальної до різноспрямованої горизонтальної подачі).
- Регулюючий пристрій (-R-) можна зняти без інструментів.
- Торцеві заглушки фіксуються шурупами. Після зняття заглушки можливе з'єднання дифузорів у безперервну лінію.
- Камера статичного тиску з оцинкованої сталі з круглим патрубком для підключення подається як окремий артикул.
- Для монтажу без камери статичного тиску необхідно використовувати монтажну рамку MB-HELLA.

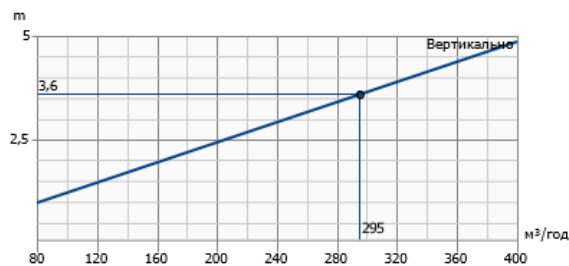
► Розрахунок

Перепад тиску та рівень звукової потужності (A- зважений)

Общий уровень звуковой мощности (A-фильтр)



Дальнобойність (для конечной скорости 0.2 m/s)



Параметр	Значення	
Витрата повітря	295	m ³ /год
Швидкість повітря	10	Па
Кімнатна температура	20	°C
Температура припливного повітря	20	°C
Налаштування регулятора	98	%
Дальнобійність	3.6	m
Загальний рівень звукової потужності	46	дБ
Загальний рівень звукової потужності (А-фільтр)	38	дБ(А)
Загальний рівень звукової потужності (площа поглинання 10 м ² , А-фільтр)	34	дБ(А)

Загальний рівень звукової потужності		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L _w	dB	42	39	39	39	29	22	19	24
L _{WA}	dB(A)	16	23	31	35	29	23	20	22

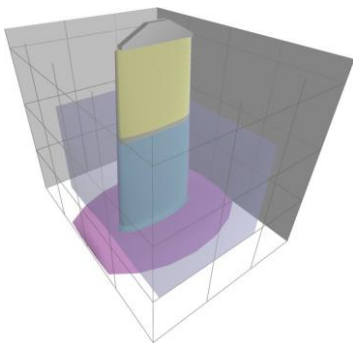
Картина розподілу

Ширина приміщення (X): 3.480 m Позиція (розташування) X: 0.000 m

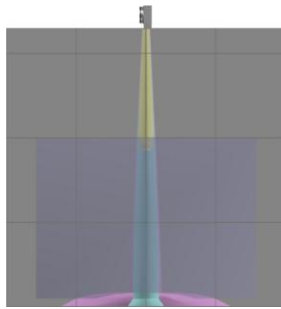
Довжина приміщення (Y): 9.150 m Позиція (розташування) Y: 4.500 m

Висота приміщення (Z): 3.900 m Позиція (розташування) Z: 3.300 m

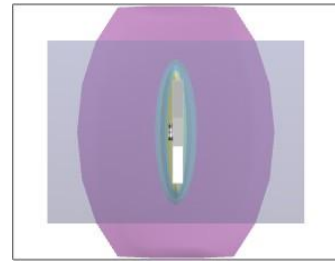
20 m/s 0.20 m/s 0.10 m/s 0.50 m/s



Пользовательский



Вид фронтальный



Вид сверху

4.9.3. Захист від шуму

Для запобігання розповсюдження шуму в приміщення, які обслуговуються, системами кондиціонування проектом передбачено:

- використання малошумного низькошвидкісного обладнання;
- влаштування гнучких вставок на приєднанні трубопроводів та повітропроводів до обладнання;
- фундаменти під обладнанням виконуються плавуючі.
- проходи повітропроводів через будівельні конструкції та їх кріплення ретельно ізолюються пружними прокладками в гільзах;
- шумові показники внутрішніх блоків (фанкойлів) відповідають нормативним.
- для запобігання розповсюдження шуму системою повітропроводів, на всіх системах встановлено шумоглушники.
- вентиляційні установки та холодильну техніку розміщено у спеціальних шумоізованих приміщеннях

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							110
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- повітропроводи кріпляться до будівельних конструкцій з застосуванням віброізолюючих прокладок.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							111
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							112
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Управління припливно-витяжною вентиляцією

1. Управління припливно-витяжною вентиляцією з рекуперацією, водяним нагрівачем та охолоджувачем. Зокрема, здійснюється контроль за вузлами: припливними та витяжними заслінками, припливним вентилятором, триходовим клапаном і насосом водяного нагрівача, компресорно-конденсаторним блоком, витяжним вентилятором.
2. Управління здійснюється на основі аналізу:
 - температури зовнішнього повітря,
 - температури припливного повітря,
 - температури повітря в приміщенні,
 - стану фільтрів припливного та витяжного повітря,
 - сигналу про пожежу від системи пожежної сигналізації,
 - пресостатів вентиляторів,
 - стану водяного нагрівача (захист від замерзання).
3. Шафа забезпечує два способи запуску/зупинки установки:
 - у режимі "Локальний" – кнопками «Пуск» та «Стоп» на дверцятах шафи;
 - у режимі "Дистанційний" – кнопками з дистанційного пульта.
4. Диспетчеризація здійснюється через інтерфейс RS485, Modbus.
5. Управління реалізоване на базі контролера (ПЛК).

Алгоритм роботи установки

1. Режими роботи установки:

- «Черговий режим» – система вентиляції зупинена, виконується моніторинг аварій.
- «Робота» – підтримання параметрів повітря згідно із заданими налаштуваннями (включаючи відкриття заслінок, запуск вентиляторів).
- «Аварія» – перехід до стану аварії за подією (згідно зі списком аварій у документації).

2. Індикація аварій:

- Відображення аварії на дверцятах шафи та дистанційному пульті.
- Фіксація подій у журналі аварій (тип аварії, час виникнення, час усунення).

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							113
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							116
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Дослідження параметрів повітря в житловому приміщенні, яке здійснюється для оцінки ефективності вентиляції, включає аналіз руху повітря, його температури, швидкості, вологості та якості. У цьому випадку вивчається подача повітря горизонтальними струминами біля сходів і забор повітря вертикальними струминами біля дивану. Такі параметри допомагають визначити рівень комфорту, забезпечення здоров'я та ефективність роботи вентиляційної системи.

1. подача повітря горизонтальними струминами біля сходів

Горизонтальні струмини для подачі повітря є одним із найбільш поширених методів розподілу повітря в приміщенні, оскільки вони дозволяють рівномірно розподіляти потік по великій площі без створення протягів.

Основні характеристики:

- **Розташування:** подача повітря здійснюється через решітки або дифузори, розташовані на стіні або в підлозі біля сходів. Це дозволяє забезпечити рівномірний потік повітря по всій площі приміщення.
- **Напрямок потоку:** Горизонтальний напрямок потоку дозволяє уникнути турбулентних потоків і забезпечити м'яке розподілення повітря.
- **Параметри:** Під час дослідження важливо виміряти такі параметри:
 - **Швидкість потоку повітря:** Визначає, чи комфортно буде перебувати в зоні дії потоку для людей.
 - **Температура повітря:** Важливо, щоб температура в зоні подачі повітря була комфортною, без перепадів температури.
 - **Вологість повітря:** Повітря в коридорі або біля сходів не повинно бути занадто вологим, щоб не сприяти розвитку плісняви чи грибка.
 - **Концентрація CO₂:** У межах комфортних норм для житлових приміщень, щоб уникнути погіршення якості повітря.

Моделювання:

- Використовуються комп'ютерні моделі, наприклад, за допомогою CFD-програм (Computational Fluid Dynamics), для прогнозування потоку повітря та температурних розподілів у приміщенні. Моделювання дає можливість

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							117
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

передбачити, як ефективно повітря буде рухатися, чи будуть створюватися застійні зони, де температура може бути занадто високою або низькою.

2. Забір повітря вертикальними струминами біля дивану

Забір повітря вертикальними струминами використовується для видалення повітря з приміщення, що важливо для підтримання гігієнічних умов і уникнення застою вологи та запахів. Вертикальні струмини, розташовані біля дивану, дозволяють безпечним чином видаляти повітря, не створюючи протягів у зонах відпочинку.

Основні характеристики:

- **Розташування:** Вертикальні струмини встановлюються через дифузори на стелі або біля стін (в залежності від дизайну приміщення), щоб видалити повітря із зони відпочинку, де знаходяться люди.
- **Напрямок потоку:** Потік повітря рухається вгору, що дозволяє уникнути прямого контакту з людьми. Це створює умови для тихого і комфортного видалення забрудненого або нагрітого повітря.
- **Параметри:** Під час дослідження забору повітря важливо виміряти:
 - **Швидкість потоку:** Це дозволяє переконатися, що повітря рухається без протягів і не викликає дискомфорту у мешканців.
 - **Температура:** Визначення температури повітря в точках видалення дозволяє оцінити, чи забезпечується необхідний теплообмін.
 - **Якість повітря:** Вимірюється концентрація CO₂ та інших шкідливих газів, щоб впевнитися, що вентиляційна система ефективно видаляє забруднення.

Моделювання:

- За допомогою програмного забезпечення для моделювання повітряного потоку, таких як Systemair DESIGN та SolidWorks, можна оцінити, наскільки добре система видаляє повітря з приміщення. Моделювання дозволяє визначити, чи не утворюються застійні зони, чи достатньо ефективно працює система вентиляції.

3. Параметри повітря:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							118
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- **Температура:** Важливо контролювати розподіл температури в приміщенні, щоб не виникало перегріву або переохолодження. Подача повітря на рівні сходів або в коридорах повинна забезпечувати рівномірний температурний розподіл, а забор повітря біля дивану має видаляти тепло та підтримувати комфортну температуру.
- **Швидкість повітря:** У зонах відпочинку швидкість потоку повітря має бути мінімальною, щоб не створювати відчуття протягу, а в інших зонах швидкість може бути більшою для ефективного обміну повітря.
- **Вологість:** Рівень вологості в приміщенні також має значення. Вентиляція повинна підтримувати вологість в межах комфортного діапазону (30-60%).

4. Виконання вимірів:

- Вимірювання параметрів проводяться за допомогою спеціалізованих приладів: анемометрів для вимірювання швидкості потоку, термометрів для температури, гігрометрів для вологості та моніторів якості повітря для CO₂.
- Також можна використовувати датчики для моніторингу рівня забруднень, таких як пил або токсичні гази.

5. Аналіз результатів:

- Після проведення вимірів і збору даних, проводиться аналіз, щоб оцінити ефективність вентиляційної системи: чи забезпечує вона належний повітрообмін, чи відсутні зони з поганою циркуляцією повітря.
- За допомогою отриманих результатів коригуються параметри вентиляційної системи для оптимізації її роботи.

Висновки:

Після проведення дослідження параметрів повітря в житловому будинку можна зробити висновки про ефективність системи вентиляції, її здатність підтримувати комфортну температуру, вологість і якість повітря. Це дозволяє не лише покращити комфорт мешканців, але й забезпечити здорове середовище для проживання.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							119
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							120
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Заходи щодо енергозбереження для житлової будівлі

Об'ємно-планувальні та конструктивні заходи щодо енергозбереження:

Сонцезахисні пристрої: Вікна будівлі оснащені сонцезахисними системами, що зменшують кількість тепла, яке проникає в будівлю ззовні влітку. Це знижує потребу в охолодженні в літній період.

Зменшення витрат на освітлення: Вибір світлодіодного освітлення та датчиків руху для автоматичного включення/виключення світла допомагає знизити споживання енергії на штучне освітлення.

Засклення: Використовуються вікна з енергозберігаючими покриттями та багатошаровим склом, що значно зменшує теплові втрати в зимовий період.

Утеплення стін та даху: Використання теплоізоляційних матеріалів для стін, даху та підлоги мінімізує втрати тепла і підтримує стабільну температуру в будівлі, що сприяє економії енергії на опалення.

Технічні заходи енергозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВІК):

Ефективна теплоізоляція трубопроводів: Трубопроводи системи опалення та водопостачання утеплені, що дозволяє уникнути втрат тепла під час транспортування теплоносія.

Циркуляційні насоси з змінною частотою обертів (Wilo): Використання насосів з регулюванням швидкості обертів дозволяє оптимізувати потужність насосів залежно від потреби в обсязі теплоносія. Це забезпечує стабільний тиск у системі та знижує енергоспоживання до 70% для електричної енергії та до 40% для теплової енергії.

Тепловий насос IDM AERO SLM 6-17: Це універсальне обладнання, яке забезпечує не тільки опалення, а й гаряче водопостачання (ГВП) та охолодження через фанкойли. Тепловий насос має високу сезонну ефективність з COP (коефіцієнт ефективності опалення) на рівні 5,2, що дозволяє значно знижувати витрати енергії та забезпечувати комфорт у будівлі. Він працює за принципом перекачування тепла з навколишнього середовища, що дозволяє зменшити використання традиційних енергоносіїв, таких як газ або електричний обігрів.

Встановлення енергоефективних компресорно-конденсаторних блоків:

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							121
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Компресори нового покоління мають високу ефективність роботи, що знижує витрати енергії на опалення та охолодження будівлі.

Рекуператори теплоти: В системах вентиляції використовуються рекуператори, які повертають теплоту з витяжного повітря і передають її припливному, що зменшує потребу в енергоспоживанні для підігріву припливного повітря.

Використання ЕС вентиляторів в каналних системах вентиляції:

ЕС вентилятори забезпечують високу енергоефективність завдяки безступінчастому регулюванню потужності. Вентилятори з електронно-комутованими двигунами (ЕС) дозволяють адаптувати швидкість обертання вентилятора до реальних потреб системи, знижуючи споживання енергії при низьких навантаженнях. Це також дозволяє зменшити рівень шуму в системі вентиляції, що підвищує комфорт користувачів.

Вентиляційні системи будуть працювати тільки в необхідному режимі, що дозволяє заощаджувати електроенергію на транспортуванні повітря та підтримці оптимальних умов для проживання.

Огороджувальні конструкції, що відповідають вимогам енергоефективності:

Всі огороджувальні конструкції (стіни, вікна, двері) повинні відповідати європейським стандартам енергоефективності, забезпечуючи мінімальні теплові втрати. Використовуються вікна з двокамерним склопакетом та теплоізовані двері.

Усі конструкції будівлі повинні забезпечувати високу герметичність приміщень для запобігання проникненню холодного повітря та витоку теплого, що знижує навантаження на систему опалення.

Енергозбереження за рахунок зниження теплового навантаження на системи ОВіК:

Для забезпечення стабільної температури в приміщеннях і зменшення теплових втрат передбачено встановлення окремих спліт-систем для компенсації великих теплових навантажень. Вони працюють ефективно навіть при низьких температурах зовнішнього повітря (до -25°C), що дозволяє використовувати їх цілий рік при мінімальних енергозатратах.

Вибір високоефективних спліт-систем з показниками сезонної ефективності

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							122
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

SEER = 6.98 дозволяє забезпечити значну економію енергоресурсів при охолодженні та опаленні приміщень.

Гідравлічні характеристики трубопроводів: Використання поліпропіленових труб замість сталевих знижує коефіцієнт гідравлічного тертя до 0,007, що істотно зменшує енергоспоживання при транспортуванні теплоносія через систему опалення. Це дозволяє знизити потужність, необхідну для прокачування теплоносія, що зменшує навантаження на циркуляційні насоси і знижує витрати на електроенергію.

Висновки:

Загалом, реалізація цих заходів забезпечує комплексний підхід до енергозбереження в житловій будівлі. Використання теплового насоса IDM AERO SLM 6-17, каналних вентиляторів з ЕС двигунами, енергоефективних спліт-систем і рекуператорів теплоти дозволяє значно знизити енергоспоживання. Додатково, енергоефективні огорожувальні конструкції та ефективне утеплення будівлі зменшують теплові втрати, підвищуючи комфорт і знижуючи експлуатаційні витрати.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							123
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 8
ОХОРОНА ПРАЦІ

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							124
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
Ризик падіння працівників з висоти	Монтажні роботи	20 м	ДБН А.3.2-2-2009 р. 14
Небезпека падіння матеріалів і конструкцій з висоти	Монтажні роботи	20 м	ДБН А.3.2-2-2009 р. 14
Вібрація	Експлуатація машин та механізмів	F=150 Гц	ДСН 3.3.6.039-99
Збільшений рівень шумового забруднення та вібрацій	Експлуатація насосних станцій, систем вентиляції	L=60 дБа	ДСН 3.3.6. 037-99, ДСН 3.3.6. 039-99
Низький рівень освітленості робочої зони"	Виконання робіт по монтажу, експлуатації, ремонту інженерних систем	100 лк	ДБН В.2.5-28-2018 ДСТУ Б.А. 3.2.-15:2011
Пожежна безпека	Монтаж, випробовування, експлуатація і ремонт інженерних систем	Клас вибухонебезпечності В ІІ, категорія Г; ступінь вогнестійкості ІІ	ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-7:2021 ДСТУ Б В.1.1.-36:2016
Електрострум	Електрозварювальні	380 В	ДСТУ Б.А.3.2-13:2011 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.21-98
	електромонтажні	380 В	
	освітлення	220 В	

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							125
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

6.2. Заходи профілактики виявлених чинників

Падіння з висоти людей

Охорона праці при роботі на висоті передбачає кілька важливих заходів:

1. Комунікація та співпраця: Забезпечення ефективного обміну інформацією між працівниками щодо безпеки, попереджень про потенційні небезпеки та інструкцій з дотримання правил безпеки.
2. Оцінка ризиків і планування робіт: Попередня оцінка потенційних небезпек, пов'язаних з падінням з висоти, та розробка плану безпеки з превентивними заходами і стратегіями для зменшення ризиків.
3. Створення безпечних процедур: Встановлення чітких правил і процедур для робіт на висоті, що включає визначення зон доступу, встановлення сигнальних конструкцій і попереджувальної сигналізації щодо небезпеки.
4. Навчання та інструктаж: Проведення регулярних тренінгів для працівників, де вони вивчають техніки безпеки, правильне використання засобів захисту та процедури надання першої допомоги і евакуації.
5. Перевірка обладнання: Регулярний контроль за технічним станом страхувального обладнання, робочих платформ та інших засобів захисту для гарантії їх надійності та безпеки.
6. Використання колективних засобів захисту: Встановлення бар'єрів, огорожень та спеціальних майданчиків, таких як сітки безпеки або перила, для запобігання випадковому падінню працівників з висоти.
7. Індивідуальні засоби захисту: Забезпечення працівників необхідними засобами захисту, такими як ремені безпеки, системи запобігання падінню та підвісні ланцюги, що дозволяють працювати на висоті безпечно.
8. Контроль і нагляд: Постійний нагляд за дотриманням норм безпеки, використанням засобів захисту та правильним виконанням безпечних робочих процедур.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							126
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Падіння з висоти матеріалів, конструкцій, тощо

Для забезпечення безпеки під час монтажних робіт і запобігання падінням з висоти матеріалів та конструкцій необхідно вжити ряд запобіжних заходів:

1. Регулярна перевірка та контроль: Впровадження системи регулярних перевірок безпеки на робочому місці, включаючи інспекції обладнання та робочих процедур, а також проведення аудитів безпеки.
2. Оцінка потенційних небезпек: Перед початком робіт проводити оцінку ризиків, щоб виявити можливі загрози падіння матеріалів та конструкцій з висоти.
3. Захисні засоби для працівників: Забезпечити працівників необхідними засобами індивідуального захисту, такими як шоломи, захисні окуляри, рукавички, спеціальне взуття та ремені безпеки.
4. Надійні робочі платформи: Забезпечення стабільних і безпечних робочих платформ, які гарантують працівникам надійну основу під час виконання монтажних робіт.
5. Підйомне обладнання: Використовувати тільки перевірене, безпечне підйомне обладнання (крани, лебідки) та обладнання з додатковими засобами безпеки для надійного підйому матеріалів.
6. Зберігання і транспортування матеріалів: Матеріали мають зберігатися на стійких підставках або спеціальних стелажах, щоб запобігти їх падінню. Перед транспортуванням і монтажем слід перевіряти стан матеріалів.
7. Облаштування зон безпеки: Встановлення чітких обмежень для робочих зон, де розміщені матеріали та конструкції, з використанням огорож та бар'єрів для обмеження доступу сторонніх осіб та забезпечення безпеки працівників.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							127
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Вібрації при експлуатація машин та механізмів систем вентиляції та опалення

Охорона праці при експлуатації машин та механізмів систем вентиляції та опалення, зокрема щодо зменшення вібраційного впливу, включає ряд важливих заходів для забезпечення безпеки працівників. Основні аспекти, які слід враховувати:

1. Оцінка потенційних ризиків: Проведення аналізу для виявлення можливих загроз, що виникають через вібрацію під час роботи з машинами та механізмами в системах вентиляції та опалення.
2. Вимірювання вібрації: Постійний моніторинг рівнів вібрації за допомогою спеціалізованих приладів для контролю та своєчасного реагування у разі перевищення допустимих норм.
3. Використання засобів захисту: Надання працівникам необхідного захисного обладнання, такого як антивібраційні рукавички, черевики або амортизуючі вставки, що допомагають мінімізувати вплив вібрацій.
4. Технічний огляд обладнання: Регулярне проведення технічних перевірок і обслуговування машин та механізмів для забезпечення їх ефективної роботи та мінімізації ризиків, пов'язаних з вібрацією.
5. Навчання працівників: Організація навчальних курсів та інструктажів для працівників щодо безпечного використання машин та механізмів, а також заходів щодо зменшення вібраційного впливу.
6. Правильне розміщення робочих місць: Планування робочих місць таким чином, щоб максимально зменшити вплив вібрації на працівників, використовуючи оптимальне розташування та захисні елементи.
7. Регулярні перерви: Запровадження графіка робочого дня з обов'язковими перервами для працівників, що працюють з віброуючим обладнанням, щоб знизити фізичне навантаження.
8. Медичний моніторинг: Організація регулярних медичних обстежень працівників, які піддаються впливу вібрацій, для своєчасного виявлення проблем зі здоров'ям та надання необхідної медичної допомоги.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							128
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Недостатнє освітлення робочої зони

Охорона праці при недостатньому освітленні робочої зони є важливою складовою забезпечення безпеки та комфорту працівників. Для покращення освітлення та створення безпечних умов праці, слід враховувати наступні заходи:

1. Визначення вимог до освітлення: Враховувати специфіку робочих процесів, характер діяльності та фізіологічні особливості працівників при розрахунку необхідного рівня освітленості.
2. Максимальне використання природного освітлення: Використовувати природне світло на максимум, правильно організувавши вікна та перегородки для оптимального проникнення світла.
3. Організація штучного освітлення: Забезпечити достатнє освітлення за допомогою штучних джерел, особливо в умовах, де природного освітлення недостатньо, наприклад, вночі або в закритих приміщеннях.
4. Вибір правильного освітлювального обладнання: Встановлювати освітлювальні пристрої, які відповідають типу виконуваних робіт, такі як люмінесцентні або LED-лампи.
5. Правильне розміщення освітлювальних елементів: Розташовувати освітлювальні прилади таким чином, щоб забезпечити рівномірне освітлення робочої зони без зайвих тіней.
6. Контроль рівня освітленості: Періодично перевіряти рівень освітленості в робочих зонах і в разі потреби вживати заходів для підтримки необхідного рівня, здійснювати ремонт і заміну пошкоджених освітлювальних елементів.
7. Використання додаткових джерел світла: Якщо необхідно, встановлювати додаткові джерела світла, наприклад, мобільні або настільні лампи для покращення освітлення в окремих ділянках робочої зони.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							129
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

8. Організація робочих місць: При організації робочих місць враховувати рівень освітленості, правильно розташовуючи робочі столи та обладнання для уникнення тіней і забезпечення комфортних умов роботи.

Пожежна безпека

Забезпечення охорони праці та пожежної безпеки є критично важливими під час монтажу, випробовування, експлуатації та ремонту інженерних систем. Для цього необхідно впроваджувати такі заходи:

1. Дотримання нормативів і стандартів: Виконувати вимоги національних та місцевих нормативно-правових актів, які регулюють пожежну безпеку на робочих місцях.
2. Постійний моніторинг пожежної безпеки: Регулярно здійснювати спостереження за пожежною безпекою, особливо під час встановлення та тестування інженерних систем.
3. Розміщення та обслуговування вогнегасників і пожежного обладнання: Забезпечити належне місце для зберігання та регулярне обслуговування вогнегасників і пожежного обладнання в зоні робіт.
4. Електрична безпека: Перевіряти правильність монтажу електричних з'єднань, встановлення захисних пристроїв і безпечну експлуатацію електричного обладнання.
5. Оцінка потенційних ризиків пожежі: Виявляти і оцінювати ризики, пов'язані з можливим виникненням пожежі під час виконання робіт із монтажу, випробовування та експлуатації інженерних систем.
6. Перевірка електричних систем: Переконатися, що електричні системи, що обслуговують інженерні мережі, відповідають вимогам безпеки.
7. Газова та вентиляційна безпека: Забезпечити належну вентиляцію в приміщеннях, де працюють інженерні системи, які можуть виділяти небезпечні гази або пил.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							130
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

8. Планування та перевірка евакуації: Розробити чіткий план евакуації для працівників і регулярно проводити тренування і перевірки систем евакуації.

Електрострум

Для забезпечення безпеки працівників при роботі з електричними пристроями та устаткуванням слід застосувати такі заходи:

Кваліфікація працівників: Працівники повинні бути добре обізнані та мати необхідні навички для роботи з електричними системами та обладнанням.

Запобігання електростатичним розрядам: У разі роботи з електричними приладами, особливо в умовах високої електростатичної активності, слід вживати заходи для уникнення статичних розрядів.

Перевірка устаткування: Всі електрозварювальні апарати, електроінструменти та освітлювальні пристрої повинні бути перевірені на відповідність стандартам безпеки і справність.

Захист від ураження електричним струмом: Важливо, щоб працівники використовували необхідні засоби захисту, такі як ізольовані рукавиці, належно заземлені системи та захисні покриття на електричних приладах.

Регулярна перевірка та технічне обслуговування: Огляд і технічне обслуговування електрозварювального обладнання, електроінструментів та освітлювальних систем, включаючи перевірку ізоляції, кабелів, прокладок і контактів, повинні проводитися регулярно.

Використання засобів індивідуального захисту: Працівники повинні бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту під час роботи з електричним обладнанням.

Заборона роботи під електричною напругою: Потрібно забороняти виконання робіт з електричним обладнанням під напругою, а також вимикати електроінструменти перед налаштуванням або обслуговуванням.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							131
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;
2. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій»;
4. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій»;
6. П.М. Єнін, Н.А. Швачко. Теплопостачання. – К.: Кондор, 2007. – 242с.;
7. Методичні вказівки до курсового проекту "Гаряче водопостачання та тепловий пункт жилого будинку" для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування "Теплогазопостачання та вентиляція" усіх форм навчання /Укладачі: О.В. Гвоздецький, В.І. Романтовський, І.І. Уланченко. – Харків: ХНУБА, 2015. – 88 с.;
8. Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції: ДСТУ Б EN 13779-2011 ;
9. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. Зінич П.Л. ;
10. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження.;
11. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь: Vello-print (Болгарія), 2010, 200 с. іл.;
12. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проєктів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.;
13. Методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проєктування з курсу «Опалення» на тему: «Тепловий розрахунок

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							132
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

опалювальних приладів систем водяного опалення” для студентів спеціальності 7.092108 .”Теплогазопостачання і вентиляції”/Укл. Є.С.Зайченко – К.: КНУБА, 1999. – 36 с.;

- 14.ДБН В.2.5-28:2018 – "Інженерне обладнання будівель. Системи вентиляції та кондиціонування повітря". Київ, 2018.
- 15.ДБН В.1.1-7-2016 – "Пожежна безпека об'єктів будівництва". Київ, 2016.
- 16.ДБН А.3.2-2-2009 – "Охорона праці під час будівельних робіт". Київ, 2009.
- 17.ДСТУ Б А.3.2.-15:2011 – "Безпека праці при експлуатації вентиляційних систем". Київ, 2011.
- 18.М.Л. Гершун, В.Г. Кисельов. Охорона праці в будівництві . Книга, Київ, 2010.
- 19.Інструкція з охорони праці для систем вентиляції та кондиціонування . Міністерство охорони праці України, 2021.
- 20.К.Д. Бенжев, М.А. Шмідт. Проектування вентиляційних систем. Основи теорії та практики . Харків, 2016.
- 21.Нормативно-правові акти з проектування систем вентиляції . Інтернет-ресурс: <https://www.pcr.gov.ua>
- 22.Г.Є. Потапенко, М.В. Полянський. Техніка охорони праці в будівництві. Вентиляційні системи та їх вплив на безпеку праці . Київ, 2019.
- 23.Інтернет-платформа інженерів ОБІК: проектування вентиляційних систем і охорони праці . URL: <https://www.ovik-design.com>
- 24.Електронний підручник для проектувальників вентиляційних систем . Київ, 2020. URL: <https://www.ventbook.com>
- 25.Пам'ятка з охорони праці для інженерів-проектувальників вентиляційних та кондиціонувальних систем . Доступно на <https://www.safetyproject.com.ua>

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							133
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		