

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ

ЄВТЮХОВ МИХАЙЛО ЮРІЙОВИЧ

Допускається до захисту:

в. о. завідувача кафедри будівництва,
архітектури, геодезії та землеустрою
канд. техн. наук, доцент

_____ Олексій ОВЧАРЕНКО

«_____» _____ 20____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

БУДІВНИЦТВО 4-СЕКЦІЙНОГО ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ В М. ДНІПРО

на здобуття освітнього ступеня магістр
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Керівник

_____ Олексій ОВЧАРЕНКО

Київ, 2022

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Факультет _____ аграрний _____
Кафедра _____ будівництва, архітектури, геодезії та землеустрою _____
Освітній рівень _____ магістр _____
Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри
_____ Овчаренко О. А.

« ____ » _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЄВТЮХОВ МИХАЙЛО ЮРІЙОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Будівництво 4-секційного житлового комплексу в м. Дніпро»

керівник роботи Овчаренко Олексій Анатолійович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом СНУ ім. В. Даля від «12» жовтня 2022 року № 28/14.08-ОД

2. Строк подання студентом роботи «15» листопада 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: завдання, наукові та нормативні джерела

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Архітектурна частина

Навести об'ємно-планувальні рішення будівлі, виконати теплотехнічний розрахунок, обґрунтувати конструктивні рішення.

Розділ 2. Конструктивна частина

Виконати розрахунок сходового маршу та сходового майданчику.

Розділ 3. Основи і фундаменти

Визначити інженерно-геологічні характеристики ділянки будівництва та основні принципи влаштування фундаменту.

Розділ 4. Наукова частина

Проаналізувати існуючу нормативну базу щодо вимог до енергоефективності будівель, сучасні підходи до теплоізоляції. Запропонувати принципи вдосконалення улаштування теплоізоляційних систем.

5. Перелік графічного матеріалу: фасади, плани, розрізи, сходовий марш та сходовий майданчик, пальове поле.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1. Архітектурна частина	Овчаренко О. А.	12.10.2022	
Розділ 2. Конструктивна частина	Овчаренко О. А.	12.10.2022	
Розділ 3. Основи і фундаменти	Овчаренко О. А.	12.10.2022	
Розділ 4. Наукова частина	Овчаренко О. А.	12.10.2022	

7. Дата видачі завдання 12.10.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	21.10.2022 року	
2.	Розділ 2	28.10.2022 року	
3.	Розділ 3	04.11.2022 року	
4.	Розділ 4	11.11.2022 року	
5.	Остаточне оформлення дипломної роботи	14.11.2022 року	
6.	Попередній допуск (захист) роботи на кафедрі	15.11.2022 року	
7.	Направлення дипломної роботи на рецензування	15.11.2022 року	

Здобувач вищої освіти _____

Євтюхов М. Ю.

Керівник _____

Овчаренко О. А.

Анотація

Євтюхов М. Ю. Будівництво 4-секційного житлового комплексу в м. Дніпро. Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія». Дніпро: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2022 рік.

У першому розділі «Архітектурна частина» наведені об'ємно-планувальні рішення, виконаний теплотехнічний розрахунок огорожувальної системи та обґрунтовані конструктивні рішення будівлі.

У другому розділі «Конструктивна частина» здійснений розрахунок сходового маршу, який включає збір навантажень, розрахунок на міцність, на деформації та на стійкість. Також в цьому розділі здійснений розрахунок сходового майданчика.

У третьому розділі «Основи і фундаменти» наведені інженерно-геологічні характеристики ділянки будівництва, а також основні принципи влаштування пальового фундаменту.

Розділ «Наукова частина» присвячений раціоналізації конструкції вентилязованих фасадів.

Ключові слова: багатоповерховий житловий будинок, огорожувальні системи, вентиляований фасад, теплоізоляція будівлі, енергозбереження.

Загальна кількість сторінок 73, кількість рисунків 13, таблиць 17, використаних джерел 51.

ЗМІСТ

Анотація	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП.....	7
Розділ 1. Архітектурна частина	9
1.1. Генеральний план ділянки.....	9
1.2. Об'ємно-планувальні рішення.....	10
1.3. Теплотехнічний розрахунок.....	14
1.4. Обґрунтування конструктивних рішень	17
1.4.1. Стіни та перегородки.....	17
1.4.2. Покрівля	19
1.4.3. Підлоги	21
1.4.4. Сходові марші та площадки.....	25
1.4.5. Оздоблення фасадів	26
Розділ 2. Конструктивна частина.....	28
2.1. Розрахунок сходового маршу	28
2.1.1. Вихідні дані.....	28
2.1.2. Збір навантажень.....	28
2.1.3. Розрахунок міцності нормальних до поздовжньої осі елементу перерізів.....	30
2.1.4. Розрахунок міцності похилих до подовжньої осі елементу перерізів.....	31
2.1.5. Геометричні характеристики приведенного перерізу	33
2.1.6. Розрахунок нормальних до поздовжньої осі елементу перерізів в умовах створення й розкриття тріщин.....	34
2.1.7. Розрахунок похилих до подовжньої осі елементу перерізів на утворення тріщин	34

2.1.8. Розрахунок по деформаціях	35
2.1.9. Перевірка на стійкість	39
2.2. Розрахунок сходового майданчика	40
2.2.1 Вихідні дані.....	40
2.2.2. Розрахунок плити сходового майданчику	40
Розділ 3. Основи і фундаменти	43
3.1. Інженерно-геологічні характеристики ділянки будівництва.....	43
3.2. Основні принципи влаштування фундаменту.....	46
Розділ 4. Вдосконалення систем теплоізоляції зовнішніх стін	51
4.1. Вимоги до забезпечення енергоефективності будівель	51
4.2. Аналіз сучасних підходів до теплоізоляції будівель	53
4.2.1. Класифікація систем фасадної теплоізоляції	53
4.2.2. Конструктивні особливості систем фасадної теплоізоляції	54
4.2.3. Сучасні теплоізоляційні матеріали	57
4.2.4. Конструкція навісного вентиляованого фасаду.....	58
4.2.5. Переваги та недоліки навісного вентиляованого фасаду	60
4.4. Вдосконалення принципів улаштування вентиляованих фасадів.....	61
4.4.1. Зменшення впливу термомостів кріпильних кронштейнів на термоізоляційні властивості вентиляованого фасаду.....	61
4.4.2. Раціоналізація товщини повітряного зазору вентиляованого фасаду.....	62
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	68

ВСТУП

Актуальність теми.

З метою забезпечення енергоефективності будівель Міністерством регіонального розвитку, Міністерством енергетики України та Кабінетом Міністрів України прийнято ряд нормативних актів, розпоряджень та постанов, у яких прописано умови та пункти, що регулюють теплові втрати будівлі. Крім того, щороку проводяться всеукраїнські, міжнародні гранти, проекти та програми фінансування підвищення енергоефективності як існуючих будівель, так і будівництва нових енергоефективних будинків.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1803-р від 29.12.2021 року Схвалено розроблений Міністерством енергетики України план дій з енергоефективності на період до 2030 року [44]. Цей план передбачає виконання програм стимулювання енергоефективних заходів у багатоквартирних та приватних житлових будівлях із запровадженням моніторингу ефективності та результативності відповідних програм. Також в рамках цього плану 01.08.2022 року Кабінетом Міністрів України винесено на громадське обговорення Проект Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року та Концепції Загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022-2030 роки». Ця концепція передбачає в тому числі впровадження енергоефективних заходів у 1 млн. індивідуальних житлових будівлях, у 20 тис. багатоквартирних будинках, а також збільшення кількості нових науково-дослідницьких та інноваційно-технічних розробок щодо термомодернізації будівель. Одним зі шляхів термомодернізації будівлі є встановлення ефективної теплоізоляції, тому дослідження з вдосконалення огорожувальних систем актуальні.

Мета дослідження – вдосконалення систем теплоізоляції зовнішніх стін.

Завдання дослідження:

1. Розробка проєкту Будівництво 4-секційного житлового комплексу в м. Дніпро.
2. Визначення вимог до енергоефективності будівель.
3. Аналіз сучасних технологій до теплоізоляції будівель.
4. Вдосконалення принципів улаштування вентильованих фасадів.

Об’єкт дослідження – багатоповерховий житловий будинок

Предмет дослідження – архітектурно-планувальні та конструкційні рішення багатоповерхового житлового будинку та теплоізоляція його зовнішніх стін.

Методи дослідження. *Теоретичні методи:* теоретичний аналіз та синтез, конкретизація, абстрагування, індукція та дедукція, порівняння, аналогія, класифікація, узагальнення. *Емпіричні методи:* спостереження.

Наукова новизна отриманих результатів. Проведено аналіз сучасних підходів до теплоізоляції та визначені принципи підвищення її ефективності.

Теоретичні значення результатів дослідження. Проведений аналіз сучасних підходів до теплоізоляції дозволяє виконувати подальші дослідження у напрямі вдосконалення енергоефективності будівель.

Практичне значення отриманих результатів. Вдосконалення принципів улаштування вентильованих фасадів дозволяє підвищити ефективність їх функціонування при встановленні в якості огорожувальних систем.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та літератури, яка містить 51 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи – 73 сторінок, обсяг основного тексту – 61 сторінка. Робота містить 17 таблиць та 13 рисунків.

Розділ 1. Архітектурна частина

1.1. Генеральний план ділянки

Місцем будівництва житлового комплексу є м. Дніпро, проспект Богдана Хмельницького. Він має зручне розташування з гарною інфраструктурою. Проєкт генплану відповідає всім вимогам ДБН Б.2.2-12-2019 «Планування та забудова територій». Дотримані існуючі санітарні та протипожежні норми. М. Дніпро відноситься до II Південно-східного кліматичного району [24] та I температурної зони [22].

На території ділянки розміщуються чотири секції будівлі. Загальна площа ділянки під чотири секції складає 3 5043 га. Житловий комплекс має закриту від сторонніх людей та автомобілів територію. Охорона комплексу передбачає встановлення відеоспостереження. Власники квартир зможуть придбати індивідуальний гараж з воротами у вигляді ролет або паркувати власні авто на відкритих стоянках з навісом.

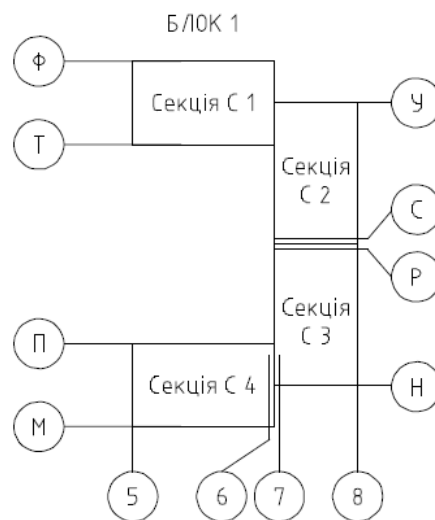


Рис. 1.1. Розташування секцій.

У комплексі планується використання ліфтів фірми OTIS. Житловий комплекс запроектований в стилі, який аутентичний цьому району міста.

Заплановано асфальтування прибудинкової територія житлового комплексу, тротуари покриті тротуарною плиткою. Зелені насадження дозволять зробити двір більш затишним, поруч з комплексом запроектований дитячий

майданчик з гойдалками та іншими розвагами. У пішій доступності від новобудови є дитячі садки, школи, ринок, супермаркети, зупинки громадського транспорту. Будинок, що проєктується розташований на достатній відстані від великої магістралі – Слобожанського проспекту, що гарантує мешканцям тишу й чисте повітря.

1.2. Об'ємно-планувальні рішення

Клас відповідальності будівлі - СС2, ступінь вогнестійкості - II. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій відповідають ДБН В.1.1-7:2016 р.

Техніко-економічні показники зведені в таблиці 1.1. Площа забудови 1-ї секції складає 520 м², вона має 8 поверхів заввишки 26,5 м. Висота кімнат від полу до стелі складає 3 м, що відповідає існуючим нормам.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники

№	Найменування	Од.	Показники			
			Секція С1	Секція С2	Секція С3	Секція С4
1	Площа ділянки	га	3 5043 (для будівництва блоків 1-4)			
2	Площа забудови	м ²	520,0	470,0	475,0	520,0
3	Поверховість	шт.	8	7	6	6
4	Умовна висота будинку	м	26,5	26,5	26,5	26,5
5	Кількість квартир: в т. ч. 1-кімнатних	шт.	39	29	27	30
6	Площа житлового будинку	м ²	3676,0	2927,0	2518,0	2750,0
7	Площа квартир	м ²	2223,0	1818,0	1746,0	1724,0
8	Площа літніх приміщень (із знищуючим коефіцієнтом)	м ²	137,0	96,0	81,0	102,0
9	Загальна площа квартир	м ²	2360,0	1914,0	1827,0	1826,0
10	Площа нежитлових приміщень	м ²	87,0	-	-	-
11	Площа нежитлових приміщень (господарські комори)	м ²	134,0	138,0	215,0	84,0

12	Площа технічних приміщень	м ²	9,0	18,0	10,0	10,0
13	Площа підвальних поверхів	м ²	-	-	404,0	-
14	Будівельний об'єм в т.ч. вище відм. +0.000 нижче відм. +0.000	м ³	11950,0	10283,0	8300,0 1335,0	8940,0

Перший поверх має 27 нежитлових приміщення, де планується розмістити господарські комори, насосну, одне технічне приміщення та одну квартиру площею 54,3 м². На 2-му поверсі розміщується 5 квартир, на поверхах з 3 по 7 розміщується по 6 квартир. 8-й поверх складають 3 квартири, дві з яких мають великі тераси площею 15,4 м² та 18,4 м² (табл. 1.2 – табл. 1.6). Кожна квартира має необхідне устаткування та велику кухню. Квартири мають балкон або лоджію, в деяких наявний і балкон, і лоджія. Для більш ефективного використання площі санвузол в квартирах суміщений. Планування квартир вільне та встановлюється за замовленням власника.

Таблиця 1.2 – Експлікація приміщень плану на відм. 0.000

Номер приміщення	Найменування	Площа м ²
	Квартира 1	
1	Загальна кімната	34,8
2	Кухня	15,2
3	Санвузол	4,3
Площа квартири		54,3
Загальна площа квартири		54,3
5	Сходова площадка	27,3
6	Нежитлове приміщення	81,8
7	Санвузол	4,9
8	Тамбур	3,5
9	Насосна	5,2
10	Технічне приміщення	3,4
11	Нежитлове приміщення	4,6
12	Нежитлове приміщення	4,7

13	Нежитлове приміщення	4,4
14	Нежитлове приміщення	4,6
15	Нежитлове приміщення	4,6
16	Нежитлове приміщення	5,5
17	Нежитлове приміщення	5,5
18	Нежитлове приміщення	4,6
19	Нежитлове приміщення	4,6
20	Нежитлове приміщення	4,5
21	Нежитлове приміщення	4,6
22	Нежитлове приміщення	4,3
23	Нежитлове приміщення	4,5
24	Нежитлове приміщення	5,6
25	Нежитлове приміщення	5,6
26	Нежитлове приміщення	5,5
27	Нежитлове приміщення	4,6
28	Нежитлове приміщення	4,8
29	Нежитлове приміщення	4,6
30	Нежитлове приміщення	5,0
31	Нежитлове приміщення	5,0
32	Нежитлове приміщення	5,0
33	Нежитлове приміщення	4,8
34	Нежитлове приміщення	5,4
35	Нежитлове приміщення	5,6
36	Нежитлове приміщення	5,4
37	Нежитлове приміщення	5,4
38	Коридор	65,5

Таблиця 1.3 – Експлікація приміщень плану 2-го поверху на відмітці +3.300

№	Найменування	Площа, м ²				
		Квартира 2	квартира 3	Квартира 4	Квартира 5	Квартира 6
1	Загальна кімната	57,4	40,8	20,5	53,6	51,7
2	Кухня	10,5	15,0	202	15,0	15,2
3	Санвузол	4,9	5,8	4,8	6,2	4,4
4	Балкон	0,8	-	-	-	-

Площа квартири	72.8	61,6	45,5	74,8	71,3
Загальна площа квартири	73.6	61,6	45,5	74,8	71,3
6	Сходова площадка			36,5	
7	Санвузол			3,4	
8	Приміщення черг., перс			7,2	
9	Хол			14,8	
10	Тамбур			4,8	

Таблиця 1.4 – Експлікація приміщень плану 3-го поверху на відмітці +6.600

№	Найменування	Площа, м2					
		Квартира 7	Квартира 8	Квартира 9	Квартира 10	Квартира 11	Квартира 12
1	Загальна кімната	51,6	35,5	20,4	20,4	34,2	51,6
2	Кухня	10,5	15,0	15,4	15,4	15,0	94
3	Санвузол	4,9	5,8	4,8	4,8	5,8	4,4
4	Лоджія	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,9
5	Балкон	0,8	0,8	-	-	0,8	-
Площа квартири		67,0	56,3	40,6	40,6	55,0	65,4
Загальна площа квартири		69,2	58,8	42,0	42,0	57,5	67,3
7	Сходова площадка					36,5	

Таблиця 1.5 – Експлікація приміщень плану типового поверху на відмітці. +9.900, +13.200, +16.500, +19.800

№	Найменування	Площа м2					
		Квартири 13,19,25,31	Квартири 14,20,26,32	Квартири 15,21,27,33	квартири 16,22.28,34	Квартири 17.23,29,35	Квартири 18,24,30.36
1	Загальна кімната	51,6	35,5	20,4	20,4	34,2	51,6
2	Кухня	10,5	15,0	15,4	15,4	15,0	94
3	Санвузол	4,9	5,8	4,8	4,8	5,8	4,4
4	Лоджія	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,9
5	Балкон	0,8	0,8	-	-	1,6	-
Площа квартири		67,0	56,3	40,6	40,6	55,0	65,4

Загальна площа квартири	69,2	58,8	42,0	42,0	58,3	67,3
7	Сходова площадка			36,5		

Таблиця 1.6 – Експлікація приміщень плану 8-го поверху на відмітці +23.100

№	Найменування	Площа, м ²			№	Найменування	Площа, м ²
		Квартира 37	Квартира 38	Квартира 39			
1	Загальна кімната	64,7	48,8	51,6	8	Сходова площадка	31,3
2	Кухня	10,5	24,7	94			
3	Санвузол	4,9	6,2	4,4			
4	Лоджія	1,4	1,7	1,9			
5	Тераса	15,4	18,4	-			
6	Балкон	0,8	1,6	-			
Площа квартирі		80,1	79,7	65,4			
Загальна площа квартири		97,7	101,4	67,3			

1.3. Теплотехнічний розрахунок

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій прийняти згідно ДБН В.2.6-31-2016 «Теплова ізоляція будівель». Опір теплопередачі для вікон 0,75 м²С/Вт.

Зовнішні огорожувальні системи влаштовані за принципом вентиляованого фасаду. Він полягає в кріпленні на стіну каркасу, на який вже монтуються спеціальні панелі. Не зважаючи на складність виконання така система дає додаткову перевагу оскільки між облицювальними панелями та теплоізоляційним матеріалом, вздовж стіни, проходить повітря. Така вентиляція перешкоджає утворенню конденсату.

В проєкті влаштовуються два варіанти утеплення: для монолітної залізобетонної стіни товщиною 400 мм та стіни з повнотілої силікатної цегли товщиною 380 мм. При цьому в обох випадках використовується вентиляований фасад з керамогранітними плитами.

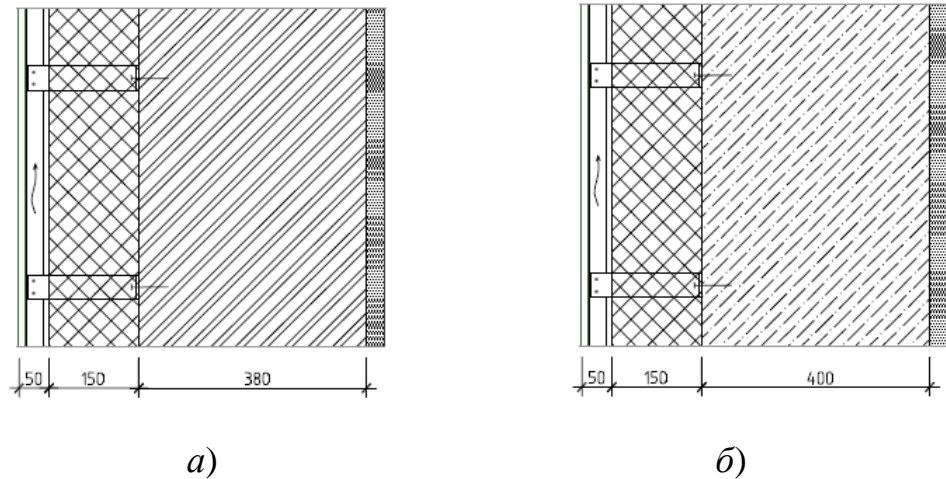


Рис. 1.2. Схема утеплення фасадів:

а) - стіна з повнотілої силікатної цегли товщиною 380 мм; б) – стіна з монолітного залізобетону товщиною 400 мм.

Для утеплення використовується мінераловатний утеплювач ТЕХНОВЕНТ ЕКСТРА (СП) товщиною 150 мм.

Перевіримо достатність теплоізоляційного шару за умовою [23]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \min},$$

де $R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, для зовнішніх стін будівлі, що знаходиться у I температурній зоні $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$ [11];

$R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з},$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі для внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, для зовнішніх стін $\alpha_в = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, $\alpha_з = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ [22];

δ_i – товщина i -го шару огорожувальної конструкції (таблиця 1.7);

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару огорожувальної конструкції в розрахункових умовах експлуатації (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7 - Теплофізичні характеристики цегляної стіни наведені в таблиці .

№	Назва матеріалу	Густина ρ_0 , кг/м ³	Розрахункова теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна (ТЕХНОВЕНТ ЕКСТРА (СП))	75	0,043
2	Кладка силікатної цегляна на цементно-піщаному розчині з повнотілої цегли	1800	0,76
3	Залізобетон	2500	1,92

Стіна з повнотілої силікатної цегли товщиною 380 мм (рис. 1.1, а).

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,76} + \frac{0,15}{0,043} + \frac{1}{23} = 4,14 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Таким чином,

$$R_{\Sigma np} = 4,14 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Умова виконується, обрана товщина утеплювача достатня.

Стіна з монолітного залізобетону товщиною 400 мм (рис. 1.2, б).

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{1,92} + \frac{0,15}{0,043} + \frac{1}{23} = 3,85 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Таким чином,

$$R_{\Sigma np} = 3,85 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Умова виконується, обрана товщина утеплювача достатня.

З виконаного теплотехнічного розрахунку можна зробити висновок, що обрана теплоізоляція повністю відповідає існуючим будівельним нормам та стандартам.

1.4. Обґрунтування конструктивних рішень

1.4.1. Стіни та перегородки

Конструктивна схема будівлі:

- несучі стіни першого поверху (секції С1, С2, С4), а також стіни підвального поверху секції С3 - з монолітного залізобетону,
- несучі стіни наступних поверхів - з повнотілої силікатної цегли марки М250 на розчину марки М100 товщиною 380 мм (табл. 1.8).

Армування стін і простінків виконане арматурними сітками. Перекриття – збірні круглопустотні плити товщиною 220 мм з монолітними ділянками. Висота поперечного перерізу монолітних ділянок - 220 мм. Монолітні ділянки передають зусилля від діючих навантажень на стіни будівлі. Просторова жорсткість і геометрична незмінність будівлі забезпечується спільною роботою жорстких горизонтальних дисків перекриттів (плити перекриття включаються в роботу, формуючи жорсткий диск завдяки замонолічуванню стиків між ними), роботою ядра жорсткості і стін, навантаження з яких передаються на стрічковий монолітний залізобетонний ростверк. Кладка внутрішніх перегородок виконана з газобетонних блоків товщиною 250 мм та 100мм (табл. 1.8).

Міжквартирні стіни виконані з матеріалів класу вогнестійкості не менше EI-45 (газобетон D500 250 мм). Кладка армується арматурою Ø8 мм класу А500С (табл. 1.9) з антикорозійним покриттям – перший і кожен четвертий ряд кладки по висоті. На кожен ряд що армується використовується 2 прута. Арматура укладається в штроби, заповнені клейовим розчином.

Таблиця 1.8 – Специфікація Будівельних матеріалів

Поверх	Об'єм стін 0.38м, м ³ (цегла M250)	Об'єм стін 0.51м, м ³ (цегла M250)	Об'єм стін 0.25м, м ³ (газобетон D500)	Об'єм стін 0.25м, м ³ (газобетон D500) протипожежні простінки на лоджіях
1	-	-	18,43	-
2	129,9	7,53	21,15	-
3	118,94	6,39	20,47	3,77
4	128,2	7,07	20,47	3,77
5	118,94	5,85	20,47	3,77
6	128,2	6,62	20,47	3,77
7	118,94	5,85	20,47	3,77
8	103,05	6,62	8,46	2,09
Сходова клітка	19,42	3,31	-	-
Разом	865,59	49,24	150,39	20,94

Таблиця 1.9 - Армування газобетонних стін та простінків (250 мм)

Поверх	Ø8 A500C пм	Ø8 A500C маса, кг	Примітка
1	193,6	76,5	ДСТУ 3760:2019 Граничний відхил за масою - ±8%
2	228,68	90,3	
3	264,44	104,45	
4	264,44	104,45	
5	264,44	104,45	
6	264,44	104,45	
7	264,44	104,45	
8	112,82	44,55	
Разом	1857,3	733,6	

Внутрішньоквартирні перегородки, а також перегородки між господарськими коморами виконати з газоблоків 100 мм. Кладка армується арматурою 0,8 мм класу А500С з антикорозійним покриттям – перший і кожен четвертий ряд кладки по висоті. На кожен армуємий ряд використовується 1

пруг. Арматура укласти в штробу, які повинні бути заповнені клейовим розчином.

При загині арматури діаметр загибу повинен бути:

- для арматури діаметром менше або дорівнює 15мм – не менше 40 мм;
- для арматури більше або дорівнює 16мм – не менше 70 мм.

Згин арматури за допомогою нагрівання виконувати не допускається.

Вбудоване нежитлове приміщення відокремлюється від житлової частини будинку протипожежними перегородками 1-го типу (EI 45) та протипожежним перекриттям 3-го типу (REI 45) без прорізів.

Господарські комори 1-го поверху відокремлюються від житлової частини будинку протипожежним перекриттям 1-го типу (REI 150).

Стіни сходової клітки виконати з матеріалів класу вогнестійкості REI-120.

Згідно ДБН А.3.1-5-2016 "Організація будівельного виробництва" підлягають огляду зі складанням актів на приховані роботи всі види робіт

- кам'яні конструкції: пристрій деформаційних швів; гідроізоляція кам'яної кладки, укладання в кам'яні конструкції арматури та металевих закладних деталей, їх антикорозійний захист, влаштування в кам'яних стінах вентиляційних каналів.
- покрівлі, гідроізоляція: приймання поверхні основи під ізоляцію; приймання рулонного килима; приймання шарів ізоляції перед укладанням наступних шарів, приймання ізоляції на ділянках, що підлягають закриттю кам'яною кладкою, огорожами, водою або ґрунтом.
- підлоги: підстави підлоги на ґрунті, перевірка виконання конструктивних елементів підлог перед влаштуванням наступних шарів, гідроізоляція перекриттів санвузлів, балконів і лоджій перед укладанням наступних конструкцій.

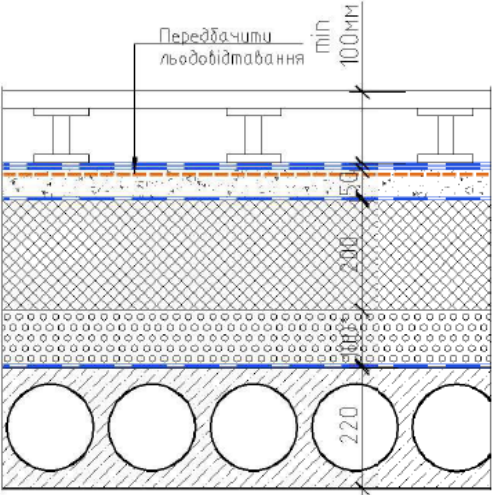
1.4.2. Покрівля

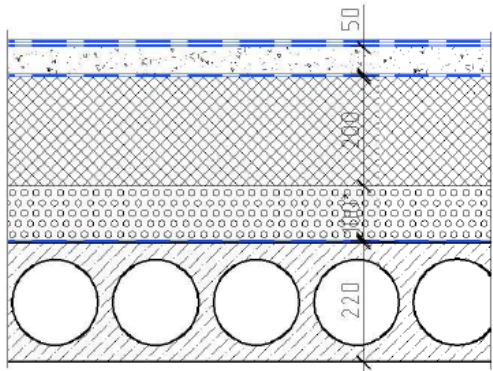
Покрівлі виконані із застосуванням покриттів інверсійного типу з підвищеною шумоізоляцією.

В будівлі застосовуються покрівлі двох типів (табл. 1.10):

- експлуатовані покрівлі (тераси);
- неексплуатовані покрівлі.

Таблиця 1.10 – Тип покрівель

Тип	Схема	Склад	Площа, м ²
Експлуатована (тераса)		<p>1.Покриття тераси - терасна дошка на опорах</p> <p>2. Покрівельний килим ПВХ мембрана logicroof V-RP (Г1) min 1,8 мм</p> <p>3. Геотекстиль термофіксований 300 г /м²</p> <p>4. Кабель льодовідтавання</p> <p>5. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150, арм. Ø 4ВР-I, крок 100х 100 – 50 мм</p> <p>6. Плівка поліетиленова</p> <p>7.Утеплювач - екструпіапол. XPS Carbon Prof RF (Г1) – 200 мм</p> <p>8. Полістеролбетон min 100 мм – max 240 мм</p> <p>9. Пароізоляція - 1 шар Біполь ЕПП</p> <p>10. Залізобетонна плита перекриття - 220мм</p>	113,7

Неексплуатована		<ol style="list-style-type: none"> 1. Покрівельний килим ПВХ мембрана logicroof V-RP (Г1) min 1,8 мм 2. Геотекстиль термофіксований 300 г /м² 3. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150, арм. Ø 4ВР-I, крок 100х 100 – 50 мм 4. Плівка поліетиленова 5. Утеплювач - екструпіапол. XPS Carbon Prof RF (Г1) – 200 мм 6. Полістеролбетон min 100 мм – max 240 мм 7. Пароізоляція - 1 шар Біполь ЕПП 8. Залізобетонна плита перекриття - 220мм 	296,4
-----------------	---	--	-------

1.4.3. Підлоги

Перекриття – збірні круглопустотні плити товщиною 220 мм з монолітними ділянками. Висота поперечного перерізу монолітних ділянок - 220 мм. Монолітні ділянки передають зусилля від діючих навантажень на стіни будівлі (рис. 1.2).

На всіх бетонних поверхнях, що стикаються із землею виконується гідроізоляція гідроізоляційними матеріалами (відповідно до технологій виробників) у два шари, а також утеплити на 1000 мм нижче рівня землі бетонні поверхні XPS Carbon Prof RF (Г1) товщиною 100мм. Специфікація підлог зібрана в таблиці 1.11.

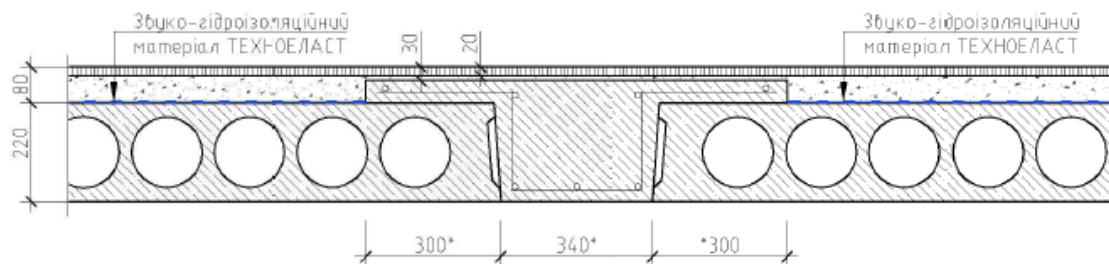
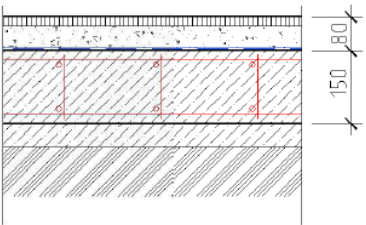
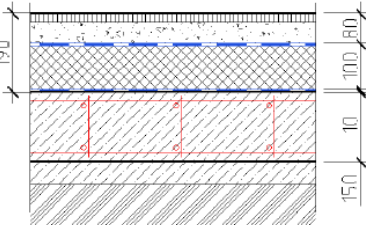
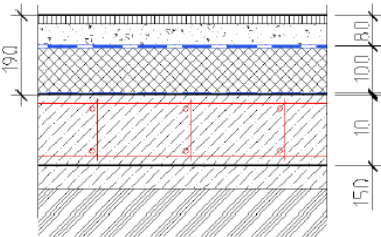
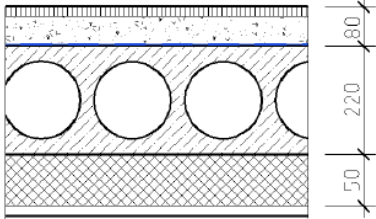


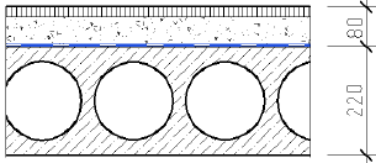
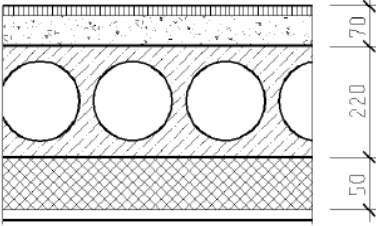
Рис. 1.3. Типовий вузол примикання монолітної ділянки до пустотних плит

Таблиця 1.11 - Специфікація підлог

Марка	Схема	Склад	Площа, м ²
Тип підлоги 1, 2 по ґрунту	<p>Приміщення загального користування (коридор, хол)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Покриття підлоги - 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм - 50 мм 3. Поліетиленова плівка 4. Екструзійний пінопол XPS Carboon Prof RF (Г1) – 100 мм 5. 2 шари Техноеласт ЕПП - 8 мм 6. Праймер бітумний Техноніколь №1 7. Основа - бетон С20/25 F100 W6 армований сіткою Ø 10 А500С, крок 200×200мм, подвійний (в'язати в кожному перетині) – 150 мм 8. Підготовка – бетон М100 - 150 – 50 мм 9. Основа - ущільнений до 1,65 т/м³ ґрунт 	27,3
Тип підлоги 3 по ґрунту	<p>Господарські комори</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Покриття підлоги - 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм - 50 мм 3. 2 шари Техноеласт ЕПП - 8 мм 4. Праймер бітумний Техноніколь №1 	224,2

		<p>5. Основа – бетон C20/25 F100 W6 армований сіткою Ø 10 A500C, крок 200×200мм, подвійний (в'язати в кожному перетині) – 150 мм</p> <p>6. Підготовка – бетон M100 - 150 – 50 мм</p> <p>7. Основа – ущільнений до 1,65 т/м³ ґрунт</p>	
<p>Тип підлоги 4, 5 по ґрунту</p>	 <p>Насосна (передбачити захист від вібрацій), електрощитова</p>	<p>1. Покриття підлоги - 20 мм</p> <p>2. Стяжка з цементно-піщаного розчину M150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм - 50 мм</p> <p>3. 2 шари Техноеласт ЕПП - 8 мм</p> <p>4. Праймер бітумний Техноніколь №1</p> <p>5. Основа – бетон C20/25 F100 W6 армований сіткою Ø 10 A500C, крок 200×200мм, подвійний (в'язати в кожному перетині) – 150 мм</p> <p>6. Підготовка – бетон M100 - 150 – 50 мм</p> <p>7. Основа – ущільнений до 1,65 т/м³ ґрунт</p>	5,0
<p>Тип підлоги 6 по ґрунту</p>	 <p>Нежитлові приміщення</p>	<p>1. Покриття підлоги - 20 мм</p> <p>2. Стяжка з цементно-піщаного розчину M150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм - 50 мм</p> <p>3. Поліетиленова плівка</p> <p>4. Екструзійний пінопол XPS Carboon Prof RF (Г1) – 100 мм</p> <p>5. 2 шари Техноеласт ЕПП - 8 мм</p> <p>6. Праймер бітумний Техноніколь №1</p> <p>7. Основа - бетон C20/25 F100 W6 армований сіткою Ø 10 A500C, крок 200×200мм, подвійний (в'язати в кожному перетині) – 150 мм</p> <p>8. Підготовка – бетон M100 - 150 – 50 мм</p>	80,6

		9. Основа - ущільнений до 1,65 т/м ³ ґрунт	
Тип підлоги 7 по ґрунту	 <p>Квартири на першому поверсі</p>	1. Покриття підлоги - 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм - 50 мм 3. Поліетиленова плівка 4. Екструзійний пінопол XPS Carboon Prof RF (Г1) – 100 мм 5. 2 шари Техноеласт ЕПП - 8 мм 6. Праймер бітумний Техноніколь №1 7. Основа - бетон С20/25 F100 W6 армований сіткою Ø 10 А500С, крок 200×200мм, подвійний (в'язати в кожному перетині) – 150 мм 8. Підготовка – бетон М100 - 150 – 50 мм 9. Основа - ущільнений до 1,65 т/м ³ ґрунт	54,3
Тип підлоги 8	 <p>Квартири над господарськими коморами Перекриття 1-го типу (REI 150)</p>	1. Покриття підлоги – 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм – 55 мм 3. Звуко-гідроізоляційний матеріал ТЕХНОЕЛАСТ АКУСТИК СУПЕР – 5 мм 4. Круглопустотна з/б плита перекриття – 220 мм 5. Плита Вогнезахист бетону SWEETONDALE – 50 мм 6. HILTIIDMS (металевий анкер і рандель) 7. Декоративне структурне покриття	189,1

Тип підлоги 9	 <p>Квартира над нежитловим приміщенням Перекриття 3-го типу (REI 45)</p>	1. Покриття підлоги – 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм – 55 мм 3. Звуко-гідроізоляційний матеріал ТЕХНОЕЛАСТ АКУСТИК СУПЕР – 5 мм 4. Круглопустотна з/б плита перекриття – 220 мм	82,1
Тип підлоги 10	 <p>Підлога приміщення загального користування (хол) над господарськими коморами Перекриття 1-го типу (REI 150)</p>	1. Покриття підлоги – 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 армована сіткою Ø 4 Вр-1, крок 100×100мм – 50 мм 3. Круглопустотна з/б плита перекриття – 220 мм 4. Плита Вогнезахист бетону SWEETONDALE – 50 мм 5. HILTIIDMS (металевий анкер і рандель) 6. Декоративне структурне покриття	31,3

1.4.4. Сходові марші та площадки

Сходові марші і площадки залізобетонні збірні. Сходові клітини мають штучне та природне освітлення через віконні прорізи. Двері по сходовій клітині і в тамбурі відкриваються у бік виходу з приміщення у відповідності до умов пожежної безпеки. Огородження сходів виконується металевими поручнями 40×10, з дерев'яною накладкою.

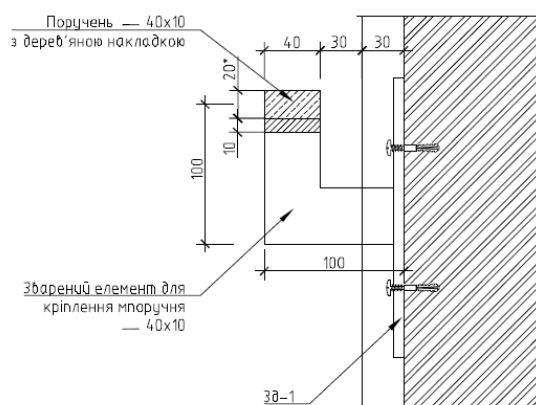


Рис. 1.4. Огородження сходів.

1.4.5. Оздоблення фасадів

Фасади оздоблені плитами якісними плитами керамограніту Tubadzin польського виробника. В проєкті використані матеріали трьох кольорів: Idustro Antrazite, Indastro Grey, Wood Block Brown STR.

Утеплення зовнішніх стін здійснене мінераловатним утеплювачем ТЕХНОВЕНТ ЕКСТРА (таблиця 1.12), ліфтової шахти - утеплювачем ТЕХНОФАС ОПТИМА СТ, квартир з терасами - екструзійним пінополістиролом XPS Carbon Prof (Г1). Для естетичності вигляду кондиціонерів, для них передбачені спеціальні кошики, що прикріплені до зовнішніх стін.

Таблиця 1.12 – Специфікація матеріалів оздоблення фасадів

Схема	Найменування	Кількість	Примітка
	Керамограніт Tubadzin Induct Antrazite 598x1198x10	807 шт (578,0 м ²)	Без урахування запасу. площа стін облицювання 544,0 м ²
	Керамограніт Tubadzin Indastro Grey 598x1198x10	1796 шт (1287,0 м ²)	Без урахування запасу, площа стін облицювання 1104,0 м ²

	Керамограніт Tubadzin Wood Block Brown STR 230x1198x 10	386 шт (133,0 м ²)	Без урахування запасу, площа стіл облицювання 124,0 м ²
	Керамограніт Tubadzin Industro Grey 598x1198x10	42 шт (30,0 м ²)	Без урахування запасу, облицювання парапету терас верхніх поверхів
	Мінераловатний утеплювач ТЕХНОВЕНТ ЕКСТРА СТ	1750,0 м ²	Орієнтовна кількість
	Мінераловатний утеплювач ТЕХНОФАС ОПТИМА	6,0 м ²	Орієнтовна кількість (утеплювач ліфтової шахти)
	Екструзійний пінополістирол XPS Carbon Prof (Г1)	14,0 м ²	Утеплення стін квартир з терасами на 600 мм від рівня покрівлі (8 поверх)
	Кошики для кондиціонерів (тип 1)	45 шт	
	Кошики для кондиціонерів (тип 2)	13 шт	

Розділ 2. Конструктивна частина

2.1. Розрахунок сходового маршу

2.1.1. Вихідні дані

Призначення приміщення – житловий будинок. Висота кожного поверху $H_{пов}$ складає 3,0 м. Ширина маршу b_f' дорівнює 1,2 м.

Пропонується виготовляти марш із важкого бетону класу С12/15.

Розрахункові характеристики бетону при $\gamma_{c2} > 0,9$:

$$f_{cd} = 0,9 \times 8,5 = 7,65 \text{ МПа}; f_{ctd} = 0,9 \times 0,75 = 0,68 \text{ МПа}; f_{cd,ser} = 11 \text{ МПа};$$

$$f_{ctd,ser} = 1,15 \text{ МПа}; E_{cd} = 2,05 \times 10^4 \text{ МПа}$$

За технологією марш треба армувати, для цього приймаємо арматуру класу А400С, яка має такі розрахункові параметри: $f_{yd} = 365 \text{ МПа}$, $f_{syd,ser} = 390 \text{ МПа}$, $E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ МПа}$.

Полиці плит необхідно армувати дротом класу Вр-I, з розрахунковими характеристиками: $f_{yd,ser} = 395 \text{ МПа}$, $f_{ywd} = 260 \text{ МПа}$, $f_{yd} = 365 \text{ МПа}$, $E_s = 1,7 \times 10^5 \text{ МПа}$.

Для тріщиностійкості маршу застосовується вимоги 3-ої категорії.

2.1.2. Збір навантажень

Таблиця 2.1 – Навантаження на 1 м² горизонтальної проекції

Вид навантаження	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Експлуатаційне значення навантаження, кПа	Граничне розрахункове значення навантаження, кПа
Постійне:			
- власна вага маршу $\frac{15,2}{3,54 \times 1,2}$	1,1	3,58	3,94
- огорожа і поручні	1,1	0,2	0,22
Разом		3,78	4,16

Згідно таблиці 6.2 ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» бачимо, що характеристичне значення рівномірно розподіленого навантаження на 1 м² сходів

$p = 3,0 \text{ кПа}$, а квазіпостійне значення рівномірно розподіленого навантаження $p_{\ell g} = 1,0 \text{ кПа}$.

Ухил маршу характеризується величинами $\text{tg} \alpha = 15/30 = 0,5$; $\alpha = 27^\circ$; $\cos \alpha = 0,891$.

Розрахуємо навантаження, яке впливає на 1 м довжини маршу і діє по лінії нормалі до його осі:

- повне розрахункове буде складати:

$$q = (4,16 + 3 \times 1,2) \times 1,2 \times 0,891 = 8,3 \text{ кН/м}$$

- нормативне повне:

$$q^n = (3,78 + 3,0) \times 1,2 \times 0,891 = 7,3 \text{ кН/м}$$

- нормативне довготривале:

$$q_l^n = 4,78 \times 1,2 \times 0,891 = 5,11 \text{ кН/м}$$

- нормативне короткочасне:

$$q_s^h = 2,0 \times 1,2 \times 0,891 = 2,14 \text{ кН/м}$$

При довжині майданчика, на який виконується обпирання, вирахуємо параметри прольоту $c = 0,9 \text{ м}$:

$$l_0 = l - \frac{2}{3}c = (3,54 - 0,09) - \frac{2}{3} \times 0,09 = 3,39 \text{ м.}$$

Обчислимо зусилля від розрахункового навантаження:

- поперечна сила буде складати:

$$Q = 0,5q \times l_0 = 0,5 \times 8,3 \times 3,39 = 14,07 \text{ кН}$$

- згинальний момент:

$$M = \frac{q \times l_0^2}{8} = \frac{8,3 \times 3,39^2}{8} = 11,92 \text{ кНм}$$

Зусилля від нормативного навантаження:

- повного:

$$M^n = \frac{q^n \times l_0^2}{8} = \frac{7,3 \times 3,39^2}{8} = 10,49 \text{ кНм}$$

$$Q^n = 0,5q^n \times l_0 = 0,5 \times 7,3 \times 3,39 = 12,37 \text{ кН.}$$

- довготривалого:

$$M_l^n = \frac{q_l^n \times l_0^2}{8} = \frac{5,11 \times 3,39^2}{8} = 7,34 \text{ кНм}$$

$$Q_l^n = 0,5q_l^n \times l_0 = 0,5 \times 5,11 \times 3,39 = 8,66 \text{ кН}$$

- короткочасного:

$$M_{sh}^n = \frac{q_{sh}^n \times l_0^2}{8} = \frac{2,14 \times 3,39^2}{8} = 3,07 \text{ кНм}$$

$$Q_{sh}^n = 0,5q_{sh}^n \times l_0 = 0,5 \times 2,14 \times 3,39 = 3,63 \text{ кН}$$

2.1.3. Розрахунок міцності нормальних до поздовжньої осі елементу перерізів

Вважатимемо (рисунок 2.1) за розрахунковий переріз тавро $h=18,7$ см (висота), $b = 2 \times 20 = 40$ см (ширина ребра), $b_f' = 120$ см (ширина полиці), $h_f' = 3$ см (товщина полиці).

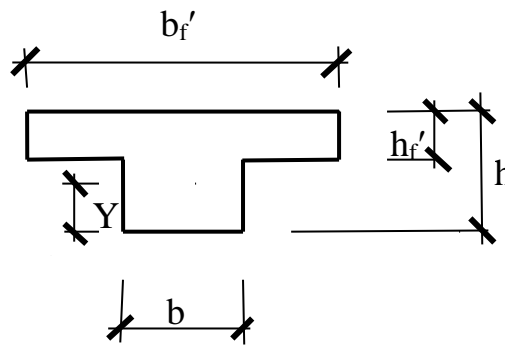


Рис. 2.1. Розрахунковий переріз

Розрахуємо робочу висоту перерізу при $a=3$ см:

$$h_0 = 0,187 - 0,03 = 0,157 \text{ м.}$$

Визначаємо характеристику стислої зони бетону

$$\omega = \alpha - 0,008R_b, \quad \text{де } \alpha = 0,85 - \text{для важкого бетону}$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \times 7,65 = 0,789$$

Граничне значення відносної висоти стислої зони бетону:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)};$$

де $\sigma_{SR} = R_s = 365 \text{ МПа}$ – напруження в арматурі класу А400С.

$\sigma_{SC,U} = 500 \text{ МПа}$ для елементів з важкого бетону при $\gamma_{b2} < 1,0$

$$\xi_R = \frac{0,789}{1 + \frac{365}{599} \left(1 - \frac{0,789}{1,1}\right)} = 0,654$$

Граничне значення коефіцієнта A_0 :

$$A_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) = 0,654(1 - 0,5 \times 0,654) = 0,44$$

Далі необхідно обчислити згинальний момент M_f . Згинальний момент може бути прийнятий полицею, враховуючі дані, що нейтральна вісь проходить межею нижній грані полиці:

$$M_f = b'_f \times h'_f \times f_{cd}(h_0 - 0,5h'_f) = 1,2 \times 0,03 \times 7,65 \times 10^3(0,157 - 0,5 \times 0,03) = 39,1 \text{ кНм}$$

Оскільки $M_f = 39,1 \text{ кНм} > M = 11,92 \text{ кНм}$, то нейтральна вісь буде проходити в площі полиці, тому переріз треба розглядати як прямокутний шириною $b_f = 1,20 \text{ м}$.

Наступним кроком визначаємо коефіцієнт A_0 :

$$A_0 = \frac{M}{f_{cd} \times b'_f \times h_0^2} = \frac{11,92 \times 10^{-3}}{7,65 \times 1,2 \times 0,157^2} = 0,053 < A_R = 0,44$$

По коефіцієнту $A_0 = 0,053$ визначаємо по таблицях коефіцієнт $\xi = 0,055$.

Необхідна площа перерізу арматури:

$$A_s = \xi \times b'_f \times h_0 \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,055 \times 1,2 \times 0,157 \times \frac{7,65}{365} \times 10^4 = 2,17 \text{ см}^2$$

Для армування поздовжніх ребр приймаємо 2 Ø 12 А400С з $A_s = 2,26 \text{ см}^2$.

Враховуючи умови зварювання, діаметр поперечних стрижнів повинен складати менше $d_w = 5 \text{ мм}$ ($a_{sw} = 0,196 \text{ см}^2$).

2.1.4. Розрахунок міцності похилих до подовжньої осі елементу перерізів

Достатність прийнятих розмірів перерізу по умові приймаємо як:

$$Q \leq 0,3\varphi_{w1} \times \varphi_{b1} \times f_{cd} \times b \times h_0, \text{ де}$$

$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha \times \mu_w$, де α – коефіцієнт приведення модулів пружності бетону і арматури.

$$\mu_w - \text{коефіцієнт армування поперечної арматури, } \mu_w = \frac{A_{sw}}{b \times S}.$$

Задаємося, що крок поперечної арматури S дорівнює 10 см. При $n = 2$ загальна площа поперечної арматури буде дорівнювати:

$$A_{sw} = n \times a_{sw} = 2 \times 0,196 = 0,392 \text{ см}^2.$$

$$\mu_w = \frac{0,392}{40 \times 10} = 0,001$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \times 9,76 \times 0,001 = 1,049$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta f_{cd} = 1 - 0,01 \cdot 7,65 = 0,924$$

$$0,3 \times \varphi_{w1} \times \varphi_{b1} \times f_{cd} \times b \times h_0 = 0,3 \times 1,049 \times 0,924 \times 7,65 \times 0,4 \times 0,157 \times 10^3 = 139,7 \text{ кН}$$

Оскільки умова $Q = 14,07 \text{ кН} < 139,7 \text{ кН}$ задовольняється, прийняті розміри для перерізу достатні.

Далі треба перевірити необхідність розрахунку поперечної арматури, яку обчислюємо згідно формули:

$$Q \leq \varphi_{b3} \times f_{ctd} \times b \times h_0 (1 + \varphi_n)$$

За відсутності попереднього напруження $P=0$ и $\varphi_n=0$ – це коефіцієнт, який враховує вплив подовжніх сил; $\varphi_{b3} = 0,6$ - коефіцієнт, що враховує особливості роботи різних видів бетону (для важкого типу бетону).

$$\varphi_{b3} \times f_{ctd} \times b \times h_0 (1 + \varphi_n) = 0,6 \times 0,68 \times 0,4 \times 0,157 (1 + 0) \times 10^3 = 25,6 \text{ кН}$$

Оскільки умова $Q = 14,07 \text{ кН} \leq 25,6 \text{ кН}$ задовольняється, то поперечну арматуру необхідно робити конструктивним шляхом.

Призначений у 10 см крок поперечних стрижнів треба робити в крайніх чвертях прольоту маршу, причому крок поперечних стрижнів в середній половині буде дорівнювати $S = 20 \text{ см}$.

Можна не проводити перевірку міцності похилих перерізів на дію згинального моменту, тому що конструктивними заходами передбачено анкерування поздовжніх стрижнів біля опор за допомогою їх приварювання до закладних деталей. В полиці при армуванні маршу з конструктивних міркувань влаштовується сітка $C5\emptyset\text{Br-I-150}/4\emptyset\text{Br-I-200}$. Монтажні стрижні $2\emptyset4\text{Br-I}$ встановлюються зверху поздовжніх ребер. В такому випадку вся верхня арматура буде складати $9 \emptyset4\text{Br-I}$, $A_s' = 1,13 \text{ см}^2$.

2.1.5. Геометричні характеристики приведенного перерізу

Приведена площа:

$$A_{red} = A + \alpha + A_s = b'_f \times h'_f + b \times (h - h'_f) + \alpha \times A_s$$

$$A_{red} = 120 \times 3 + 40 \times (18,7 - 3) + 9,76 \times 2,26 \approx 1010 \text{ см}^2$$

Статичний момент щодо нижньої грані:

$$\begin{aligned} S_{red} &= S + \alpha \times S_s = b'_f \times h'_f \times (h - 0,5h'_f) + b \times (h - h'_f) \times \frac{h - h'_f}{2} + \alpha \times A_s \times a \\ &= \\ &= 120 \times 3 \times (18,7 - 0,5 \times 3) + 40 \times (18,7 - 3) \times \frac{18,7 - 3}{2} + 9,76 \times 2,26 \times 3 \\ &= 11188 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Відстань від нижньої грані до центру тяжіння приведенного перерізу:

$$Y_{red} = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{11188}{1010} = 11,08 \text{ см}$$

Приведений момент інерції:

$$\begin{aligned} I_{red} &= I + \alpha \times I_s \\ &= \frac{b'_f \times (h'_f)^3}{12} + b'_f \times h'_f (h - 0,5h'_f - Y_{red})^2 + \frac{b \times (h - h'_f)^3}{12} \\ &\quad + b \times (h - h'_f) \times \\ &\quad \times [Y_{red} - 0,5(h - h'_f)]^2 + \alpha \times A_s \times (Y_{red} - a)^2 \\ &= \frac{120 \times 3^3}{12} + 120 \times 3 \times (18,7 - 0,5 \times 3 - 11,08)^2 + \\ &\quad \frac{40 \times (18,7 - 3)^3}{12} + 40 \times (18,7 - 3) \times [11,08 - 0,5 \times 3]^2 \\ &\quad + 9,76 \times 2,26 \times (11,08 - 3)^2 = 85729 \text{ см}^4 \end{aligned}$$

Момент опору:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{Y_{red}} = \frac{85729}{11,08} = 7737 \text{ см}^3$$

Пружно-пластичний момент опору при $\gamma = 1,75$ (для таврового перерізу з полицею, розташованою в стислій зоні):

$$W_{pl} = \gamma \times W_{red} = 1,75 \times 7737 = 13540 \text{ см}^3$$

2.1.6. Розрахунок нормальних до подовжньої осі елементу перерізів в умовах створення й розкриття тріщин

Для початку проведемо перевірку на утворення тріщин:

$$M_r = M_n \leq M_{crc} = f_{ctd,ser} \times W_{pl}$$

$$M_{crc} = 1,15 \times 10^3 \times 13540 \times 10^{-6} = 15,57 \text{ кНм}$$

$$M_r = 10,49 \text{ кНм} < M_{crc} = 15,57 \text{ кНм}$$

Умова задовольняється, отже в перерізі подовжніх ребер тріщини утворюватися не будуть, тому розрахунок по їх розкриттю проводити немає необхідності.

2.1.7. Розрахунок похилих до подовжньої осі елементу перерізів на утворення тріщин

Даний розрахунок для опорного перерізу проводять, приймаючи, що згинальний момент близький до нуля, отже ($\sigma_x = 0$), на рівні сполучення полиці з ребром ($y = h - y_{red} - h'_f = 18,7 - 11,08 - 3 = 4,62 \text{ см}$) і в центрі важкості приведенного перерізу ($y=0$).

Для відповідних рівнів статичні моменти S_{red} будуть дорівнювати:

$$S_{red,1} = b'_f \times h'_f \times (y + 0,5h'_f) + \alpha \times A'_s(y + 0,5h'_f)$$

$$S_{red,1} = 120 \times 3(4,62 + 1,5) + 9,76 \times 1,13(4,62 + 1,5) = 2271 \text{ см}^3$$

$$\begin{aligned} S_{red,2} &= b'_f \times h'_f \times (y + 0,5h'_f) + b \times y^2 \times 0,5 + \alpha \times A'_s(y - 0,5h'_f) = \\ &= 120 \times 3(4,62 + 1,5) + 40 \times 4,62^2 \times 0,5 + 9,76 \times 1,13(4,62 + 1,5) \\ &= 2698 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Відповідне головне напруження стисканню і дотичне напруження при $\sigma_x = \sigma_y = 0$

$$\sigma_{mt,mc} = \tau_{xy} = \frac{Q \times S_{red}}{I_{red} \times b},$$

$$\tau_{xy,1} = \frac{12,37 \times 10^5 \times 2271 \times 10^5}{85729 \times 10^{-8} \times 40 \times 10^{-2}} = 0,008 \text{ МПа}$$

$$\tau_{xy,2} = \frac{12,37 \times 2698}{85729 \times 40} = 0,01 \text{ МПа}$$

Обчислюємо коефіцієнти умов роботи:

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}}{f_{cd,ser}}}{0,2 + \alpha_1 \times B} \leq 1,$$

де $\alpha_1=0,01$ – для важкого бетону

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \frac{0,01}{11}}{0,2 + 0,01 \times 15} = 2,85 > 1$$

приймаємо $\gamma_{b4}=1$

Перевіряємо умову $\sigma_{mt} \leq \gamma_{b4} \times f_{ctd,ser}$

$$\sigma_{mt} = 0,01 \text{ МПа} < 1 \times 1,15 = 1,15 \text{ МПа}$$

Бачимо, що умова при розрахунку на нормативні навантаження дотримується, то тріщини в похилих до подовжньої осі елементу перерізах, утворюватися не будуть.

2.1.8. Розрахунок по деформаціях

Обчислюємо коефіцієнт

$$\varphi_m = \frac{f_{ctd,ser} \times W_{pl}}{M_n}$$

при дії всього навантаження

$$\varphi_m = \frac{1,15 \times 10^3 \times 13540 \times 10^{-6}}{12,37} = 1,26$$

при дії постійного і тривалого навантажень

$$\varphi_m = \frac{1,15 \times 13540 \times 10^{-3}}{8,66} = 1,80$$

Відповідні коефіцієнти ψ_s , які враховують роботу розтягнутого бетону у ділянці з тріщинами.

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \times \varphi_m:$$

від короткочасної дії всього навантаження

$$\psi_s = 1,25 - 1,1 \times 1,26 = -0,136 < 1$$

від короткочасної дії постійного і тривалого навантажень

$$\psi_s = 1,25 - 1,1 \times 1,8 = -0,73 < 1$$

від тривалої дії постійного і тривалого навантажень

$$\psi_s = 1,25 - 0,8 \times 1,8 = -0,19 < 1$$

Обчислюємо характеристики:

$$\mu = \frac{A_s}{b \times h_0} = \frac{2,26}{40 \times 15,7} = 0,0036 < 0,02;$$

при короткочасній дії навантаження ($\nu = 0,45$)

$$\varphi_f = \frac{(b'_f - b) \times h'_f + \frac{\alpha}{2\nu} (A'_s + A'_{sp})}{b \times h_0} = \frac{(120 - 40) \times 3 + \frac{9,76}{2 \times 0,45} (1,13 + 0)}{40 \times 15,7} = 0,402$$

$$\lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h'_f}{2h_0} \right) = 0,402 \left(1 - \frac{3}{2 \times 15,7} \right) = 0,364;$$

При тривалій дії навантаження ($\nu = 0,15$)

$$\varphi_f = \frac{(120 - 40) \times 3 + \frac{9,76}{2 \times 0,15} (1,13 + 0)}{40 \times 15,7} = 0,441$$

$$\lambda = 0,441 \left(1 - \frac{3}{2 \times 15,7} \right) = 0,399.$$

Значення, що характеризують навантаження

$$\delta_m = \frac{M_{tot}}{b \times h_0^2 \times f_{cd,ser}};$$

- повне $M_{tot} = M_n = 10,49 \text{ кНм}$

$$\delta_m = \frac{10,49 \times 10^{-3}}{0,4 \times 0,157^2 \times 11} = 0,097$$

- довготривале $M_{tot} = M_{nl} = 5,45 \text{ кНм};$

$$\delta_m = \frac{8,66 \times 10^{-3}}{0,4 \times 0,157^2 \times 11} = 0,08$$

Відносна висота стислої зони:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta_m + \lambda)}{10\mu\alpha}};$$

при короткочасній дії всього навантаження відносна висота буде складати:

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,097 + 0,364)}{10 \times 0,003 \times 9,76}} = 0,076$$

при короткочасній дії тривалого і постійного навантажень відносна висота буде складати:

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,08 + 0,364)}{10 \times 0,003 \times 9,76}} = 0,078$$

при тривалій дії тривалого і постійного навантажень відносна висота буде складати:

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,08 + 0,399)}{10 \times 0,003 \times 9,76}} = 0,075$$

Оскільки $\xi \times h_0 = 0,078 \times 15,7 = 1,225 \text{ см} < h'_f = 3 \text{ см}$, розрахунок необхідно вести як для прямокутного перерізу шириною b'_f та $h'_f = 2a' = 2 \times 1,5 = 3 \text{ см}$.

Причому плече внутрішньої пари сил:

$$Z = h_0 \left[1 - \frac{\frac{h'_f}{h_0} \times \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right];$$

- при короткочасній дії всього навантаження:

$$Z = 15,7 \left[1 - \frac{\frac{3}{15,7} \times 0,402 + 0,076^2}{2(0,402 + 0,076)} \right] = 14,344 \text{ см}$$

- при короткочасній дії тривалого і постійного навантажень:

$$Z = 15,7 \left[1 - \frac{\frac{3}{15,7} \times 0,402 + 0,078^2}{2(0,402 + 0,078)} \right] = 14,344 \text{ см}$$

- при тривалій дії тривалого і постійного навантажень:

$$Z = 15,7 \left[1 - \frac{\frac{3}{15,7} \times 0,441 + 0,075^2}{2(0,441 + 0,075)} \right] = 14,332 \text{ см}$$

Наступним кроком треба обчислювати кривизну за формулою

$$\frac{1}{r} = \frac{M_{tot}}{h_0 \times Z} \times \left[\frac{\psi_s}{E_s \times A_s} + \frac{\psi_b}{(\phi_f + \xi) \nu \times E_{cd} \times b \times h_0} \right];$$

де $\psi_b=0,9$ – для важкого бетону класу C12/15

від нетривалої дії всього навантаження

$$\frac{1}{r_1} = \frac{10,49 \times 10^2}{15,7 \times 14,344} \times \left[\frac{1}{2 \times 10^4 \times 2,26} + \frac{0,9}{(0,402 + 0,076) \times 0,45 \times 2,05 \times 10^3 \times 40 \times 15,7} \right]$$

$$\frac{1}{r_1} = 7,18 \times 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

від нетривалої дії постійного і тривалого навантажень

$$\frac{1}{r_2} = \frac{7,34 \times 10^2}{15,7 \times 14,344} \times \left[\frac{1}{2 \times 10^4 \times 2,26} + \frac{0,9}{(0,402 + 0,078) \times 0,45 \times 2,05 \times 10^3 \times 40 \times 15,7} \right]$$

$$\frac{1}{r_2} = 7,28 \times 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

від тривалої дії постійного і тривалого навантажень

$$\frac{1}{r_3} = \frac{7,34 \times 10^2}{15,7 \times 14,332} \times \left[\frac{1}{2 \times 10^4 \times 3,08} + \frac{0,9}{(0,441 + 0,075) \times 0,15 \times 2,05 \times 10^3 \times 40 \times 15,7} \right]$$

$$\frac{1}{r_3} = 4,81 \times 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

Повна кривизна

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = 7,18 \times 10^{-5} - 7,28 \times 10^{-5} + 4,81 \times 10^{-5} \\ &= 4,71 \times 10^{-5} \text{ см}^{-1} \end{aligned}$$

Прогинання маршу

$$f = \frac{1}{r} \times S \times l^2 = 4,71 \times 10^{-5} \times \frac{5}{48} \times 354^2 = 0,61 \text{ см}$$

І його відносне значення

$$\frac{f}{l} = \frac{0,61}{354} = \frac{1}{580,3} \approx \frac{1}{200},$$

тобто в межах допустимого.

2.1.9. Перевірка на стійкість

Перевірка на стійкість проводиться так, щоб прогинання від нетривалої дії вантажу 1,5кН (додаткового до повного нормативного навантаження) не перевищувало б 0,7 мм.

Для перевірки користуються значенням, відомим з попереднього розрахунку, а також обчислюють додаткові параметри:

Розрахуємо згинальний момент:

$$M_{tot} = M_n + \frac{N \times l_0}{4} = 10,49 + \frac{1,5 \times 3,39}{4} = 11,8 \text{кНм}$$

коефіцієнт

$$\delta_m = \frac{M_{tot}}{b \times h_0^2 \times f_{cd,ser}} = \frac{11,8 \times 10^{-3}}{0,4 \times 0,157^2 \times 11} = 0,083.$$

Відносна висота стислої зони складе

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{5(\delta_m + \lambda)}{10\mu\alpha}} = \frac{1}{1,8 + \frac{5(0,083 + 0,085)}{10 \times 0,003 \times 9,76}} = 0,214.$$

Обчислимо плече внутрішньої пари сил:

$$Z = h_0 \left[1 - \frac{\frac{h'_f}{h_0} \times \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] = 15,7 \left[1 - \frac{\frac{3}{15,7} \times 0,402 + 0,214^2}{2(0,402 + 0,214)} \right] = 14,253 \text{ см}$$

Коефіцієнт

$$\varphi_m = \frac{f_{ctd,ser} \times W_{pl}}{M_{tot}} = \frac{1,15 \times 13540 \times 10^{-3}}{11,8} = 1,32.$$

Розрахуємо кривизну від додаткового вантажу, який викликає згинальний момент $N = 1,5 \text{ кН}$:

$$M = \frac{N \times l}{4} = \frac{1,5 \times 3,39}{4} = 1,27 \text{кНм}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \frac{M}{h_0 \times Z} \times \left[\frac{\psi_s}{E_s \times A_s} + \frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi) \nu \times E_{cd} \times b \times h_0} \right] = \frac{1,27 \times 10^2}{15,7 \times 14,253} \times \\ &\times \left[\frac{1}{2 \times 10^4 \times 2,26} + \frac{0,9}{(0,402 + 0,214) \times 0,45 \times 2,05 \times 10^3 \times 40 \times 15,7} \right] = \\ &= 1,4 \times 10^{-5} \text{ см}^{-1} \end{aligned}$$

Прогинання від цього вантажу

$$f = \frac{1}{r} \times \frac{1}{s} \times l^2 = 1,4 \times 10^{-5} \times \frac{1}{12} \times 354^2 = 0,15 \text{ см} < 0,7 \text{ см.}$$

Стійкість маршу допустима.

2.2. Розрахунок сходового майданчика

2.2.1 Вихідні дані

Сходовий майданчик виготовляється із важкого бетону класом по міцності на стиснення С12/15 і має ребристу конструкцію.

Розрахункові характеристики бетону при $\gamma_{e2} > 0,9$:

$$f_{cd} = 0,9 \times 8,5 = 7,65 \text{ МПа}; \quad f_{ctd} = 0,9 \times 0,75 = 0,68 \text{ МПа}; \quad f_{cd,ser} = 11 \text{ МПа};$$

$$f_{ctd,ser} = 1,15 \text{ МПа}; \quad E_{cd} = 2,05 \times 10^4 \text{ МПа}$$

Для армування будівельного майданчика приймаємо арматуру класу А400С з розрахунковими характеристиками $f_{yd,ser} = 390 \text{ МПа}$, $f_{yd} = 365 \text{ МПа}$, $E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ МПа}$.

Дротом класу Вр-І армуються полиці плити (розрахункові характеристики: $f_{yd} = 360 \text{ МПа}$, $f_{yd,ser} = 395 \text{ МПа}$, $f_{ywd} = 260 \text{ МПа}$, $E_s = 1,7 \times 10^5 \text{ МПа}$).

До тріщиностійкості застосовуються вимоги 3-ої категорії.

2.2.2. Розрахунок плити сходового майданчику

Плита сходового майданчика (рис. 2.2) по периметру спирається на контурні ребра. Враховуючі відношення сторін плити $\ell_1/\ell_2 = 2,54/0,9 = 2,82 > 2$, її можна вважати як балочну з прольотом в короткому напрямі $\ell_0 = \ell_2 = 0,9 \text{ м}$ (таблиця 2.3).

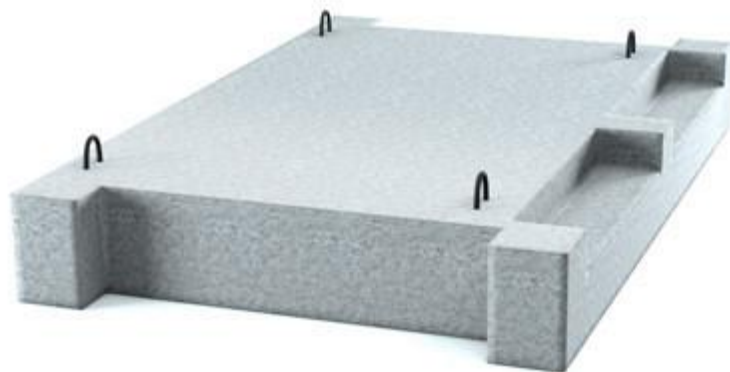


Рис. 2.2. Плита сходового майданчику.

Таблиця 2.2 - Характеристика навантаження на 1 м² плити

Вид навантаження	Експлуатаційне навантаження, кПа	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Граничне розрахункове значення навантаження, кПа
Постійна: власна вага плити з мозаїчним шаром $0,09 \cdot 25$	2,25	1,1	2,475
Всього	2,25		2,48

Згідно таблиці 6.2. ДБН В.1.2-2:2006 [9] характеристичне значення рівномірно розподіленого навантаження на 1 м² сходів складе $p = 3,0$ кПа, квазіпостійне значення рівномірно розподіленого навантаження p_{lg} .

В нашому випадку сполучення плити з ребрами жорстке. Однак, затискання плити незначне, враховуючи можливість розвороту ребер (особливо подовжніх). Тому її (з деяким наближенням) можна розглядати як вільно обперту. Момент від повного розрахункового навантаження буде дорівнювати:

$$M = \frac{q \times l_0^2}{8} = \frac{(2,48 + 3 \cdot 1,2) \times 0,9^2}{8} = 0,62 \text{кНм}$$

Робоча висота перерізу при $a=1,5$ см.

$$h_0 = 7 - 1,5 = 5,5 \text{ см.}$$

Наступним кроком визначаємо характеристику стислої зони бетону:

$$\omega = \alpha - 0,008 f_{cd},$$

де $\alpha = 0,85$ - для важкого бетону

$$\omega = 0,85 - 0,008 \times 7,65 = 0,789$$

Граничне значення відносної висоти стислої зони бетону буде дорівнювати:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)};$$

де $\sigma_{SR} = f_{yd} = 360 \text{ МПа}$ – напруження в арматурі класу Вр-I.

$\sigma_{SC,U} = 500 \text{ МПа}$ для елементів з важкого бетону при $\gamma_{b2} < 1,0$

$$\xi_R = \frac{0,789}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,789}{1,1}\right)} = 0,630$$

Граничне значення коефіцієнта A_0

$$A_R = \xi_R (1 - 0,5 \xi_R) = 0,630 (1 - 0,5 \times 0,630) = 0,432$$

Визначаємо коефіцієнт A_0

$$A_0 = \frac{M}{f_{cd} \times b \times h_0^2} = \frac{0,62 \times 10^{-3}}{7,65 \times 1,0 \times 0,055^2} = 0,27 < A_R = 0,432.$$

По коефіцієнту $A_0 = 0,27$ визначаємо по таблицях коефіцієнт $\xi = 0,32 < \xi_R = 0,630$.

Необхідна площа перерізу арматури

$$A_s = \xi \times b \times h_0 \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,32 \times 100 \times 5,5 \times \frac{7,65}{365} = 3,69 \text{ см}^2$$

$$A_s = 3,69 \text{ см}^2 > A_{s,\min} = \mu_{\min} b h_0 = 0,002 \cdot 100 \cdot 5,5 = 1,1 \text{ см}^2.$$

Приймаємо для армування сітку $\frac{5BpI-150}{8A400C-100}$ з $A_s = 5,53 \text{ см}^2$.

Розділ 3. Основи і фундаменти

3.1. Інженерно-геологічні характеристики ділянки будівництва

Район будівництва м Дніпро, проспект Богдана Хмельницького. Інженерно-геологічні характеристики представлені у графічному вигляді розрізом на рис. 3.1.

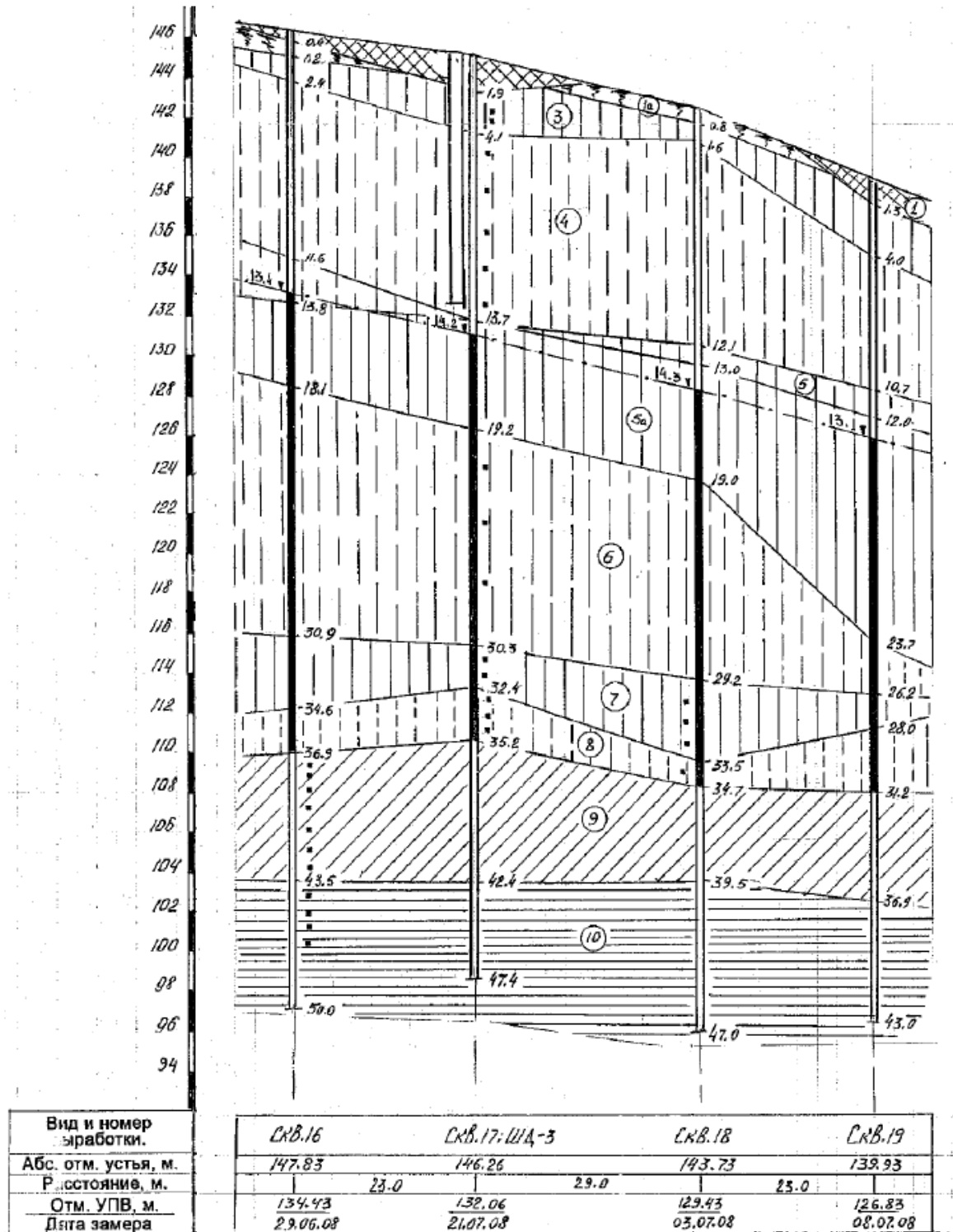


Рис. 3.1. Інженерно-геологічна характеристика ділянки будівництва

В геоморфологічному відношенні досліджувана територія приурочена до лівого схилу верхів'я балки Красноповстанчеської. Глибина розчленування рельєфу на період досліджень становить 42 - 46 м. Абсолютні позначки поверхні землі змінюються від 115...116 м. в тальвегу балки, до 146...151 м. на схилі. В геологічну будову досліджуваної території до вивченої глибини 50,0 м. бере участь комплекс сучасних, залів-делювіальних і елювіально делювіальних відкладень, представлених переспаїванієм лісоподібних супісків і суглинків, що залягають на ніжнечетвертичних суглинках і глинах.

Опис геологічного розрізу надається зверху вниз:

Сучасні відкладення - представлені насипними, ґрунтово-рослинними і делювіальними балочними відкладеннями.

Насипні ґрунти - (t IV, шар 1) поширені майже всюди, утворені при плануванні паркової зони, будівництві споруд та прокладання доріг в цьому районі, при засипці древніх ярів в районі стадіону "Трудові резерви" і школи міліції. Представлені насипні ґрунти відвалами ґрунту з будсміттям і звалищем побутового сміття з великим вмістом пластикових пляшок, целофанових пакетів, паперу, стовбурів і коренів дерев, харчових відходів. Поширені в основному по бортах і в верхів'ї ярів. Потужність насипних ґрунтів різна - від 0,2...0.5 м до 2...3 м на схилах ярів і до 7...8 м в ярах.

Ґрунтово-рослинні ґрунти (шар 1a eIV) представлені чорноземами звичайними на лесових породах, з корінням рослин, потужністю 0,2...0,8 м. Поширені локально, т. К. При плануванні території та будівництві паркових споруджень зняті або перемішані з насипними ґрунтами .

Відкладення балочного делювію (шар 2a, d IV) розповсюджений в тальвегу балки Олос шириною від 40 до 70м., Потужністю до 10. Представлені суглинками сірими, темно-сірими, грудкуватої і шаруватої структури, з включенням жорстви. Сучасні відкладення підстилаються потужною товщою четвертичних лесоподібних ґрунтів, представлених суглинками і супісками верхнього, середнього і нижнього відділів.

Відкладення верхнечетвертичного віку представлені елювіально делювіальними суглинками і супісками стародавнього балочного делювію (шар 2 d 111), причорноморсько-Дофінівського (шар 3, ed 111 prc-df), Бузького (шар 4, 4a, vd 111 bg), і Прилуцький-Кайдацького (5 , 5a ed 111 pl + kd) горизонтів.

Шар 2 (нашарування лесоподібних супісків і суглинків) поширені в основному, в північній частині майданчика; в центральній частині - від невеличкої площі у вигляді "язика" і в південній частині зустрінутий тільки скв. N2 3, 4. Представлений переспаюванням перевідкладених лесоподібних супісків і суглинків, потужністю від 0,6 до 11,6 м. Характерною особливістю є зміна потужності шару 2 вниз по схилу.

Шар 3 - суглинки лесоподібні, буро-жовті, тверді, високопористі, що просідають і з ходами землероїв, заповненими гумусом, має неповсеместне поширення. Потужність шару незначна, від 0,69 до 3,0 м.

Шар 4 - супіски лесові, палево-жовті, тверді, низькопористою, що просідають і в зоні капілярної- Каїм і нижче рівня підземних вод -пластичність, низькопористою (шар 4a), має, практично, повсюдне поширення, за винятком північної частини майданчика, де шар 4 заміщається балковим делювіем (шар 2). Потужність шару від 3 до 12м.

Шар 5 - суглинки лесові, буро-жовті, тверді, низькопористою, непросадних, в зоні капілярної облямівки і нижче рівня підземних вод - тугопластичних (шар 5a). Поширений шар повсюдно, залягання, практично, горизонтальне. Потужність шару від 2-3 до 10- 11 м. Необхідно відзначити, що в р-ні свердловин 18-22 в загальній товщі тугопластичних суглинків ПГЕ-5а зустрічаються прошарки твердих і напівтвердих суглинків.

Відкладення середньочетвертичного віку представлені дніпровським (шар 6. vd 11 dn) і Завадовським (шар 7, ed 11 zv) горизонтами.

Шар 6 - супіски лесові, сірувато-жовті, пластичні, низькопористою. Поширений шар всюди. Характерною особливістю шару є його велика потужність від 8...10 до 15...16м.

Шар 7 - суглинки лесові, від буро-сірих до бурих, тугопластичних з прошарками напівтвердих. Ці ґрунти невитриманими по потужності, в основному потужність шару 1,5...2,0 м., В центральній частині (в районі свердловин 20, 21, 22, 26) потужність досягає 8...10 м. В цьому шарі виділяються тверді суглинки (Шар 7а). Відкладення ніжнечетвертичних віку представлені Тилігульським (шар 8, $vd1\ ti$) і мартоношським (шар 9, $d\ 1\ mg$) горизонтами.

Шар 8 - супіски лесоподібні, жовто-сірі, пластичні. Розповсюджені повсюдно, залягання, в основному, горизонтальне. Потужність шару незначна від 1,5...2,0 до 3,0...4,0 м.

Шар 9 - суглинки червоно-бурі, тверді, щільні, водонепроникні. Поширені суглинки повсюдно, витримані по потужності. Потужність шару, в основному, від 6 до 9 м.

Повсюдно четвертинні відкладення подстиляються нерозчленованими ніжнечетвертично- верхненеогеновими відкладеннями (шар 10, $Q1-N2$), представленими глинами червоно-бурими, твердими, щільними, водотривкими. Поширені ґрунти шару 10 повсюдно, максимально розкрита потужність 7,5 м.

Тип ґрунтових умов по просіданню - другий.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів 0,9 м, мінімальна - 0,14м, максимальна - 1,23м.

3.2. Основні принципи влаштування фундаменту

На підставі архітектурних креслень розроблене пальове поле (рис. 3.1).

- коефіцієнт надійності за граничним значенням прийнятий 1,14 (табл. 9.1 ДБН В.1.2-2: 2006);
- коефіцієнт надійності по експлуатаційного значенням прийнятий 0,21 (табл. 9.3 ДБН В.1.2-2: 2006);
- тип місцевості - IV (по п. 9.9 ДБН В.1.2-2: 2006).

По карті сейсмічного районування територія відноситься до п'ятибальною зоні.

Інженерно-геологічні умови майданчика будівництва наведена на рис. 4.2.

Земляні, пальові, опалубні, бетонні та арматурні роботи виконуються відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.2.1-28: 2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів», ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд» [10], ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [6], та інших чинних нормативних документів з виробництва та приймання відповідних видів робіт, правилами техніки безпеки, а також за спеціально розробленими проектами виробництва робіт (ППР). Всі роботи повинні проводити спеціалізовані організації.

Зворотню засипку ґрунту допускається виконувати місцевими ґрунтами (супісями і суглинками) іженерно-геологічного шару скважин-2,3,4 (які повинні бути без побутових відходів, без будівельного сміття і без залишків рослинності). Відсипання виробляти шарами з пошаровим ущільненням при лабораторному контролі коефіцієнт ущільнення ґрунту зворотної засипки $k = 0,95$. До початку відсипання зробити дослідне ущільнення ґрунту і визначити оптимальну вологість ґрунту.

В процесі виконання робіт необхідно складати акти на приховані роботи, вести журнал виробництва робіт. В процесі виконання робіт необхідно складати акти на приховані роботи, вести журнал виробництва робіт. Всі роботи виконувати відповідно до проекту виробництва робіт, виконаному спеціалізованою організацією.

При влаштуванні стику складових паль застосувати двошарову ізоляцію стику склотканиною на бітумній мастиці Bitugum.

Основні технічні рішення з підстав і фундаментів прийняті відповідно до таких даними:

- Звіт "про інженерно-геологічні дослідження для будівництва житлового комплексу по вул. Героїв Сталінграда в м.Дніпропетровську (додаткові дослідження)", виконаний ПП "ЕПрІС" (шифр: 1191/2016), м. Дніпропетровськ, 2016р;
- Звіт "про інженерно-геологічні дослідження на ділянці будівництва житлового комплексу по вул. Героїв Сталінграда в Дніпропетровську", виконаний ПП "ЕПрІС" (шифр: 876/2008), г. Дніпропетровськ, 2008р;
- Звіт "по польових випробувань дослідних паль статичними навантаженнями на майданчику будівництва житлового комплексу по вул. Героїв Сталінграда в Дніпропетровську", виконаний ТОВ "Гідростойпроект" (шифр: 261.03), м. Дніпропетровськ, 2008р .

Організація будівельного виробництва виконана відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва [6]. До початку виконання робіт по влаштуванню пальового поля виконати винос всіх інженерних комунікацій, що потрапляють в розроблювану зону. Всі роботи по влаштуванню пальового поля виконувати в суворій відповідності з Проектом Виробництва Робіт (ППР).

Перед пристроєм пальового поля необхідно викликати представників геологічної служби для огляду ґрунтів зі складанням відповідного акту.

Занурення паль здійснювати починаючи з дна котловану трубчастим дизель-молотом з ударною частиною масою 2,5 тс в лідерні свердловини діаметром 350 мм, пробурені до рівня ґрунтових вод з одноразовою заливкою їх водою. Глибину занурення паль прийняти рівною 1,0 метр в суглінковому шарі ІГЕ-7. Занурення паль здійснюється до проектних відміток. При недопогруженні окремих паль до проектних відміток і отриманні відмови в кінці забивання рівного 0,5 см і заглибленні їх нижніх кінців в ґрунти шару ІГЕ-8, подальше

занурення паль припиняти. Зруб недопогружених до проектних відміток паль дозволяється проводити за погодженням з проектною організацією, яка розробила проєкт палових фундаментів. Глибина занурення робочих паль можливо зажадає коригування їх довжин в процесі влаштування фундаментів.

Зворотню засипку котловану виробляти суглинками, методом пошарового ущільнення до щільності $1,7 \text{ т / м}^3$ (к.у. 0,99-0,98). Ущільнення ґрунту засипки виконувати шарами по 20-30 см при оптимальній вологості, з контролем якості ущільнення і щільності кожного шару.

Розділ 4. Вдосконалення систем теплоізоляції зовнішніх стін

4.1. Вимоги до забезпечення енергоефективності будівель

З метою забезпечення енергоефективності будівель Міністерством регіонального розвитку, Міністерством енергетики України та Кабінетом Міністрів України прийнято ряд нормативних актів, розпоряджень та постанов, у яких прописано умови та пункти, що регулюють теплові втрати будівлі. Крім того, щороку проводяться всеукраїнські, міжнародні гранти, проекти та програми фінансування підвищення енергоефективності як існуючих будівель, так і будівництва нових енергоефективних будинків.

Політика держави у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель базується на наступних засадах [41]:

- 1) забезпечення належного рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до технічних регламентів, норм і правил та будівельних норм;
- 2) стимулювання зменшення споживання енергії у будівлях;
- 3) забезпечення скорочення викидів парникових газів у атмосферу;
- 4) створення умов для залучення інвестицій з метою здійснення енергоефективних заходів;
- 5) забезпечення термомодернізації будівель, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії;
- 6) розроблення та реалізація національного плану щодо збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та стратегії термомодернізації будівель;
- 7) стимулювання до збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, зокрема шляхом нового будівництва та термомодернізації будівель.

Постановою КМУ від 26.11.2014 року № 676 було прийнято положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [43]. Даний орган виконавчої влади регулює сферу енергозбереження, проводить енергоаудит та розробляє пропозиції про забезпечення енергоефективності будівель.

Постановою Кабінету Міністрів від 20.12.2017 року № 1099 створено державну установу «Фонд енергоефективності» [45]. Фонд підтримує ініціативи, які стосуються енергоефективності, стимулює і підтримує заходи з підвищення енергозбереження та рівня енергоефективності будівель у житловому секторі.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1803-р від 29.12.2021 року Схвалено розроблений Міністерством енергетики України план дій з енергоефективності на період до 2030 року [44]. Цей план передбачає виконання програм стимулювання енергоефективних заходів у багатоквартирних та приватних житлових будівлях із запровадженням моніторингу ефективності та результативності відповідних програм. Також в рамках цього плану 01.08.2022 року Кабінетом Міністрів України винесено на громадське обговорення Проект Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року та Концепції Загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022-2030 роки».

Ця концепція передбачає в тому числі впровадження енергоефективних заходів у 1 млн. індивідуальних житлових будівлях, у 20 тис. багатоквартирних будинках, а також збільшення кількості нових науково-дослідницьких та інноваційно-технічних розробок щодо термомодернізації будівель [49].

Фондом Енергоефективності України запроваджено та реалізується на постійній основі Всеукраїнська програма комплексної термомодернізації житлових будинків «ЕНЕРГОДИМ» [46]. Дана програма проводиться разом з фінансовою міжнародною корпорацією – IFC, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH і Програмою розвитку ООН (ПРООН) та передбачає часткове фінансування поширення енергоефективності. Завдяки проведенню усі жителі України мають змогу економити на комунальних послугах та підвищити рівень енергоефективності житла, так і забезпечити дотримання усіх міжнародних зобов'язань України в сфері енергоефективності.

Згідно Наказу Міністерства розвитку громад та територій України № 260 від 27.10.2020 року «Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної

ефективності будівель» [43] та №169 від 11.07.2018 року «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» [42] житлові та громадські будівлі не можливо будувати та здавати в експлуатацію без дотримання мінімальних вимог до енергоефективності. Усі розроблені Мінрегіоном вимоги є обов'язковими для будівель усіх типів та видів..

4.2. Аналіз сучасних підходів до теплоізоляції будівель

4.2.1. Класифікація систем фасадної теплоізоляції

Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-34:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги» [23] фасадна теплоізоляція ділиться на 4 класи, кожен з яких в свою чергу ділиться на певні підкласи (таблиця 4.1). Класифікація систем за конструктивними елементами наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Класи та підкласи збірних систем

Класи	Найменування класів	Найменування підкласів
Клас А	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою	А.1 З опорядженням тонкошаровими штукатурками А.2 З опорядженням товстошаровими штукатурками А.3 З опорядженням дрібнорозмірною плиткою
Клас Б	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою	Б.1 З опорядженням керамічною цеглою Б.2 З опорядженням силікатною цеглою Б.3 З опорядженням пресованим каменем
Клас В	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами	В.1 З опорядженням керамічними плитами В.2 З опорядженням плитами з природного каменю В.3 З опорядженням металевими дрібноштучними та крупнорозмірними панелями В.4 З опорядженням плитами з цементно-волокнистих матеріалів В.5 З опорядженням композитними алюмінієвими матеріалами В.6 З опорядженням виробами із дрібнозернистого бетону В.7 З опорядженням полімербетонними панелями В.8 З опорядженням ламінованими панелями В.9 З опорядженням керамогранітом В.10 З опорядженням іншими індустріальними елементами

Клас Г	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами	Г.1 З опорядженням склом будівельним Г.2 З опорядженням склом загартованим будівельним Г.3 З опорядженням склом з енергозберігаючим покриттям Г.4 З опорядженням склом сонцезахисним Г.5 З опорядженням склом фасадним з нанесеним емалевим покриттям Г.6 З опорядженням склом візерунковим Г.7 З опорядженням склом армованим Г.8 З опорядженням ламінованим склом (триплексом) Г.9 З опорядженням склом, забарвленим у масі Г.10 З опорядженням гідрофобним склом Г.11 З опорядженням іншими типами скла, що дозволені для застосування у будівництві
--------	--	---

Таблиця 4.2 – Класифікація збірних систем за конструктивними елементами

Класи	За сприйняттям стіною навантажень в конструктивній схемі будинку	За матеріалом стіни	За матеріалом теплоізоляційного шару
Клас А	1 Несучі 2 Самонесучі 3 Навісні	1. Із цегли 2. Із монолітного або збірного залізобетону, керамзитобетону 3. З блоків із важких бетонів, у т.ч. із порожнечами 4. З блоків із легкого конструктивного бетону	З плит із базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів або торкретаційного шару З блоків із легких бетонів
Клас Б			З плит із базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів З блоків із легких бетонів
Клас В			З плит із базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна
Клас Г	2 Самонесучі 3 Навісні	1. З комбінованим світлопрозорим фасадом 2. З суцільним світлопрозорим фасадом	З плит із базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів З блоків із легких бетонів Зі склопакетів З подвійним склінням

4.2.2. Конструктивні особливості систем фасадної теплоізоляції

У відповідності до наведеної класифікацією розглянемо існуючі конструктивні особливості фасадних систем.

Опорядження тонкошаровими штукатурками (лека система) (рис. 4.1, а). Виконання полегшених систем більш популярно з-за їх відносно низької вартості. Конструкція включає в себе теплоізоляцію, зафіксовану за допомогою полімерцементного клею і кріпильних елементів, а також захисно-оздоблювальне покриття.

Крім стандартних шарів у конструкцію включаються допоміжні елементи: алюмінієві профілі для захисту від механічних пошкоджень і елементи для ущільнення і герметизації ізоляції в примиканнях до конструкцій покрівлі.

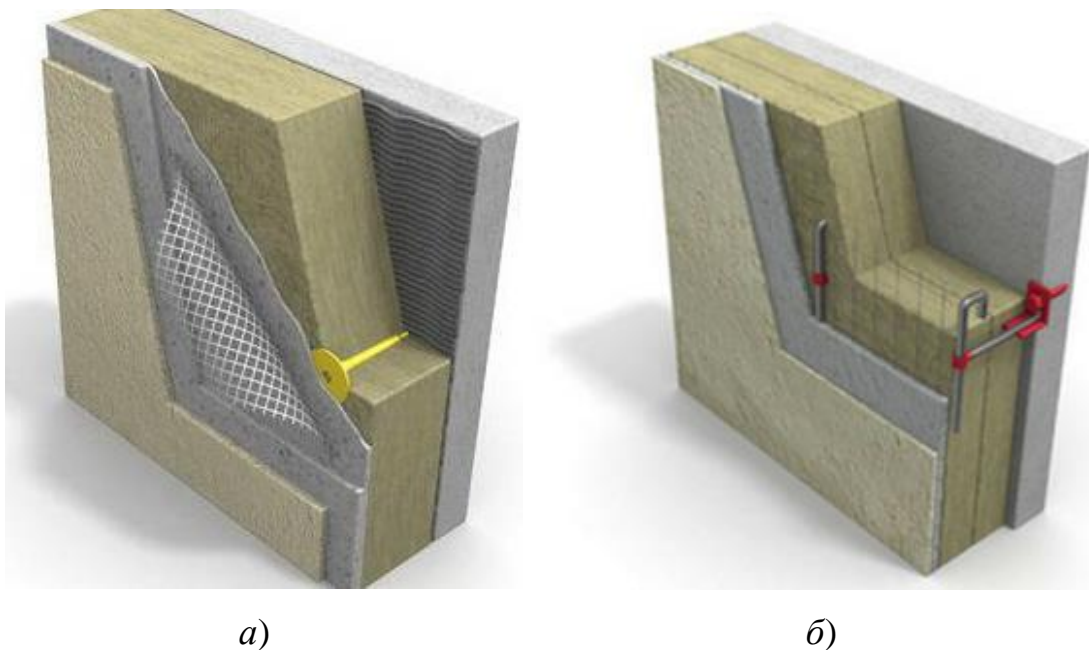


Рис. 4.1 – Схема улаштування теплоізоляції при «мокрому» методі: а) легкі штукатурні системи; б) важкі штукатурні системи

Опорядження товстошаровими штукатурками (важка система) (рис. 4.1, б). Цей вид систем має більш товстий шар зовнішньої штукатурки. Він підвищує стійкість до механічного впливу і довговічність. Виробники матеріалів для подібних покриттів гарантують термін їх експлуатації до 50 років. Товщина зовнішніх штукатурних шарів у важких системах може досягати 50 мм .

Опорядження цеглою (тришарова фасадна система) (рис. 4.2). В тришаровій структурі теплоізоляції і при колодязьній кладці, утеплювач знаходиться між несучою і захисною, фасадною кладкою. Фасадна кладка виконується з силікатної, клінкерної або керамічної цегли. Такі конструкції

менше навантажують фундамент, але їх недоліком є скупчення конденсату між шарами.

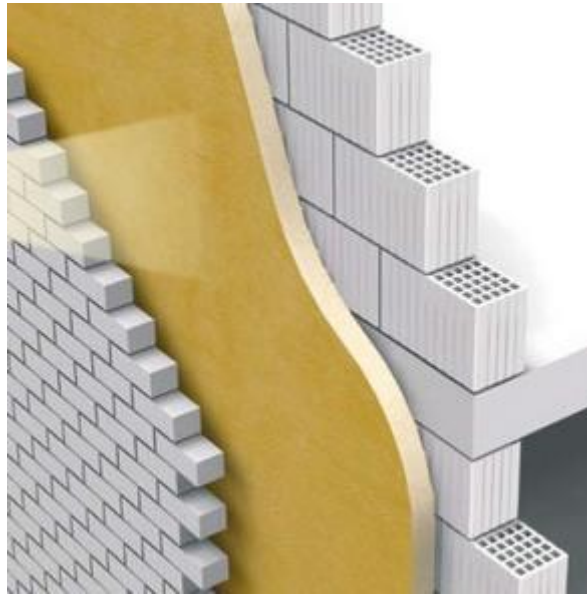


Рис. 4.2. Фасадні багат шарові системи.

У теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами (навісний вентиляльований фасад) (рис. 4.3) замість лицьової стіни застосовуються листові чи плитні оздоблювальні матеріали, які виконують функції захисного екрана. Вентиляція потрібна для видалення конденсату, що забезпечується шляхом створення постійного зазору між теплоізолюючим матеріалом та захисним екраном.

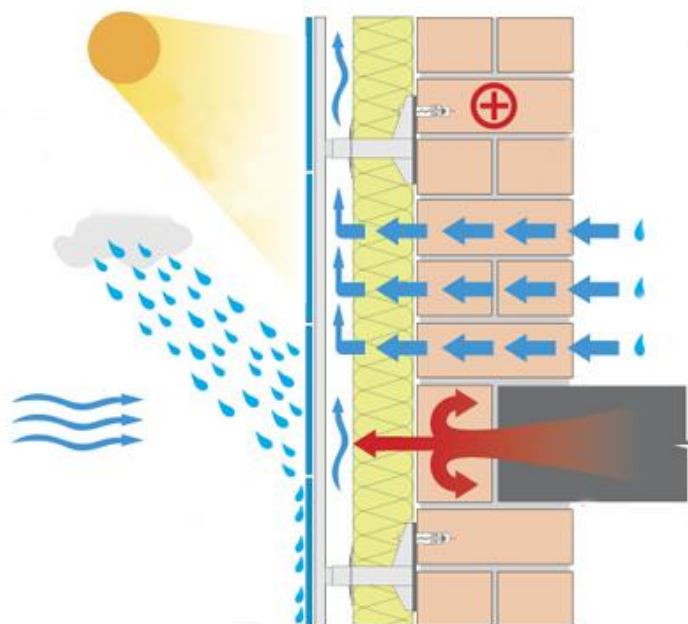


Рис. 4.3. Принцип роботи вентиляльованого фасаду.

4.2.3. Сучасні теплоізоляційні матеріали

Основними теплоізоляційними матеріалами в Україні є пінополістирол, мінеральна вата та скловата. Пінополістирол використовується у 40% випадків теплоізоляції будівель. Мінеральна вата та скловата займають 30% і 25% відповідно, і всього 5% займають інші види теплоізоляційних матеріалів. Основні теплоізоляційні матеріали для огорожуючих конструкцій та їх властивості наведено у таблиці 1.1 згідно з [22].

Таблиця 1.1 – Основні теплоізоляційні матеріали та їх теплофізичні характеристики

№	Назва матеріалу	Густина ρ_0 , кг/м ³	Питома теплоємність C , кДж/(кг·К)	Теплопровідність в сухому стані λ_0 , Вт/(м·К)	Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w , %	Розрахункова теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)	Коефіцієнт паропропінкності μ , мг/(м·год·Па)
1	Мінеральна вата	30- 225	0,84	0,039- 0,040	0,5-1,0	0,046- 0,054	0,30- 0,55
2	Скловолокно	10-70	0,84	0,032- 0,044	1-3	0,042- 0,057	0,45- 0,70
3	Екструдований пінополістирол	30-35	1,45	0,034- 0,035	0,5-1,0	0,035- 0,037	0,008
4	Пінополіуретан	40-80	1,47	0,029- 0,041	2-5	0,040- 0,050	0,05
5	Пінопласт	40- 100	1,68	0,038- 0,047	5-20	0,041- 0,064	0,23
6	Пінополіетнлен	30-50	1,34	0,038- 0,043	2-5	0,042- 0,047	0,02
7	Піноскло	120	0,84	0,045	0,5-1	0,053- 0,054	0,002
8	Перліт	250- 450	0,84	0,071- 0,110	10-15	0,083- 0,202	0,10- 0,20

9	Арболіт	300-800	2,30	0,07-0,16	10-15	0,11-0,3	0,11-0,3
10	Деревноволокн. та деревостружк. плити	200-1000	2,30	0,06-0,15	10-12	0,07-0,29	0,12-0,24

4.2.4. Конструкція навісного вентиляованого фасаду

Згідно з ДБН В.2.6.-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією» [23] конструкція навісного вентиляованого фасаду повинна включати в собі металевий кріпильний каркас, шар теплоізоляції, опорядження індустріальними елементами. У системі необхідно створити повітряний прошарок, який матиме фіксовану товщину між шаром теплоізоляції та опоряджувальними матеріалами. Обов'язковим є забезпечення вентиляції.

На рис. 4.4 зображено конструктивну схему навісного вентиляованого фасаду.

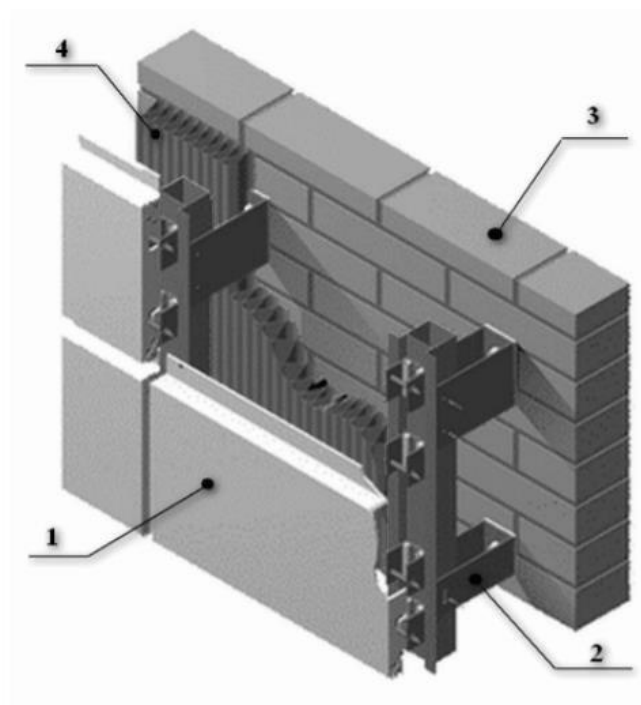


Рис. 4.4. Конструктивна схема навісного вентиляованого фасаду.

Конструкція складається з облицювання – 1 (найчастіше це плити або листові матеріали), кріпильного каркасу – 2, завдяки якому конструкція

прикріплюється до зовнішньої стіни – 3 та теплоізоляції – 4. При такому конструктивному рішенні вентиляований простір залишають між теплоізоляційним матеріалом та облицюванням системи [49].

Для створення каркасу системи можуть використовуватися три види матеріалів: алюмінієвий сплав, нержавіюча сталь і оцинкована сталь. Оцинкована сталь дешевша на 20-30%, проте терміни експлуатації такої сталі суттєво знижуються при найменшому пошкодженні, що стається при монтажі чи доставці на місце монтажу, для таких елементів з оцинкованої сталі (такі, що мають сколи, зрізи, подряпини) в середньому через 7...10 років розпочинається корозія [4] .

Кронштейн є елементом каркасу, на який опирається опоряджувальний шар та теплоізоляція, завдяки ньому вся конструкція вентфасаду прикріплюється до зовнішньої стіни, або ж плити перекриття [13]. Саме через кронштейни часто утворюються термомости. Термопідкладку з пароніту або ПВХ встановлюють для зменшення теплових втрат, які з'являються при проходженні через термомости. Така підкладка одночасно захищає кронштейн від впливу агресивного середовища, яке зумовлює стіна будівлі (розчину кладки, наприклад) [4].

Як теплоізоляційний матеріал у системі вентиляованого фасаду згідно [24] рекомендовано застосовувати мінераловатні, базальтові та скловолокнисті плити. Повітряні потоки, які зосереджуються у вентиляованому прошарку, контактують з поверхнею теплоізоляційного матеріалу. Через це може розпочатись руйнація верхнього шару теплоізоляції. Це призведе до зменшення теплоізоляційних властивостей матеріалу утеплювача. Вітро-гідрозахисна повітропроникна мембрана є вирішенням даної проблеми [33].

Є безліч різних варіантів матеріалів від багатьох виробників, з широкою кольоровою палітрою, що застосовуються для захисного і, водночас, декоративного екрану системи. Основними видами облицювальних матеріалів, що використовуються для навісного вентфасаду є керамогранітні плити, композитні матеріали (до прикладу алюконборд, рейноборд, алполик),

цементно-волокнисті листи (фіброцементні, азбестоцементні листи), цементний камінь та металеві облицювальні матеріали у вигляді сайдингу, касет, панелей [50].

Енергоефективність навісного вентиляованого фасаду буде досягнута лише в тому випадку, коли буде розроблено індивідуальний проєкт для конкретної будівлі. Адже конструктивні особливості можливо визначити лише з урахуванням усіх особливостей об'єкта, що споруджується, а саме кліматична зона ділянки, де відбувається будівництво, конфігурація, висота будівлі та матеріали стін.

4.2.5. Переваги та недоліки навісного вентиляованого фасаду

Головними перевагами конструкції навісного вентиляованого фасаду є [1], [50]:

- високі звукоізоляційні властивості;
- високі теплоізоляційні властивості;
- постійна вентиляція конструкції, а отже убезпечення будівлі та теплоізоляції від утворення конденсату. Уся надмірна волога поступає у спеціальну дренажну систему;
- постійний захист будівлі та утеплювача від навколишніх атмосферних впливів;
- полегшення навантаження на фундамент за рахунок зменшення товщини зовнішніх несучих стін;
- захист від термічних деформацій;
- можливість проведення монтажних робіт у будь-який час, незалежно від погодних умов;
- архітектурна виразність та можливість реалізації будь-яких архітектурних рішень;
- тривалий термін експлуатації конструкції (до 50 років).

Недоліками вентиляованого фасаду є [1]:

- висока вартість;

- необхідність використання негорючих матеріалів;
- функціональні властивості забезпечуються лише при чіткій послідовності монтажу та високій якості робіт;
- наявність металевого каркасу з кріпильними елементами, які проходять через шар утеплювача та утворюють термомост.

Після проведення аналізу існуючих робіт щодо вентиляованого фасаду невирішеним питанням залишається

- якою мірою термомости кріпильних кронштейнів впливають на теплоізоляційні властивості фасаду;
- принципи розрахунку зазору між утеплювачем та огорожувального елемента.

4.4. Вдосконалення принципів улаштування вентиляованих фасадів

4.4.1. Зменшення впливу термомостів кріпильних кронштейнів на термоізоляційні властивості вентиляованого фасаду

Тепловий опір шару конструктивного матеріалу при теплотехнічному розрахунку визначається за формулою [12]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (4.1)$$

де R_i – тепловий опір i -го шару з конструктивного матеріалу, (м²К)/Вт;

δ_i – товщина (лінійний розмір матеріалу в напрямку теплопередачі) i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції, Вт/(м·К).

Наведена формула більше застосовується до огорожувальних багатошарових конструкцій з наявністю утеплювача. Для теплопровідних включень, таких як кронштейни або фіксуючі дюбелі, що утворюють термомости, вона дає достатньо грубий результат. Це пов'язано зі складною формою таких включень. Для них рекомендується використовувати програми обчислювання, які виконують теплотехнічні розрахунки [17], наприклад Ansys.

Не зважаючи на існуючі похибки, (4.1) дає розуміння декількох основних принципів щодо зменшення впливу термомостів, що утворюються від кріпильних кронштейнів. Тепловий опір знаходиться у прямій залежності від довжини кронштейну, тобто є необхідність у її збільшенні. Але, оскільки вентиляційний зазор повинен мати суворо фіксований розмір, це призведе до нераціонального збільшення шару теплоізолюючого матеріалу та невиправданих витрат. Значно ефективнішим засобом буде додавання додаткового шару, який матиме меншу теплопровідність. Саме для цього під кронштейн підкладають спеціальні паронітові прокладки.

Наступним способом підвищення теплового опору є зменшення знаменника формули (4.1), тобто використання для виготовлення кронштейнів матеріалів, що мають близькі до металу міцнісні характеристики, але меншу теплопровідність.

Також сприятиме зменшенню впливу термомостів від кронштейнів на тепловий опір огорожувальної конструкції – зменшення їх кількості. Для цього при проєктуванні вентилязованого фасаду необхідно виконати декілька заходів:

- максимально знизити вагу захисної конструкції при забезпеченні необхідної жорсткості, тобто максимально зменшити навантаження на кронштейни;
- з розрахунку на міцність та жорсткість конструкції мінімізувати кількість точок підвісу;
- не допускати перевищення площі перерізу кронштейну за мінімально необхідною.

Таким чином, нажаль не вдасться повністю виключити наявні термомости, але цілковито в наших силах мінімізувати їх негативний вплив на теплоізоляційні властивості огорожувальної конструкції.

4.4.2. Раціоналізація товщини повітряного зазору вентилязованого фасаду

Рух повітряних мас у просторі вентилязованих систем здійснюється через вхідні вуха, розташовані в цокольній частині будівлі (рис. 4.5). Вихід

відбувається через спеціальні отвори в парпеті та через русти між облицювальними плитами. Причому мінімальний розмір діаметра вентиляційних отворів як для відпрацьованого, так і для свіжого повітря повинен становити не більше 20 мм.

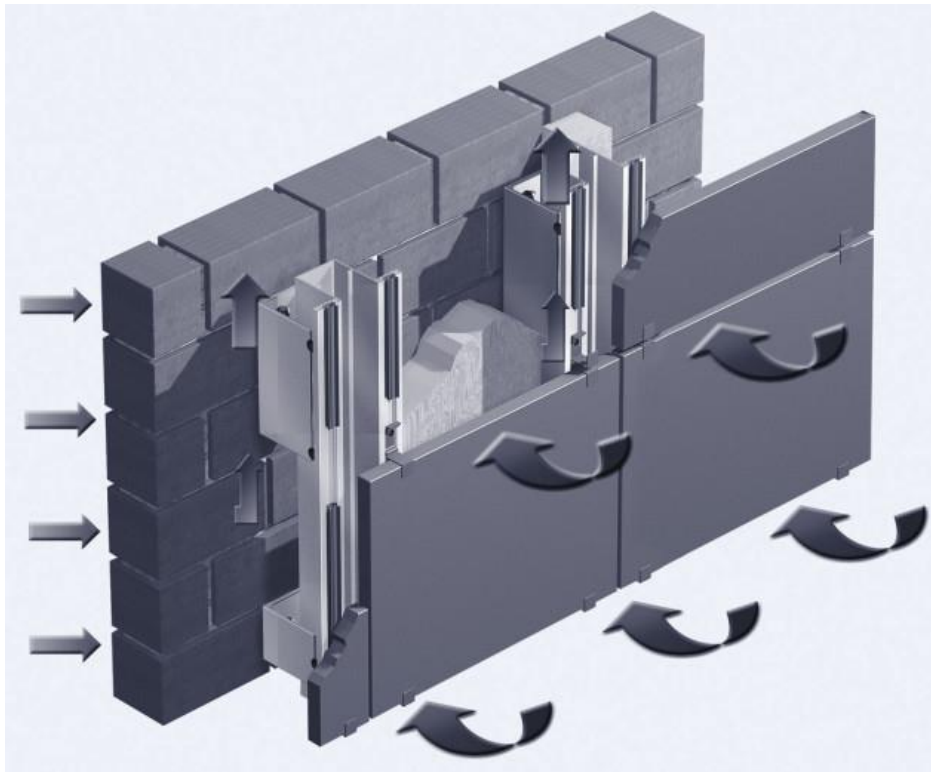


Рис. 4.5. Рух повітря у зазорі огорожувальної системи.

При виконанні розрахунку, правильно обчислена товщина повітряного зазору, дозволяє підвищити теплозахист огорожувальних конструкцій будівлі з дотриманням гарного вологістно-температурного режиму. При неправильному розрахунку проміжку монтаж вентильованого фасаду буде виконаний з порушенням технології. Це може призвести до руйнування теплоізолюючого шару (у разі близького розташування шару теплоізоляції та облицювального матеріалу). Згодом це може призвести до намокання та поступового руйнування основної поверхні стіни будівлі. Занадто великий повітряний зазор спричинить звукові коливання (гул) у разі сильного вітру. Це може статися під час використання занадто довгих кронштейнів або застосування вати з низькою жорсткістю.

Для обчислення теплового опору огорожувальної конструкції використовують формулу (4.1) для кожного з шарів системи. Тепловий опір вентильованого повітряного прошарку визначають з формулою:

$$R_{\text{в.п.}} = \frac{1}{1,72\delta^{-0,2} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad (4.2)$$

де δ – товщина повітряного шару, м;

α_p – коефіцієнт пропорційності радіаційного теплообміну між поверхнями прошарку, приймається $\alpha_p = 4,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Сумарний опір передачі термічно однорідної непрозорої конструкції дорівнює [23]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (4.3)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні теплоізоляційної системи, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;

n – кількість шарів теплоізоляційної системи.

У правильно розрахованій теплоізоляційній системі повинно виконуватися умова

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min}, \quad (4.4)$$

де $R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, яке наведено у [12] та залежить від температурної зони місця будівництва.

Не зважаючи на те, що в цьому розрахунку повітряний зазор – це один з теплоізолюючих шарів, товщина якого впливає на сумарний опір, його не варто використовувати, як основу для знаходження цієї товщини. Умова (4.4) є базовою для визначення основного утеплювача: його типу та товщини.

Функція повітряного зазору в першу чергу – вентиляція огорожувальної системи та видалення конденсату, який негативно впливає на властивості

теплоізолюючого матеріалу, індустриальні опоряджувальні елементи та конструкцію в цілому. Тому товщина зазору повинна забезпечувати необхідну швидкість повітряного потоку, яка в свою чергу має складну природу та залежить від швидкості та напрямку вітру ззовні будівлі, конвекційного теплообміну, коливань температури навколишнього середовища, температури елементів системи. Наявність таких складних взаємозв'язків не дозволяють виконати обчислення та розробити безпосередні формули для розрахунку вентиляованого прошурку [15], [34]. Саме тому розрахунки вентиляованого фасаду здійснюються лише чисельно-ітераційними способами за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад Ansys. Скориставшись таким методом можна отримати всі потрібні параметри:

- температуру повітря у зазорі;
- швидкість його пересування усередині системи;
- товщину зазору;
- коефіцієнт теплового обміну конструкції.

Виходячи з усього перерахованого вище можна зробити висновок: теплоізоляційні властивості вентиляованого фасаду залежать не тільки від якості та кількості теплоізоляційного матеріалу. Великий вплив на це значення має і правильно розрахований та змонтований зазор, а також ще один фактор: теплопровідність та кількість утеплювача, облицювального матеріалу, а також кронштейнів.

Під час складання проекту робіт та обчислення величини вентиляційних проміжків можуть виникнути невідповідності, пов'язані з конструктивними особливостями будівлі. Наприклад, при виконанні розрахунків для оздоблення старих будівель, яким вже не один десяток років, через усадку площини стін можуть виникнути відхилення від вертикальної та горизонтальної поверхні. Для компенсації цих відхилень застосовують спеціальні подовжувачі, які надягають на кронштейн і тим самим регулюють виліт від стіни.

Відповідно при проектуванні необхідно враховувати цей коефіцієнт і вирівнювати поверхню за рахунок вентиляційного зазору. Тому створення

оптимальної відстані, від паропроникної мембрани до поверхні облицювального матеріалу, застосовується не для всіх типів будівель.

Поширена думка про те, що чим більша відстань від утеплювача до облицювання, тим краще помилково. Багато хто думає, що таким чином на плити теплоізоляції гарантовано не потрапить волога. Це так, але слід нагадати, що конструкція з гранично завищеною величиною простору повітряного прошарку може почати шуміти при сильних поривах вітру.

Таким чином, проведені дослідження показує, що правильної величини щодо відстані між паропроникною захисною мембраною, а також облицювальним шаром є досить складним завданням. Проектування таких фасадів потрібно виконувати з урахуванням усіх значень та виконувати всі необхідні для цього розрахунки теплоізоляційних характеристик конструкції. Тільки це дозволить дати об'єктивну оцінку конструкції, до того ж воно сприятиме удосконаленню аналогічних систем і дозволить задовольнити всі вимоги теплоізоляції будівлі.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих нормативних актів показав значну актуальність для держави підвищення енергоефективності будівель в тому числі через удосконалення їх теплоізоляційних систем.
2. Одною з найперспективніших систем теплоізоляції є фасадна теплоізоляція з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами (вентилюваний фасад).
3. Вентилювані фасади мають дві основні проблеми: наявність термомостів через кронштейни кріплення та складність розрахунку і встановлення вентиляційних зазорів.
4. Зменшення негативного впливу термомостів може бути забезпечене шляхом використання для виготовлення кронштейнів матеріалів з низькою теплопровідністю, використання термоізоляційних прокладок для кріплення кронштейнів до будівлі, зведення до мінімуму кількості точок обпирання опоряджувальної конструкції в тому числі через мінімізацію її ваги.
5. Розрахунок повітряного потоку в вентиляційному зазорі не підлягає строгої формалізації через складності процесів та вимагають моделювання у спеціалізованих програмах чисельних розрахунків гідро- газодинаміки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абелєшов В. І. Дослідження деяких аспектів підвищення ефективності конструкцій фасадів будівель // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2013. – с. 18-23.
2. Бойко Х. С. Типи будинків та архітектурні конструкції / Х. С. Бойко. – Львів: Львівська політехніка, 2015. – 204 с.
3. Васильчинко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій. Навчальний посібник / О. В. Васильченко. – Х.: УЦЗ України, 2007. – 257с.
4. Вентильований фасад - ефективний теплозахист будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.stroypomosh.com.ua/uk/ventylovanyy-fasad-efektyvnyy-teplozakhyst-budynku/>
5. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. – Чинний від 2014-10-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 44 с.
6. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Чинний від 2017–01–01. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 51 с.
7. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Чинний від 2012–06–01. – Київ : Мінрегіон України, 2012. – 122 с.
8. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Чинний від 2019–10–01. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 185 с.
9. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Чинний від 2019–01–01. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 33 с.
10. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проєктування. – Чинний від 2007–01–01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 59 с.
11. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. – Чинний від 2019-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 42 с.

- 12.ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 2017–01–01. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 37 с.
- 13.ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проєктування, улаштування та експлуатації. – Чинний від 2018–12–01. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 25 с.
- 14.ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проєктування. – Чинний від 2011–06–01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 97 с.
- 15.Дешко В. І. Моделювання процесів повітрообміну у вентильованих фасадах / В. І. Дешко, Є. О. Северин, П. В. Яновський // Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 77. - С. 208-212.
- 16.ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 2016–07– Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.
- 17.ДСТУ ISO 10211-2:2005. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Київ: Мінрегіон України, 2005. – 16 с.
- 18.ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектної документації будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – К. Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.
- 19.ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проєктування. – Чинний від 2007–01–01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 15 с.
- 20.ДСТУ Б В.2.6-108:2010. Блоки бетонні для стін підвалів – Чинний від 2011-07-01. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 27 с.
- 21.ДСТУ Б В.2.6-109:2010. Плити залізобетонні стрічкових фундаментів – Чинний від 2011-07-01. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 52 с.
- 22.ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проєктування. – Чинний від 2011–06–01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.

- 23.ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Чинний від 2014-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 55.
24. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. – Чинний від 2009-06-01 – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 20 с.
- 25.ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинний від 01.11.2011. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 130 с.
- 26.ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008. (EN1990:2002, IDN). Основи проєктування конструкцій. Настанова. – Чинний від 2009–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 81 с.
- 27.Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей: навч. посіб. / За ред. В. В. Сафонова. – К.: Основа, 2000. – 336 с. – ISBN 966-7233-23-5.
- 28.Клименко Є. В. Будівельні конструкції / Є. В. Клименко, В. С. Дорофєєв, О. О. Довженко, А. І. Костюк, О. О. Пастернак, О. С. Чернєва, Є. В. Лисенко, Т. В. Ляшенко, М. В. Мельник. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 426 с.
- 29.Клименко Ф. Є. Металеві конструкції / Ф. Є. Клименко, В. М. Барабаш, Л. І. Стороженко. – Львів: Вид-во «Світ», 1994. – 312 с.
- 30.Котеньова З. І. Архітектура будівель і споруд: навчальний посібник / З. І. Котеньова. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 170 с.
- 31.Крамарчук А. П. Будвельні конструкції / А. П. Крамарчук, Б. М. Ільницький, Т. В. Бобало. – Львів: Львівська політехніка, 2016. – 200 с.
- 32.Крижановська Н. Я. Конспект лекцій з дисципліни «Архітектура житлових будівель» (для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальності 191 – Архітектура та містобудування. Архітектура будівель і споруд) / Н. Я. Крижановська, О. В. Смірнова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 104 с.

33. Кузнєцова О. О. Аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень систем теплоізоляції зовнішніх стін будинків // ВІСНИК КНУТД. Київ: КНУТД – 2013.
34. Лимаренко О. М. Тепломасообмін у вентиляованих шарах огорожуючих конструкцій будинків і споруд: автореферат дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – Львів, 2020 – 23 с.
35. Лінда С.М. Архітектурне проектування громадських будівель і споруд : навчальний посібник / С.М. Лінда. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
36. Методичні рекомендації щодо написання та оформлення кваліфікаційних робіт. – Старобільськ: ЛНАУ, 2021. – 50 с.
37. Найбільш ефективні методи утеплення фасадів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.stroypomosh.com.ua/uk/efektyvni-metody-uteplennya-fasadiv/>
38. Овчаренко О. А. Методичні рекомендації до виконання та оформлення кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія другого (магістерського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання / О. А. Овчаренко, В. І. Гук. – Старобільськ: ЛНАУ, 2021. – 46 с.
39. Організація будівництва : підручник / [С. А. Ушацький, Ю. П. Шейко, Г. М. Тригер та ін.]; за ред. С. А. Ушацького. – Київ : Кондор, 2007. – 521 с.
40. Практикум із охорони праці: навч. посібник / За ред. В. Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09- X
41. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
42. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель Наказ М-ва розвитку громад та територій від 11.07.2018 р. № 169

- [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n14>
43. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель : Наказ М-ва розвитку громад та територій від 27.10.2020 р. № 260 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>
44. Про затвердження Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : Постанова Каб. Міністрів України від 26.11.2014 р. № 676 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF#Text>
45. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року : Розпорядження Каб. Міністрів України від 29 грудня 2021 року № 1803-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>
46. Про утворення державної установи «Фонд енергоефективності» : Постанова Каб. Міністрів України від 20.12.2017 р. № 1099. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1099-2017-%D0%BF#Text>
47. Програма "ЕНЕРГОДИМ" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://eefund.org.ua/programa-energodim>
48. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / [А. Б. Голышев, В. Я. Бачинский, В. П. Полищук и др.] ; под ред. А.Б. Голышева. – Киев : 13 Будівельник, 1990. – 544 с.
49. Проект Концепції Загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022-2030 роки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskisty/proekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayiny-pro-shvalennya-dovgostrokovoyi-strategiyi-termomodernizacziyi-budivel-na-period-do-2050-roku-ta-konczepczyi-zagalnoderzhavnoyi-ekonomichnoyi/>

- 50.Технологія облаштування фасадів будинків навісними фасадними системами з вентиляцією / Р. Я. Яким, О. А. Ужегова // Містобудування та територіальне планування. - 2011. - Вип. 40(2). - С. 581-588.
- 51.Хоменко О. Г. Залізобетонні конструкції: навчальний електронний посібник. Глухів, 2017. – 208 с.