

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЛІ ТОРГІВЕЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО
ЦЕНТРУ НА ЗАСАДАХ ОЗЕЛЕНЕННЯ ТА АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН
КЛІМАТУ В М. ЗАПОРІЖЖЯ

MODELING OF A COMMERCIAL AND CULTURAL CENTER BUILDING ON
THE BASIS OF GREENING AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN
ZAPORIZHZHIA

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БАДз-112м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Перевай В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Якімцов Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ФБАД
 Кафедра будівельного виробництва та управління проектами
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.
О.М. Назаренко
 “ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Перевай Володимир Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Моделювання будівлі торгівельно-культурного центру на засадах озеленення та адаптації до змін клімату в м. Запоріжжя. Modeling of a commercial and cultural center building on the basis of greening and adaptation to climate change in Zaporizhzhia

керівник проєкту (роботи) Якімцов Юрій Вячеславович, к.т.н., доцент,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2023 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, інженерно-геологічні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Охорона праці та цивільна безпека.

5. Науково-дослідний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 9-10 аркушів А1 роздруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	Якімцов Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Нормоконтролер	Бобраков А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання “ 12 ” жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Виконання науково-дослідної частини	2–3 тижні	Розділ 5
3	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	4–5 тижні	Розділ 1
4	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	6 тиждень	Розділ 2
5	Прийняття організаційно-технологічних рішень	7–8 тижні	Розділ 3
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	9 тиждень	Розділ 4
7	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	10 тиждень	
8	Оформлення графічної частини	11-12 тиждень	
9	Нормоконтроль та рецензування	13–14 тижні	
10	Захист роботи.	15 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) Перевай В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Якімцов Ю.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота являє собою наукове дослідження, а також включає в себе вирішення інженерних задач на прикладі будівництва 7-ми поверхової торгівельно-культурної монолітної будівлі в м. Запоріжжі. Робота складається із вступу, п'яти розділів (П'ятий розділ – наукові дослідження, інші – вирішення інженерних задач), висновків, списку використаних джерел та додатків.

Методи дослідження - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою комп'ютерних технологій та програмного забезпечення, операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, теорії ухвалення рішень.

Об'єкт дослідження – адаптація та перехід речовини з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату.

Предмет дослідження – засоби оптимізації енергоспоживання будівель та споруд на базі використання сучасних підходів та рішень, зокрема на базі зарубіжної практики.

Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення підходів до проектування будівель та споруд на засадах зменшення енергопотреб будівель при адаптації до змін клімату.

Ключові слова: адаптація, зменшення енергопотреб, оптимізаційні рішення, зміна клімату.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	9
1.1 Загальна характеристика ділянки	9
1.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	10
1.3 Конструктивні рішення	11
1.3.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва 7-ми поверхової торгівельно-культурної будівлі.....	12
1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.	14
1.4.1 Розрахунки зовнішньої стіни будівлі.	14
1.4.2 Теплотехнічний розрахунки покриття будівлі.....	16
1.5 Зовнішня та внутрішня обробка.	17
1.6 Санітарно-технічне та інженерне встаткування.	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	19
2.1 Розрахунок та конструювання.....	19
2.2 Навантаження та впливи	20
2.3 Вітрове навантаження	22
2.4 Снігове навантаження	25
2.5 Статичний розрахунок.....	26
2.6 Аналіз статичного розрахунків.....	28
2.7 Розрахунки монолітної плити перекриття.....	33
2.8 Розрахунки монолітної колони.....	39
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	42
3.1 Підготовчий період.....	42
3.2 Основний період.....	43
3.2 Нульовий цикл.....	43
3.3 Улаштування фундаментів	43
3.3.1 Визначення необхідних параметрів монтажних кранів	44
3.3.2 Вибір комплектів будівельних машин і обладнання	48

3.3.3 Вказівки щодо виконання робіт.....	53
3.4 Надземна частина.....	56
3.5 Технологія виконання будівельно-монтажних робіт.....	56
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ.....	58
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на будівельному майданчику.....	58
4.2 Заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	61
4.3 Техніка безпеки.....	64
4.4 Розрахунки освітленості будівельного майданчика.....	68
4.5 Вимоги пожежної безпеки.....	69
4.6 Вимоги електробезпеки.....	70
4.7 Розрахунки вогнестійкості ЗБ колони.....	72
РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	74
5.1. Аналіз та стан питання акумуляції теплової енергії у будівлях, архітектурно-планувальних рішень та матеріалів.....	74
5.2 Енергозберігаюче обладнання інженерних систем мікроклімату будівель..	90
5.3 Аналіз використання матеріалів що можуть переходити з однієї термодинамічних фази до іншої при зміні зовнішніх умов (МФЗ)	98
5.4 Методика чисельного розрахунку з урахуванням гістерезис та верифікації експерименту з чисельним розрахунком.....	109
5.5 Розрахунок кількості теплоти, що проходить через стіни за добу, при температурі зовнішнього повітря, що змінюється в інтервалі між T_{bot} та T_{top}	115
5.6 Розрахунок втрат теплової енергії за один опалювальний період (на кв.м. зовнішньої огорожувальної конструкції)	120
5.7 Вплив теплопровідності МФЗ на економію енергії.....	121
ВИСНОВОК.....	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	125

ВСТУП

У центрі уваги в галузі будівництва знаходяться дві проблеми. Перша проблема пов'язана з підвищенням енергетичної ефективності будівель і споруд, що зводяться і експлуатуються, а друга проблема пов'язана з розробкою і впровадженням нових систем і принципів життєзабезпечення, тобто, створення мікроклімату та його підтримки. У наш час сучасний будинок - це складна технічна система, яка має враховувати та взаємопов'язувати не лише вимоги щодо енергоефективності інженерних систем, а й забезпечення внутрішнього клімату приміщень.

Зменшити енергоспоживання та підвищити енергоефективність у будинках можливо шляхом виконання різних енергозберігаючих заходів, спрямованих на ефективне використання енергії у будинках та інженерних системах цих будівель.

Одним із способів зниження енергоспоживання будівель є розміщення в огорожувальних конструкціях будівель матеріалів з адаптивними та перехідними речовинами з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату, що змінюється. Ці матеріали повинні поглинати надлишок теплової енергії при плавленні і відновлюють її дефіцит протягом процесу кристалізації, що призводить до затримки проходження теплового потоку крізь конструкцію, до згладжування температури повітря в приміщеннях протягом дня і до зниження попиту на енергію, що споживається для опалення та кондиціонера. іціювання повітря.

При розробці проектної документації та будівництві об'єктів простіше вирішувати питання підвищення ефективності використання енергії, коли є можливість обґрунтувати та вибрати оптимальні варіанти проектних рішень. Експлуатація будівель пов'язана із споживанням будь-якої кількості паливноенергетичних ресурсів. І тому всі держави формують і проводять свою політику енергозбереження, в яку включають різний комплекс науково-

технічних заходів, які спрямовані на зниження споживання енергії в будівлях, що будуються і експлуатуються.

Об'єкт дослідження – адаптація та перехід речовини з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату.

Предмет дослідження – засоби оптимізації енергоспоживання будівель та споруд на базі використання сучасних підходів та рішень, зокрема на базі зарубіжної практики.

Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення підходів до проектування будівель та споруд на засадах зменшення енергопотреб будівель при адаптації до змін клімату.

Методи дослідження:

робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою комп'ютерних технологій та програмного забезпечення, операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, теорії ухвалення рішень.

Наукова новизна одержаних результатів:

Запропоновані пропозиції з оптимізації показників енергоспоживання та енергоефективності торгівельно-культурного центру у м. Запоріжжя, виборі найбільш підходящих енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату житлового будинку для заданої території, обґрунтуванні оптимальних технологічних рішень, що дозволяють реалізувати енергозберігаючі заходи при проектуванні інженерних систем.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Загальна характеристика ділянки

Місце будівництва торгівельно-культурної монолітної будівлі у м. Запоріжжя;

Кліматичний район – II.

Глибина промерзання ґрунту – нормативну глибину сезонного промерзання ґрунту dt_n , м, за відсутності даних багаторічних спостережень слід визначати на основі теплотехнічних розрахунків, її нормативне значення допускається визначати за формулою:

$$d_{fn}=d_0\sqrt{M_t}=0,62\text{ м} \quad (1.1)$$

де d_0 – величина, що дорівнює, м, для суглинків і глин $d_0 = 0,23$;

M_t – безрозмірний коефіцієнт, що чисельно дорівнює сумі абсолютних значень середньомісячних негативних температур за зиму в даному районі, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 він дорівнює 7,2;

Температура найбільш холодної доби – (-27 °С);

Температура найбільш холодної п'ятиденки – (-23 °С);

Навантаження від снігу по III сніговому району – 120 кг/м²;

Район по тиску вітру – IV, віпрове навантаження – 55 кг/м².

1.1.1 Загальна характеристика будинку

Будинок – житлова будівля;

Клас будинку по ступеню довговічності – I;

Клас будинку по ступеню вогнестійкості – II;

Конфігурація будинку в плані – прямокутна;

Довжина будинку в осях 1-12 – 38,4 м;

Ширина будинку в осях Ж-А – 26 м;

Висота будинку – 28,710 м;

Кількість поверхів – 7;

Висота поверху:

- підвальний – 3.78 м;
- перший поверх – 4.2 м;
- другий-сьомий поверхи – 3.3 м.

Конструктивний тип будинку монолітний залізобетонний каркас, що полягає з наступних конструктивних елементів: колони, діафрагми твердості, ліфтової шахти, монолітні плит перекриття й покриття.

Просторова жорсткість будинку забезпечується за рахунок спільної роботи плит покриття й перекриття горизонтальними дисками, що служать, з діафрагмами жорсткості та ліфтовою шахтою вертикальними дисками, а також каркаса за рахунок монолітних колон. На останньому поверсі передбачено зведення монолітного пояса балками перетином 0,4х0,4 м для забезпечення перерозподілу напруг від двохскатної покрівлі.

1.2 Об'ємно-планувальне рішення

Розглянутий проект передбачає зведення торгівельно-культурного будинку. З першого по сьомий поверх розташовані торгівельні приміщення. На підвальному поверсі розташований технічний поверх під інженерне встаткування та життєзабезпечуючі комунікації, його висота – 3,78 м

У будинку передбачається установка двох ліфтів Ozbesler (Туреччина) офіційного представника «BLM Group» Будліфтомонтаж, вантажопідйомністю 1000 кг.

Згідно ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення», при вході в будинок передбачений пандус для інвалідів, що пересуваються в кріслах-колясках.

Заходи, що передбачені в проекті, дозволяють інвалідам на колясках підніматися по пандусу у тамбур і далі мати повноцінний доступ до всіх приміщень.

1.3 Конструктивні рішення

Будинок вирішений зі зв'язевим каркасом, де основні несучі конструкції утворюються системою колон, горизонтальних дисків-перекриттів і вертикальних діафрагм жорсткості. Просторова жорсткість будинку забезпечується спільної роботи залізобетонного каркаса, дисків монолітних переkritтів і діафрагм жорсткості. Несучий каркас і диски переkritтів запроектовані з монолітного залізобетону.

Колони, діафрагми жорсткості та плити переkritтів сконструйовані на підставі розрахунків, виконаних у програмі «Ліра-Сапр». Усі несучі конструкції каркасу будинку виконуються з важкого бетону класу C25/30 з робочою арматурою класу A400C.

Фундаменти – монолітна залізобетонна плита товщиною 600 мм. Матеріал плити – бетон C25/30 з робочою арматурою класу A400C. Зовнішні стіни підвалу виконуються із монолітного залізобетону, товщиною 200 мм бетону класу C25/30 з робочою арматурою класу A400C. Вертикальна гідроізоляція влаштовується гарячою бітумною мастикою на 2 шари.

Колони каркасу – з монолітного залізобетону з бетону класу C25/30 перетином 400x400мм та 400x1000мм.

Стіни діафрагм жорсткості, ліфтових шахт влаштовані з монолітного залізобетонного бетону класу C25/30.

Стіни зовнішні виконані кладкою самонесучих пінобетонних блоків на цементно-піщаному розчині, утеплених вентильованою васадною системою. Блок пінобетону товщиною – 400 мм, щільністю 500 кг/м³ за ДСТУ Б В.2.7-137:2008 «Будівельні матеріали. Блоки из ячеистого бетона стеновые мелкие. Технические условия».

У якості шару, що утеплює, прийняті – теплоізоляційні плити з мінеральної вати ROCKWOOL 200 мм.

Зовнішня обробка стін – вентильований фасад з алюмінієвих панелей.

Товщина конструкції визначена з урахуванням доцільного опору теплопередачі.

Перегородки – газобетон 200 мм, на цементно-піщаному розчині.

Перемички – монолітні залізобетонні.

Сходові марші – монолітні залізобетонні.

Сходові майданчики – монолітні залізобетонні товщиною 180 мм.

Віконні прорізи заповнюються віконними блоками. Віконні блоки – алюмінієві із багатокамерними склопакетами ALUMIL.

Двері: внутрішні – металопластикові глухі, зовнішні – металопластикові з подвійним склінням.

Двері в приміщеннях з розміщенням інженерного встаткування – протипожежного виробництва.

Плити перекриття й покриття – цільно-монолітні залізобетонні товщиною 180 мм. На плиті перекриття є прорізи для санітарно-технічних стояків опалення, водопроводу т каналізації, а також для всіх комунікацій.

1.3.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва 7-ми поверхової торгівельно-культурної будівлі.

Згідно з технологічними рішеннями та передбаченим режимом роботи магазину – 24 годинний режим – кількість співробітників торгівельно-культурної будівлі (продавці, обслуговуючий персонал) становить 205 осіб. Торгівельна площа торгівельно-культурної будівлі складає 4670 м².

Згідно з пунктом 8.2 ДБН В.2.2-23 кількість покупців визначають з розрахунку 3 м² торгівельної площі (з урахуванням обладнання) на особу:

$$N_{1 \text{ покупців}} = 4670 / 3 = 1557 \text{ осіб.}$$

Отже загальна кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті, становить:

$$N_1 = 205 + 1557 = 1\,762 \text{ осіб.}$$

За кількістю осіб, які постійно перебувають на об'єкті, торгівельно-культурна будівля відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС3.

Осіб, які періодично перебувають у магазині, не враховано, оскільки переважно це ті самі відвідувачі торгівельно-культурної будівлі та мешканці будинків. Кількість осіб, які періодично перебувають у дворівневому паркінгу, дорівнює кількості місць: $N_2 = 220$ осіб.

За кількістю осіб, які періодично перебувають на об'єкті, торгівельно-культурна будівля зараховується до класу наслідків СС2.

Кількість осіб, які перебувають зовні продовольчого магазину з дворівневим підземним паркінгом, N_3 визначають як кількість осіб, що постійно та періодично перебувають на об'єкті:

$$N_3 = 1762 + 220 = 1\,982 \text{ осіб}$$

За кількістю осіб, які перебувають зовні об'єкта, торгівельно-культурну будівлю зараховують до класу наслідків (відповідальності) СС2.

Для визначення обсягу можливого економічного збитку визначають вартість спорудження торгівельно-культурної будівлі.

Торгівельно-культурна будівля загальною площею 5905 м^2

За об'єктом-аналогом вартість спорудження 1 м^2 загальної площі з урахуванням вартості обладнання становить 22,000 тис. грн.

Розрахункова вартість спорудження торгівельно-культурної будівлі:

$$22000 \times 5905 = 129\,910,00 \text{ тис. грн.}$$

Прогнозовані збитки визначаються за формулою

$$\Phi = 0,225 \sum_{i=1}^n P_i = 0,225 \times 129\,910,00 = 29\,229,75 \text{ тис. грн.} \quad (1.1)$$

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах (з 1 січня 2022 року мінімальна зарплата становила 6700 грн) складає:

$$29\,229,75 / 6,7 = 4\,362,64 \text{ м.р.з.п.}$$

Відповідно до таблиці 1, житловий будинок відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

Будинок не розташований в охоронній зоні об'єктів культурної спадщини і не є об'єктом культурної спадщини.

Приймаємо, що відмова будинку не впливає на припинення роботи об'єктів транспорту, зв'язку, енергетики.

Висновок. Клас наслідків (відповідності) об'єкту будівництва встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків.

За критеріями торгівельно-культурний будинок відноситься до класу наслідків (відповідальності) ССЗ.

1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.

Таблиця 1.1 - Кліматичні параметри м. Запоріжжя згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

№ п/п	Розрахункова зимова t зовнішнього повітря й зона вологості	Значення
1	2	3
1	Абсолютна мінімальна	-27
2	Найбільш холодної доби	-27
3	Найбільш холодної п'ятиденки	-23
4	Зона вологості	II (суха)

1.4.1 Розрахунки зовнішньої стіни будівлі.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції буде складати $R_{q\min} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{K} \setminus \text{Вт}$

Законструємо огорожувальну конструкцію стіни будівлі наступним чином.

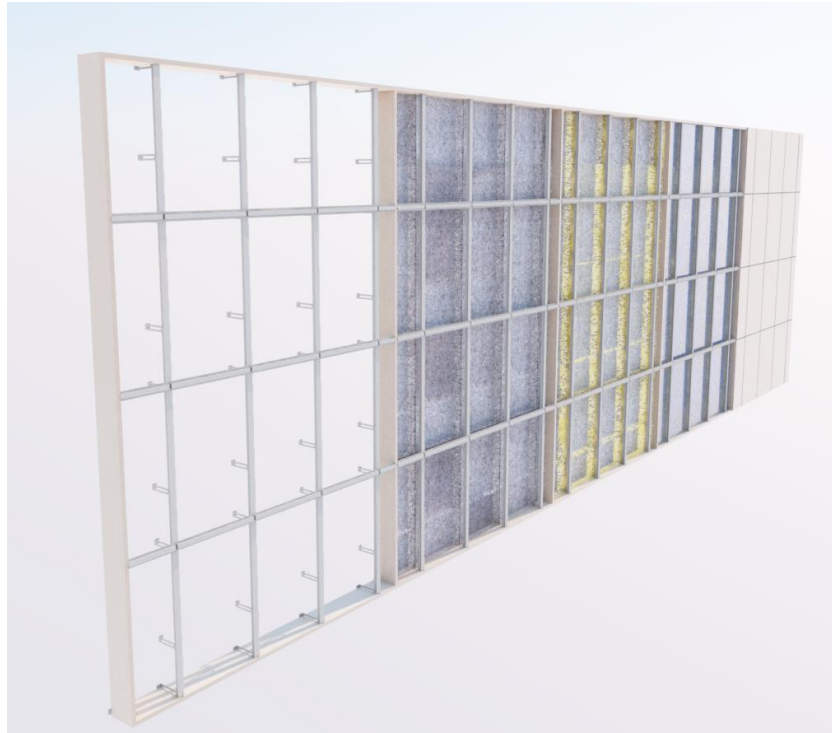
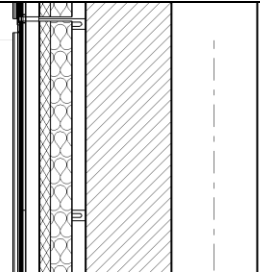


Рисунок 1.1 – 3D вигляд вентиляованої фасадної системи

Таблиця 1.2 - Конструкція стіни та розрахункові коефіцієнти.

Конструктивна схема стіни	Характеристика шарів			Розрахункове К.	
	№ шару	матеріал	t	λ_p Вт/(м * К)	S_1 Вт/(м ² * К)
	2	Кладка блоків ніздрюватого бетону $\rho=500$ кг/м ³	0,4	0,16	2,65
	3	Мінераловатні плити мм, густиною $\rho_0=100$ кг/м ³	0,15	0,0362	0,37

Зробимо розрахунок згідно формули.

$$R^{3ov.Cm} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}; \quad (1.2)$$

$$\alpha_6 = 8,7, \quad \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}; \quad - \text{коєф. тепловіддачі внутрішньої поверхні};$$

$$\alpha_3 = 23, \quad \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}; \quad - \text{коєф. тепловіддачі зовнішньої поверхні};$$

$$\text{Отже: } R^{3ov.Cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,16} + \frac{0,2}{0,036} + \frac{1}{23} = 6,66 \quad \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm};$$

1.4.2 Теплотехнічний розрахунки покриття будівлі.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції буде складати $R_{q\min}=5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} \setminus \text{Вт}$

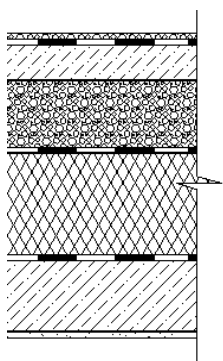
Законструюємо огорожувальну конструкцію покриття будівлі наступним чином.

<i>Баластний шар щебню (фр. 20–40 мм)</i>
<i>Захисний шар з іглопробивного геотекстилю Tiptex BS 25</i>
<i>Вирівнюючий шар бетону C12/15 – 100 мм</i>
<i>Ухилиючий шар з сипучих матеріалів до 100 мм</i>
<i>Гідроізоляція з ПВХ-мембрани Vinitex</i>
<i>Теплоізоляція з пінополістиролу ТЕХНОКІЛЬ – 200 мм</i>
<i>Залізобетонна монолітна плита – 180 мм</i>
<i>Захисний шар з іглопробивного геотекстилю Tiptex BS 16</i>
<i>Штукатурка Ceresit цементна – 10 мм</i>

Рисунок 1.2 – Конструкція покриття.

Для розрахунку теплотехнічних характеристик покриття розглянемо матеріали що представлені в Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Конструкція покриття та розрахункові коефіцієнти.

Конструктивна схема покриття	Характеристика шарів			Розрахункові коеф.	
	№ шару	Матеріал	δ , м	λ_p Вт/(м * К)	S_1 Вт/(м ² * К)
	1	з/б монолітна плита	0,18	1,92	17,98
	2	Теплоізоляція – пінополістирол 200 мм $\rho_0=25 \text{ кг/м}^3$	0,2	0,043	0,37
	3	Керамзитовий гравій $\rho_0=600 \text{ кг/м}^3$	0,01	0,17	2,62
	4	Вирівнюючий шар бетону з армуванням 100 мм	0,1	0,76	9,60

Визначаємо термічний опір

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,2}{1,92} + \frac{0,2}{0,043} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{1}{23} = 5,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (1.3)$$

Висновок: покриття заданої конструкції задовольняє теплотехнічним вимогам.

1.5 Зовнішня та внутрішня обробка.

Для зовнішньої обробки використовується фарбування полімерним водостійкими фарбами. Фарбування роблять після затирання швів, жорсткостей і раковин зовнішньої поверхні стін. Ділянки кладки перед фарбуванням слід оштукатурити і прогрунтувати.

1.6 Санітарно-технічне та інженерне встаткування.

У будинку передбачене гаряче та холодне водопостачання. Підключення системи водопостачання здійснюється до існуючого міського господарсько-протипожежного водопроводу. Для забезпечення необхідного напору в мережі запланована насосна станція.

У якості джерела теплопостачання використовуються когенераційні установки Jenbacher. Розрахункова температура теплоносія в системі опалення прийнято 105...70 °С.

Побутові стоки приділяються на міські очисні спорудження.

Для відводу води на даху на різних поверхах будівлі влаштовуються водоприймальні лійки, з'єднані зі стояками, що проходять усередині будинку й розташовані поруч із колонами каркаса.

Електропостачання передбачене гібризоване від когенераційної установки Jenbacher та сонячних панелей RSM156-6-430M Risen 9BB, JAGER, для чого передбачено пристрій регулювання генерації Solis EPM-5G-Plus та Мережевий трифазний інвертор Solis-50K-5G-DC + моніторинг. У якості

джерел світла для внутрішнього висвітлення прийняті світильники з люмінесцентними лампами й лампами розжарювання.

Напруга мережі освітлення 380/220 В. Керування електроосвітленням прийняте із групових щитків, централізоване автоматичне від (коридорів, сходових кліток, входів) і індивідуальними вимикачами у входів у приміщення. Передбачене централізоване відключення освітлення всього будинку.

Для освітлення території прийняті світильники.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Розрахунок та конструювання

7-ми поверховий торговельно-культурний монолітний будинок, розташований у м. Запоріжжя.

Монолітні залізобетонні конструкції:

- внутрішні несучі стіни, товщиною 200 мм. Стіни ліфтових шахт товщиною 200 мм;
- несучі колони, квадратного перетину 400x400 мм, прямокутного перетину 400x1000 мм;
- плити перекриття товщиною 180 мм;
- фундаментна плита, товщиною 600 мм.

Будівельні конструкції розраховані для наступних умов:

- нормативне снігове навантаження згідно ДБН В.1.2-2:2006 (III) – 120 кг/м²;
- нормативний швидкісний напір вітру згідно ДБН В.1.2-2:2006 (IV) – 55 кг/м².

Монолітні залізобетонні конструкції виконані з бетону класу С25/30.

001Рис2.1022.04

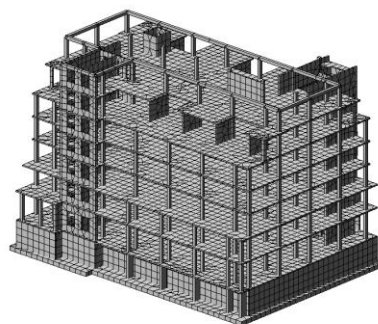


Рисунок – 2.1 Розрахункова схема будинку.

Розрахункова схема будинку доповнена та скорегована в програмному комплексі «САПФІР» на підставі архітектурної моделі Archicad 25 education version переведеної у формат IFC (формат даних з відкритою специфікацією),

розрахунки зроблені у програмному комплексі ЛІРА-САПР, результати триангуляції на кінцеві елементи та передача до ЛІРА-САПР представлена на рисунку 2.1.

2.2 Навантаження та впливи

Навантаження та впливи на будинок визначені згідно ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» та були автоматично передані з програмного комплексу «САПФІР» до розрахункового багатofункціонального комплексу «ЛІРА-САПР» розрахункові навантаження. Збір навантажень представлено в таблицях 2.1-2.2.

Навантаження від огорожувальних конструкцій та внутрішніх перегородок були автоматично передані з програмного комплексу Archicad 25 у форматі IFC до програмного комплексу «САПФІР» де були скориговані та доповнені для подальшої передачі до розрахункового комплексу «ЛІРА-САПР», постійні та корисні навантаження були задані у програмному комплексі «САПФІР».

Навантаження від власної ваги залізобетонних конструкцій у програмному розрахунковому багатofункціональному комплексі «ЛІРА-САПР» визначається автоматично.

Таблиця 2.1 - Збір постійних та корисних навантажень

Найменування навантаження	Об'ємна вага кг/м ³	Товщина м	Нормативне навантаження кг/м ²	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кг/м ²
1	2	3	4	5	6
Підлога підвалу					
Стяжка із цементно-піщаного розчину	2400	0.05	120	1.3	156
Корисне навантаження					

Продовження таблиці 2.1 – Збір постійних та корисних навантажень

1	2	3	4	5	6
Розподілена	-		240	1.3	312

навантаження					
Разом	Сума:		360	1.3	468
Санвузли / Коридори					
Керамічна плитка	2200	0.013	28.6	1.3	31.46
Два шари гідроізол. На прошарку з бітумної мастики	1400	0.005	7	1.3	9.1
Стяжка із цементно-піщаного розчину	2400	0.05	120	1.3	156
Прошарок тепло-звукоізоляційних матеріалів	100	0.05	5	1.3	6,5
Корисне навантаження					
Розподілена навантаження	-		400	1.3	520
Разом	Сума:		535		723,084
Покриття					
Баластний шар щебню	1400	0.02	28	1.3	36,4
Захисний шар з іглопробивного геотекстилю Tippiex BS 25	1150	0.005	5,75	1.3	7,475
Вирівнюючий шар бетону C12/15	2400	0.1	240	1.3	312
Ухиляючий шар з сипучих матеріалів до 100 мм	1400	0.3	420	1.3	546
Гідроізоляція з ПВХ-мембрани Vinitex	1150	0.005	5,75	1.3	7,475
Утеплювач 200 мм	100	0.3	30	1.3	39
Захисний шар з іглопробивного геотекстилю Tippiex BS 16	1150	0.005	5,75	1.3	7,475
Корисне навантаження					
Розподілена навантаження	-		400	1.3	520
Разом	Сума:		1135,25		1 475,825

Таблиця 2.2 - Збір навантажень від огорожень

Збір навантажень від огорожень					
Найменування навантаження	Об'ємна вага кг/м ³	Площа перетину стіни b·h м ²	Нормативне навантаження кг/м ²	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кг/м ²
1	2	3	4	5	6
Стіна зовнішня					
Піноблок	500	0.4	200	1.3	260
Утеплювач	25	0.15	3,75	1.3	4,875
Облицовальний шар	2400	0.015	36	1.3	46,8
Разом		Сума	239,75	1.3	311,675

2.3 Вітрове навантаження

Активне та пасивне навантаження на раму каркаса визначають відповідно за формулами врахуванням коефіцієнтів, значення яких не дорівнює 1, будемо мати:

для активної дії вітру:

$$w_1 = w_0 \cdot C_{abr} \cdot C_d \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot B \cdot \gamma_n \quad (2.1)$$

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження, визначений за 9.14 (ДБН В.1.2-2:2006);

w_0 - характеристичне значення вітрового тиску за 9.6, згідно завдання складає 550Па (ДБН В.1.2-2:2006);

C_{aer} - аеродинамічний коефіцієнт, що визначається за 9.8 (ДБН В.1.2-2:2006, аеродинамічні коефіцієнти C_{aer} визначаються за додатком І залежно від форми споруди або конструктивного елемента);

C_h - коефіцієнт висоти споруди, що визначається за 9.9 (ДБН В.1.2-2:2006 Зміна 1);

γ_n - значення коефіцієнта надійності за відповідальністю (згідно розрахунків у першому розділі, обираємо категорію відповідальності конструкцій та їх елементів А – конструкції та елементи, відмова яких може

призвести до повної непридатності до експлуатації будівлі (споруди) в цілому або значної її частини, будівля відноситься до класу наслідків ССЗ, приймаємо $\gamma_n = 1,25$);

В – приймаємо рівним 6 м;

C_d - коефіцієнт динамічності, що визначається за 9.13 (ДБН В.1.2-2:2006);

Приймаємо тип місцевості IV- приміські і промислові зони, протяжні лісові масиви;

Висота будівлі від рівня землі 28.710 м.

і, відповідно, для пасивної:

$$w_2 = w_0 \cdot C'_{abr} \cdot C_d \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot B \cdot \gamma_n \quad (2.2)$$

Для учбового проекту приймаємо спрощену модель розрахунку для визначення показників навантаження:

З навітряного боку

Для висоти до 5-ти метрів

$$550 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 3724,38 = 0.3725 \text{ т/м}$$

Для висоти від 5-ти до 10 метрів

$$550 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 4965,84 = 0.4965 \text{ т/м}$$

Для висоти від 10-ти до 20 метрів

$$550 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,55 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 6414,21 = 0.6414 \text{ т/м}$$

Для висоти від 20-ти до 28 метрів

$$550 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 8276,4 = 0.828 \text{ т/м}$$

З підвітряного боку

Для висоти до 5-ти метрів

$$550 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 2793,285 = 0.28 \text{ т/м}$$

Для висоти від 5-ти до 10 метрів

$$550 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,25 = 3724,38 = 0.372 \text{ т/м}$$

Для висоти від 10-ти до 20 метрів

$$550 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,55 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,1 = 4233,3786 = 0.423 \text{ т/м}$$

Для висоти від 20-ти до 28 метрів

$$550 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 1,14 \cdot 6 \cdot 1,1 = 5\,462,42 = 0.546 \text{ т/м}$$

Вітрове навантаження, яке через коефіцієнт C_h збільшується за висотою, часто приводять до зосереджених сил, що діють у вузлах рами, розташованих у рівні міжповерхових перекриття.

Зосереджені значення вітрового навантаження для активного і пасивного тиску можна визначити відповідно за формулами:

$$w_{1i} = w_0 \cdot C_{abr} \cdot C_d \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot h_i \quad (2,3)$$

$$w_{2i} = w_0 \cdot C'_{abr} \cdot C_d \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot h_i \quad (2,4)$$

де h_i - висота площі, яка збирає навантаження у рівні міжповерхових перекриття.

Обчислення вітрових навантажень виконують, як правило, у табличній формі.

Для перекриття на відмітці -0.1 м

$$w_{1i} = 0.69 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 0.53 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 4.2 м

$$w_{1i} = 0.91 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 0.69 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 7.5 м

$$w_{1i} = 1.21 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 0.91 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 10.8 м

$$w_{1i} = 1.21 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 0.91 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 14.1 м

$$w_{1i} = 1,542 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 1,224 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 17.4 м

$$w_{1i} = 1,612 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 1,234 \text{ т}$$

Для перекриття на відмітці 20.7 м

$$w_{1i} = 1,612 \text{ т}$$

$$w_{2i} = 1,334 \text{ т}$$

2.4 Снігове навантаження

Повне розрахункове значення снігового навантаження S на горизонтальну проекцію покриття визначаємо за формулою:

$$S_m = S_0 * C * \gamma_{fm} = 1,2 * 1 * 1,14 = 1,368 \text{ кН/м}^2 \quad (2,5)$$

де S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, приймається залежно від снігового району по вказівкам ДБН (Для м. Запоріжжя 1200 Па).
Строк експлуатації будівель громадського призначення $T_{ef} = 100$ років,
промислового – 60 років

Коефіцієнт C у формулі визначається добутком декількох коефіцієнтів:

$$C = \mu * C_v * C_{alt} = 1 * 1 * 1 = 1 \quad (2,6)$$

де μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покрій на поверхні землі до снігового навантаження на поверхні покрівлі, який залежить від обрису покриття і від кута α нахилу покрівлі:

$\mu = 1$, якщо $\alpha \leq 25^\circ$; $\mu = 0$, якщо $\alpha > 60^\circ$; C_v – коефіцієнт, що врахує режим експлуатації покрівлі.

При відсутності даних про режим експлуатації $C_e = 1$; C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти розташування будівлі; $C_{alt} \neq 1$ для об'єктів, які знаходяться у гірській місцевості

Рівномірне розподілене навантаження від снігу на ригель рами (кН/м) визначають за формулою:

$$S = S \cdot B \cdot \gamma_n = 1,368 \cdot 6,9 \cdot 1,1 = 10,38 \text{ кН/м} \quad (2,7)$$

2.5 Статичний розрахунок

В основу розрахунків покладений метод кінцевих елементів. У якості основних невідомих прийняті наступні переміщення вузлів:

- X лінійне по осі X;
- Y лінійне по осі Y;
- Z лінійне по осі Z;
- UX кутове навколо осі X;
- UY кутове навколо осі Y;
- UZ кутове навколо осі Z.

Розрахунки плити проводиться в складі всього будинку з урахуванням жорсткого сполучення колон із плитою. Розрахунки виконані на наступні завантаження:

- завантаження 1,2,3 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як постійне навантаження (власна вага плит, вага підлоги, вага стін по контуру будинку);
- завантаження 4 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як тривале навантаження (корисне навантаження з повним розрахунковим значенням на перекриття.);
- завантаження 5 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як тривала (фактичне навантаження від перегородок);
- завантаження 6 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як снігове навантаження прикладене до каркасу;

- завантаження 7 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як вітрове навантаження прикладена до каркаса під кутом 90° уздовж осі X;

- завантаження 8 – статичне завантаження - дане завантаження враховується як вітрове навантаження прикладена до каркаса під кутом 90° уздовж осі Y.

Навантаження від власної ваги залізобетонних конструкцій у програмному розрахунковому багатофункціональному комплексі «ЛІРА-САПР» визначається автоматично.

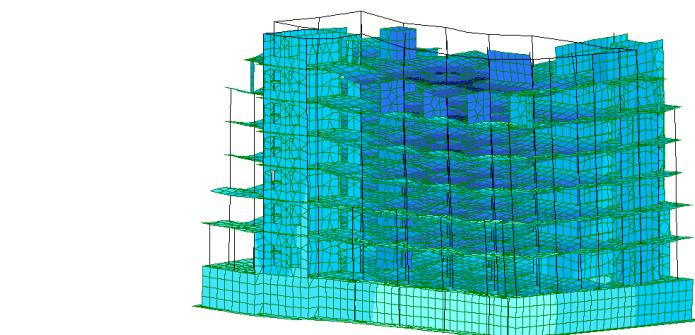
Усі завантаження сформовані у програмному комплексі «САПФІР», що в цілому дало змогу зменшити час роботи у «ЛІРА-САПР».

Результати розрахунків підбору арматури до всіх елементів були еспортовані з програмного комплексу «ЛІРА-САПР» до програмного комплексу «САПФІР» де за результатами розроблені креслення армування конструкцій, що представлені у графічній частині роботи.

2.6 Аналіз статичного розрахунків

Результати розрахунків представлені на малюнках нижче.

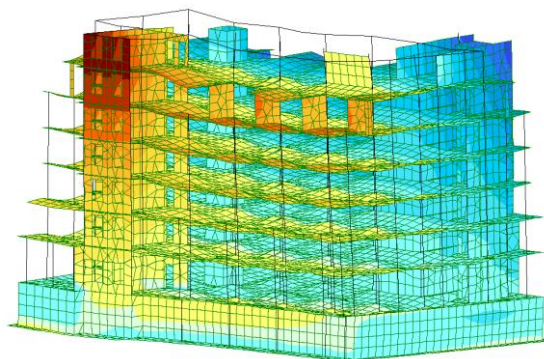
І основні: 2/Інструмент САПІНПР_ДІН В.1.2 - 2.2006 (Україна) (згідно з умовами)
 Інформація про переміщення по Z (G)
 Единиця вимірювання - мм



Z
Y
X

Рисунок 2.2 – Ізополя переміщень по осі Z

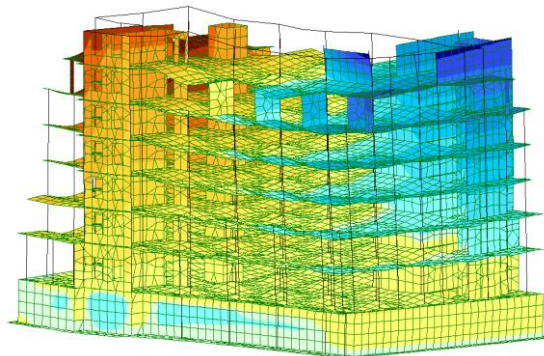
І основні: 2/Інструмент САПІНПР_ДІН В.1.2 - 2.2006 (Україна) (згідно з умовами)
 Інформація про переміщення по Y (G)
 Единиця вимірювання - мм



Z
Y
X

Рисунок 2.3 – Ізополя переміщень по осі Y

І основні: 2/Інструмент САПІНПР_ДІН В.1.2 - 2.2006 (Україна) (згідно з умовами)
 Інформація про переміщення по X (G)
 Единиця вимірювання - мм



Z
Y
X

Рисунок 2.4 – Ізополя переміщень по осі X

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування», згідно п. 7 Горизонтальні граничні переміщення і прогини каркасних будівель.

$$f_u < [f_u] = \frac{h}{500} \quad (2.1)$$

$$f_u = 0,00365 < [f_u] = \frac{27,6}{500} = 0,0552 \text{ м}$$

де f_u – граничне переміщення;

h – висота багатоповерхових будівель, що дорівнює відстані від верху фундаменту до осі ригеля покриття.

Для розглядаємої будівлі дорівнює $h = 27,6$ м.

Горизонтальні граничні переміщення задовольняють вимогам.

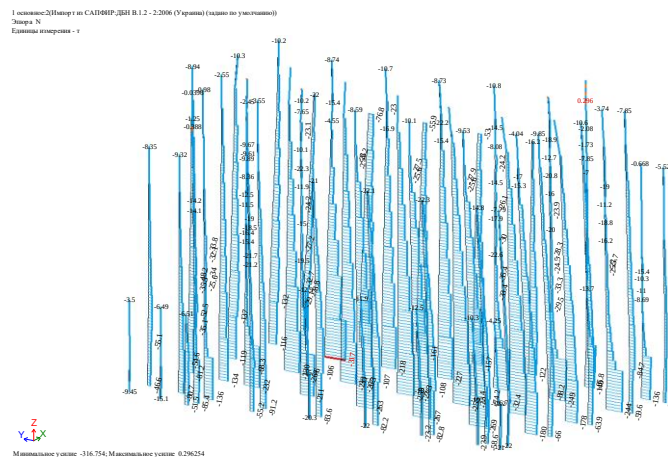


Рисунок 2.5 – Епюра N

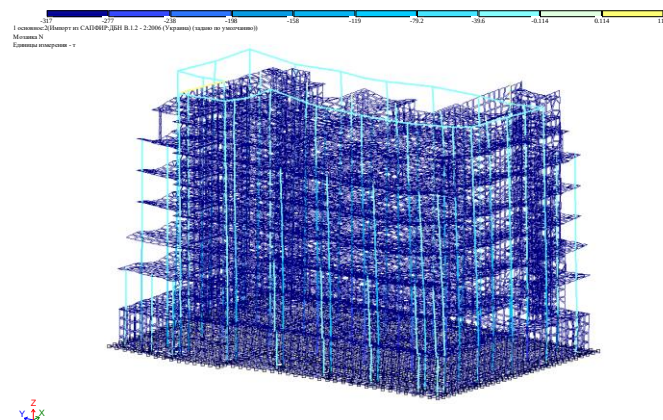
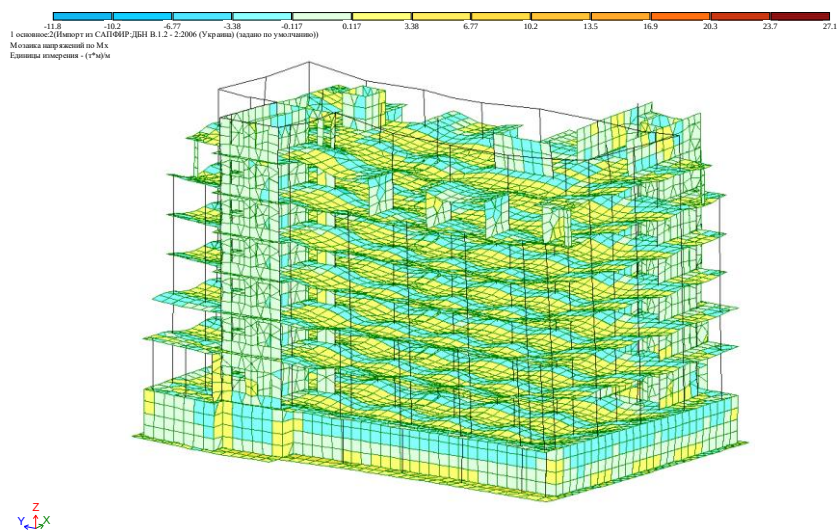
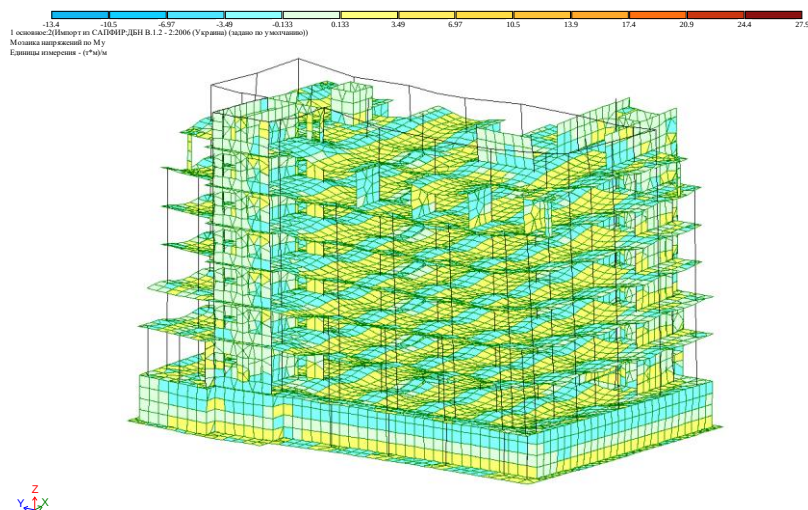
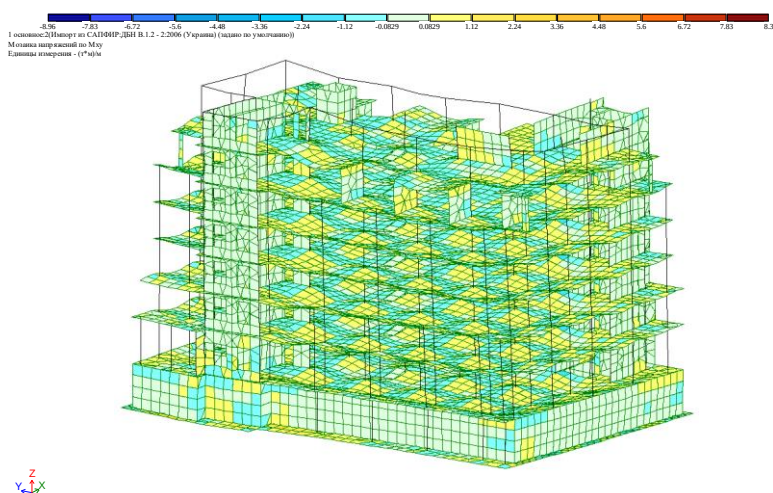


Рисунок 2.6 – Мозаїка N

Рисунок 2.7 – Мозаїка напруг по M_x Рисунок 2.8 – Мозаїка напруг по M_y Рисунок 2.9 – Мозаїка напруг по M_{xy}

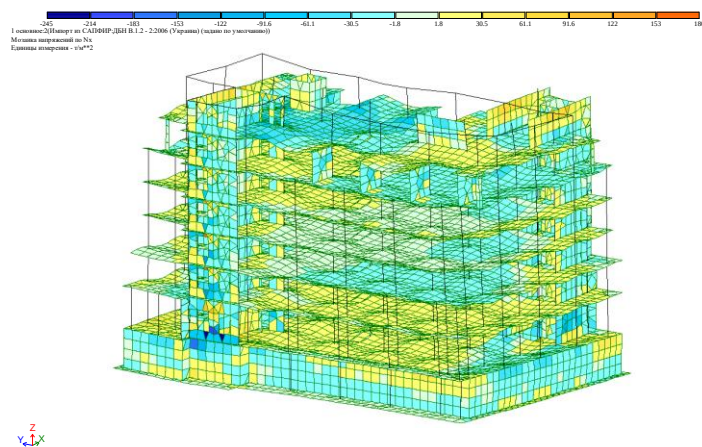
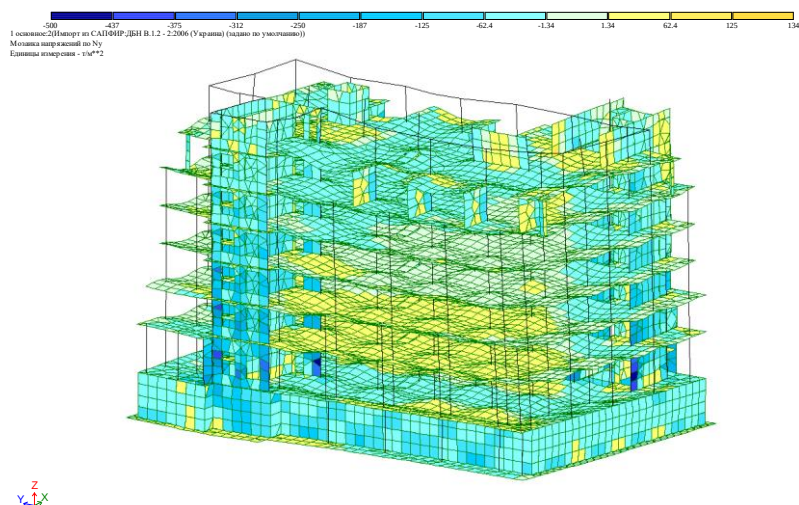
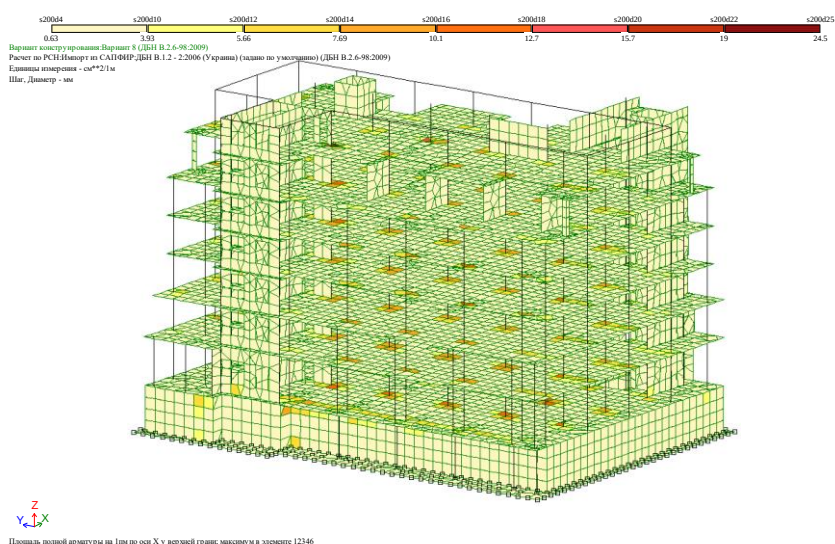
Рисунок 2.10 – Мозаїка напруг по N_x Рисунок 2.11 – Мозаїка напруг по N_y 

Рисунок 2.12 – Площа повної арматури на 1м оп осі X у верхній грані

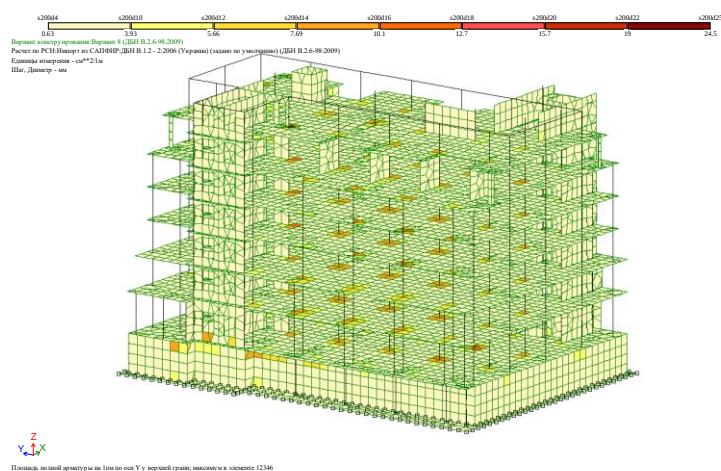


Рисунок 2.13 – Площадь полной арматуры на 1м оп оси Y у верхній грані

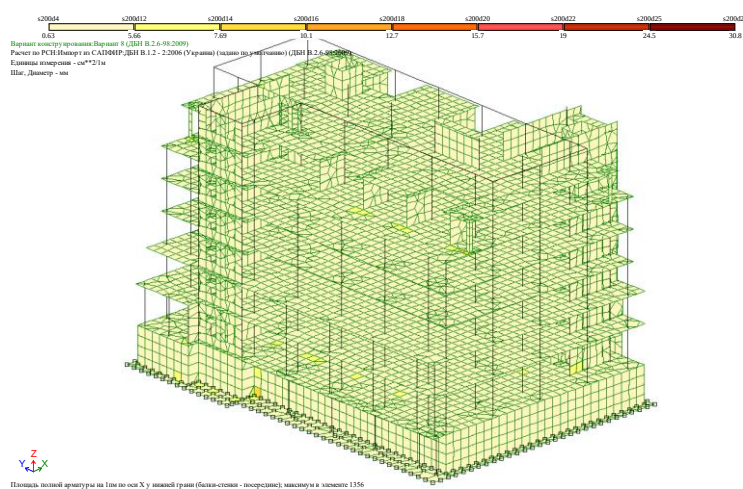


Рисунок 2.14 – Площадь полной арматуры на 1м оп оси X у нижній грані

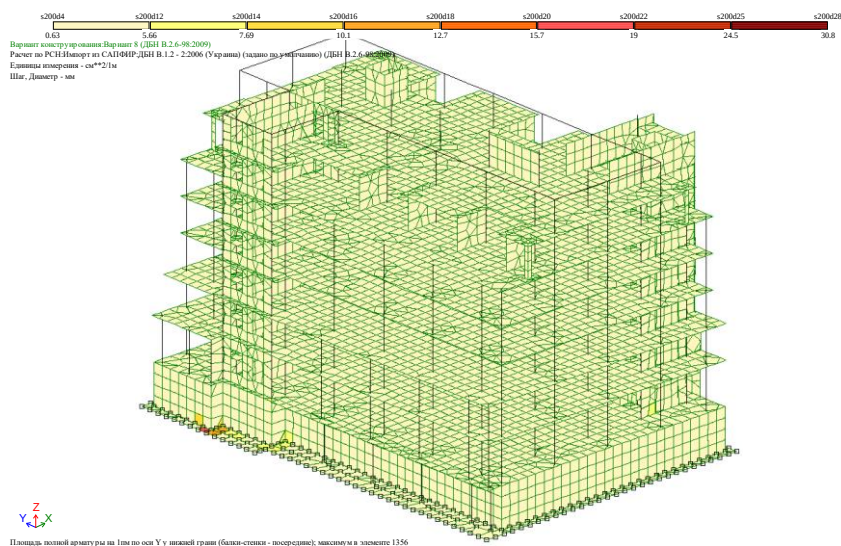


Рисунок 2.15 – Площадь полной арматуры на 1м оп оси Y у нижній грані

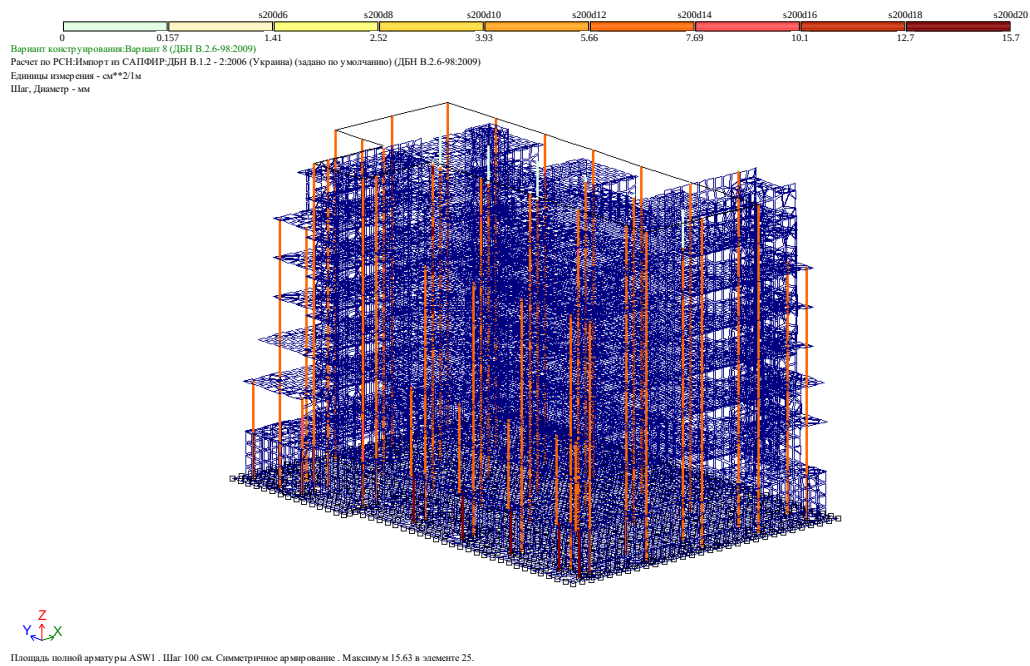


Рисунок 2.16 – Площа повної арматури колони ASW1. Крок 100см. Симетричне армування.

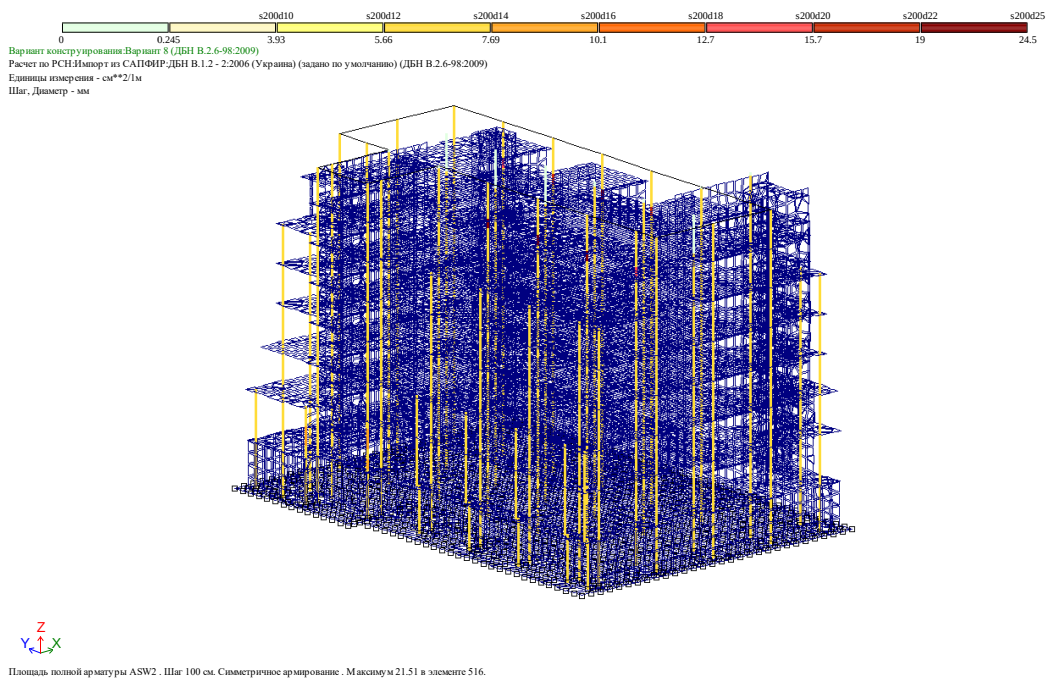


Рисунок 2.17 – Площа повної арматури колони ASW2. Крок 100см. Симетричне армування.

2.7 Розрахунки монолітної плити перекриття

Розрахункова схема монолітної залізобетонної плити четвертого поверху перекриття представлено на рисунку 2.18. Результати статичного розрахунку плити

представлено на рисунках 2.18-2.25 і плита покриття виконані монолітними з бетону класу С25/30. Поздовжня арматура класу А-400С, поперечна А-400С.

Розрахунки поздовжньої арматур у прольоті проводитися з умови по нормальних перетинах на дію максимального позитивного згинального моменту.

Добір армування в монолітній плиті перекриття виконаний також у програмі «ЛПА-АРМ». Нижче представлені результати добору армування в монолітній плиті перекриття виходячи з розрахунку по міцності нормальних перетинів.

Плита монолітного перекриття армується окремими стрижнями. Армвання здійснюється відповідно по ізополям та згинальним моментам.

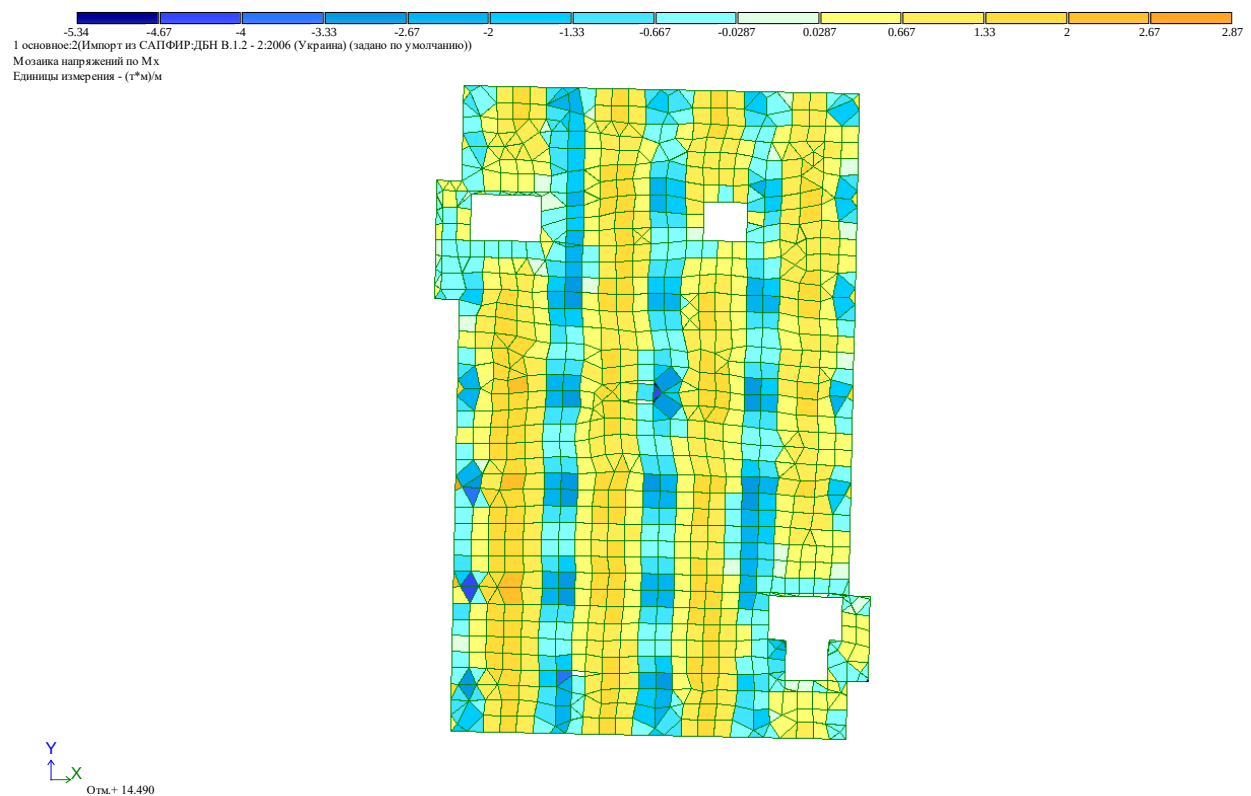


Рисунок 2.18 – Мозаїка напруг по Mx

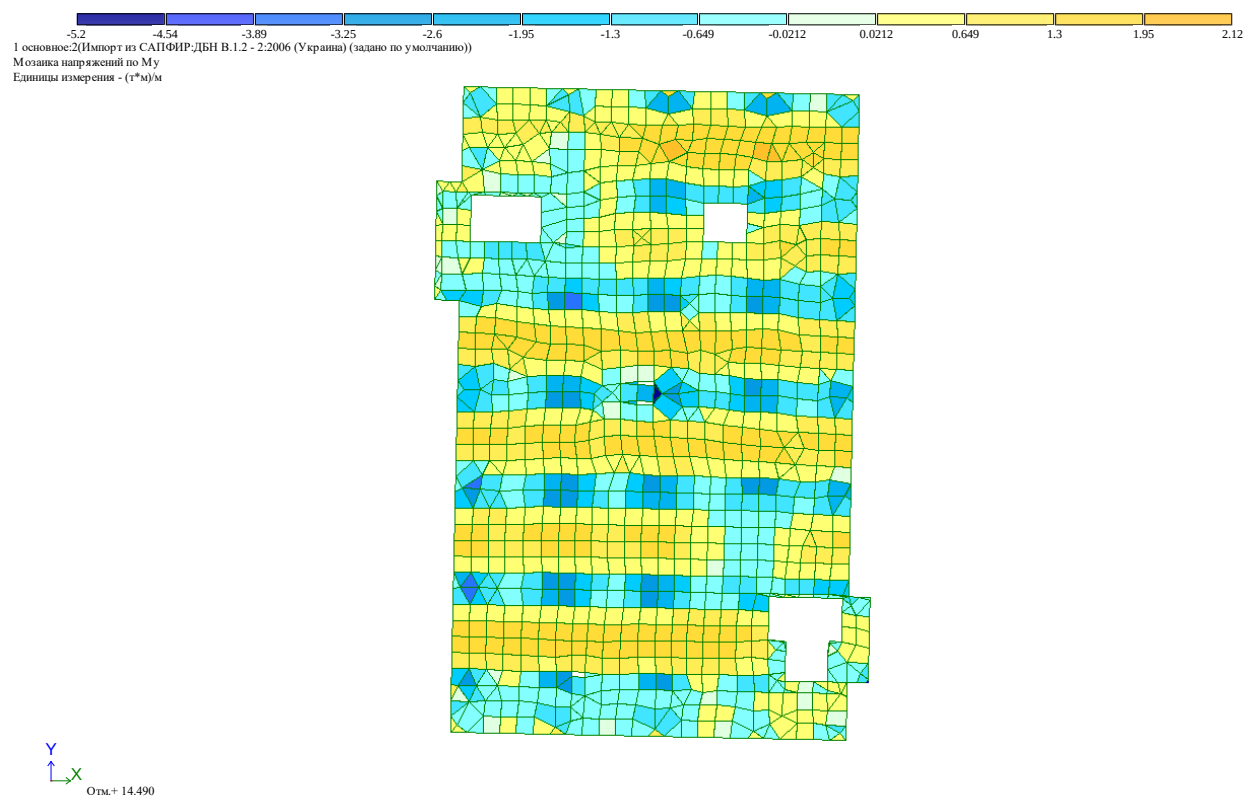
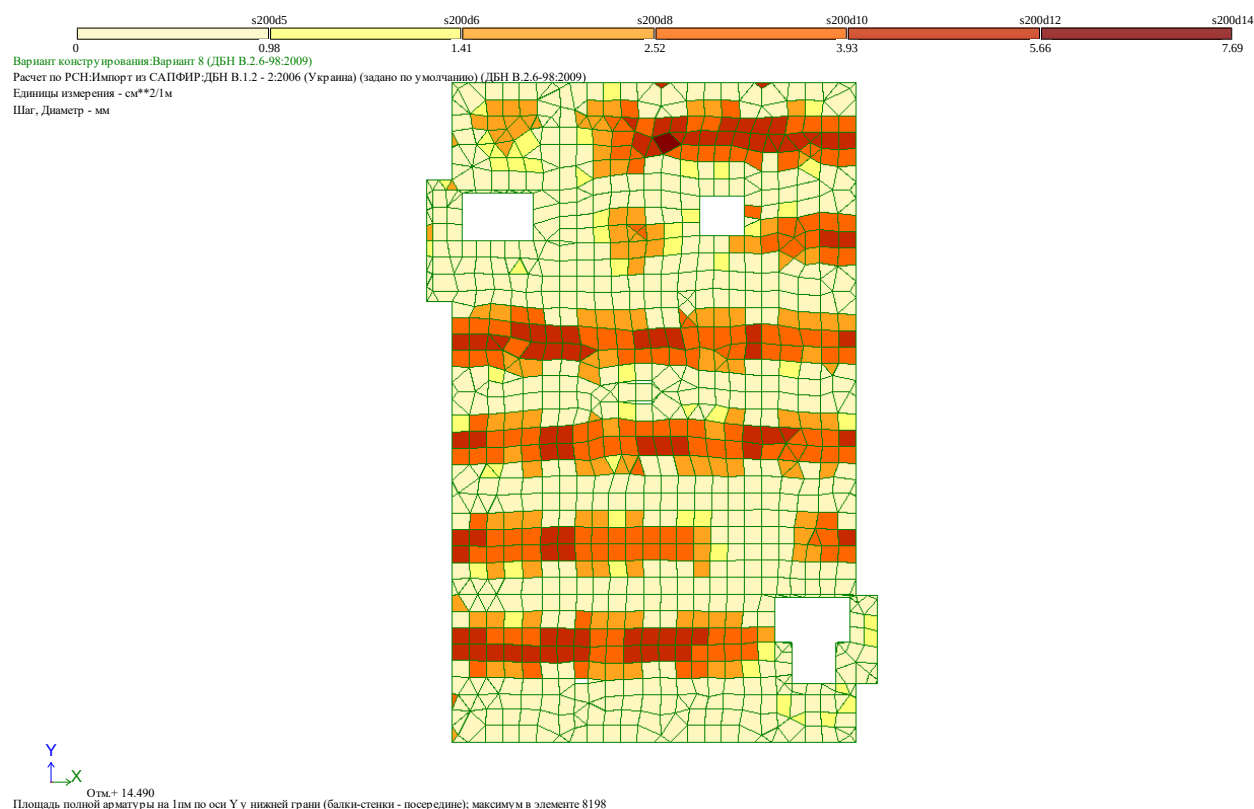
Рисунок 2.19 – Мозаїка напруг по M_y 

Рисунок 2.20 – Нижня арматура по осі Y

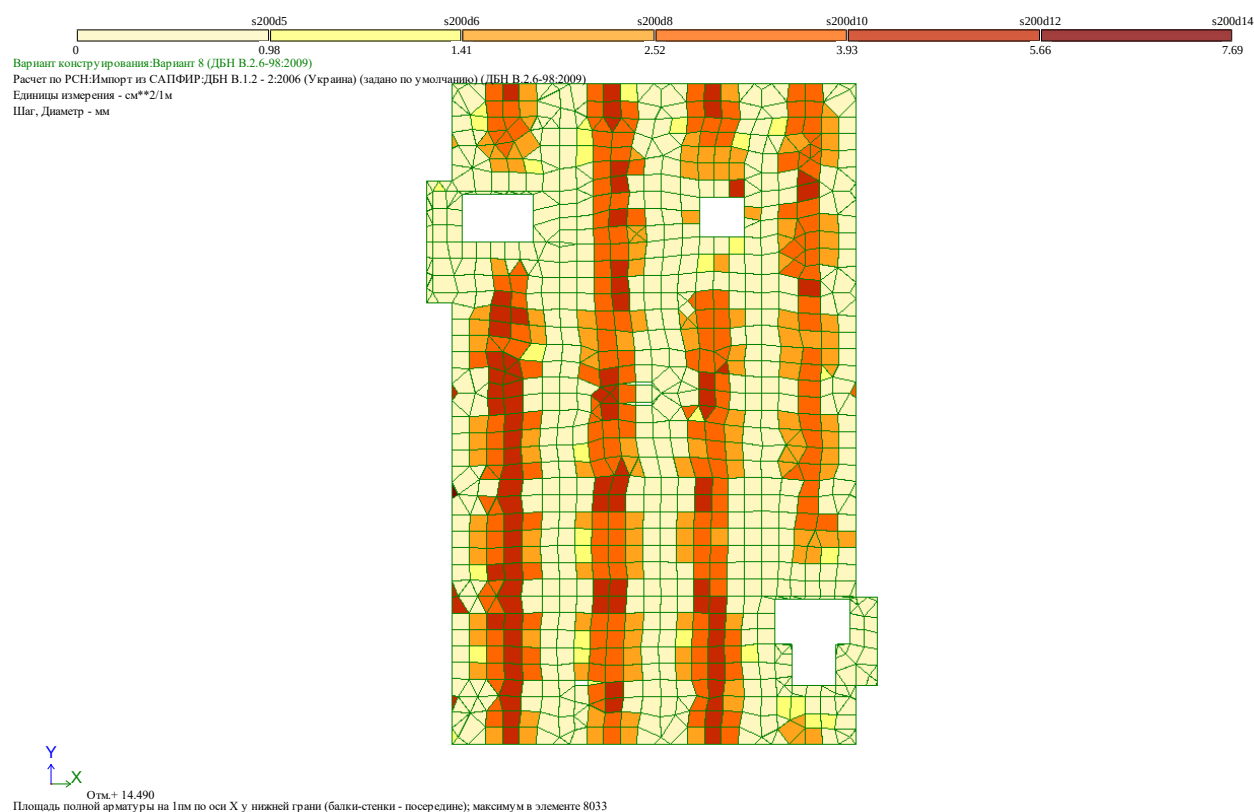


Рисунок 2.21 – Нижня арматура по осі X

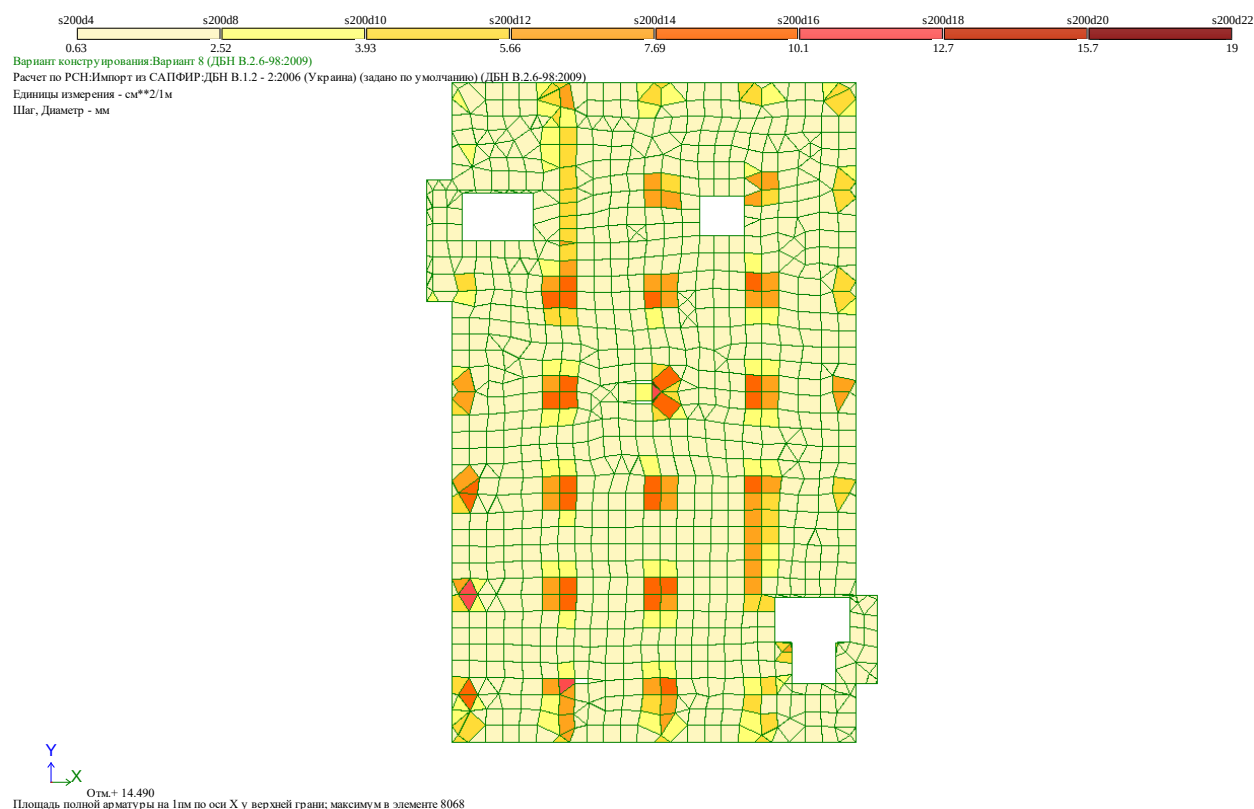


Рисунок 2.22 – Верхня арматура по осі X

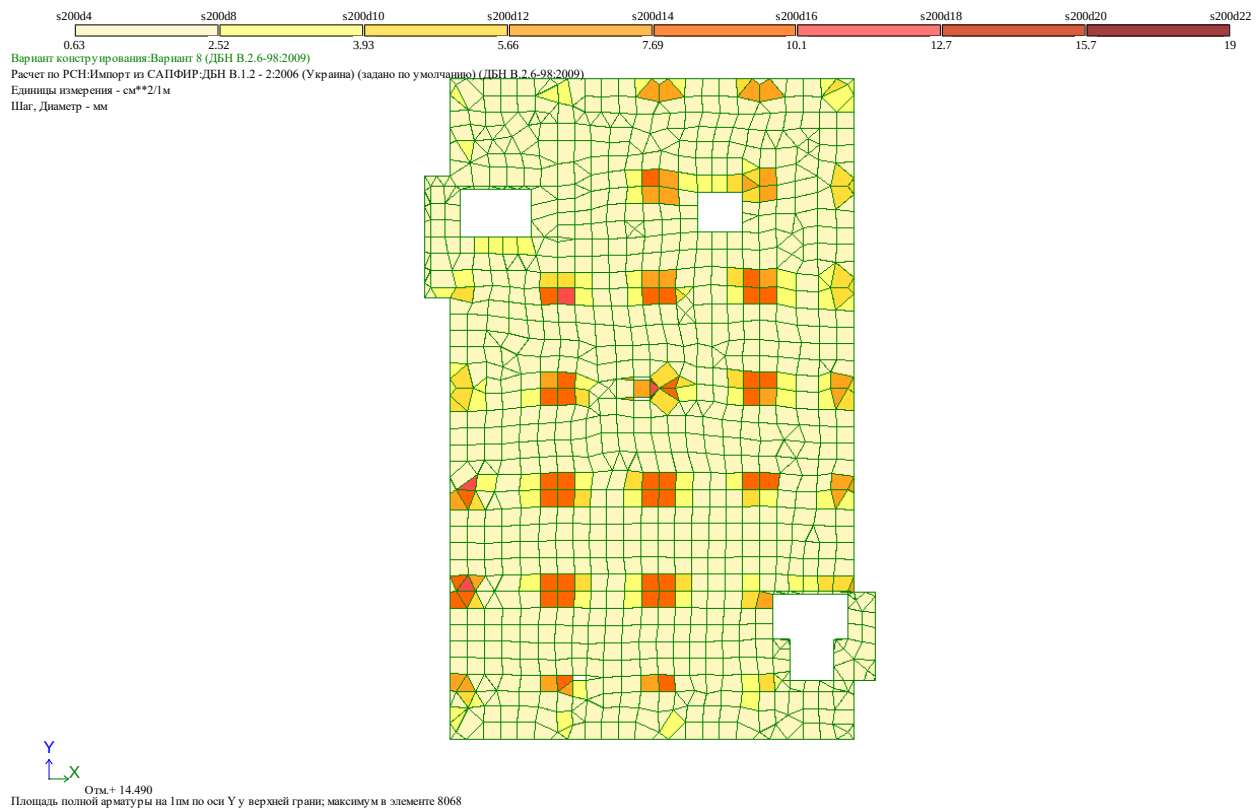


Рисунок 2.23 – Верхняя арматура по оси Y

У місцях колон у сітках улаштовуються отвори з установкою додаткових стрижнів, що компенсують додаткову арматуру.

Арматури безбалкової плити відповідно до епюри моментів розташовується в надколонних та пролітних смугах аналогічно нерозрізним плитам.

Оцінка прогинів плити перекриття виконана за результатами просторового розрахунку і представлена на рисунку, що представлено нижче.

З розрахунку видно, що максимальне переміщення у плиті не перевищує гранично припустимого значення.

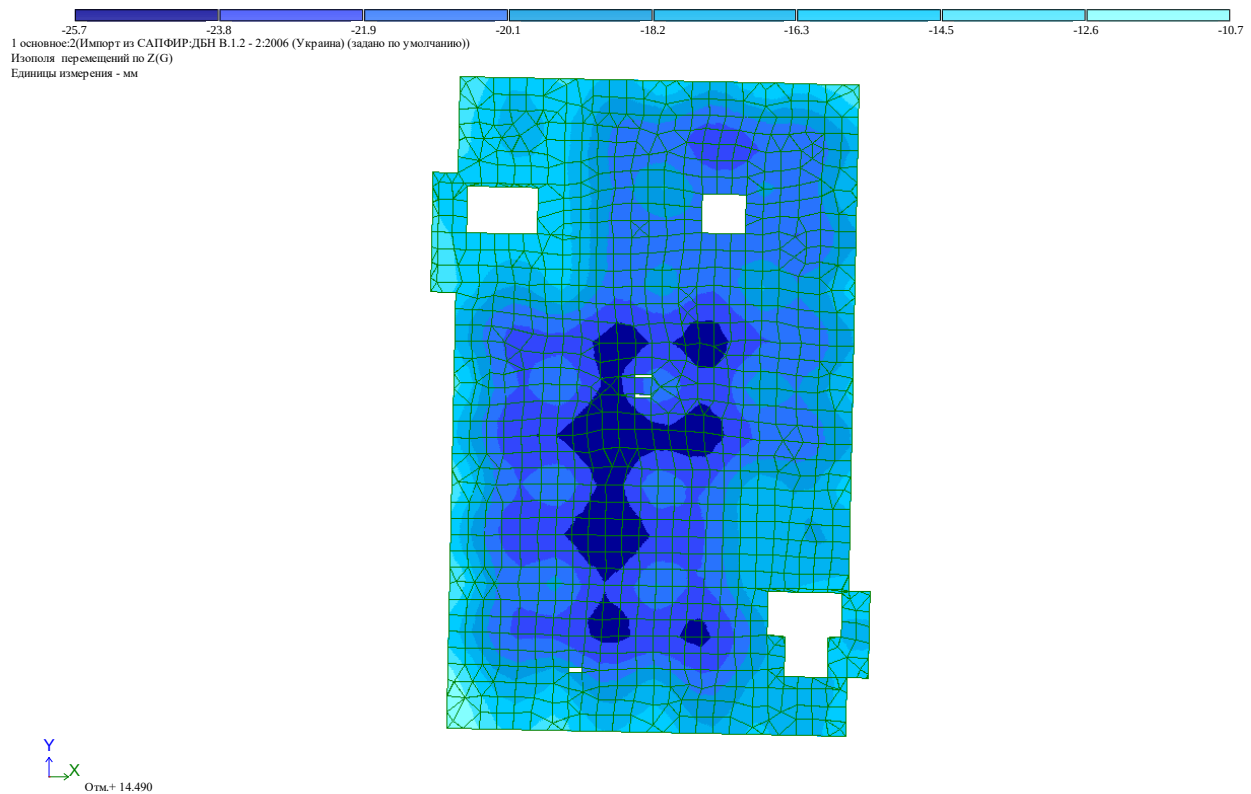


Рисунок 2.24 – Изополя перемещений плиты перекриття по осі Z

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування».

$$f < [f] = \frac{1}{200} \cdot L, \quad (2.2)$$

$$f = 25.7 \text{ мм} < [f] = \frac{1}{200} L = 30 \text{ мм}$$

Жорсткість перекриття задовольняє вимоги норм.

За результатами добору арматурам остаточно ухвалюємо:

При конструюванні плити перекриття ухвалюємо основне армування у верхній і нижній зоні $\varnothing 12$ A400C із кроком 200 мм у двох напрямках, додаткове $\varnothing 16$ A400C.

2.8 Розрахунки монолітної колони

Армування колони першого поверху по осям 3-Г

Розрахунок армування КМ

ЛАРМ-САПР 2016 - локальный режим армирования

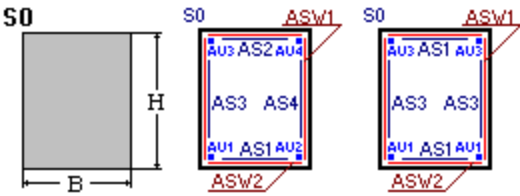
Проект - Larmsapr1

Проект ЛИРА-САПР: 001Пере251022

ДБН В.2.6.-98:2009

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ
Напряжения - Мра
ДБН В.2.6.-98:2009 БЕТОН Класс бетона - C25/30 $f_{ck_prism}=22$; $f_{ctk}=1.8$; $E_{cm}=32500$; АРМАТУРА Класс продольной арматуры X - A400C $f_{yk} = 400$; $E_s = 210000$; Класс поперечной арматуры - A240C $f_{yk} = 240$; $E_s = 210000$; Максимальный диаметр 32.00 мм ОБЩЕЕ Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию Диаметр арматурных стержней 16 мм Т.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [мм]: 0.40 Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм]: 0.30

Коэффициенты условий работы бетона и арматуры
Коэффициенты работы бетона Коэффициент $ALFA_{сс}$ учета длительности действия нагрузок (сжатие): 1.00 Коэффициент $ALFA_{ст}$ учета длительности действия нагрузок (растяжение) : 1.00 Коэффициент $\gamma_{с2}$ для БК учета разрушения бетонных конструкций: 1.00 Коэффициент $\gamma_{с3}$ для БК и ЖБК конструкций бетонируемых в вертикальном положении: 1.00 Коэффициенты работы арматуры Учет сеймики ДБН В.1.1-12:2014 Коэффициент из таблицы 6.13 п.2: 1.00 Учет сеймики ДБН В.1.1-12:2014 Коэффициент при расчете наклонных сечений из таблицы 6.13 п.3 : 1.00

Элемент 1
Элемент N= 1 Элемент в ЛИРА-САПР N= 92  Длина 4.2 (см) Расчетная длина L_Y - 4.2 , L_Z - 4.2 (см) Сечение - прямоугольник $B(D)= 40.0$, $H(D1)= 40.0$, $B1= 0.0$, $H1= 0.0$, $B2= 0.0$, $H2= 0.0$ (см) Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 4 сверху = 4 сбоку = 4. (см)

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 Усилия или РСН							
A		-124.066		-0.054	0.050	0.764	0.308
A		-231.919		0.108	0.010	1.467	0.602
A		-225.851		0.091	0.017	1.423	0.585
A		-128.074		-0.073	0.059	0.613	0.245
A		-126.608		-0.050	0.049	0.747	0.299
A		-124.901		-0.246	0.134	-0.166	-0.077
A		-272.734		0.073	0.037	1.214	0.498
Элемент: 1 Сечение: 2 Усилия или РСН							
A		-123.142		0.051	0.050	0.118	0.308
A		-230.995		0.129	0.010	0.204	0.602
A		-224.927		0.127	0.017	0.195	0.585
A		-127.150		0.051	0.059	0.098	0.245
A		-125.684		0.053	0.049	0.118	0.299
A		-123.977		0.034	0.134	-0.006	-0.077
A		-271.810		0.150	0.037	0.168	0.498
Элемент: 1 Сечение: 3 Усилия или РСН							
A		-122.218		0.156	0.050	-0.529	0.308
A		-230.071		0.149	0.010	-1.060	0.602
A		-224.003		0.163	0.017	-1.032	0.585
A		-126.226		0.175	0.059	-0.417	0.245
A		-124.760		0.156	0.049	-0.510	0.299
A		-123.053		0.315	0.134	0.155	-0.077
A		-270.886		0.227	0.037	-0.878	0.498

Нормативные значения Нормативные значения							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 Усилия или РСН							
A		-112.787		-0.049	0.045	0.695	0.280
A		-202.665		0.086	0.012	1.280	0.525
A		-197.608		0.072	0.018	1.244	0.510
A		-116.127		-0.065	0.053	0.568	0.228
A		-114.743		-0.046	0.045	0.681	0.273
A		-113.384		-0.186	0.105	0.030	0.005
A		-236.586		0.065	0.031	1.109	0.455
Элемент: 1 Сечение: 2 Усилия или РСН							
A		-111.947		0.047	0.045	0.107	0.280
A		-201.825		0.111	0.012	0.178	0.525
A		-196.768		0.110	0.018	0.172	0.510
A		-115.287		0.046	0.053	0.090	0.228
A		-113.903		0.048	0.045	0.107	0.273
A		-112.544		0.035	0.105	0.019	0.005
A		-235.746		0.129	0.031	0.154	0.455
Элемент: 1 Сечение: 3 Усилия или РСН							
A		-111.107		0.142	0.045	-0.481	0.280
A		-200.985		0.136	0.012	-0.923	0.525
A		-195.928		0.148	0.018	-0.900	0.510

A		-114.447		0.158		0.053		-0.388		0.228		
A		-113.063		0.142		0.045		-0.466		0.273		
A		-111.704		0.255		0.105		0.008		0.005		
A		-234.906		0.194		0.031		-0.801		0.455		
АРМАТУРА Режим: Подбор арматуры												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Тр.кр	Тр.дл
				Сечение: 1		Симметричное армирование						
3.44	3.44	3.44	3.44					0.86	6.25	6.25		
3.44	3.44	3.44	3.44					0.86				
				Сечение: 2		Симметричное армирование						
3.36	3.36	3.36	3.36					0.84	6.25	6.25		
3.36	3.36	3.36	3.36					0.84				
				Сечение: 3		Симметричное армирование						
3.28	3.28	3.28	3.28					0.82	6.25	6.25		
3.28	3.28	3.28	3.28					0.82				

В таблице результатов армирования:

AU1 - арматура угловая нижняя (слева) [см**2];

AU2 - арматура угловая нижняя (справа) [см**2];

AU3 - арматура угловая верхняя (слева) [см**2];

AU4 - арматура угловая верхняя (справа) [см**2];

AS1 - арматура нижняя [см**2];

AS2 - арматура верхняя [см**2];

AS3 - арматура боковая (слева) [см**2];

AS4 - арматура боковая (справа) [см**2];

% - процент армирования;

Asw1 - арматура поперечная вертикальная [см**2/м];

Asw2 - арматура поперечная горизонтальная [см**2/м];

Т.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [мм];

Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм].

* - арматура от кручения.

* Поперечная арматура от кручения - площадь сечения замкнутого внешнего контура.

СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний, от кручения

СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний

СТРОКА 3 - арматура от кручения (для стержней и отмечена знаком '**')

** - Стержень переменного сечения

CY, CZ - Координаты центра сечения, относительно которого расставлены арматурные стержни.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

3.1 Підготовчий період

В склад підготовчого періоду включені роботи, забезпечуючі протягом усього основного періоду будівництва об'єкту нормальні умови для виробництва будівельно-монтажних робіт, складських та транспортних операцій. Включення в склад робіт «підготовчого періоду будівництва» передбачає реалізацію системи організаційно-технологічних операцій, пов'язаних з підготовкою та освоєння буд майданчика у відповідності з вимогами ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Підготовчий період включає в себе:

- улаштування побутового містечка з установкою санітарно-побутових приміщень з комунікаціями енергозабезпечення; тимчасове водо забезпечення виконувати від водопроводу, що проектується, який прокладено до початку будівництва;

- попереднє вертикальне планування площадки;

- підготовку площадки складування будівельних конструкцій відкритого типу;

- улаштування основної тимчасової автодороги для проїзду автотранспорту.

В'їзд на буд майданчик зі сторони вулиці Поштової;

- улаштування запасного в'їзду зі сторони пр. Соборного;

- улаштування тимчасового огороження зовнішніх небезпечних зон будівництва зі сторони ряду «А», «Е» та вздовж осі 1 та 8;

- улаштування тимчасових навісів-коридорів для проходу людей у існуючі будівлі, що знаходяться у зоні будівництва;

- геодезичну розбивку осей будівлі, що будується;

- улаштування водостоків з буд майданчику шляхом обвалування котлована.

3.2 Основний період

3.2 Нульовий цикл

До початку виробництва робіт по відкриттю котлована необхідно уточнити шурфуванням відмітки існуючих комунікацій, що попали у котлован, згідно технічним умовам у присутності представників експлуатуючих організацій.

Розробку котлована виконувати екскаватором з ємністю ковша $0,5\text{м}^3$ з завантаженням у автотранспорт з вивезенням на відстань до 15 км.

Грунтову подушку виконувати катками пошарово, укатуючи ґрунт шарами товщиною 20...25см за 4...6 проходок.

Зворотню засипку пазах виконувати бульдозером з пошаровим ущільненням електротрамбівками.

Ґрунт для засипки привозити із кар'єру, розташованого на відстані до 15км. При виробництві робіт враховувати коефіцієнт зтисненості -1.15.

Земляні роботи виконувати згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів».

3.3 Улаштування фундаментів

На підставі завдання, каталогів онструкцій та довідкових матеріалів визначаємо об'єм, масу і кількість монтажних елементів.

Таблиця 3.1 – Визначення кількості та характеристик монтажних елементів

№ п/п	Найменування елемента	Марка і ескіз елемента	Кількість шт..	Маса (об'єм, площа), т (м^3 , м^2)		Площа стінової панелі, перегородки
				Одного елемента	загальна	
1	2	3	4	5	6	7
А. Фундамент під колону						
1.	Фундаментна плита	Товщина 0.6 метр Бокова площа	Для 1 поверху:			
			1		704.5м^3	

		84.44м ²	На всю будівлю:							
			1		704.5м ³	Об'єм бетону 1,0 м ³ (од.)				
Б. Арматура										
Б.1. Фундаментна плита										
Відомість витрат сталі, кг										
Марки елементів	Вироби арматурні								Всього витрат	
	Арматура класу						Технологічна арматура класу			
	А400С		А400С				А400С			
	ДСТУ 3760:2019		ГОСТ 10884-94				ДСТУ 3760:2019			
	Ø12	Всього	Ø16	Ø20	Ø25	Всього	Ø10	Всього		
Плита монолітна Пм-1	21577,4	21577,4	3281,23	2984,55	2506,29	8772,07	2263,16	2263,16	32612,63	32612,63
Опалубка під фундамент		PERI DOMINO				121,86 м ²	Висота 0,9 м			
Желоб для бетоної суміші		Дерево				Дошка 25х150х 4000м – 24 шт	Довжина 10 м			

3.3.1 Визначення необхідних параметрів монтажних кранів

До монтажних параметрів відносяться:

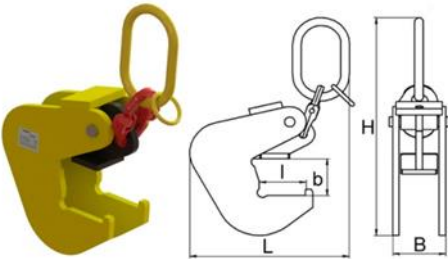
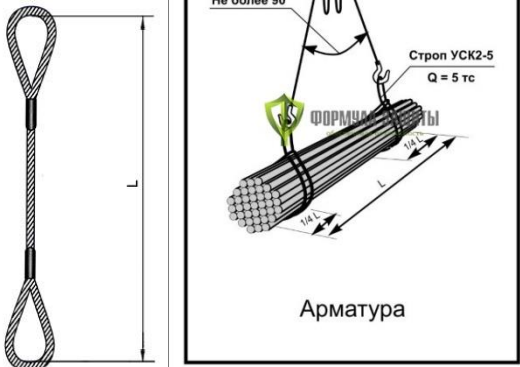
Q_м - монтажна маса;

H_к – висота підйому крюка;

L_к – необхідний виліт стріли.

Монтажну масу визначають, як суму маси елемента, котра монтується та масу монтажних пристроїв, котрі піднімають разом з елементом при його установці.

Таблиця 3.2 – Вантажозахватні пристрої для монтажу елементів

N п/п	Найменування, призначення, вантажопідйомність та інші характеристики	Технічні параметри		
		Вантажопідйомність	Маса	Висота
1	Монтажні захвати для опалубки (з фіксатором) 	-	0,06	0.36
2	Стропи для арматури 1 СК-8,0 	0,001	2,0	4

Визначення необхідних параметрів монтажних кранів

До монтажних параметрів відносяться:

Q_m - монтажна маса,

H_k - висота підйому крюка,

L_k необхідний виліт стріли.

Підземну частину будівлі монтують за допомогою самохідного гусеничного стрілового крану.

Визначаємо монтажну масу:

$$Q_m = Q_{\text{ел.}} + q = 2 + 3 = 5 \text{ т}$$

Визначаємо висоту підйому крюка:

Висота піднімання гака крана для стрілових кранів визначається :

$$H_M = h + h_p + h_t + h_c + h_{\Pi} , \quad (3.1)$$

де h – перевищення опори елемента, який монтується, над рівнем стоянки крана, м (Виходячи з технологічних особливостей кранів та їх конструктивних особливостей приймаємо для підземної частини 2 м);

h_p – відстань, необхідна для заведення елемента на опору, приймається рівною 0,5 м;

h_t – висота монтуємого елемента, м (Приймаємо, як 1 м);

h_c – висота вантажозахватного пристрою (розрахункова висота, м, приймаємо максимальну 4 м);

h_{Π} – висота поліспасти 1,5 м.

$$H_M = 2 + 0,5 + 1 + 4 = 7,5 \text{ м}$$

Потрібний виліт стріли крана для багатоповерхових будівель визначаємо за формулою:

$$l_{\text{стр}} = a/2 + b + c = 2,4 + 3,85 + 14,5 = 20,75 \quad (3.2)$$

де a – ширина підкранового шляху, м (Для стандартних гусеничних кранів за каталогами середня ширина складає 4,8 м);

b – відстань від найближчої до будівлі осі оголовка рейки підкранового шляху до виступаючих в сторону підкранового шляху частин будівлі, м;

Величина « b » може бути прийнята в попередніх розрахунках із умов техніки безпеки для кранів поворотною баштою, що дорівнює:

$$b = r - a / 2 + 0,75 + 1 = 4,5 - 2,4 + 0,75 + 1 = 3,85 \text{ м} \quad (3.3)$$

де r – радіус поворотної частини крана (Для стандартних гусеничних кранів за каталогами середня величина складає 4,5 м).

Якщо противага крана розміщена вище будівлі, то значення « b » може бути прийнятим рівним 2 м;

c – відстань від центра ваги елемента, який монтується до виступаючої частини будівлі зі сторони крану, м.

Таким чином для улаштування нульового циклу та монтажу надземної частини будівлі приймаємо кран ДЕК - 251 з характеристиками:

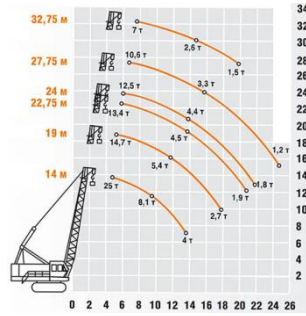


Рисунок 3.1 – Монтажні характеристики самохідного гусеничного крана.

Таблиця 3.3 – Відомість будівельно-монтажних робіт.

№ п/п	Найменування процесу, формула підрахунку, ескіз	Од. вимір.	Норма часу на одиницю		Кіль-ть	Трудоміст-кість, на 1 поверх		Склад ланки за нормою	
			Люд.-год.	Маш.-год.		Люд.-год.	Маш.-год.	Професія, розряд	Кіль-сть
1	2	3	3	4	5	6	7	11	12
1.	<u>Установка і в'язка арматури окремими стрижнями</u> (фундаментна плита) (Е4-1-46)	1 т	3,9	-	32.612 т	127,186	-	Арматурник 4 роз. 2 роз.	1 1
						11		Приймаємо 4 роз. 2 роз.	12 12
2.	<u>Опалубка (деревометалічна) фундаментної плити</u> Влаштування	1 м ² поверхні опалубки	0,45	-	121,86	82,8	-	Тесляр 4 роз. 2 роз.	1 1
						15,23		Приймаємо 4 роз. 2 роз.	8 8
	Розбірка (Е4-1-34)	1 м ² поверхні опалубки	0,26	-	121,86	31,68	-	Тесляр 3 роз. 2 роз.	1 1
						7,92		Приймаємо 3 роз. 2 роз.	4 4
3.	<u>Подача бетонної суміші до місця укладки двома МЗБ</u>	100 м ³ бетонної суміші	-	0.75	7.045	2,64	-	Машиніст бетононасосної установки 4 роз. Слюсар-будівельник 4 роз. Бетонувальник 2 роз.	2 4 4
4.	<u>Укладка бетонної суміші у конструкції фундаменту</u> (Е4-1-49)	1 м ³	0.22	-	704.5	154,99		Бетонщик 4 роз. 2 роз.	1 1
						5,5		4 роз. 2 роз.	28 28

3.3.2 Вибір комплектів будівельних машин і обладнання

Вибір і обґрунтування доцільних комплектів машин виконується в два етапи.

На першому етапі вибирають можливі види, типорозміри і кількість провідних і допоміжних комплектів машин.

На другому етапі виконується техніко-економічні розрахунки за призначенням системи критеріїв вибираються найкращий варіант.

Перший етап.

Формування можливих варіантів комплектів машин для механізації процесів армування, монтажу і розбирання опалубки, транспортування (або приготування на об'єкті) подачі і укладання бетонної суміші та догляду за твердінням бетону.

Всі розрахунки виконують одночасно для декількох варіантів комплектів машин.

Можливі варіанти формуються за результатами попередньо прийнятих рішень щодо вибраних типів опалубки і методів виконання опалубних процесів, видів арматурних виробів (армування стрижнями, сітками каркасами) і методів виконання процесів армування конструкцій, місця приготування та способу транспортування бетонної суміші на об'єкт, технологічних властивості бетонної суміші, способи подавання її та укладання в конструкції, способу догляду і витримування бетону тощо.

Вибір можливих видів, типорозмірів і кількості ведучих машин комплексу. Провідними процесами при зведенні монолітних будівель, які визначають, як правило, загальні темпи спорудження будинку є бетонні роботи.

Прийнята або задана (за директивними термінами) інтенсивність виконання бетонних робіт визначає не тільки вид бетоноукладальної машини, її типорозмір (технічну продуктивність), але і саму можливість застосування такої машини, тобто бетоноукладальна машина повинна відповідати не тільки

параметрам будинку і конструкціям, що споруджуються (висота, глибина подавання), але і забезпечувати потрібні темпи бетонування.

Тому, насамперед, знаходять середню змінну інтенсивність бетонування за великою якої призначають можливі види, типорозмір (вантажопідйомність, т, для кранів, подача, м/год, для бетонувальників) та кількість бетоноукладальних машин (машин для подавання бетонної суміші в опалубку конструкції).

Середньо змінну інтенсивність бетонування ($T_{зм}$) визначають залежно від заданого терміну виконання робіт (T_d):

$$T_{зм} = \frac{V_b * k_1}{T_d * t_{мц} * k_{зм} * k_2} \quad (3.4)$$

Де V_b - загальний обсяг бетонних робіт, м³;

K_1 - коефіцієнт, який враховує наявність технологічних перерв при зведенні монолітних конструкцій, $K_1 = 1,3 \dots 1,5$;

$T_{мц}$ - кількість робочих днів у місяці, можна взяти =30 днів;

$K_{зм}$ - змінність робіт, приймається за рішеннями проекту організації будівництва, зазвичай дорівнює 1...2 змінам на добу;

K_2 - коефіцієнт, який враховує скорочення строків бетонних робіт по відношенню до загальної тривалості монолітних залізобетонних робіт за рахунок часу на монтаж опалубки та арматури на першій та демонтажу опалубки на останніх захватках, $K_2 = 0,8 \dots 0,9$;

Розраховану середню інтенсивність бетонування порівнюють з найбільш ймовірними середньої змінними продуктивностями ($\Pi_{сз}^B$) основних бетоноукладальних машин, що наведені в додатку Б

Для підвищення коректності порівняння розраховують середньозважену найбільш імовірну продуктивність бетоноукладальних машин ($\Pi_{сз}^B$, м³/зм) при бетонуванні різних видів конструкцій:

$$\Pi_{сз}^B = \frac{\sum_{k=1}^K \Pi_k^i \cdot V_b^k}{V_b} \quad (3.5)$$

Де Π_k^i - найбільш імовірна змінна продуктивність і-ї ведучої машини при бетонуванні к-го виду конструкції, м³/зм;

V_k^i - об'єм бетонної суміші, укладеної в к-й від конструкції, м³; вид конструкції призначається за додатками Б, а об'єм за даними підрахунку обсягів бетонних робіт див. табл. 1;

V - загальний обсяг бетонних робіт, м³;

Кількість ведучих машин у комплексі визначаються за формулою:

$$n = \frac{I_{зм}}{\Pi_{сз}^B} \quad (3.6)$$

де n - кількість ведучих машин в комплексі, може бути $n = (1, 2, 3 \dots n)$

N - максимально можлива кількість машин у комплексі, яка залежить від її виду, габаритів об'єкта, кількості і компоновки секції та інших організаційно-технічних умов і обмежень, що існують на даному об'єкті.

Принципово можливі два варіанти схеми подавання бетонної суміші:

- перша схема - кран-баддя;
- друга - бетононасосна подача.

В даному випадку бетононасосами здійснюється подавання бетонної суміші, а за допомогою монтажних кранів механізуються процеси армування та опалублення конструкцій, транспортуються інші будівельні вироби, конструкції та обладнання до робочих місць (виконується монтаж збірних конструкцій - сходових маршів, площадок вентблоків, подається цегла, будівельні розчини).

В даному курсовому проекті ми використаємо такий спосіб.

Комплект робіт з армування, монтажу, розбирання опалубки виконується монтажним кранами, а подавання бетонної суміші в опалубку до рівня верху перекриття над 4...5 поверхом 20...35 м виконуються автобетононасосом, а

наступні поверхи виконуються комплектом баштових і стрілових кранів, оснащених баштово-стріловим оснащенням.

Таблиця 3.4 – Вибір технологічного транспорту.

№ п/п	Назва конструкцій	Характеристики		Тип і марка машини	Вантажопідйомність, т	Кількість елементів, що перевозяться, шт.	Примітка
		Маса, Q, т	Довжина, L, м				
1	2	3	4	5	6	7	
1	Опалубка для фундаментів – Пері «Доміно» 1м ² – 42 кг	7.728 т	3,6	Бортовий автомобіль МАЗ 6312С5-8571-015	15,08	1 пов.	
				Гусеничний кран ДЕК-251	10 т		
3	Арматура	32,612	6х1,5	Бортовий автомобіль МАЗ 6312С5-8571-015	15,08	1 пов.	фундаментів
				Гусеничний кран ДЕК-251	10 т		
4	Бетон	704,5 м ³		Бетонозмішувач FORD TRUCK 4142M	12 м3	2 пов.	
				Автобетононасоса М36-4	Виліт стріли: Г – 23,7 м, В – 31,4 м		

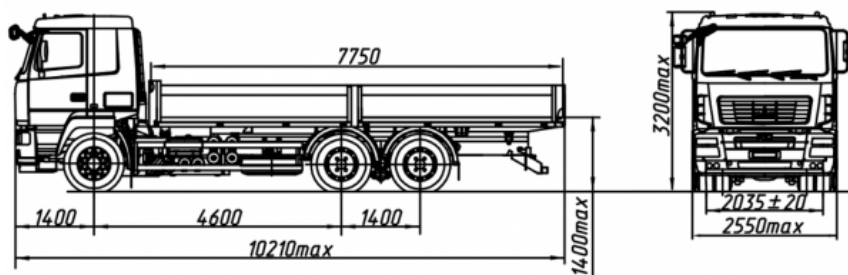
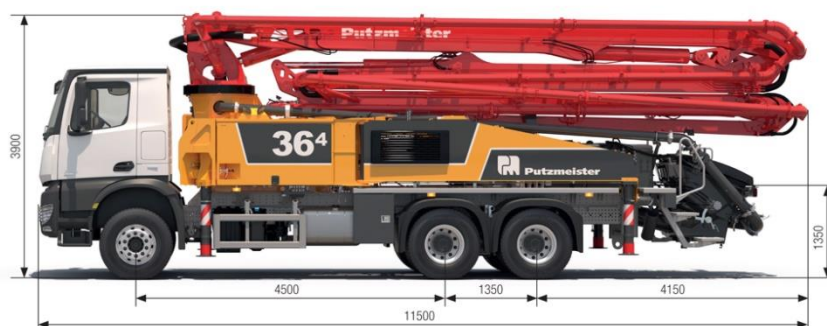


Рисунок 3.2 - Бортовий автомобіль МАЗ 6312С5-8571-015



Рисунок 3.3 - Бетонозмішувач FORD TRUCK 4142M



Note: Standard version. Dimensions and weights depend on truck, pump model and equipment.
Dimensions in mm for MB-Actros 3243.
Illustrations show special equipment.

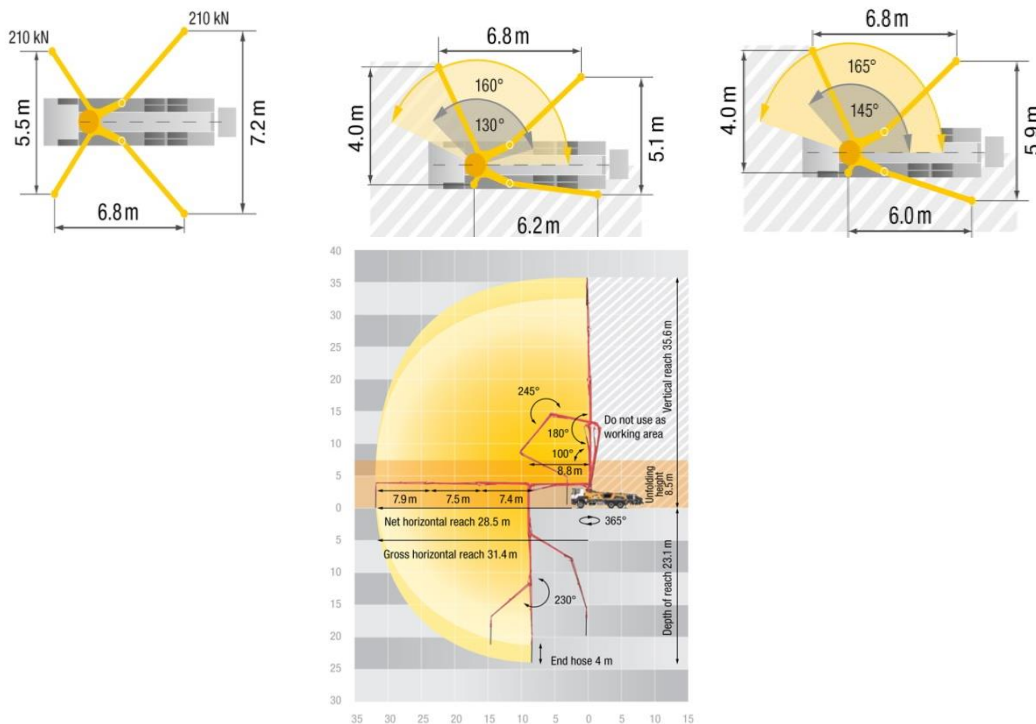


Рисунок 3.4 - Характеристики Автобетононасоса МЗ6-4

3.3.3 Вказівки щодо виконання робіт

Комплексний процес зведення будівель із монолітних конструкцій включає:

- заготовчі процеси із виготовлення (підбору) комплектів опалубки, виготовлення арматурних каркасів, армоопалубочних блоків, виготовлення товарного бетонного розчину;
- будівельні процеси - установлення опалубки та лісів, монтаж арматури та установлення закладних деталей, транспортування та укладання бетонного розчину із ущільненням, витримка бетону (догляд за бетоном влітку та інтенсифікація його твердіння в зимовий час);
- демонтаж опалубки та лісів.

Склад простих процесів, їх працемісткість та черговість виконання залежать від виду та специфіки будівлі, що зводиться, типів опалубок та механізмів, технологічних та місцевих умов виконання робіт.

Кожен простий процес виконують спеціалізовані ланки, які об'єднані у комплексну бригаду. Для поточної організації процесу зведення будівель споруду розбивають по висоті на яруси, у плані на захватки.

Плиту бетонують одразу на всю ширину і ущільнюють площадковими вібраторами.

Плити великих розмірів бетонують поперечними стрічками шириною 2,2,5 м. При цьому стрічки повинні бути направлені від одної несучої стіни до іншої.

Для отримання високоякісного бетону із заданими властивостями виконують ущільнення бетонної суміші, при якому використовують вібратори або вакуум-агрегати.

Під час використання вібраторів їх коливальні рухи передаються частками бетонної суміші, внаслідок чого ослабляється зв'язок між частками суміші, і вона стає рухливою і заповнює порожнечі. Вібратори бувають пневматичні і електромеханічні. Більш поширені електромеханічні вібратори, які

складаються з трьохфазного електромотора і ексцентрично насаджені на вісь вантажу (дебалансу). У залежності від частоти коливань розрізняють низькочастотні (до 35000 хв-1 обертань) середньо частотні (3500...9000 хв-1) та високочастотні (9000...20000 хв-1).

Щодо способу дії на бетонну суміш вібратори бувають: внутрішні (глибинні), які занурюють у бетону суміш; поверхневі, які встановлюють на бетонну поверхню, та зовнішні, які закріплюються до опалубки.

До внутрішніх вібраторів належать: вібробулава, віброштик та вібратор із гнучким валом. Вібробулава використовується для ущільнення бетонної суміші у масивних конструкціях, віброхобіт і віброштик – у тонкостінних та густоармованих конструкціях.

Товщина укладеного шару бетонної суміші не повинна перевищувати 1,25 довжини робочої частини вібратора.

Для забезпечення надійного зчеплення шарів бетонної суміші вібратор під час ущільнення повинен на 50...80 мм зануритись у лежачий нижче шар бетонної суміші.

Тривалість ущільнення складає до 20...40 с на одному місці. Візуально закінчення ущільнення визначається закінченням осідання бетонної суміші та появою на її поверхні цементного молока.

Відстань між місцями занурення вібратора не більше 1,5 радіуса його дії.

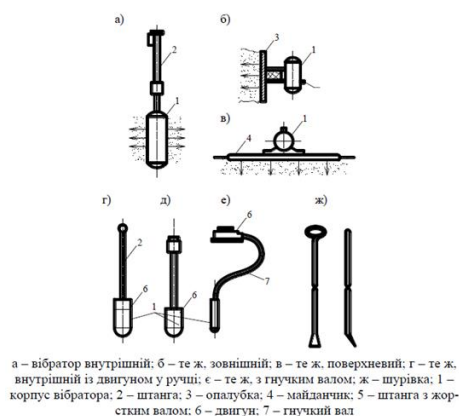


Рисунок 3.5 – Вібратори на інструмент для виконання робіт по ущільненню бетонної суміші

Поверхневі вібратори – це віброрейка і віброплощадка. Вони використовуються для бетонування слабо армованих перекриттів, склепінь та підлог товщиною не більше 250 мм, а з подвійною арматурою – не більше 120 мм (рисунок 3.5, в).

Тривалість вібрування 30...60 с.

Зовнішні вібратори закріплюються до опалубки і використовують для ущільнення бетонної суміші у тонкостінних густоармованих конструкціях.

Глибина ущільнення до 150 мм, тривалість – до 50...90 с. Недолік цих вібраторів – розхитування опалубки. Вони широко використовуються на бункерах, баддях, жолобах, хоботах для збудження руху бетонної суміші в них (рисунок 3.5, в).

Використання вакуум-агрегатів – високоефективний спосіб ущільнення бетонної суміші у тонкостінних конструкціях (оболонках, перекриттях, перегородках, підлогах) товщиною до 250...300 мм.

Сутність методу полягає у тому, що над поверхнею укладеної бетонної суміші створюють вакуум, під дією якого з останньої виводяться надлишкові повітря і вода, а до поверхні підтягується цементне молоко.

Вакуумування здійснюється за допомогою комплексу вакуум-щитів, підключених до вакуум-агрегату. Один вакуум-агрегат обслуговує 20...40 вакуум-щитів розміром 3000×4000 мм і обробляє за зміну до 200 м² бетонної поверхні.

Тривалість вакуумування при товщині шару бетонної суміші 100...200 мм понад 1 хвилину/см.

Бетон після вакуумування набуває міцності 0,3...0,4 МПа, що дозволяє ходити по ньому і розпалублювати конструкцію.

Кінцева міцність цього бетону на 20...25% вища, ніж бетону, укладеного з вібруванням. Крім того, цей бетон більш морозостійкий, менш водонепроникний, має більшу зносостійкість і кращий вигляд поверхні.

3.4 Надземна частина

Зведення надземної частини будівлі виконувати за допомогою баштового крану КБ-403 А з довжиною стріли 30м. Кран КБ-403 А встановлювати на двох ланках шляхів ($L_{\text{шляхів}}=25,0\text{м}$) у рядах «В-Г». Під підкранові шляхи відсипати щебенем з домених шлаків баластну призму. Тип рельсів Р-50, шпали залізобетонні. На рельси встановлювати тупикові упори.

Матеріали, конструкції та арматурні вироби для зведення будівлі, у зв'язку із малою площадкою, складувати безпосередньо у зоні дії монтажного крану, дотримуватись вимог згідно ДБН В.2.2-23:2009. При виробництві робіт врахувати коефіцієнт зтісненості – 1,15.

3.5 Технологія виконання будівельно-монтажних робіт

Будівельно-монтажні роботи виконувати згідно вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві». При зведенні будівельних конструкцій будівлі використовувати баштовий кран КБ-403 А.

Бетонування колон та монолітних перекриттів виконувати по поверхово у напрямі знизу-вверх. Робочі шви у колонах допускається улаштовувати тільки на рівні низу залізобетонного монолітного перекриття. Відновлювати бетонування тільки після досягнення бетоном у робочого шва міцності не менше 15кгс/см^2 . Перед кладкою бетону поверхні основи у горизонтальних робочих швах очищувати від цементної плівки. Найбільш доцільно видаляти цементну плівку одразу після закінчення схоплювання цементу (у жарку погоду через 6-8 годин після закінчення укладки, в прохолодну – через 12-24 годин). Безпосередньо перед бетонуванням поверхні затвердівши робочих швів покривати цементним розчином товщиною 20-50мм чи шаром пластичної бетоної суміші. Склад розчину чи бетону, що укладається у контактний шар, підбирати так, щоб міцність його була не нижче міцності бетону конструкції.

При бетонуванні міжповерхових перекриттів товщиною 180мм з кроком арматури не більше 100мм (щільно армовані конструкції) використовувати вібратори (віброрейки) з гнучим валом з радіусом дії не більше 80см. Для улаштування монолітних конструкцій використовувати мілкощільову металеву опалубку. Щоденно перед початком укладки бетонної суміші в опалубку перевіряти склад опалубки та тари. При появі деформації чи зміщенні окремих елементів опалубки потрібно негайно їх усунути та якщо необхідно припинити роботи. Під час дощу бетонуєму ділянку потрібно захистити від потрапляння води у бетонну суміш; розмитий бетон потрібно видалити. У літній та особливо жаркий час поверхню свіжоукладеного бетону захищати від дії прямих сонячних лучів та вітеру укривтями бетону брезенту. Зняття несучої опалубки конструкції допускається тільки після досягнення бетоном 70% міцності.

Бетонування конструкцій повинно супроводжуватися відповідними записами у журналі бетонних робіт.

По мірі зведення каркасу будівлі виконувати улаштування стінового огородження, діафрагм жорсткості, сходи та шахт ліфтів всередині будівлі. Після зведення каркасу – монтаж вітражів стінового огородження, улаштування покрівлі, розводка внутрішніх комунікацій, оброблювальні роботи, установка обладнання.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на будівельному майданчику.

На людину при роботі на будівельному майданчику можуть впливати небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працюючого, у певних умовах, приведе до захворювання або зниження працездатності.

Класифікація шкідливих факторів у сфері будівництва:

1. Мікроклімат. Джерелами параметрів мікроклімату є низька або висока температура, підвищена або знижена вологість повітря на робочій зоні; вплив опадів на будівельному майданчику може привести до простудних захворювань або виявляти інший шкідливий вплив на здоров'я й самопочуття працівників.

2. Освітлення. Не відповідність нормам природнього або штучного висвітлення, недостатнє висвітлення робочого місця є причиною стомлення, погіршення самопочуття працівників, впливають на їхню зорову систему також викликає швидку утому й хвороби око, знижує уважність і, отже, значно зменшує продуктивність праці, збільшує ймовірність нещасних випадків на виробництві.

3. Шум. Шум може вплинути:

1) на слухову функцію, що обумовлює слухову адаптацію, слухове стомлення, тимчасову або постійну втрату слуху;

2) порушення здатності передавати й сприймати звуки мовного спілкування;

3) дратівливість, занепокоєння, порушення сну;

4) зміна фізіологічних реакцій людини на стресові сигнали й сигнали, що не є специфічними для шумового впливу;

5) вплив на психічне й соматичне здоров'я;

Джерелами інтенсивного шуму на будівельному майданчику є бетонозмішувачі, дозаторні пристрої, роздавальні бункери з навісними електровібраторами, вібромайданчика, бетоноукладачі, касетні установки з навісними вібраторами й ін. устаткування;

4. Вібрація. При дії на організм вібрації страждає в першу чергу нервова система й аналізатори: вестибулярний, зоровий, тактильний. Ці порушення викликають головні болі, запаморочення, порушення сну, зниження працездатності, погіршення самопочуття, порушення серцевої діяльності, розлад зору, оніміння й набряклість пальців рук, захворювання суглобів, зниження чутливості. Джерела вібрації: бетонозмішувачі, вібромайданчики, ручний електроінструмент, будівельні машини, компресори й ін.;

5. Пил. Неприятливий вплив пили на організм може бути причиною виникнення захворювань пневмоконіоза, алергійних хвороб і хронічних захворювань органів подиху, захворювання очей і шкіри. Пил на будівельному майданчику утворюється при ритті котлованів і траншів, монтажі будинку, обробці й припасуванню будівельних конструкцій, опоряджувальних роботах, очищенні й фарбуванню поверхонь виробів, при транспортуванні матеріалів, спалюванні палива й т.п.;

6. Вага трудового процесу характеризуються надмірним фізичними навантаженнями, однотипністю виконуваних дій, відсутність перерв і відпочинку на будівельному майданчику приводять до зниження працездатності й стомлюваності працівника;

7. Напруженість трудового процесу (навантаження й негативний вплив на центральну нервову систему, органи почуттів і емоційну сферу працівника).

Небезпечний виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працівника може привести до тимчасової або стійкої втрати працездатності (виробничий травматизм або професійному захворюванню) або смерті.

При визначенні ступеня ризику травматизму розглядаються всі стадії робіт: у процесі підготовки, на стадіях виконання й завершення.

При проведенні будівельно-монтажних робіт як при будь-якому іншому виробництві ці фактори мають місце. При цьому необхідно враховувати специфіку проведених робіт і, відповідно, особливості виробничих факторів.

Класифікація небезпечних виробничих факторів на будівельному майданчику:

- механічний вплив предметів, що рухаються, механізмів або машин, а також нерухомих їхніх елементів на робочім місці. Такими предметами є зубчасті, ланцюгові, клиноремінні передачі, кривошипні механізми, рухливі столи, що обертаються деталі, а також нерухоми гострі крайки ножів, голки й т.п.;

- падіння (падіння на людину різних предметів і падіння людини в результаті проковзування, запинання, падіння з висоти або раптового погіршення здоров'я);

- вплив електричного струму. Джерелом поразки можуть бути незахищені й неізолювані електропроводи, ушкоджені електродвигуни, відкриті комутатори, незаземлене встаткування й ін.;

- термічний вплив нагрітих (охолоджених) елементів устаткування, що переробляється сировини й інших теплоносіїв. Прикладами таких елементів є гарячі трубопроводи, кришки казанів, посудин, корпуси встаткування, деталі холодильних установок і т.д.

Зони потенційно небезпечних виробничих факторів:

- Ділянки території поблизу споруджуваного будинку (спорудження).
- Поверхи (яруси) будинків і споруджень в одній захватці, над якими відбувається монтаж (демонтаж) конструкцій або встаткування.

- Зони переміщення машин, устаткування або їх частин, робочих органів.

- Місця, над якими відбувається переміщення вантажів кранами.

Таким чином, працівник у сфері будівництва, пов'язаний з використанням безлічі машин і механізмів виявляється в таких умовах праці, які завжди

характеризуються, у силу специфіки будівельного виробництва, наявністю тих або інших небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

4.2 Заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Нові працівники на роботу в будівельні організації можуть бути допущені до роботи тільки після проходження вступного (загального) інструктажу з техніки безпеки й виробничого інструктажу безпосередньо на робочім місці.

На вступному інструктажі робітників знайомлять із загальним, характером і виробничою обстановкою даного будівництва, правилами внутрішнього розпорядку; указують на необхідність дотримання правил техніки безпеки й особистої гігієни; розповідають про індивідуальні захисні засоби й порядку користування ними, правилах електробезпеки, заходах надання першої допомоги при нещасних випадках.

Повторний інструктаж повинні робити для всіх робітників не рідше одного разу в 3 місяця. Повторні інструктажі проводяться з метою періодичної перевірки знань правил техніки безпеки робітниками. Будівельникам доводиться виконувати виробничі процеси в обстановці, що постійно обновляється: міняється положення робочого місця, у міру зведення будинку або спорудження переміщаються й самі робітники разом зі своїм інструментом і реманентом; одні виробничі процеси переміняються іншими; з'являються нові механізми, матеріали, будівельні деталі. Це вимагає постійного строгого дотримання, безпечних приймань праці й виробничої дисципліни. У цих умовах поглиблення знань правил техніки безпеки, їх повторення на інструктажах мають важливе профілактичне значення.

При монтажі будівельних конструкцій виконують ряд процесів. Найважливіші з них: перевірка стану конструкцій, пристрій риштування для роботи монтажників на висоті, підготовка елементів до підйому, стропування

конструкцій, підйом, установка, вивірка й закріплення конструкцій у проектнім положенні.

Насамперед забезпечують правильне розміщення й складування елементів конструкцій, а також монтажних пристосувань, реманенту й оснащення, установлюють у необхідних місцях покажчики й огороження небезпечних зон, написи й сигнали, що попереджають про небезпеки або заборонні рух. Збірні елементи складують у місцях, передбачених будгєнпланом проекту провадження робіт. Не дозволяється зберігати великогабаритні конструкції притуленими до штабелів виробів або стінам будинків.

У процесі монтажу збірних конструкцій необхідно забезпечувати повну безпеку всіх працюючих у зоні дії піднімальних механізмів і установки конструкцій. Для цього роботи ведуть такими способами й у такій технологічній послідовності, яка передбачена проектом монтажних робіт і технологічними картами.

При установці монтуємої деталі (елемента) на місце кран повинен виконувати тільки один рух (операцію). Під час перерв у роботі забороняється залишати вантаж висячим на гаку крана.

Усі, що рухаються частини будівельних машин (ремінні, шестеренні передачі, муфти з виступаючими болтами, гальма й фрикціони, вали й барабани), розташовані поблизу проходів і робочих місць, закривають знімними огороженнями.

При проведенні висотних робіт на висоті більш 1,8 м необхідно використовувати засоби захисту. Працівники повинні бути захищені від падіння поручнями, сітками безпеки або ж за допомогою індивідуальних засобів запобігання падіння (ІСПП). Робота, виконувана із приставних сходів, будівельних лісів і колисок підпадає під спеціальні правила техніки безпеки. Будівельники житлових будинків повинні працювати, використовуючи пояса безпеки, страховочні прив'язі (з поясом або без), стропи з карабінами для приєднання до гнучких анкерних ліній з канатів і тимчасовим крапковим

анкерним кріпленням на даху, які й становлять індивідуальну систему запобігання падіння. Кожне з індивідуальних засобів запобігання падіння повинне бути перевірене на цілісність, справність, відсутність ушкоджень і дефектів. Обов'язкова перевірка кріпильних з'єднань, вузлів і з'єднуючих елементів стропування й інших пристосувань.

До заходів щодо забезпечення електробезпеки ставляться: захисне заземлення; занулення; вирівнювання потенціалів; мала напруга; електричний поділ мереж; захисне відключення; ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна); компенсація струмів замикання на землю; огорожувальні пристрої; попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки; засобу захисту й запобіжний пристосування.

Оптимальну освітленість виробничих приміщень можна забезпечити:

- раціональним розміщенням освітлювальних установок;
- сполученням природнього й штучного висвітлення;
- комбінацією загального висвітлення з місцевим;
- використанням відповідного типу й потужності ламп;
- зміною (при необхідності) висоти установки світильників над робочою поверхнею;
- здійсненням періодичного (не рідше 1 рази в рік) контролю освітленості і яскравості на основних робочих поверхнях;
- обслуговуванням освітлювальних установок (заміною негідних ламп, усунення забруднень світильників);
- раціональним розміщенням виробничого встаткування щодо віконних прорізів і освітлювальних установок;

Для забезпечення безпеки будівельників при роботі з хімічними й отруйними речовинами необхідно забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (рукавички, респіратори, окуляри й інші предмети спецодягу), а також улаштувати періодичне провітрювання приміщення, у якому проводяться роботи.

При проектуванні будинків зниження вібрації в джерелі забезпечують застосуванням малощумного встаткування й вибором правильного режиму його роботи; при будівництві й експлуатації будинків – технічною справністю встаткування. Зниження вібрації на шляху її поширення (віброізоляція встаткування, віброізоляція воздуховодів, віброізолючі майданчика, килимки, сидіння) досягається комплексом архітектурно-планувальних і акустичних заходів.

Методи зменшення шкідливих вібрацій для робітників може бути досягнута в застосуванні віброзахисного спецодягу.

Заходу щодо захисту від шуму доповнюються застосуванням засобів індивідуального захисту у вигляді різних навушників, вкладишів, шоломів, а також застосовують шумозахисні кожухи, екрани, глушители на джерело.

Забезпечення нормального мікроклімату досягається правильним пристроєм будівельного майданчика, захистом від холодних або жарких погодних умов і впливу опадів.

Для запобігання перенапруги й стомлюваності працівників, необхідно вести роботи із графіка, з перервами й відпочинком, виконувати роботи бригадами.

4.3 Техніка безпеки

4.3.1 Техніка безпеки при проведенні опалубних робіт

Роботи з установки й розбиранню опалубки на будівельному майданчику виконують у строгій відповідності із правилами виробництва й приймання робіт і технікою безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009.

Одночасне провадження робіт у дві й більш ярусах по одній вертикалі допускається при наявності між ними міжповерхових перекриттів.

До початку монтажу опалубку необхідно обстежити внизу на спец. майданчику.

Скупчення людей на риштованні й опалубці перекриттів не допускається.

Установку розбірно-переставної опалубки на висоті більш 1,5 м від землі або нижчележачого перекриття ведуть із риштування збірно-розбірних, що мають нагорі майданчик з огороженням висотою не менш 1,1 м.

При роботі без риштування робітників постачають запобіжними поясами з карабінами й указують місця надійного закріплення запобіжного пояса.

За станом усіх конструкцій риштування, у тому числі з'єднань, кріплень і огорожень, необхідно систематичне спостереження, яке повинен здійснювати, перед початком зміни, майстер, що керує відповідною ділянкою робіт на даному об'єкті.

Установлювати кранами Г-Г- образні секції опалубок і щити великощитовий, можна в тому випадку, якщо елементи становлять тверду систему.

Розбирання опалубки повинна проводитися після досягнення бетоном заданої міцності. Перед початком розбирання опалубки несучих конструкцій потрібно перевірити міцність бетону. Проводиться перевірка на відсутність тріщин і інших дефектів, що можуть спричинити неприпустимі прогини або обвалення конструкції при знятті опалубки.

При розбиранні опалубки необхідно вживати заходів проти падіння елементів опалубки. Обов'язкове стропування елементів опалубки зовнішніх стін до початку демонтажу. При демонтажі об'ємно - переставної опалубки обов'язково дотримувати черговості демонтажу П образних секцій. Після демонтажу однієї П образної секції встановлювати підпірні стійки перекриттів, після чого допускається робити демонтаж другий П образної секції.

Готування й нанесення будь-яких змащень на поверхні опалубки необхідно виконувати в спецодезі із застосуванням засобів індивідуального захисту.

Під час грози й при вітрі силою більш 6 балів роботу на висоті необхідно припинити.

4.3.2 Техніка безпеки при виробництві арматурних робіт

Елементи каркасів арматури необхідно пакетувати із урахуванням умов їх

підйому, складування й транспортування до місця монтажу.

Після установці арматур в опалубку її необхідно закріпити, при цьому, перебуває на вже встановленій арматурах заборонене.

В'язати або зварювати арматури, коштуючи на прив'язаних або приварених хомутах або стрижнях, заборонене.

Арматури перед установкою в опалубку необхідно очищати від бруду сміття й окалини.

При установці арматур стін і інших вертикальних конструкцій на висоті більш 1,5м слід улаштовувати підмості з настилом шириною не менш 1 м і огороженням висотою не менш 1,1м.

Ходити по за армованому перекриттю дозволяється тільки по ходах шириною 0,3 і 0,4 м, установленим на козелках.

Заборонено зберігати запаси арматур на риштованні.

При установці арматур поблизу електричних проводів, що перебувають під напругою, слід прийняти заходи, що виключають дотик арматури до проводів.

Допуск до виробництва зварювальних робіт повинен здійснюватися після ознайомлення з технічною документацією й проведенням інструктажу з експлуатації встаткування й охороні праці.

Перед початком електрозварювальних робіт необхідно перевірити:

- справність електрозварювального апарата й ізоляцію корпусу апарата, наявність і правильність заземлення зварювального апарата, відсутність поблизу місця зварювання легко займистих речовин.

Виконувати електрозварювальні роботи під відкритим небом під час дощу або снігопаду при відсутності навісів над електрозварювальним устаткуванням і робочим місцем електрозварювача заборонене. Довжина проведення між живильною мережею й пересувним зварювальним агрегатом для ручного дугового зварювання повинна бути більш 15 м. Не можна використовувати проведення з ушкодженої оплётки і ізоляцією.

Зварники, що працюють на висоті, повинні користуватися

запобіжними поясами й вогнестійкими страхівними фалами з карабінами, мати спеціальні сумки для інструмента й збору недогарків електродів. Розкидати недогарки заборонене.

Робітників, що допомагають електрозварювачу, залежно від умов також забезпечують щитками й окулярами.

Слід регулярно перевіряти справність електрозварювальних апаратів і агрегатів, обертуючи особливу увагу на відсутність напруги на їхніх корпусах при включеному стані. При електрозварюванні плавленням електродо тримачі повинні мати простої й надійне з'єднання зі зварювальним проведенням, надійну ізоляцію й міцно затискати електрод.

При заміні електрода заборонено доторкатися до струмоведучих частин.

4.3.3 Техніка безпеки при проведенні бетонних робіт

Такелажне встаткування кранів, підйомників і тару необхідно до початку робіт випробувати відповідно до правил експлуатації.

Щодня перед початком укладання бетону в опалубку необхідно перевіряти стан тари, опалубки й засобу підмашування. Виявлені несправності слід негайно виправляти.

При укладанні бетону в опалубку за допомогою бункера потрібно звертати увагу на затвор, який повинен забезпечувати:

- щільне перекриття вигрузного отвору;
- можливість порціонного вивантаження бетонної суміші;
- вільний поворот на опорах;
- зусилля на рукоятці не більш 60Н;
- затвор повинен виключати можливість саморозвантаження бункера. При укладанні бетонної суміші відстань від низу бункера до поверхні, на яку укладається бетон, не повинне перевищувати 1м.

Працювати з електровібраторами бетонник повинен тільки в справних гумових чоботах і рукавичках.

Проведення від розподільного щитка до вібраторів містять у захисний

шланг; корпус вібратора на місці роботи обов'язково заземлюють. Щоб зробити роботу безпечної, вібратори харчують струмом низької напруги — 36...42 В.

Щодня по закінченню роботи вібратори очищають від бетонної суміші та бруду, обтирають та здають на склад; обмивати вібратор водою заборонене.

Для включення електровібраторів застосовують пристрою закритого типу; використання штепсельних розеток неприпустимо. Електричні рубильники постачають захисними кожухами й містять у ящики, що защіпаються на замок. Металеві ящики заземлюють і охороняють від влучення в них води.

Працювати з вібраторами із приставних сходів заборонене. При переході з електровібратором з одного місця на інше, а також при кожній короточасній перерві в роботі вібратор потрібно обов'язково виключати. Не можна переміщати вібратор підтягуванням за живильне проведення.

4.4 Розрахунки освітленості будівельного майданчика

Вихідними даними для розрахунків є площа будівельного майданчика 4460 м² і площа ділянки для висвітлення 3945,25 м².

При визначенні типу висвітлення слід урахувати вид виконання робіт і площа освітлюваного ділянки.

Електричне висвітлення будівельних майданчиків здійснюють за допомогою стаціонарних і пересувних інвентарних установок. Для прожекторного висвітлення використовують щогли висотою від 10 до 50 м, виконані з дерева, металу, залізобетону й сплавів алюмінію.

Для всіх будівельних майданчиків і ділянок, де роботи виконуються в темний час доби, передбачається пристрій робочого висвітлення. Висвітлення для монтажу будівельних конструкцій повинне бути не менш 30 лк.

Евакуаційне висвітлення передбачається в місцях основних шляхів евакуації людей, а також у місцях проходу, пов'язаних з небезпекою травматизму. Освітленість усередині споруджуваного будинків повинна

становити не менш 0,5 лк, поза будинком – 0,2 лк.

Джерелами світла при виконанні робіт на будівельних майданчиках можуть бути:

- лампи розжарювання (ЛН), при ширині майданчика до 20 м;
- дугові ртутні лампи (ДРЛ) і дугові неонові трубчасті лампи (Днат), при ширині майданчика від 20 до 150 м;
- дугові ртутні з випромінюючими добавками лампи (ДРИ), при ширині від 150 до 300 м;
- дугові неонові трубчасті (Дкст) або кульові (Дксш) лампи, при ширині майданчика більш 300 м.

При розміщенні освітлювальних приладів на будівельних майданчиках необхідно враховувати, що нормативна освітленість повинна бути забезпечена мінімальним числом приладів, при цьому повинне бути зручно їх експлуатувати.

Застосування прожекторного висвітлення для будівельних майданчиків має ряд істотних переваг у порівнянні з висвітленням світильниками: економічність, сприятливе для об'ємного бачення співвідношення вертикальної й горизонтальної освітленості, менша завантаженість території стовпами й повітряною проводкою, а також простота обслуговування освітлювальної установки.

Розрахунки прожекторного висвітлення звичайно проводять для визначення типу прожектора, необхідної їхньої кількості, висоти, місця й кута нахилу оптичної осі у вертикальній і горизонтальній площинах, що забезпечують задану нормативну освітленість місць провадження робіт.

4.5 Вимоги пожежної безпеки

У будинках повинні бути передбачені конструктивні, об'ємно-планувальні й інженерно-технічні розв'язки, що забезпечують у випадку пожежі:

- загальну стійкість і геометричну незмінюваність будинку протягом певного часу, обумовлений його необхідним ступенем вогнестійкості;
- можливості евакуації людей, незалежно від їхнього віку й фізичного стану, назовні на прилягаючу до будинку територію (далі - назовні) до настання погрози їх життя й здоров'ю внаслідок впливу небезпечних факторів пожежі;
- тимчасове розміщення людей у колективних рятувальних пристроях, протипожежних зонах і місцях протягом часу, необхідного для їхнього порятунку;
- можливість порятунку людей безпосередньо із займаних ними приміщень будинку;
- можливість доступу особового складу протипожежних підрозділів і подачі засобів пожежогасіння до вогнища пожежі, а також проведення заходів щодо порятунку людей і матеріальних цінностей;
- нерозповсюдження пожежі на поруч розташовані будинки;
- обмеження прямого й непрямого матеріального збитку, включаючи сам будинок його вміст, при економічно обґрунтованим співвідношенні величини збитку й витрат на протипожежні заходи.

4.6 Вимоги електробезпеки

При пристрої електричних мереж на будівельному майданчику необхідно передбачати можливість відключення всіх електроустановок у межах окремих об'єктів і ділянок робіт.

Роботи, пов'язані із приєднанням (від'єднанням) проводів, ремонтом, налагодженням, профілактикою й випробуванням електроустановок, повинні виконуватися електротехнічним персоналом, що мають відповідну кваліфікаційну групу по техніці безпеки.

Приєднання до електричної мережі пересувних електроустановок, ручних електричних машин і переносних електричних світильників за допомогою штепсельних з'єднань, що задовольняють вимогам електробезпеки,

дозволяється виконувати персоналу, допущеному до роботи з ними.

Установка запобіжників, а також електричних ламп повинна виконуватися електромонтером, що застосовують засобу індивідуального захисту.

Монтажні й ремонтні роботи на електричних мережах і електроустановках повинні проводитися після повного зняття з них напруги й при здійсненні заходів щодо забезпечення безпечного виконання робіт.

При зберіганні, перевірці, видачі для роботи й експлуатації ручних електричних машин, що знижують трансформаторів, перетворювачів частоти й переносних електричних світильників повинні дотримуватися Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

При веденні робіт поза приміщеннями у всіх випадках, а в приміщеннях - в умовах підвищеної небезпеки поразки працюючих електричним струмом необхідно застосовувати ручні електричні машини з дотриманням відповідних вимог. При роботі з електричними машинами необхідно застосовувати засобу індивідуального захисту.

При наявності особливо небезпечних умов поразки працюючих електричним струмом слід користуватися тільки електричними машинами із застосуванням діелектричних рукавичок, калош і килимків.

Переносний приймач електричної енергії (електротехнічний виріб для приєднання до джерела живлення повинен мати кабель із заземлюючої жилою й штепсельне рознімання із заземлюючим контактом, що забезпечує випереджальне замикання заземлюючого контакту при включенні й більш пізніше розмикання його при відключенні.

Металеві риштування, рейкові шляхи електричних вантажопідйомних кранів і інші металеві частини будівельних машин і встаткування з електроприводом повинні мати захисне заземлення.

Вимикачі, рубильники й інші комутаційні електричні апарати, застосовувані на будівельному майданчику або встановлювані на виробничім будівельнім устаткуванні й машинах, повинні бути в захищеному виконанні.

Струмоведучі частини електроустановок повинні бути ізольовані, обгороджені або розміщені в місцях, не доступних для дотику до них.

Зовнішні електропроводки тимчасового електропостачання повинні бути виконані ізольованим проведенням, розміщені на опорах на висоті над рівнем землі, підлоги, настилу не менш, м:

- 2,5 - над робітниками місцями;
- 3,5 - над проходами;
- 6,0 - над проїздами.

Монтаж і експлуатація електропроводок і електротехнічних виробів повинні виключати можливість теплових проявів електричного струму, які можуть привести до загоряння ізоляції або, що поруч перебувають горючих матеріалів.

Захист електричних мереж і електроустановок будівельних майданчиків від струмів міжфазного короткого замикання й замикання на корпус, повинна бути забезпечена за допомогою установки запобіжників з каліброваними плавкими вставками або автоматичних вимикачів.

Світильники загального висвітлення, приєднані до джерела живлення (електромережі) напругою 127 і 220 В, повинні встановлюватися на висоті не менш 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. При висоті підвісу менш 2,5 м світильники повинні приєднувати до мережі напругою не вище 42 В.

При роботах в особливо небезпечних умовах повинні застосовуватися переносні світильники напругою не вище 12 В.

4.7 Розрахунки вогнестійкості ЗБ колони

Розрахунки вогнестійкості ЗБ колони проводиться по втраті несучої здатності та по прогріву поверхонь, що не обігріваються колони до неприпустимої температури.

Момент часу впливу пожежі, після закінчення якого, температура на поверхні конструкції досягає не припустимого рівня або несуча здатність

знизиться до величини коли діючі на конструкцію навантаження конструкції досягає неприпустимого рівня, це характеризує розрахункову вогнестійкість конструкції.

При розрахунках конструкції на вогнестійкість вирішують два завдання: теплофізичну та міцністю.

Результати рішення теплофізичного розрахунку служать вихідними даними для наступного вирішення міцнісного завдання вогнестійкості: визначення зміни несучої здатності конструкцій у різні моменти часу та впливу пожежі.

РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

5.1. Аналіз та стан питання акумуляції теплової енергії у будівлях, архітектурно-планувальних рішень та матеріалів

Теплова енергія може акумулюватися: речовинами, які при нагріванні та охолодженні оборотно змінюють свій агрегатний стан, структуру або хімічний склад (тобто акумулювання енергії відбувається за рахунок зміни фазового стану); за рахунок хімічних реакцій; за рахунок зміни температури речовини.

У разі розміщення матеріалу що забезпечує адаптацію та перехід речовини з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату в огорожувальних конструкціях будівель, слід очікувати підвищення теплової інерційності цих конструкцій, згладжування коливань, зменшення та/ або зсув пікових значень температури внутрішнього повітря.

Великий вплив на енергоспоживання мають архітектурно-планувальні рішення та параметри теплозахисту, які визначають теплове навантаження на системи опалення, вентиляції та кондиціювання. Крім теплозахисту будівлі, підвищити енергетичну ефективність забезпечення мікроклімату може економічна оптимізація конструктивних елементів будівлі. Теплонадходження від сонячної радіації залежать від ступеня скління фасадів, наявності сонцезахисних пристроїв, а також співвідношення сторін будівлі та орієнтації фасадів будівлі. До зростання витрати теплоти на опалення-охолодження будівлі призводить до збільшення ступеня скління.

На енергоспоживання впливає форма будівель. Для будівель, що мають витягнуту форму, можна вибрати таку орієнтацію, за якої витрата теплоти на опалення буде найменшою.

Від співвідношення висоти будівлі та сторін будівлі залежить площа S зовнішніх огорож i , отже, величина тепловтрат.

Ефективним засобом зниження теплових навантажень на системи кліматизації є суміщення функцій огорож та систем. Це, наприклад, вентилявані вікна, в яких у холодну пору утилізується тепло витяжного повітря, а в теплий час видаляється поглинене у вікні тепло від сонячної радіації.

Істотно знизити теплове навантаження на системи вентиляції та кондиціонування у теплий період року може нічне провітрювання, при якому повітрообмін може бути знижений майже у 2 рази. Додатково повітрообмін може бути зменшений під час використання для нічного провітрювання каналів міжповерхових перекриттів

Одним з найбільш використовуваних засобів підвищення енергоефективності є утилізація теплоти викидного повітря. У теплообміннику теплота повітря, що видаляється витяжними системами, передається припливному повітрі, що знижує теплоспоживання повітронагрівачів систем вентиляції та кондиціонування.

Для того, щоб підвищити потенціал вторинних відновлюваних джерел енергії необхідно використовувати теплові насоси, які являють собою обернену холодильну машину, за допомогою якої можна витягти тепло з відносно низької температури, тобто. низькопотенційне тепло.

Одним із невичерпних джерел тепла є сонячна енергія, яка використовується у геліоустановках.

Зменшити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можуть енергоефективні режими роботи. Це періодична робота систем опалення, коли в період, коли приміщення не експлуатується, у ньому підтримується нижча температура, періодичне вентилявання.

Таким чином ясно, що в цілому знизити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можна, об'єднавши в комплексі всі пристрої та технології зниження енергоспоживання до рівня, при якому зберігаються необхідні параметри мікроклімату в приміщенні. Це можливо за наявності системи автоматизованого керування.

Також були вивчені роботи (дослідження), проведені каліфорнійськими вченими. Каліфорнійські вчені проаналізували результати дослідження, які були профінансовані в рамках Громадської програми енергетичних досліджень Каліфорнійської енергетичної комісії (США) та охопили 215 модулів ОВіК у 75 різних будинках [1].

Аналіз досліджень показав, що проблема, яка була згадана в роботі, а саме перевитрата енергії, виникає через слабку системну інтеграцію при проектуванні. Запропонована стратегія інтегрованого проектування ґрунтується також на тому факті, що системи опалення, вентиляції та кондиціонування не можуть функціонувати незалежно одна від одної, а є частиною комплексу, що взаємодіє, тобто будівлі, інженерного обладнання будівлі, а також внутрішніх санітарно-технічних систем.

Стратегія зменшення теплового навантаження за рахунок використання економічного освітлення, посиленої теплової ізоляції, високоякісного скління дахів з поверхнею, що відбиває, і т.п. є основними елементами стратегії.

Заходи, які здійснюються ще на стадії розробки проекту, окупаються за рахунок того, що зменшується необхідна потужність і водночас зменшується вартість обладнання оплення вентиляції та кондиціонування (ОВіК), а також відповідних розподільчих систем.

Порівняння того ефекту, що досягається від запровадження енергозберігаючих заходів і виходячи з отриманих даних [1] було зроблено для трьох каліфорнійських міст. Діаграма зниження потужності систем ОВіК представлена на рисунку 6.1.

Результати показали, що теплоізоляція даху дає найбільший ефект серед енергозберігаючих заходів (близько 25%). Хоча при цьому загальну потужність систем ОВіК вдалося знизити лише на 35...45 % залежно від географічного розташування об'єкта.

Також було розглянуто дослідження німецьких спеціалістів. Зокрема на прикладі Німеччини розглянута можливість різкого зниження енергії будівлі, яка потрібна для опалення, яке досягається за рахунок покращення

теплоізоляції будівлі, а також використання енергоефективних опалювальних систем

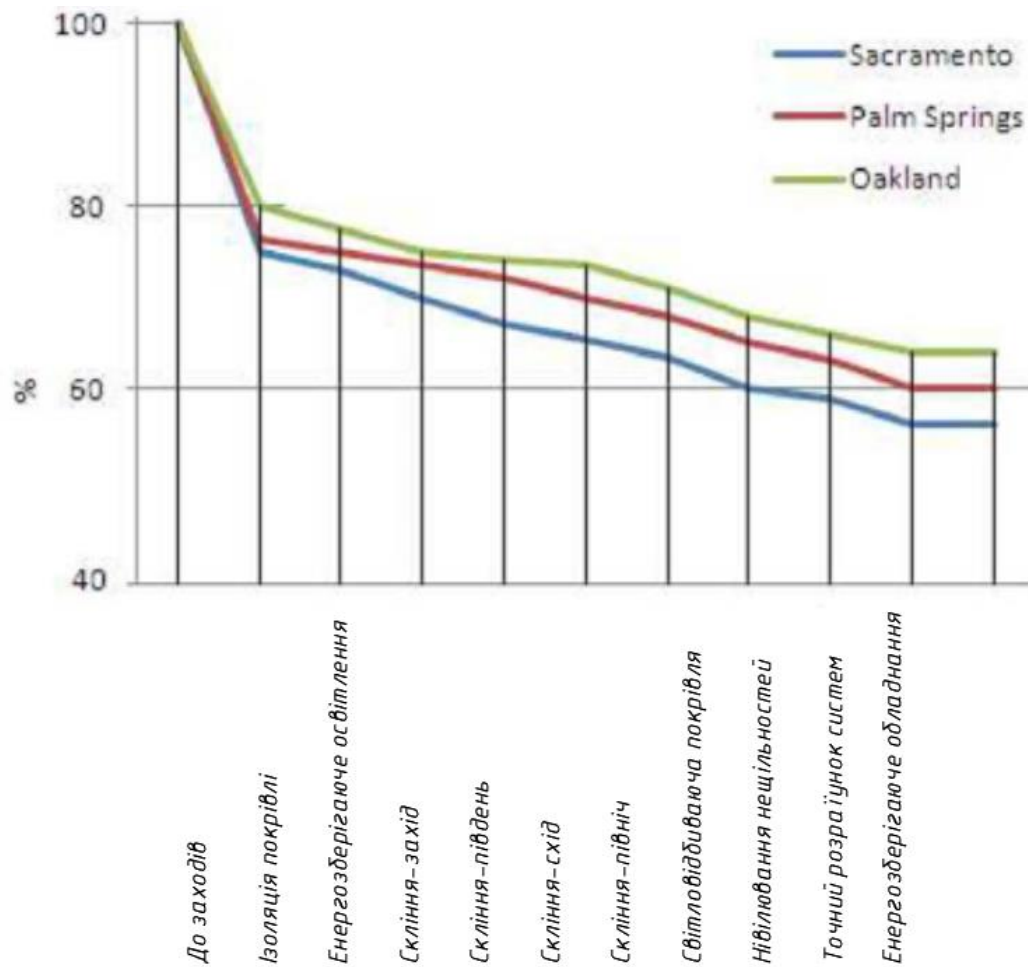


Рисунок 6.1 - Зниження потужності систем ОВК внаслідок впровадження енергозберігаючих заходів

Виходячи з цього можна сказати, що шлях переходу від будівель старої споруди, з питомою витратою енергії на опалення 300-400 кВт*год/м², до будівель з низьким енергоспоживанням, що використовується на опалення від 40 до 80 кВт*ч/м², чітко позначений, тобто для того, щоб знизити енергоспоживання всієї будівлі або будівель, достатньо врахувати такі елементи, які поставлені в порядку їх значущості:

- 1) теплоізоляція будівель із високою ефективністю;
- 2) сучасні системи опалення з регулюванням, які відповідають найвищому рівню теплоізоляції з високим ККД;

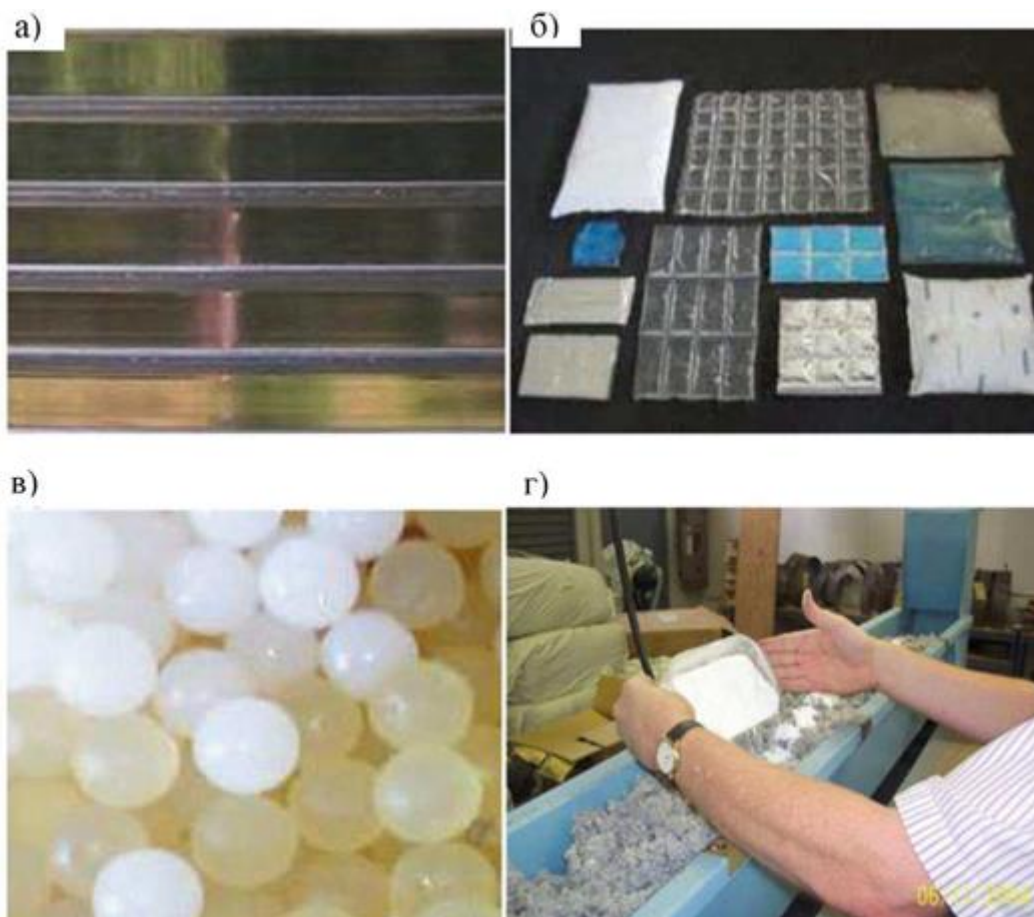
- 3) великі скляні поверхні (вікна), які призначені для пасивного використання сонячної енергії, та які встановлюються з південного боку будівлі;
- 4) рекуперація тепла у системах вентиляції;
- 5) осмислене ставлення мешканців до будівель, у яких низьке енергоспоживання.

Спроба вирішити окремі завдання окремо один від одного, як правило, не дають належного ефекту. Так, наприклад, на термовологий режим будівлі істотно впливає підвищення термічного опору конструкцій будівель, що огорожують, і вимагає зміни системи опалення та вентиляції. І якщо не підвищувати термічний опір віконних блоків, стає неможливим підвищення теплового опору стінових огорож і це не призводить до необхідних результатів та інше. Дослідження, які були проведені у нас та в ряді зарубіжних розвинених країн, дозволяють стверджувати, що ефективна політика енергозбереження у будівництві можлива лише у разі комплексного підходу: а це досягається при розгляді житлової будівлі як системи, яка забезпечує у приміщеннях необхідний комфорт та якісний мікроклімат для проживання людини. Причому такий підхід необхідно реалізувати як і для житла, що знову будується, так і для існуючого, а це можливо зробити тільки при кардинальній зміні системи проектування, яка заснована на інтеграції всіх інженерних систем будівлі і конструктивних елементів.

Зазвичай адаптація та перехід речовини з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату за походженням поділяють на органічні (для будівельних конструкцій найчастіше використовують парафіни, жирні кислоти), неорганічні (гідрати солей), окремо виділяють суміші та евтектики (евтектичні суміші жирних кислот та гідратів солей), які можуть як повністю складатися з органічних або не органічних сполук, так і містити органіку та неорганіку одночасно. На відміну від неевтектичних матеріалів, евтектики являють собою однорідну композицію з двох і більше компонентів, які здійснюють фазовий

перехід конгруентно : склад рідини збігається зі складом твердої фази. Крім перерахованих класів, у температурному діапазоні фазових переходів від 0°C до, приблизно, 30°C знаходяться клатрати , від 90°C до 200°C цукрові спирти. При необхідних температурах фазового переходу нижче 0°C часто застосовують евтектичні водно-сольові розчини, а вище 150°C можливе застосування різних солей та їх сумішей

Оскільки в рідкому стані матеріали з фазовим переходом текучі, утримання адаптації та перехід речовини з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов при проектуванні будівель на засадах адаптації до змін клімату в будівельних матеріалах або конструкціях досягають за допомогою упаковки (інкапсуляцією, мікро і макроінкапсуляцією , див. рисунок 6.1.1) або отриманням стабілізованої форми (shape-stabilized PCM, SS PCM). Мікрокапсуляція дозволяє отримати матеріал з фазовим переходом, укладений у капсулах з розмірами від менше 1 мкм до приблизно 300 мкм (рисунок 6.2). Можливі як наближені до правильної форми капсул, так і неправильні. Через невеликі розміри, матеріал з фазовим переходом може бути отриманий у вигляді порошку або диспергований в рідину, зазвичай воду (суспензія). У вигляді гранул ці речовини поміщаються у пластикові, скляні, металеві масивні контейнери, пакети з фольги або безпосередньо у будівельні суміші в процесі їх виготовлення . Недоліком є -тенденція до затвердіння/танення по краях, що призводить до більш повільного поглинання та вивільнення енергії. Видом речовин визначається вибір матеріалу для пакування: гідрати солей можуть викликати корозію, а парафіни розм'якшують пластику [2-3].



а) прозорі віконні модульні контейнери з розплавленим неорганічним PCM - Dorken GmbH & Co , Німеччина б) пакети з алюмінієвої та пластикової фольги, що містять PCM - Products Ltd, Великобританія в) мікро капсулювання PCM у вигляді сфер - Products Ltd, Великобританія г) додавання мікрокапсульованого PCM в целюлозу -експериментальна продукція

Рисунок 6.1.1 - Види упаковок для речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов

A. Jamekhorshid , S. Sadrameli і M. Farid [4] порівняли 12 способів мікроінкапсуляції, заснованих на фізичних, фізико-хімічних і хімічних методів створення стінки мікрокапсули. Вибір цих способів залежить від необхідних термічних та механічних властивостей, розміру та будови капсули, товщини оболонки, матеріалу ядра та оболонки. Матеріалом ядра зазвичай є парафіни, через добре опрацьований і відносно простий процес їх мікроінкапсуляції.

J. Kosny , AM Farid та ін. розглянули включення мікрокапсул і різні види волоконної ізоляції. Мікрокапсуляція забезпечує підвищену теплопередачу з будівельним матеріалом за рахунок збільшеної порівняно з більшeroзмірними упаковками поверхні теплообміну, і дещо знижує міцність цього матеріалу. Найчастіше мікрокапсуляція речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов вимагає складних процедур підготовки, що ускладнює її масове виробництво [5].

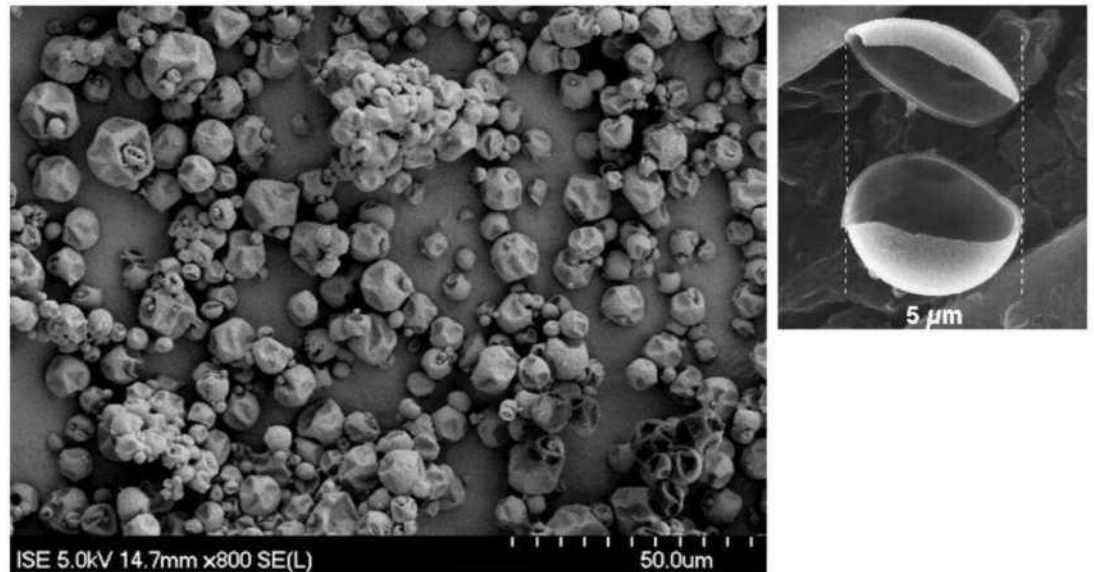


Рисунок 6.2 - Зображення з електронного мікроскопа багатьох капсул (ліворуч) та відкритої мікрокапсули (праворуч) [6].

Для отримання матеріалів стійкої форми використовуються такі прийоми: просочування механічно стабільних пористих матеріалів; отримання композиту з речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов та матеріалу, який буде служити підтримуючою структурою; комбінування обох способів - заповнення пір стабільного матеріалу матеріалом з фазовим переходом та структурою, яка підтримує його в порах [2-3].

Автори [7-9] вказують , що спосіб занурення, при якому речовини що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов в рідкому стані поглинається за допомогою капілярного підйому в пори

таких будівельних матеріалів, як гіпс, цегла або бетон, має технологічні складності.

У таблиці 6.1 представлені характеристики вироблених матеріалів з речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов (фазовим переходом), що змінюється.

Таблиця 6.1 - Вироблені матеріали з фазовим станом, що змінюється.

№ п/п	Найменування матеріалу, його марка	Температура - плавлення / кристалізації, °C	Тепло - провідність в рідині - /твердої фази, Вт/(м ² К)	Прихована теплота, кДж/кг	№ п/п	Найменування матеріалу, його марка	Температура - плавлення / кристалізації, °C	Тепло - провідність в рідині/твердої фази, Вт/(м ² К)	Прихована теплота, кДж/кг
1. Climator [10]									
1	ClimSel C-21	-21/-24	0.33/1.45	285	7	ClimSel C28	31/27	0.72/0.98	170
2	ClimSel C-18	-18/-23	0.56/2.17	288	8	ClimSel C32	32/29	1.08/0.76	160
3	ClimSel C7	8/4	0.59/0.78	123	9	ClimSel C48	53/48	0.53/0.76	180
4	ClimSel C10	6/11	0.70/0.83	116	11	ClimSel C58	58/55	0.47/0.57	260
5	ClimSel C21	26/21	0.75/0.93	134	12	ClimSel C70	77/70	0.81	144
6	ClimSel C24	27/24	0.93/0.74	140					
2. Croda International Plc [11]									
13	Croda Therm TM -22	-23/-24	0.19/0.16	120	21	Croda Therm TM 24W	23.8/22.2	0.16/0.22	184/-182
14	Croda Therm TM 5	5.1/2.7	0.15/0.23	191/-190	22	Croda Therm TM E29D	28.8/23.5	н.д.	183/-179
15	Croda Therm TM 6.5	6.8/2.5	0.15/0.24	184/-182	23	Croda Therm TM E29P	28.8/23.5	н.д.	183/-179
16	Croda Therm TM 9.5	9	0.15/0.24	135	24	Croda Therm TM 29	29/26	0.15/0.22	207/-205
17	Croda Therm TM 15	15/9.5	0.10/0.29	177/-176	25	Croda Therm TM 32	32/29.5	0.16/0.22	190
18	Croda Therm TM 19	19.3/17.9	0.16/0.23	175/-176	26	Croda Therm TM 37	36/8/35	0.17/0.24	204/-202
19	Croda Therm TM 21	21/19	0.15/0.18	190	27	Croda Therm TM 53	53/51	0.16/0.28	226/-225

20	Croda Therm™ 24	24.1/20.1	0.16/0.29	183	28	Croda Therm™ 60	59/8/58/4	0.17/0.29	217/-212
3. Insolcorp [12]									
29	18 C ⁰ Infinite R	18	0.54/1.09	200	32	25 C ⁰ Infinite R	25	0.54/1.09	200
30	21 C ⁰ Infinite R	21	0.54/1.09	200	33	29 C ⁰ Infinite R	29	0.54/1.09	200
31	23 C ⁰ Infinite R	23	0.54/1.09	200					
4. Microtek laboratories, inc [13]									
34	fibratek 28S	28	Н.Д.	160	50	nextek 18D	50	Н.Д.	190
35	fibratek 24S	24		97	51	nextek 24D	51		170
36	fibratek 28D	28		160	52	nextek 28D	52		180-190
37	fibratek 24D	24		160	53	nextek 32D	53		170
38	Micronal 28S	28		160	54	nextek 37D	54		190
39	Micronal 24S	24		105	55	PCM-30	55		150-160
40	Micronal 28D	28		160	56	PCM-10	56		175-185
41	Micronal 24D	24		97	57	PCM6	57		180-190
42	nextek 6	6		170	58	PCM18	58		205-215
43	nextek 18	18		190	59	PCM24	59		165-175
44	nextek 24	24		170	60	PCM28	60		195-205
45	nextek 28	28		180-190	61	PCM32	61		180-190
46	nextek 29	31		170	62	PCM37	62		210-220
47	nextek 32	32		170	63	PCM43	63		235-245
48	nextek 37	37		190	64	PCM58	64		160-180
49	nextek 6D	6		170	65	vivtek 29	65		170
5. PCM Products, Ltd [14]									
66	A2	2	0.21	230	117	E-21	-21	0.51	285
67	A3	3	0.21	230	118	E-22	-22	0.57	305
68	A4	4	0.21	235	119	E-26	-26	0.58	265
69	A5	5	0.22	170	120	E-29	-29	0.64	250
70	A6	6	0.21	185	121	E-32	-32	0.56	225

71	A6.5	6,5	0.22	190	122	E-34	-34	0.54	200
72	A7	7	0.22	190	123	E-37	-37	0.54	225
73	A8	8	0.21	180	124	E-50	-50	0.56	175
74	A9	9	0.21	190	125	E-65	-65	0.56	240
75	A10	10	0.22	210	126	H105	104	0.500	125
76	A12	12	0.22	215	127	H115	114	0.503	100
77	A13	13	0.22	225	128	H120	120	0.506	120
78	A14	14	0.22	200	129	H160	162	0.509	105
79	A15	15	0.18	205	130	H190	191	0.512	170
80	A16	16	0.18	225	131	S8	8	0.44	130
81	A17	17	0.18	235	132	S10	10	0.43	170
82	A18	18	0.22	155	133	S13	13	0.43	150
83	A19	19	0.22	150	134	S15	15	0.43	180
84	A20	20	0.22	160	135	S17	17	0.43	155
85	A21	21	0.22	160	136	S18	18	0.43	145
86	A22	22	0.18	160	137	S19	19	0.43	175
87	A23	23	0.18	155	138	S20	20	0.54	195
88	A24	24	0.18	155	139	S21	21	0.54	220
89	A25	25	0.18	150	140	S22	22	0.54	215
90	A26	26	0.21	230	141	S23	23	0.54	200
91	A27	27	0.22	250	142	S24	24	0.54	180
92	A28	28	0.21	265	143	S25	25	0.54	175
93	A29	29	0.18	225	144	S27	27	0.54	185
94	A32	32	0.21	120	145	S32	32	0.51	220
95	A32H	32	0.22	240	146	S34	34	0.52	140
96	A36	36	0.18	130	147	S44	44	0.43	100
97	A36H	36	0.22	300	148	S50	50	0.43	125
98	A39	39	0.22	135	149	S58	58	0.69	145
99	A42	42	0.21	140	150	S70	70	0.57	100
100	A43	43	0.18	280	151	S72	72	0.58	155
101	A46	46	0.22	155	152	S83	83	0.62	100
102	A48	48	0.18	230	153	S89	89	0.67	145

103	A50	50	0.18	190	154	S117	117	0.70	125
104	A52	52	0.18	220	155	X25	25	0.36	110
105	A53	53	0.22	155	156	X30	30	0.36	115
106	A58	58	0.22	215	157	X40	40	0.36	150
107	A58H	58	0.18	240	158	X55	55	0.36	115
108	A62	62	0.22	205	159	X70	70	0.36	160
109	A70	70	0.23	225	160	X80	80	0.36	160
110	E0	0	0.58	395	161	X90	90	0.36	170
111	E-2	-2	0.58	325	162	X95	95	0.36	140
112	E-3	-4	0.6	330	163	X120	120	0.36	185
113	E-6	-6	0.56	300	164	X130	130	0.36	315
114	E-11	-12	0.57	310	165	X165	165	0.36	225
115	E-15	-15	0.53	320	166	X180	180	0.36	275
116	E-19	-19	0.58	300					
6. Phase Change [15]									
167	BioPCM Q4	4	0.15-2.5	210-250	173	BioPCM Q18	18	0.15-2.5	210-250
168	BioPCM Q5	5	0.15-2.5	210-250	174	BioPCM Q20	20	0.15-2.5	210-250
169	BioPCM Q6	6	0.15-2.5	210-250	175	BioPCM Q23	23	0.15-2.5	210-250
170	BioPCM Q8	8	0.15-2.5	210-250	176	BioPCM Q25	25	0.15-2.5	210-250
171	BioPCM Q12	12	0.15-2.5	210-250	177	BioPCM Q27	27	0.15-2.5	210-250
172	BioPCM Q15	15	0.15-2.5	210-250	178	BioPCM Q29	29	0.15-2.5	210-250
7. Pluss ® [16]									
179	HS 33N	-30/-31	н.д.	224	194	HS 24	26/25	0.55/1.05	199
180	HS 26N	-24/-26	н.д.	272	195	HS 29	29	0.382/0.478	190
181	HS 23N	-21/-23	0.702/4.976	262	196	OM 29	29/26	0.172/0.293	194
182	HS 18N	-18	0.44/н.д.	242	197	FS 29	29/28	н.д./0.45	158
183	HS 15N	-15/-16	0.53/5.26	308	198	OM 30	32/30	0.146/0.224	230
184	HS 10N	-10	0.602/4.25	290	199	FS 30	31/30	0.340/0.496	172

185	HS 7N	-6	0.55/1.76	296	200	OM 32	33/30	0.145/0.219	187
186	HS 3N	-2/-3	0.35/2.2	346	201	HS 34	35/34	0.47/0.5	150
187	HS 01	1	0.55/2.2	270	202	OM 35	35/34	0.16/0.20	202
188	OM 03	4/3	0.146/0.224	140	203	OM 37	37/36	0.13/0.16	231
189	OM 05P	6.1/5	0.37/3.83	242	204	OM 42	44/43	0.1/0.19	221
190	FS 03	4/1	0.16/0.22	161	205	FS 42	42/41	2.91/3.01	181
191	OM 18	19	0.175/0.182	212	206	OM 46	48/45	0.10/0.20	196
192	OM 21	22/19	0.14/0.21	174	207	OM 48	51/48	0.10/0.20	172
193	HS 22	23/22	0.56/2.27	167.6					
8. PureTemp LLC [17]									
208	PureTemp -37	-37	0.15/0.25	145	220	PureTemp 28	28	0.15/0.25	190
209	PureTemp -21	-21	0.55/2.39	239	221	PureTemp 29	29	0.15/0.25	202
210	PureTemp -15	-15	0.55/2.34	301	222	PureTemp 37	37	0.15/0.25	210
211	PureTemp -2	-2	0.60/2.21	277	223	PureTemp 44	44	0.15/0.25	180
212	PureTemp 4	5	0.15/0.25	187	224	PureTemp 48	48	0.15/0.25	230
213	PureTemp 8	8	0.14/0.22	178	225	PureTemp 53	53	0.15/0.25	225
214	PureTemp 15	15	0.15/0.25	182	226	PureTemp 58	58	0.15/0.25	225
215	PureTemp 18	18	0.15/0.25	192	227	PureTemp 60	61	0.15/0.25	220
216	PureTemp 20	20	0.14/0.23	171	228	PureTemp 63	63	0.15/0.25	206
217	PureTemp 23	23	0.15/0.25	227	229	PureTemp 68	68	0.15/0.25	213
218	PureTemp 25	25	0.15/0.25	187	230	PureTemp 108	108	0.15/0.25	180
219	PureTemp 27	27	0.15/0.25	202	231	PureTemp 151	151	0.15/0.25	217
9. RGEES, LLC [18]									
232	PCM-HS26N	-24/-26	Н.Д.	210	236	PCM-OM18P	19.3/18.8	Н.Д.	233
233	PCM-HS10N	-10	0.605/4.25	230	237	PCM-HS22P	23/22	0.56/1.13	185
234	PCM-OM05P	6.6Z5.4	Н.Д.	216	238	PCM-OM37P	37/38	0.13/0.16	218

235	PCM-OM06P	6.4/3.9	Н.Д.	252	239	PCM-OM65P	66 68/65	0.33/0.19	183
10. Rubit hermes® hnologies GmbH [19]									
240	GR 42	42	0.2	55	275	RT 47	47	0.2	165
241	GR 82	82	0.2	55	276	RT 50	50		160
242	PX 15	15	0.2	85	277	RT 54 HC	54		200
243	PX 25	25	0.1	95	278	RT 55	55		170
244	PX 52	52	0.2	100	279	RT 60	60		160
245	PX 82	82	0.1	105	280	RT 62 HC	62		230
246	RT - 9 HC	-9	0.2	250	281	RT 64 HC	64		250
247	RT - 4	-4		180	282	RT 65	65		150
248	RT 0	0		175	283	RT 69 HC	69		230
249	RT 2 HC	2		200	284	RT 70 HC	70		260
250	RT 3 HC	3		190	285	RT 82	82		170
251	RT 4	4		175	286	RT 80 HC	78	0.14	220
252	RT 5	5		180	287	RT 90 HC	90	Н.Д.	170
253	RT 5 HC	5		250	288	RT100	~100	0.2	120
254	RT 8	8		175	289	RT100HC	100		180
255	RT 8 HC	8		190	290	SP-30	-29 -- 28	0.6	250
256	RT 9	9		175	291	SP-28	-28 -- 29		260
257	RT 10	10		160	292	SP-24	-22 -- 23		250
258	RT 10 HC	10		200	293	SP-21	-21 -- 19		285
259	RT 11 HC	11		200	294	SP-17	-17 -- 18		300
260	RT 12	12		155	295	SP-11 UK	-12 -- 10		330
261	RT 15	15		155	296	SP-11	-11 -- 12		240

262	RT 18 HC	18		260	297	SP-7 2	-7 - -5		290
263	RT 21	21		155	298	SP 5	4 - 6		170
264	RT 21 HC	21		190	299	SP 15	15 - 17		180
265	RT 22 HC	22		190	300	SP 21 EK	21 - 23		170
266	RT 24	24		160	301	SP 24 E	24 - 25		180
267	RT 25 HC	25		210	302	SP 25 E2	24 - 26		180
268	RT 26	26		180	303	SP 26 E	25 - 27		180
269	RT 28 HC	28		250	304	SP 29 Eu	29 - 31		200
270	RT 31	31		165	305	SP 31	31 - 33	Н.Д.	210
271	RT 35	35		160	306	SP 50*	50 - 51	0.6	220
272	RT 42	42		165	307	SP 58*	56 - 59		250
273	RT 35 HC	35		240	308	SP 70	67 - 73		150
274	RT 44 HC	44		250	309	SP 90*	88 - 90		150
11. Teappcm [20]									
310	Latest™18T	18/17	1	175	315	Latest™32S	32	0.6	220
311	Latest™20T	20/19		175	316	Latest™34S	34		230
312	Latest™22T	22/21		175	317	Latest™36S	36		200
313	Latest™25T	25/24		175	318	Latest™48S	48		230
314	Latest™29T	29/28		175					

5.2 Енергозберігаюче обладнання інженерних систем мікроклімату будівель

Рекуперацією тепла (зворотне отримання тепла) називається процес теплообміну, під час якого тепло забирається від повітря, що видаляється, і передається свіжому вхідному повітрю. Рекуперація можлива із застосуванням припливно-витяжних установок та центральних кондиціонерів із наявністю в них рекупераційного теплообмінника. Процес відбувається так, що в результаті повітря, що викидається, і свіже повітря відокремлені один від одного, так щоб не відбувалося їх змішування. У охолоджених приміщеннях використовуються рекупераційні теплообмінники зі зворотним способом, тобто рекуперації холоду. За рахунок рекуперації тепла можна досягти чималої економії енергії, яка йде на обігрів або на охолодження повітря, що входить до будівлі, наприклад, при використанні рекуперації для обігріву будинку площею 200 м^2 . у найхолодніший період достатньо 4,5 кВт тепла.

Нижче наведено вимоги щодо енергоспоживання систем вентиляції для європейських країн.

На енергоспоживання суттєво впливають деякі конструктивні особливості вентиляційних систем: герметичність та теплоізоляція повітроводів, наявність рекуперації теплової енергії, тощо. . Ефективність рекуперації теплової енергії у більшості країн ґрунтується на температурі та становить від 65-75 % (у Словенії) до 90 % (у Нідерландах). Так у Фінляндії вимоги ґрунтуються на спільній річній рекуперації тепла з вентиляційного повітря всієї будівлі (необхідно забирати мінімум 45 % теплової енергії). Потужність системи вентиляції також регулюється за питомою потужністю вентиляторів, яка включає конструкцію повітроводів (падіння тиску) та ефективність вентилятора кВт на $\text{м}^3/\text{с}$ витрати повітря. Для електродвигунів вентиляторів також встановлюються вимоги. У багатьох країнах, наприклад, встановлюються вимоги до повітроводів у частині герметичності та теплоізоляції.

Припливне і повітря, що видаляється, проходять з обох боків ряду пластин

(рисунок 6.3). Таким чином практично виключається контакт припливного повітря, що видаляється. Пластинчасті рекуператори оснащуються відводами конденсату, тому що є можливість того, що він може утворюватися на пластинах. Випадання конденсату призводить до утворення льоду, тому слід, що є необхідність в системі розморожування. Рекуперація тепла може також регулюватися за допомогою перепускного клапана, який контролює витрату повітря, що проходить через рекуператор повітря. Пластинчастий рекуператор не має рухомих частин.

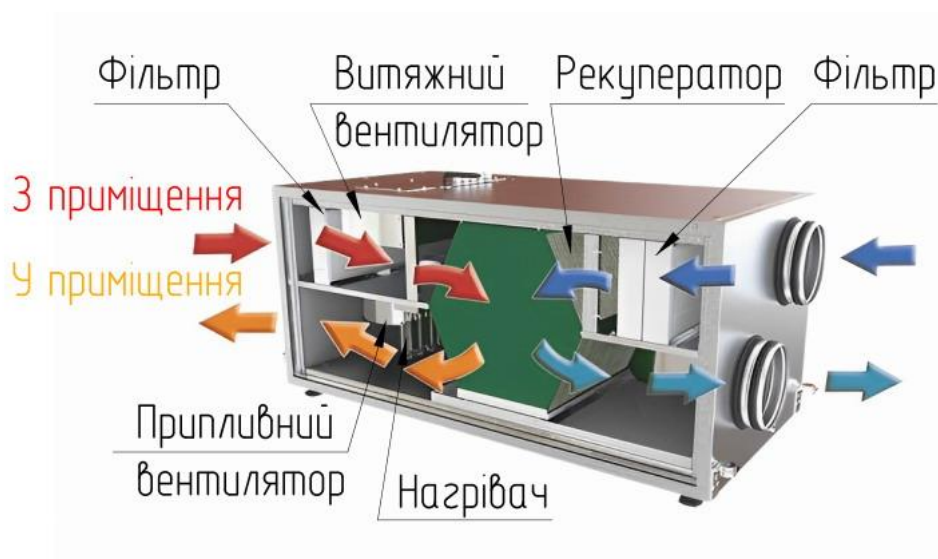


Рисунок 6.3 – Принцип роботи пластинчастого рекуператора

У роторних рекуператорах відбувається обмін (повний) температури двох потоків повітря (рисунок 6.4). Теплообмін відбувається за рахунок того, що ротор безперервно обертається між каналом, що видаляється і припливним. Роторні рекуператори мають істотний недолік, а саме є ймовірність, що запахи та забруднювачі, що виділяються людьми, будівельними матеріалами, меблями, можуть переміщатися

повітря, що видаляється, в припливний. Цей недолік можна вирішити за рахунок правильного розташування вентиляторів. Швидкість обертання ротора регулює рівень рекуперації тепла. У таких рекуператорах є рухомих частин.

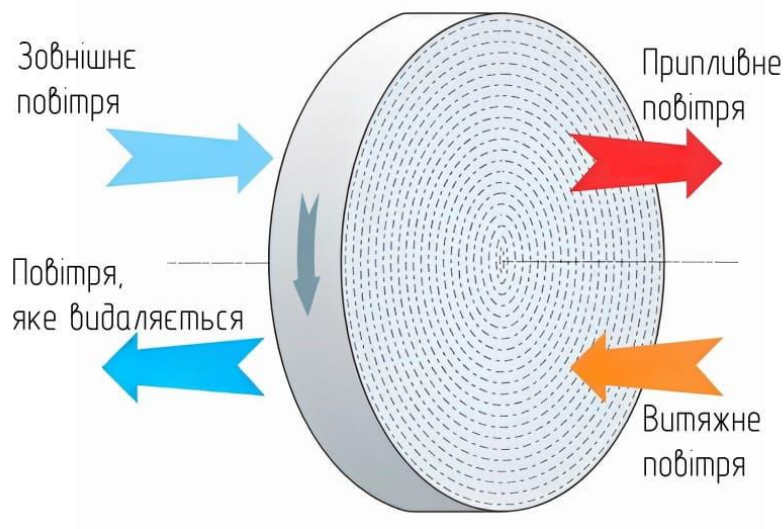


Рисунок 6.4 – Принцип роботи роторного рекуператора

Камерний рекуператор представлений малюнку 5, у якому видно, що заслінка розділяє камеру на частини. Одна частина камери нагрівається повітрям, що видаляється, далі заслінка змінює напрям повітряного потоку таким чином, що припливне повітря вже нагрівається від нагрітих стінок камери. Також у камерних рекуператорів існує недолік, який полягає в тому, що забруднення та запахи, що містяться у повітрі, що видаляється, можуть передаватися в припливний.

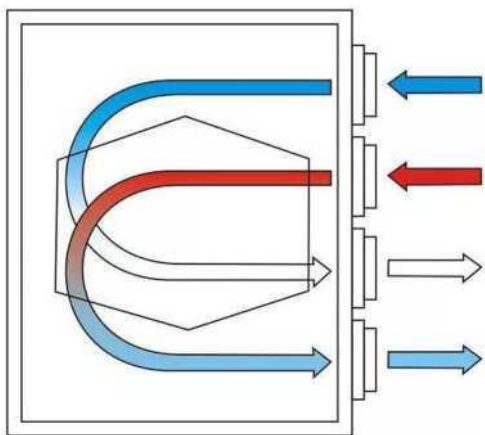


Рисунок 6.5 – Принцип роботи камерного рекуператора

Фреонні рекуператори зазвичай використовуються в системах, де неприпустиме змішання потоків повітря, а також у тих випадках, коли існує велика відстань між установками (припливною та витяжною). За допомогою теплообмінника, який встановлений у витяжній частині установки, теплоносії отримує тепло від повітря, що видаляється, і потім передає його подається повітря за допомогою теплообмінника, який встановлений в припливній частині установки і виконує функцію початкового нагрівача (рисунок 6.6). Залежно від клімату як проміжний теплоносії може використовуватися незамерзаюча рідина (фреон) або вода.

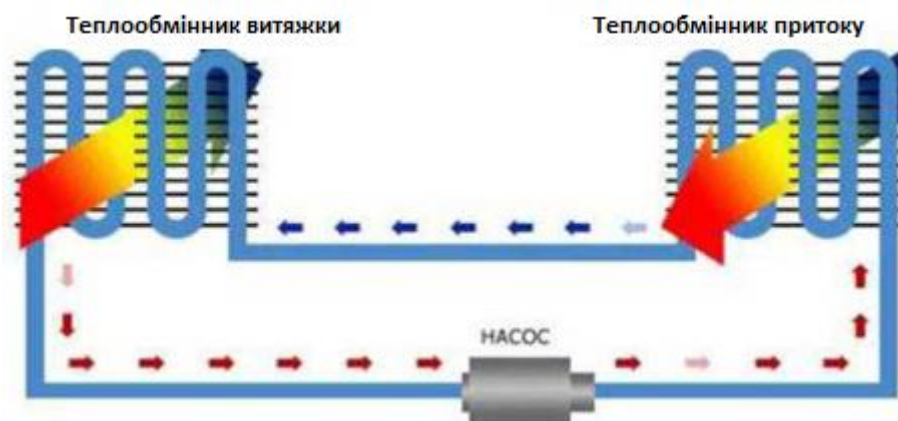


Рисунок 6.6 – Принцип роботи рекуператора з проміжним теплоносієм
.7

Теплові труби складаються із закритої системи трубок, які заповнені фреоном, що випаровується за рахунок тепла, яке віддається витяжним повітрям (рисунок 6.6). Фреон надходить у теплообмінник (конденсатор), який знаходиться в припливній частині установки та конденсується, тим самим віддаючи тепло припливному повітрі.

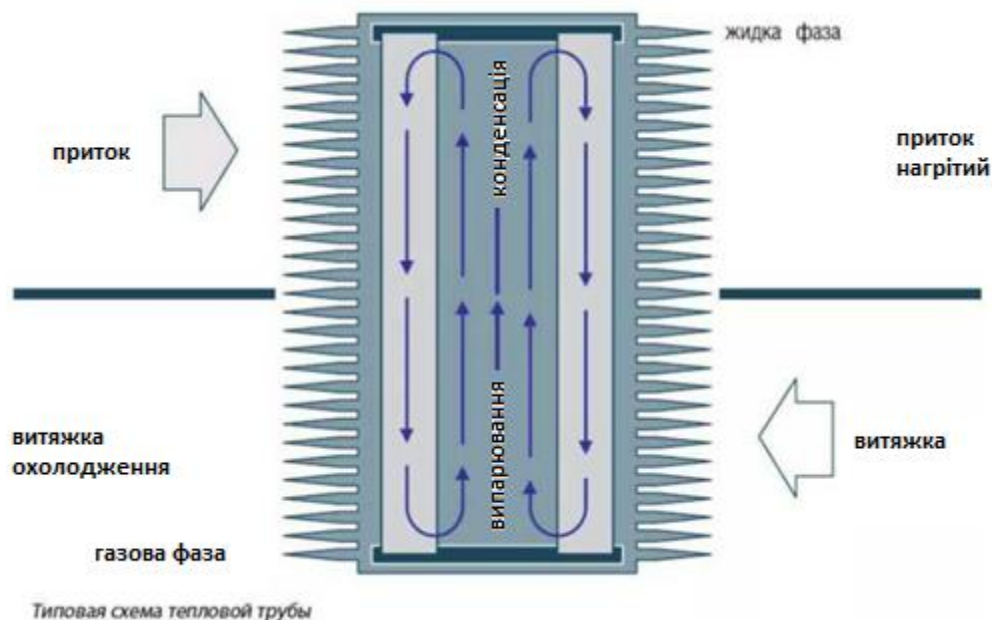


Рисунок 6.7 – Принцип роботи рекуператора з тепловими трубами

В даний час активно ведуться роботи з розробки фотоелектричних систем, які є системами, що перетворюють сонячну радіацію безпосередньо в електрику. Колектор поглинає світлову енергію Сонця, яку потім перетворює на тепло, яке передається далі теплоносія (рідини або повітря) і потім використовується для нагрівання води, обігріву будівель, виробництва електрики. Найбільш ефективними колекторами, що використовуються у цілорічних водонагрівальних установках, є вакуумні сонячні колектори (рисунок 6.8).



Рисунок 6.8 – Вакуумний колектор з термотрубами

Термотрубка є закритою мідною трубою з невеликим вмістом легкокиплячої рідини. Рідина випаровується під впливом тепла та забирає тепло вакуумної трубки. Пари піднімаються у верхню частину - головку, де конденсуються і передають тепло незамерзаючої рідини опалювального контуру або теплоносія основного контуру водоспоживання. Далі конденсат стікає донизу, і все повторюється спочатку. Приймач сонячного колектора (мідний з поліуретановою ізоляцією) закривається нержавіючим листом. Передача тепла відбувається через мідну "гільзу", встановлену в приймачі. Завдяки цьому опалювальний контур відокремлений від трубок, при пошкодженні однієї трубки колектор може працювати. Процедура заміни трубок дуже проста і при цьому немає необхідності зливати незамерзаючу суміш із контуру теплообмінника.

Іншою важливою перевагою колекторів з тепловими трубками є їхня здатність працювати при температурах до -35°C (повністю скляні колектори з тепловими трубками) або навіть до -50°C (колектори з металевими тепловими трубками).

Зазвичай випаровування починається при температурі трубки більше 30°C , таким чином при низьких температурах трубка як би «закривається» і не відбувається втрат тепла через колектор (наприклад, вночі чи похмуру погоду). При цьому колектор розміщується зовні приміщення, а все інше обладнання - усередині будинку. Це все сприяє мінімізації тепловтрат.

Адаптивними технологіями та системами є системи, які забезпечують підтримку заданих параметрів повітря у зонах обслуговування з різними вимогами до мікроклімату. Такі системи порівняно низької вартості та досить економічне енергоспоживання вентилятора.

Енергоефективність досягається за рахунок принципу роботи такої системи, тобто вентиляція працює там і де та коли це необхідно. Залежно від потреби кожного приміщення, а також кількості людей та виду діяльності працюють елементи системи вентиляції. Існує три основні типи адаптивних систем:

- 1) регульовані вручну;
- 2) із датчиками руху;
- 3) з датчиками, які фіксують зміни вологості та концентрацію вуглекислого газу.

Ці системи економічно вигідні, але вони вкрай незручні у використанні, а також непрактичні і вимагають постійної присутності людини, та й при ручному управлінні

можуть виникати помилки в управлінні, пов'язані з людським фактором.

Системи вентиляції з датчиками вологості є прийнятнішими для житлових приміщень (рисунк 6.9). Вологість також є відносним показником стану забруднення приміщення. В основі таких систем вентиляцій з компонентами, які реагують на підвищення або зниження вологості, лежить здатність деяких матеріалів розширюватись при підвищенні вологості повітря та стискатися при зниженні вологості повітря.

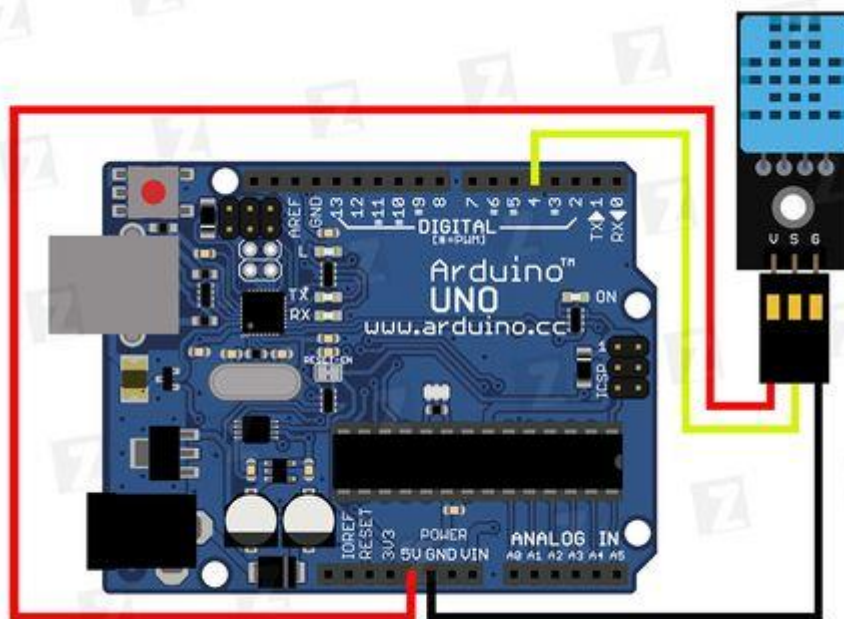


Рисунок 6.9 - Загальний вигляд датчика температури та вологості

Залежно від вологості всередині приміщення налаштовується потік повітря, чим вологість вища, тим ширше відкриваються заслінки, які регулюють кількість повітря, що надходить до приміщення. Датчики вологості повністю ізольовані від повітря. Датчики фіксують лише зміни внутрішньої вологості. Технологія чутливості до вологості також використовується у витяжних ґратах в кімнатах, припливних пристроях, де стан вологості відображає рівень внутрішньої забрудненості (кухні, вітальні, спальні, ванні кімнати). приміщення.

Системи вентиляції із датчиками руху. Такі системи найчастіше використовуються у громадських приміщеннях. Найбільш економічно доцільним способом підвищення енергоефективності є застосування наступного комплексу заходів: підвищення теплозахисту конструкцій, що захищають, сучасних

енергозберігаючих методів і технологій, впровадження інженерних та конструктивних заходів.

Використання вентиляованих вікон із клапаном є ще одним ефективним способом для збереження енергії на обігрів та охолодження приміщень (рисунок 6.10). На відміну від традиційних вікон, які мають замкнутий повітряний прошарок між склом, вентиляовані вікна мають вгорі щілини (клапан), через які рухається (вентилюється) внутрішнє повітря. Також, вентиляовані вікна можуть забезпечувати чудове тепло та шумоізоляцію. За рахунок ліквідації холодних потоків, що спадають, простір поряд з вікнами використовується більш ефективно.

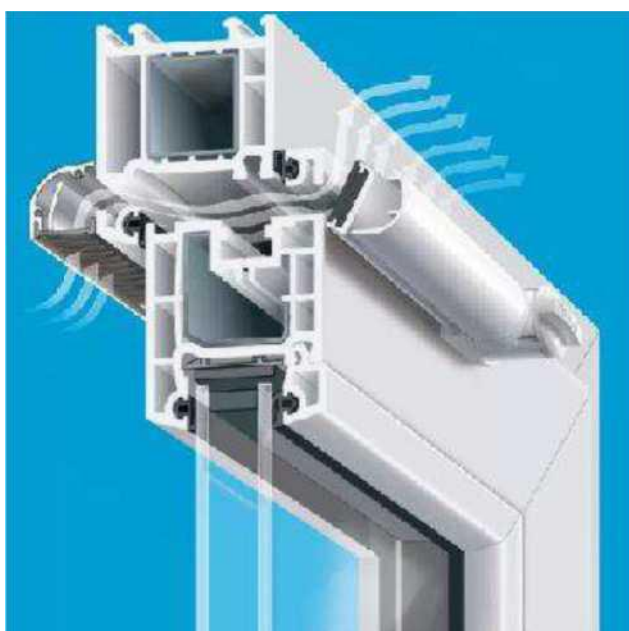


Рисунок 6.10 – Пластикове вікно з припливним клапаном

Стіни, що вентилюються, є більш екологічною системою за рахунок того, що конструкції будинку (перегородки, стіни, перекриття) виступають у ролі теплоаккумуляторів (рисунок 6.10.1). Усередині конструкцій є отвори для проходження теплого повітря з будинку, що передає їм тепло. Таким чином, відпадає необхідність у дорогих масивних теплоаккумуляторах.



Рисунок 6.10.1 – Вентильована стіна та перекриття

5.3 Аналіз використання матеріалів що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов (МФЗ)

Ф. Кuzник та J. Virgone [21] вивчили теплову роботу стінових панелей Energain товщиною 5 мм, що складаються на 60% по масі з мікрокапсульованого парафіну і на 40% з кополімерів, з оболонкою з алюмінію товщиною 0,1 мм, у повномасштабній випробувальній кімнаті. Повністю контролюючи температуру і потік сонячної радіації, що випробовується огорожувальною конструкцією, дослідниками змодельовано температурну історію доби років нього, зимового та перехідного періодів у двох серіях експериментів: з панелями Energain, встановлених з внутрішнього боку приміщення, і без них. Застосування панелей дозволило знизити екстремальні температури, що спостерігаються - максимальна температура влітку знизилася на 3,9°C; мінімальна збільшилась на 0,8°C. Коефіцієнт зменшення амплітуди температури повітря становив 0,79. Відповідні значення міжсезоння: 2,3°C; 0,4°C; 0,78; для зими: 4,2 ° C; 0°C; 0,73. При цьому зовнішня контрольована - температура взимку коливалася між 5°C і 15°C, у міжсезоння 10°C і 18°C, влітку 15°C і 30°C. Серед інших позитивних ефектів відзначалося посилення конвекційного перемішування внутрішнього повітря та зменшення амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні.

G. Evola та L. Marietta [22] представили методологію вибору відповідного МІФС виходячи з кліматичних умов експлуатації та вимог до комфорту. Вони провели динамічні симуляції всього літнього періоду в програмному забезпеченні EnergyPlus на прикладі офісного приміщення прямокутної форми для чотирьох місць у Південній та Північній Європі та оцінили вплив наявності та способу розташування стінових панелей з речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов у приміщенні, швидкість нічної вентиляції та температуру плавлення на результативність роботи речовин що можуть переходити з однієї термодинамічної фази до іншої при зміні зовнішніх умов. Використовувалися два види панелей. Перша включала суміш полімеру і мікрокапсулюваного парафіну (60%), з алюмінієвими листами товщиною 100 мкм з обох сторін і загальною товщиною панелі 5 мм. Друга являла собою алюмінієву стільникову матрицю, також на 60% за вагою заповнена парафіном в полімерних мікросферах з діаметром близько 5 мкм, запечатана двома тонкими алюмінієвими листами, загальною товщиною 20 мм, і описану більш докладно в [23]. Обидві панелі показані на рисунку 6.11. Ефективність використання панелей оцінювалася за допомогою індикатора інтенсивності термічного дискомфорту (ITD), що визначається як інтеграл від часу за періодом зайнятості, позитивної різниці між поточною робочою температурою і температурою верхнього порогу комфортності. Більш ефективним виявився монтаж панелей на поверхні трьох перегородок, ніж на стелі (скорочення ITD 51% проти 9,5% для панелі першого виду в Мілані), при площі стін $17,5 \text{ м}^2$ та стелі 27 м^2 . При покритті панелями і стін, і стелі, ефективність була близька до випадку, коли стіни були покриті панелями. Так само індекс ITD продемонстрував чутливість до швидкості нічної вентиляції, оскільки підвищувалася розрядка тепла, що поглинається панелями в денний час. Проте автори не рекомендують збільшувати швидкість більше певної величини. Ефективність зберігання МФЗ, що дорівнює відношенню збереженої теплової енергії до максимальної ємності зберігання, була вищою в ті дні, коли середня температура панелей наближалася до температури плавлення. Мимо η_{PCM} , автори у роботі задіяли частоту активації (FA), тобто відсоток часу, протягом якого PCM піддавався фазовому переходу. Наголошено, що вибір МФЗ необхідно

здійснювати, беручи до уваги умови місцевого клімату.

А. Castell та М. Farid [24] припустили, що ФА який завжди пов'язані з поліпшенням теплового комфорту».

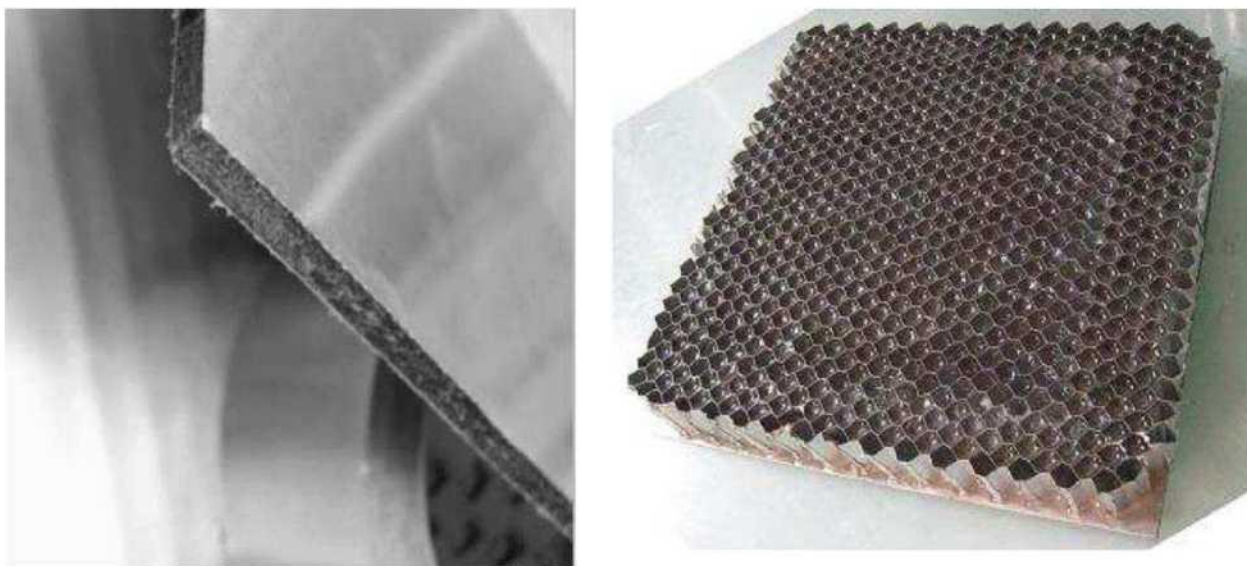


Рисунок 6.11 – Панель Energain (ліворуч) [22] та стільникова матриця (праворуч) [23]

У [25] провели порівняння звичайного штукатурного розчину і розчину, що містить за своєю масою близько 20% мікрокапсульованих парафінових МФЗ, одночасно трьох марок, з температурами плавлення 10°C, 26°C і 28°C. Автори нанесли штукатурні розчини на внутрішні поверхні двох прототипів будівлі, які розмістили у кліматичній камері. Зменшені прототипи кімнати були виготовлені з екструдованого полістиролу товщиною 3 см і мали форму куба; товщина штукатурного шару на їх поверхнях дорівнювала 2 см. У камері по чергово були створені температури, характерні для літа і зими в Португалії.

Для літа, амплітуда коливань температури повітря в прототипі зі штукатуркою з МФЗ дорівнювала 8,9 °C, а в прототипі зі звичайною штукатуркою 13 °C. Між максимальними температурами кліматичної камери та в прототипі з МФЗ спостерігалася затримка в 4,5 години, для прототипу без МФЗ – 3 години. Для зими, амплітуда коливань температури повітря була також меншою в прототипі з МФЗ (4°C проти 5,6°C), проте температура повітря в обох прототипах була нижчою за комфортну для людини.

У чисельному моделюванні автори додатково вивчили чотири типи

модернізованої штукатурки з МФЗ (з температурою плавлення 10°C , 24°C , 26°C та 28°C). Для оцінки ефективності МФЗ автори ввели спеціальний індекс, ТТ (одиниці виміру: $^{\circ}\text{C}\cdot\text{год}$), який розраховувався за допомогою інтегрування температури повітря в прототипі за часом, в межах, коли вона була вище 26°C . Таким чином, чим більше був індекс, тим вищою була потреба в охолодженні повітря. Індекс ТТ виявився нижче у прототипу, на поверхні яких був нанесений штукатурний розчин, що включає відразу три марки матеріалу з фазовим переходом; у прототипів з МФЗ, розрахованих на температуру плавлення в 10°C і в 24°C , індекс виявився більшим, ніж у прототипу зі звичайною штукатуркою. Автори вважають, що концепція інтегрування в штукатурний розчин декількох різних марок матеріалів з фазовим переходом є багатообіцяючою.

L. Shilei, Z. Neng і F. Guohui [26] провели експерименти з МФЗ на північному сході Китаю в зимових умовах, змішавши капрінову та лауринову кислоти. Температура плавлення та кристалізації цієї суміші жирних кислот виявилася $20,394^{\circ}\text{C}$ і $19,138^{\circ}\text{C}$, прихована теплота плавлення та кристалізації $150,305$ Дж/г та $144,183$ Дж/г. МФЗ був включений у гіпс шляхом просочення. Виготовлена стінова панель мала товщину $9,5$ мм з 26% поглиненого МФЗ від загальної ваги, з температурою плавлення та кристалізації $18,491^{\circ}\text{C}$ та $18,587^{\circ}\text{C}$, з прихованою теплотою плавлення та кристалізації $39,126$ Дж/г та $36,96$ Дж/г. Випробування проводилося у двох подібних кімнатах, але лише в одній з них були встановлені панелі з внутрішньої поверхні існуючої цегляної стіни. Температура навколишнього середовища коливалася від мінус 1°C до плюс 9°C , поступово збільшуючись протягом трьох діб. Температура в кімнаті з панелями і без них коливалися між 19°C ... 24°C і $18,5^{\circ}\text{C}$... 22°C відповідно (рисунк 6.12). В експерименті зі звичайною кімнатою величина теплового потоку через південну стіну варіювалася від 34 Вт/м² до 60 Вт/м² (рисунк 6.13), через південну стіну в кімнаті з МФЗ від 33 Вт/м² до 52 Вт/м². Застосування панелей зменшило і різницю між температурою повітря в кімнаті та температурою внутрішньої поверхні (рисунк 6.14). Тим самим панелі сприяли збереженню тепла та вирівнюванню температури. Автори впевнені, що застосування подібних панелей зможе зменшити вартість опалювального обладнання та супутні з ним витрати.

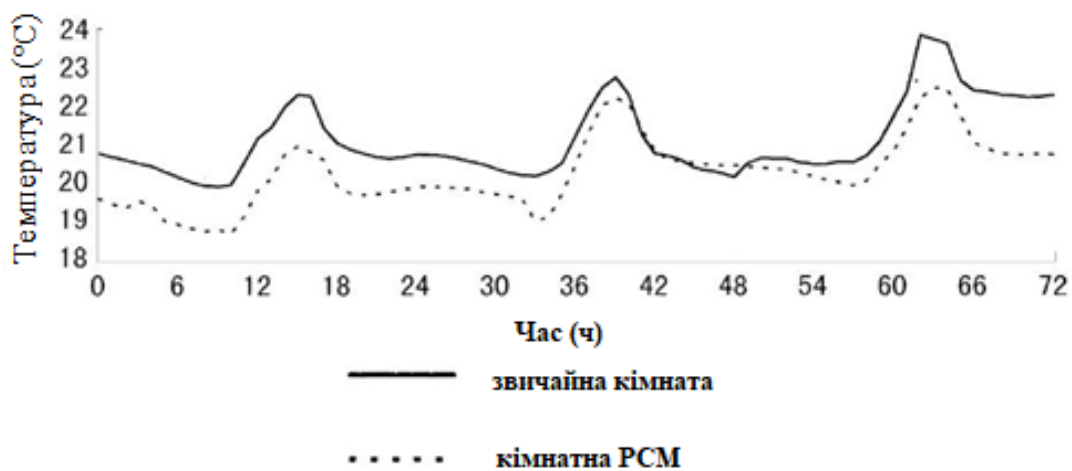


Рисунок 6.12 – Криві температури у приміщенні

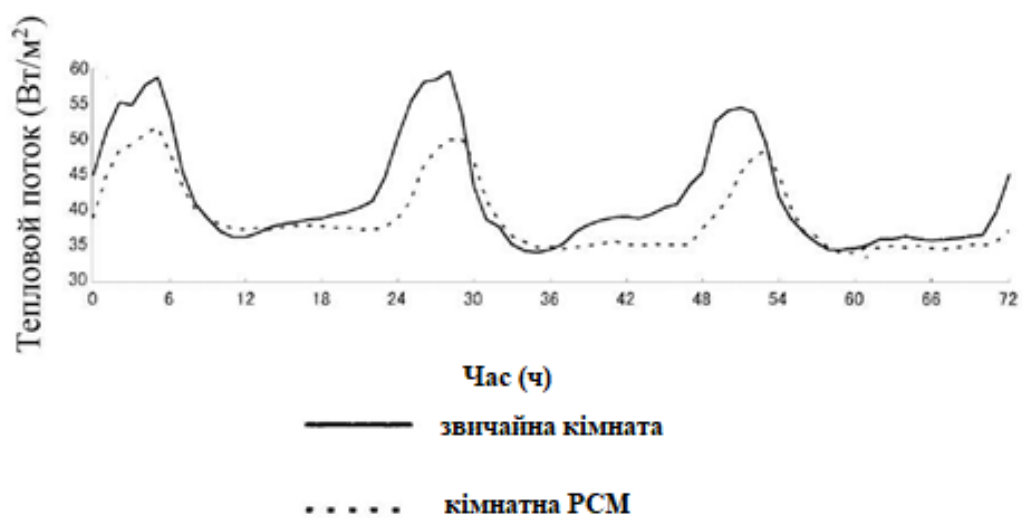


Рисунок 6.13 – Криві теплового потоку через стіну

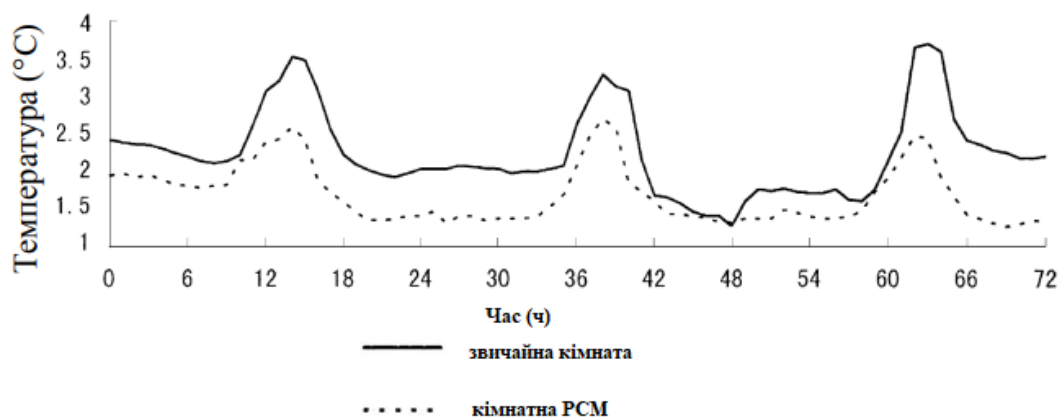


Рисунок 6.14 – Криві різниці температур між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею зовнішньої стіни

Інші автори виконували просочення гіпсу МІФС, застосовуючи для цього бутилстеарат [27], евтектичні суміші капринової та лауринової кислот, суміш бутилстеарат-пальмітату [28-30], деякі жирні кислоти [31]. [32] додавали мікрокапсульований парафін.

Е. Alawadhi [33] досліджував дію МФЗ (парафіни октадекан , ей козан , і Р116) в жаркому кліматі, якими заповнювалися циліндричні пустоти в цеглі. Теплова ефективність системи цегла-МФЗ була оцінена шляхом порівняння теплового потоку на внутрішній поверхні зі стіною без МФЗ протягом типового робочого часу. Аналізувався вплив кількості та типу МФЗ у цеглі. Збільшення кількості МФЗ виявилось найефективнішим.

У [34] використовувалися кабінки з різними видами цегли та марками МФЗ. Усього було збудовано п'ять типів кабін. Три типи кабін були побудовані із застосуванням звичайної пустотілої цегли з циліндричними порожнинами: кабіна без ізоляції, кабіна з поліуретаном товщиною 5 см і та ж кабіна з поліуретаном, але доповнена шаром МФЗ RT27 на стелі та внутрішніх поверхнях стін. У конструкціях інших типів застосовувалася пустотіла цегла зі збільшеним об'ємом порожнин; одна кабіна була без будь-якої ізоляції, на стелі та на внутрішній стороні стін інший був нанесений МФЗ SP25. Усі кабінки мали однаковий розмір та були розташовані в Іспанії.

Усередині кабінки обладналися системою кондиціонування, яка підтримувала постійну температуру повітря 24 ° С; реєструвалися температури внутрішнього повітря та енергоспоживання систем.

Автори встановили, що влітку споживання електроенергії в кабінах з матеріалом з фазовим переходом і поліуретаном було знижено приблизно на 15-17% (порівняно з кабінами з поліуретаном, але без МФЗ). Велика економія електроенергії спостерігалася в кабіні з цегли зі збільшеною часткою порожнин; автори пояснюють відмінністю в теплопровідності до ірпича.

Для звичайних цегляних кабін без ізоляції протягом усього дослідження були характерні високі коливання температур. Найбільшого зниження амплітуди коливань температур внутрішнього повітря було досягнуто в кабінах з МФЗ (приблизно на 1°C, порівняно з кабінами без ізоляції).

Результати досліджень включення МФЗ на основі парафіну RT18 в цегляну кладку наведені в [35, 36], в [36] – октадекана . Z. Chang, Y. Chen, L. Wu та M. Shi

провели дослідження зі сумішшю гідратів солі [37]. M. Huang, P. Eames та N. Hewitt використовували комерційні композити GR41 та GR27 [38]. Автори відзначали зниження енергоспоживання, пов'язаного із використанням систем кондиціонування повітря.

J. Lei, J. Yang, E.H. Yang [39] виконали параметричне дослідження на основі спрощеної розрахункової моделі розмірами 3,0 x 3,0 x 2,8 метрів у програмі EnergyPlus у тропічному кліматі Сінгапуру. Усі огорожувальні конструкції моделі мали товщину 150 мм і теплофізичні характеристики бетону, а на поверхні всіх стін було додано шар МФЗ. В якості параметрів, що варіюються, розглядалася температура фазового переходу (від 22 ° C до 32 ° C), товщина шару МФЗ (від 3 до 20 мм), місце розташування шару (на зовнішніх поверхнях стін або на внутрішніх). Тривалість розрахункового періоду в одному варіанті склала добу, в іншому один рік.

Ефективність МФЗ оцінювалася кількістю теплонадходжень за весь розрахунковий період, і коефіцієнтом зниження теплонадходжень, що - обчислюється як різниця одиниці та відношення кількості теплонадходжень при використанні стін з МФЗ до кількості теплонадходжень при використанні звичайних стін, помножена на сто відсотків .

Результати показали, що вибір відповідної температури фазового переходу - має вирішальне значення. Оптимальною температурою фазового переходу МФЗ, що наносяться на зовнішні поверхні огорожувальних конструкцій, була найнижча температура, що забезпечує повний цикл плавлення-кристалізації всього шару МФЗ; для матеріалів, що наносяться на внутрішні поверхні, оптимальною температурою виявилася середня температура цих поверхонь.

Авторами помічено, що ширший температурний діапазон фазового переходу може покращити адаптацію МФЗ до зміни температури зовнішнього повітря, але погіршити його ефективність.

Матеріали з фазовим переходом на зовнішніх поверхнях стін демонстрували кращу ефективність, ніж матеріали на внутрішніх поверхнях. Авторами показано, що матеріал зі змінним фазовим станом сприяв зниженню кількості тепла, що надходить, на 21%-32% протягом усього року.

LF Cabeza , C. Castellon та інші [40, 41] додавали Micronal фірми BASF у бетон. В їхньому експерименті брали участь дві кабіни з бетону: з МФЗ і без нього.

У попередніх роботах [42] показано, що МФЗ мають ефект, коли вони розплавляються і твердіють щодня. Але наприкінці осені і взимку зовнішні температури навколишнього середовища не досягали температури плавлення, тому для активації матеріалів з фазовим переходом в [43] була застосована стіна Trombe . Так як влітку високий пік зовнішньої температури (близько 40 ° C) і спекотні ночі перешкоджають затвердінню МФЗ , в кабіні [44] експлуатувалися з навісами влітку. Вплив навісів дозволив експлуатувати МФЗ протягом більш тривалого часу. Спостереженнями зафіксовано максимальне зниження температури стін та покриття кабіни з МФЗ на 6 °C та 11 °C відповідно.

Н. Alqallaf та Е. Alawadhi [44] для включення мікрокапсульованого МФЗ у бетонну покрівлю використовували вертикальні циліндричні від верстию. Складена чисельна модель була підтверджена експериментально. Повідомляється, що тепловий потік може бути значно зменшений зі збільшенням діаметра отворів для МФЗ. Для розглянутих у роботі випадків тепловий потік на внутрішній поверхні даху знижувався на 9% - 17% залежно від обраного МФЗ (парафіни A28, A32 та A39 від PlusICE), часу та місяця.

Л. Royon , Л. Karim та А. Bontemps [45] заповнювали створений композиційний МФЗ у вже існуючі порожнечі в бетонній плиті перекриття, з постановкою експерименту в реальних умовах і з комп'ютерним моделюванням в COMSOL Multiphysics . Автори при високій температурі (>100°C) змішали парафіновий МФЗ RT 27 від компанії Rubitherm зі стирол-бута-дієн-стирольним блоком від Sigma Aldrich. Блок-сополімер діяв як підтримуючий матеріал. Новий матеріал продемонстрував придатність для забезпечення значної теплової інерції будівлі.

А. Pasupathy та Р. Velraj [46] вивчали вплив МФЗ у конструкції даху за допомогою математичної моделі та експерименту. Матеріалом з фазовим переходом - евтектиком з температурою фазового переходу 26-28°C та з теплотою плавлення 188 кДж/кг - заповнили панель з нержавіючої сталі, 31

яка була розміщена між верхньою покрівельною плитою та нижньою бетонною - плитою. Авторами був зроблений висновок про те, що система з ще однією верхньою панеллю з Climsel C32 (температура плавлення 32°C) зможе працювати протягом усіх сезонів в Індії.

Інший спосіб розміщення МФЗ у даху було запропоновано Н.-М. Chou, C.-R. Chen, та V.-L. Nguyen. В їхньому експерименті брали участь покрівельні гофровані листи, між якими був мікрокапсульований МФЗ [47].

У [48] автори визначали оптимальну товщину шару МФЗ у світло прозорій огорожувальній конструкції, дослідивши вікно, склопакет якого був заповнений комерційним матеріалом із змінним фазовим станом маркою RT27 (вікно з МФЗ), і вікно, склопакетом якого б заповнено вікно), використовуючи чисельне моделювання та дві експериментальні установки.

Перша установка являла собою дві ізольовані камери, які містилися у природне навколишнє середовище. На зовнішній межі камер усередині установки розташовувалися моделі вікон: в одній камері – модель вікна з МФЗ, у другій – модель звичайного вікна. Камери були орієнтовані вікнами на південь.

Реєструвалася температура повітря в камерах і на внутрішній поверхні скління. На зовнішній поверхні установки вимірювалася кількість сонячної радіації, що надходить, і температура зовнішнього повітря. Пікове значення радіації на вертикальну площину під час дослідження становило 500 Вт/м^2 , а середня температура зовнішнього повітря дорівнювала 25°C .

Друга установка також складалася з двох камер, між якими поміщалася модель вікна, але температура в блоках регулювалася штучно. В одному з блоків температура змінювалася синусоїдально, від 17°C до 35°C протягом 24 годин, шляхом подачі нагрітого потоку повітря. В іншому ізолюваному блоці підтримувалася постійна температура повітря (24°C). Реєструвалася температура повітря на внутрішній поверхні скління, яка стикалася з повітрям ізолюваного блоку.

Таким чином, теплопередача в першій установці здійснювалася за допомогою випромінювання, конвекції та теплопровідності, тоді як теплопередача в другій установці була реалізована тільки через конвекцію та теплопровідність, що може бути характерно для деяких вікон, що виходять на північ. Товщина скла та камери у

всіх натурних моделях вікон дорівнювала 4 та 12 мм відповідно.

У чисельному експерименті розрахункова модель втрачала або отримувала тепло від внутрішнього та зовнішнього середовища за рахунок випромінювання, конвекції та теплопровідності. При цьому було введено ряд припущень, у тому числі відсутність ефекту гістерезису у матеріалу зі змінним фазовим станом. Товщина скла у розрахунковій моделі дорівнювала 4 мм, а відстань між склом варіювалась від 6 до 30 мм. Температура довкілля змінювалася по синусоїді, від 17°C до 35°C протягом 24 годин, а температура внутрішнього середовища залишалася постійною (24°C).

В обох випадках (з випромінюванням і без нього), автори спостерігали нижчу - амплітуду температури на внутрішній поверхні скління при заповненні простору між склом матеріалом із змінним фазовим станом, а не повітрям. Загалом, при використанні МФЗ, пікова температура зменшилася приблизно на 3°C, а затримка підвищення температури під час плавлення склала 3 години. Після завершення процесу плавлення авторами відзначено різке зростання температури, переважно за рахунок випромінювання.

Варіюючи товщину склопакета, автори зробили висновок про те, що в разі наявності з випромінювання оптимальна товщина шару МФЗ становить 24 мм, а у разі відсутності випромінювання - 19 мм, т.к. велика товщина призведе до того, що не вся рідка фаза перейде у тверду на початок нового процесу плавлення наступного дня. На думку авторів дослідження, погана прозорість твердої фази може обмежити застосування матеріалів зі змінним фазовим станом у світлопрозорих огорожувальних конструкціях.

Колектив авторів [48] досліджував сонцезахисні пристрої на основі матеріалів зі змінним фазовим станом і деякі аспекти використання МФЗ у світлопрозорих конструкціях, інтегрувавши їх в полікарбонатні панелі. Панелі розміщувалися на зовнішній поверхні подвійного скління в стіні випробувальної камери, температура в якій підтримувалася на рівні 26°C; камери знаходилися на даху будівлі, розташованої в помірно субконтинентальному кліматі на північному заході Італії.

Проводилися дві серії вимірювань температури внутрішньої поверхні скління. У першій серії брали участь панелі синього, зеленого та опалового кольорів, заповнені одним і тим же парафіновим МФЗ марки P35. Всі матеріали зі змінним фазовим станом мали температуру фазового переходу в діапазоні 31-36°C, для того,

щоб забезпечити здійснення фазових переходів протягом всіх днів дослідження. Контрольною у цій серії була порожня прозора панель.

У другій серії вимірювань три зелені панелі заповнювалися парафіновим - матеріалом Р35, сольовим гідратом SH31 і органічним МФЗ В35, а контрольною була порожня зелена полікарбонатна панель.

Подвійне скління складалося з прозорого скла товщиною 6 мм, низькоемісійного скла товщиною 6 мм і простором між ними товщиною 15 мм, заповненого аргоном.

У першій серії вимірювань, полікарбонатні панелі всіх трьох кольорів (синього, зеленого та опалового) справили позитивний вплив на температуру внутрішню поверхні скління, максимально знизивши її приблизно на 5°C (зелена та опалова панелі) порівняно з контрольною панеллю. Затримка температури залишила близько 3 годин. Величина теплового потоку була знижена на 30% при використанні зеленої та сріблясто-блакитної панелі, і на 50% при використанні синьої панелі.

У другій серії вимірювань всі три типи МФЗ сприяли скороченню теплової енергії, що проходить крізь панелі, але трохи кращу продуктивність продемонструвала панель із сольовим гідратом.

Аналізуючи фотографії панелей, зроблені під час першої серії з мірень, автори зробили висновок, що матеріали з фазовим станом, що змінюється, в рідкій фазі здавалися абсолютно прозорими, без дефектів і бульбашок повітря. Процес плавлення МФЗ відбувався поступово, починаючи з кінців панелей. Парафін у синій панелі розплавився швидше, а синя і зелена панель забезпечили кращу освітленість камер у той час, коли МФЗ плавився або знаходився в рідкій фазі.

У другій серії вимірювань, найкращу однорідність в обох фазах демонстрував органічний матеріал з фазовим переходом. Під час зміни фази цей МФЗ рівномірно утворював невеликі агломерати, які були розподілені по всій панелі полікарбонату. Найгірша однорідність виявилася у сольового гідрату: у рідкому стані він здавався каламутним і включав велику кількість бульбашок повітря; його кристалізація відбувалася неконгруентно із заснуванням кристалів різного розміру. Парафі новий же матеріал із фазовим переходом показав найкращу прозорість у рідкій фазі серед

усіх інших МФЗ.

На базі розглянутих досліджень було виявлено, що основним недоліком реалізації світлопрозорих конструкцій за допомогою панелей з МФЗ є погіршення виду панелей через сильну неоднорідність матеріалу з фазовим переходом, яка проявляється, коли матеріал знаходиться як у твердій, так і в рідкій фазі, і припускають, що Використання більш ускладненої конструкції з декількома панелями з МФЗ, розрахованими на різні температури фазового переходу, не тільки збільшить діапазон робочих температур затінення, але й усуне цей недолік.

5.4 Методика чисельного розрахунку з урахуванням гістерезис та верифікації експерименту з чисельним розрахунком

Чисельне моделювання гістерезис здійснювалося в програмі Comsol Multiphysics з побудовою розрахункової моделі у одновимірній робочій області. Геометрію моделі було представлено трьома відрізками (рисунок 6.15). Температура в точках A і D представляла функцію від часу $T(t)$, що точно за - повторює графік температури на поверхні кулі (рисунок 6.15).

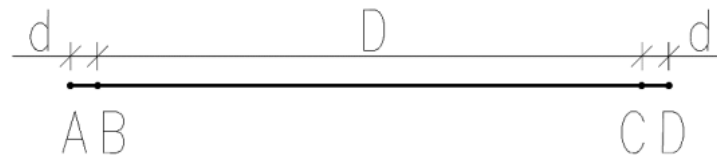


Рисунок 6.15 - Геометрія розрахункової моделі

Щоб змодельовати фазовий перехід, була введена змінна $SorL$, яка показувала, в рідкій ($SorL = 0$) або твердій фазі ($SorL = 1$) знаходиться МФЗ. Ця змінна була для кожного елемента і для кожного тимчасового кроку

$$SorL(T_i) = \begin{cases} 0 & \text{при } T_i > T_{top} \\ 1 & \text{при } T_i < T_{bot} \\ SorL(T_{i-1}) & \text{при } T_{bot} \leq T_i \leq T_{top} \end{cases} \quad (6.1)$$

де T_i - поточна температура в елементі;

T_{i-1} - температура на попередньому часовому кроці;

T_{top} - температура, при якій повністю завершується поглинання теплоти - в процесі плавлення;

T_{bot} - температура, при якій повністю завершується виділення теплоти в процесі кристалізації.

Температура T обчислювалася за рівнянням теплопровідності у твердих тілах. Теплота фазового переходу задавалася зміною теплоємності МФЗ.

$$C = \text{SorL} \cdot d \frac{H\text{StoL}(T)}{T} + (1 - \text{SorL}) \cdot d \frac{H\text{StoS}(T)}{T}, \quad (6.2)$$

де $H\text{StoL}(T)$ та $H\text{LtoS}(T)$ - функції ентальпії плавлення та кристалізації відповідно.

Т.к. петля гістерезису, утворена накладенням кривих ентальпій, має приблизно вигляд, показаний на рисунку 6.15, виділення/поглинання прихованої теплоти відбувається в деякому інтервалі температур $dT\text{LtoS}$ (у разі кристалізації) та $dT\text{StoL}$ (у разі плавлення). З цієї причини функції ентальпій розподіляли приховану теплоту в невеликому температурному проміжку, з прив'язкою до температури кристалізації T_{freeze} та плавлення T_{melt}

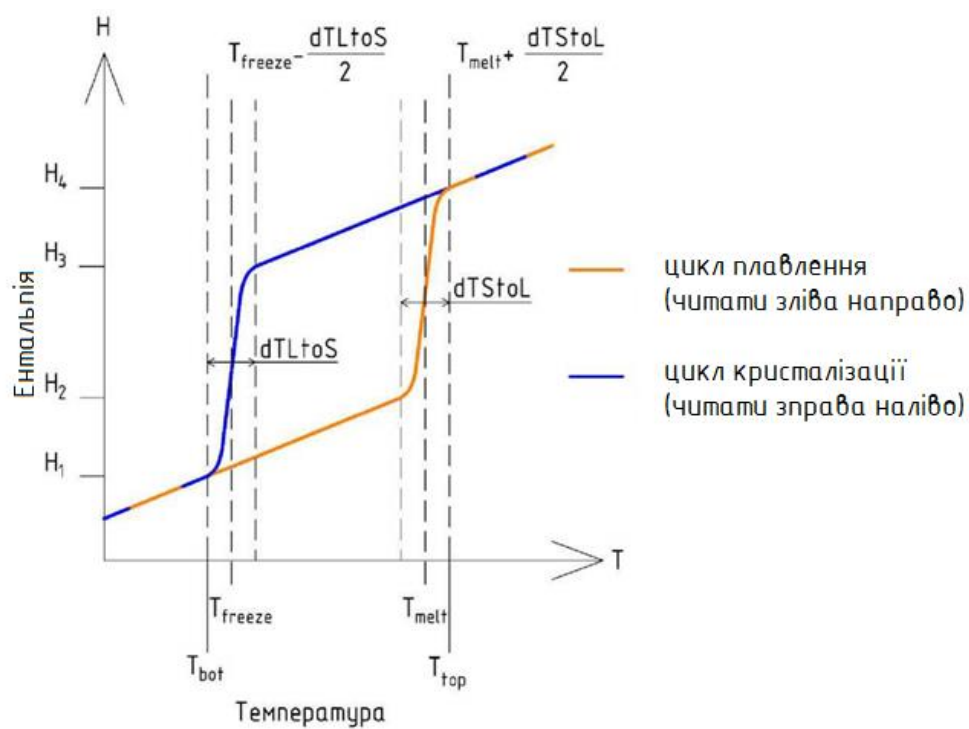


Рисунок 6.15 – Петля гістерезиса

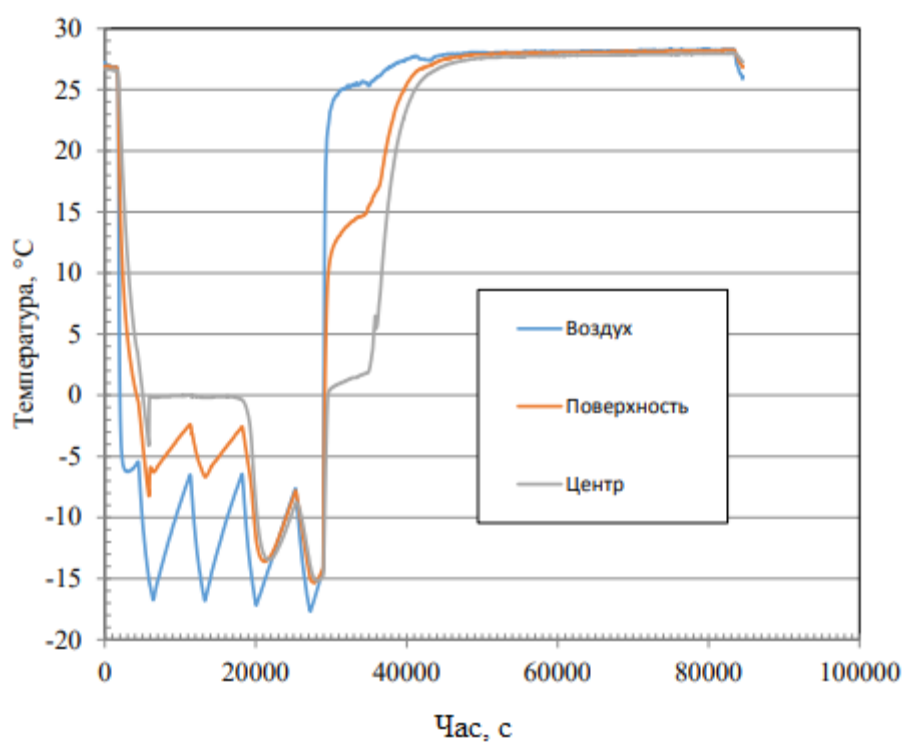


Рисунок 6.16 – Графік температур

Зі схематичного зображення петлі гістерезису впливають формули визначення температури, нижче якої виділення енергії неможливо (T_{bot}), і температури, вище якої поглинання енергії неможливо (T_{top})

$$dT_{LtoS} = 2 \cdot (T_{freeze} - T_{bot}), \quad (6.3)$$

$$dT_{StoL} = 2 \cdot (T_{top} - T_{melt}). \quad (6.4)$$

Для обраного МФЗ за рисунком 6.16 і за формулами (6.3) і (6.4) знайшли необхідні для розрахунку характеристики (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 - Деякі властивості води та льоду, що використовуються для розрахунку

Найменування	значення, °C
T_{freeze}	-0,28
T_{melt}	1.44
dT_{LtoS}	0.56
dT_{StoL}	0.2
T_{top}	1.45
T_{bot}	-0.56

Функція ентальпії кристалізації

$$H_{LtoS}(T) = C_L \cdot T + LH \cdot \text{step1} \cdot (T - T_{freeze}), \quad (6.5)$$

де $C_L = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – питома теплоємність води;

$LH = 335 \text{ кДж}/\text{кг}$ – теплота кристалізації;

step1 - функція, що згладжує (рисунк 6.17, а).

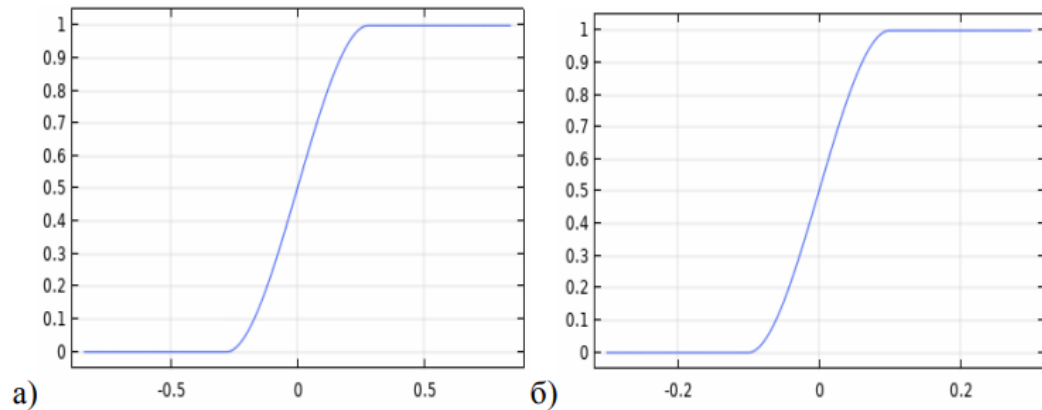
Функція ентальпії плавлення

$$H_{StoL}(T) = C_S \cdot T + LH \cdot \text{step2} \cdot (T - T_{melt}), \quad (6.6)$$

де $C_S = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – питома теплоємність льоду;

$LH = 335 \text{ кДж/кг}$ – теплота плавлення;

step2 - функція, що згладжує (рисунок 6.17, б).



а) залежність прихованої енергії (у частках одиниці) від різниці між поточною температурою і температурою фазового переходу при кристалізації; б) теж, при плавленні

Рисунок 6.17 - Функції згладжування step1 та step2 для даного МФЗ

Зміна коефіцієнта теплопровідності МФЗ λ при переході з однієї фази в іншу відбувалася згідно з системою рівнянь

$$\lambda = \begin{cases} f_1(T) \text{ при } SorL = 0 & \text{при } T \leq T_{bot} + dTLtoS \text{ и } T > T_{bot} \\ f_2(T) \text{ при } SorL = 1 & \text{при } T \geq T_{top} - dTStoL \text{ и } T < T_{top} \\ \lambda_s \cdot SorL + \lambda_L \cdot (1 - SorL) & \text{у всіх існуючих випадках} \end{cases} \quad (6.7)$$

де $\lambda_L = 0,56 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ – теплопровідність рідкої фази;

$\lambda_s = 2,22 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ – теплопровідність твердої фази;

$f_1(T) = (-1.66 * T + 180.59) / dTLtoS$ - лінійна залежність теплопровідності від температури при кристалізації для цього МФЗ;

$f_2(T) = (-1.66 * T + 182.95) / dTStoL$ - лінійна залежність теплопровідності від температури при плавленні даного МФЗ.

Формула щільності МФЗ

$$p_s \cdot \text{SorL} + p_L \cdot (1 - \text{SorL}), \quad (6.8)$$

де $p_s = 917 \text{ кг/м}^3$ - щільність льоду;

$p_L = 1000 \text{ кг/м}^3$ – щільність води.

Щільність, теплопровідність та теплоємність матеріалу стінки тенісної - кулі показано в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Характеристики АБС-пластика

Найменування	Значення за даними
густина	1030 кг/м^3
Коеф . теплопровідності	$0,13 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$
Теплоємність	$1300 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}$

Порівнянням графіків температур за часом (рисунок 6.18) встановлено, що запропонований алгоритм обліку фазового переходу добре описує - експериментальну криву.

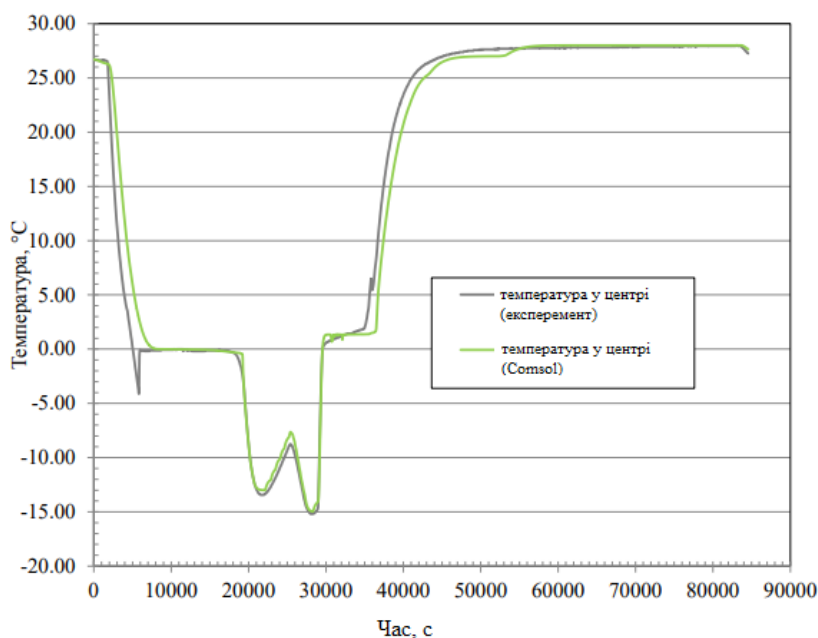


Рисунок 6.18 - Порівняння температур у центрі кулі

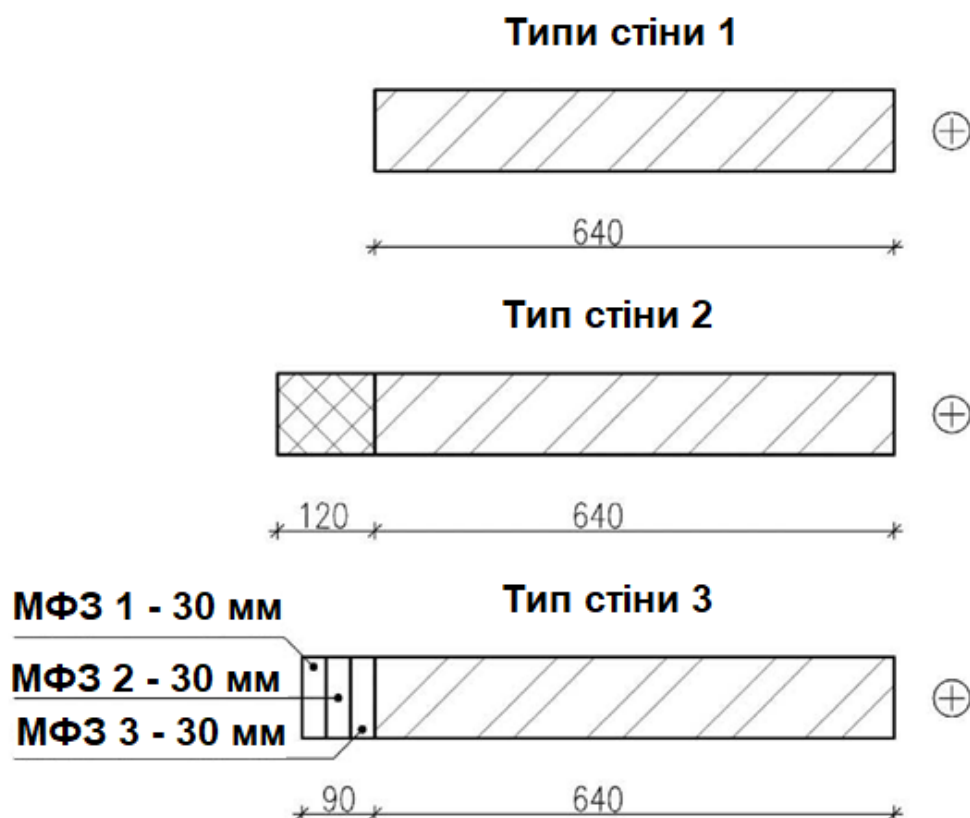
5.5 Розрахунок кількості теплоти, що проходить через стіни за добу, при температурі зовнішнього повітря, що змінюється в інтервалі між T_{bot} та T_{top}

Для досліджуваних типів стін (рисунок 6.19) були задані синусоїдальні температури зовнішнього повітря з амплітудою A рівною $10,5^{\circ}\text{C}$, $16,5^{\circ}\text{C}$, $23,5^{\circ}\text{C}$, $30,5^{\circ}\text{C}$ (рисунок 6.20). Насамперед у роботі було зосереджено роботу на фазових переходах з негативними температурами. Аналізуючи річний перебіг температур, за каталогом [10-20] було обрано МФЗ з найбільш відповідними температурами плавлення та кристалізації. Характеристики матеріалів з фазовим станом, що змінюється, зведені в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 - Характеристики МФЗ

Найменування	МФЗ 1 [16]	МФЗ 2 [16]	МФЗ 3 [16]
Марка	HS23N	HS15N	HS10N
T_{melt} , $^{\circ}\text{C}$	-21,0	-15,0	-10,0
T_{freeze} , $^{\circ}\text{C}$	-23,0	-16,0	-10,0
L , кДж/кг	262	308	290
C_s , кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$)	1,58	1,87	1,90
C_L , кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$)	3,40	3,40	3,40
A_s , Вт/(м ^{2} $^{\circ}\text{C}$)	4,976	5,26	4,25
l_L , Вт/(м ^{2} $^{\circ}\text{C}$)	0,702	0,53	0,602
ρ_s , кг/м ^{3}	1078	1016	1057
ρ_L , кг/м ^{3}	1140	1070	1125
dT , $^{\circ}\text{C}$	1	1	1

Кількість енергії, що проходить крізь огороження, показано на рисунках 6.21-6.24. Температура стін у початковий час становила 10°C .



- а) цегляна кладка неутеплена;
- б) цегляна кладка утеплена мін. ватою
- в) цегляна кладка з МФЗ

Рисунок 6.19 - Основні варіанти зовнішньої стіни

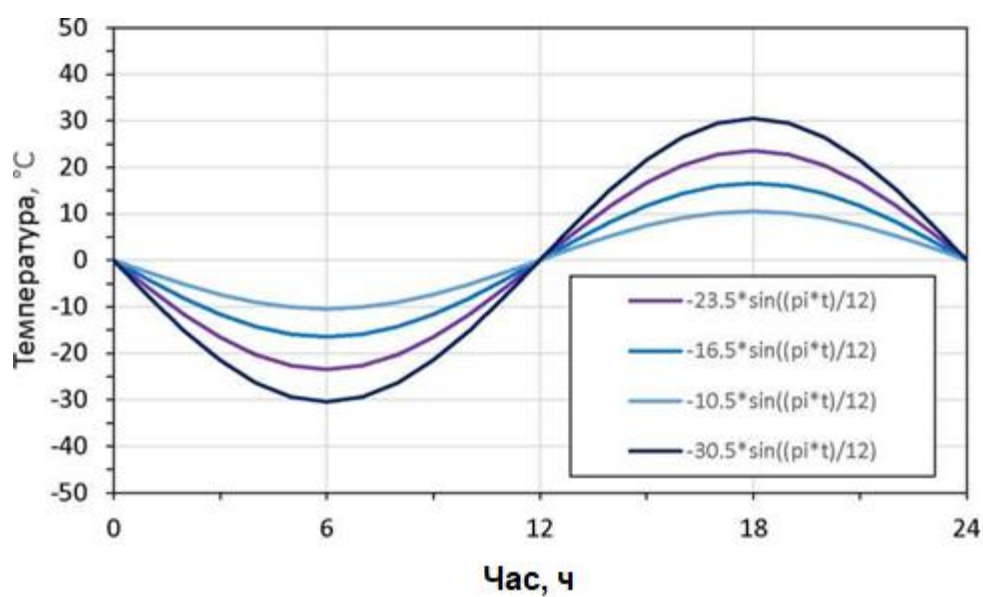


Рисунок 6.20 - Один період температури на зовнішній межі стін

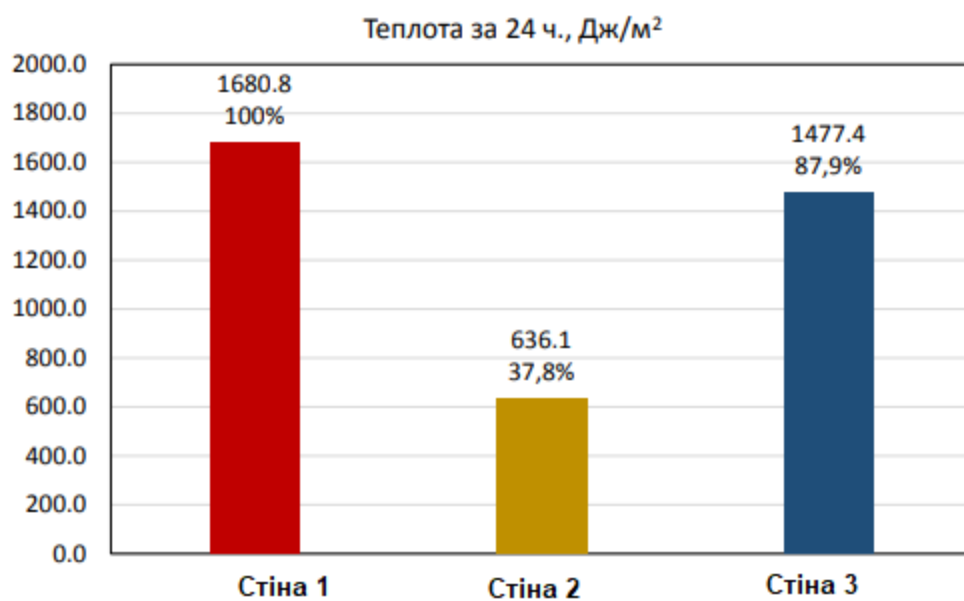


Рисунок 6.21 - Кількість теплоти за 24 години ($\Delta = 10,5 \text{ } ^\circ \text{C}$)

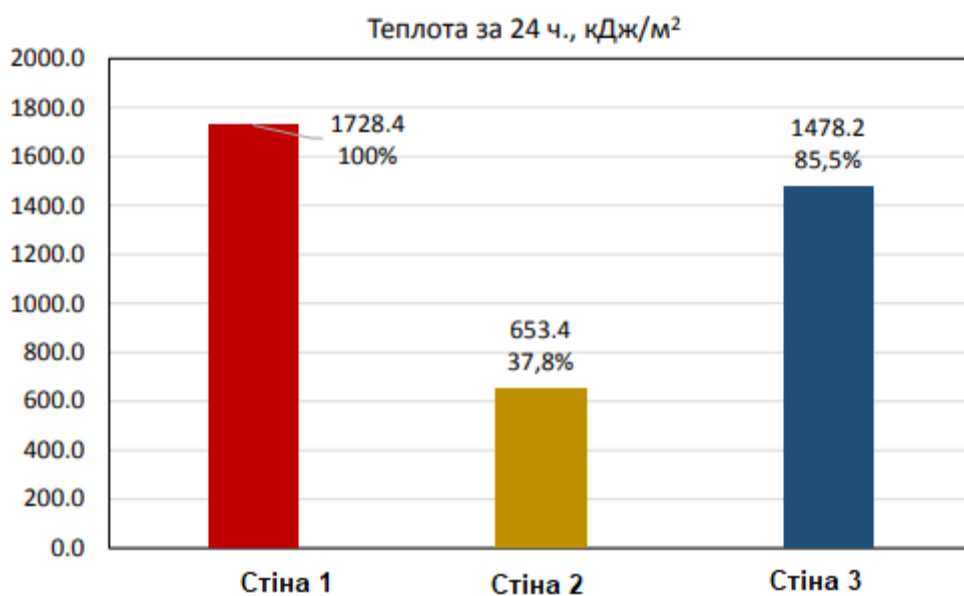


Рисунок 6.22 - Кількість теплоти за 24 години ($\Delta = 16,5 \text{ } ^\circ \text{C}$)

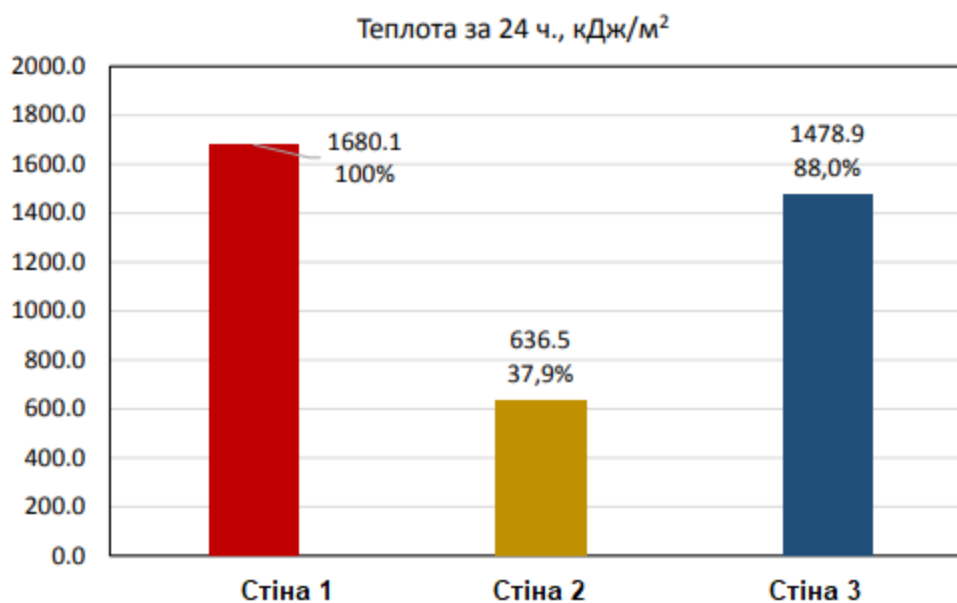


Рисунок 6.23 - Кількість теплоти за 24 години ($\Delta T = 23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

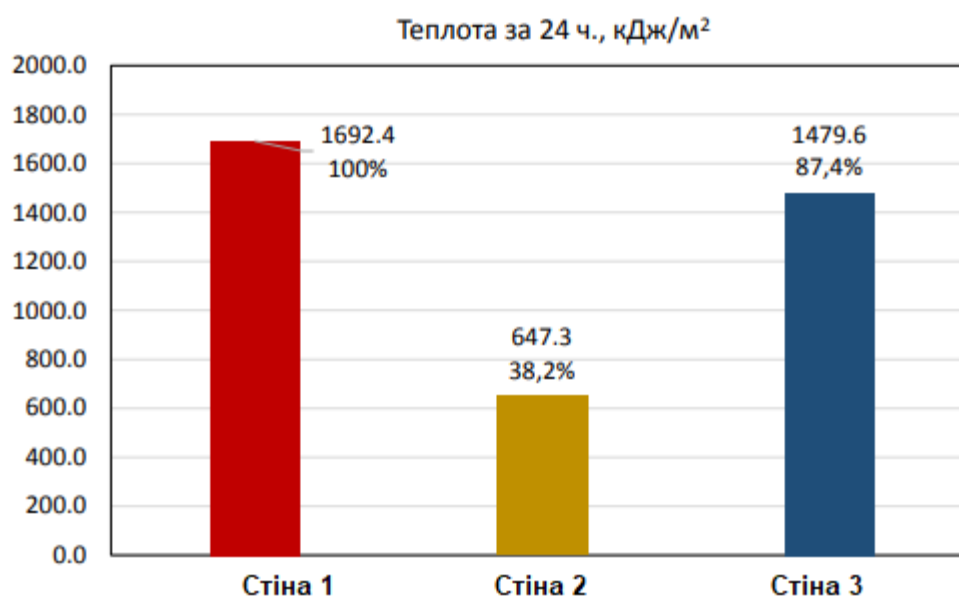


Рисунок 6.24 - Кількість теплоти за 24 години ($\Delta T = 30,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Як видно з графіків, найбільша кількість енергії за добу втрачала цегляна стіна (стіна першого типу), найменша - стіна з мінеральною ватою (другого типу).

Була розрахована економія енергії в порівнянні з цегляною стіною ΔQ залежно від амплітуди A за формулою

$$\Delta Q_n = Q_{nA} - Q_{1A}, \quad (6.9)$$

де Q_n - економія енергії для n -ого типу стіни ($n=2; 3$);

Q_{nA} - кількість теплоти для n -ого типу стіни ($n = 2; 3$) при амплітуді A , °C ($A = 30,5; 23,5; 16,5; 10,5$);

Q_{1A} - Кількість теплоти для цегляної стіни при амплітуді A , °C ($A = 30,5; 23,5; 16,5; 10,5$);

Характер зміни ΔQ в залежності від A показаний на рисунку 6.25

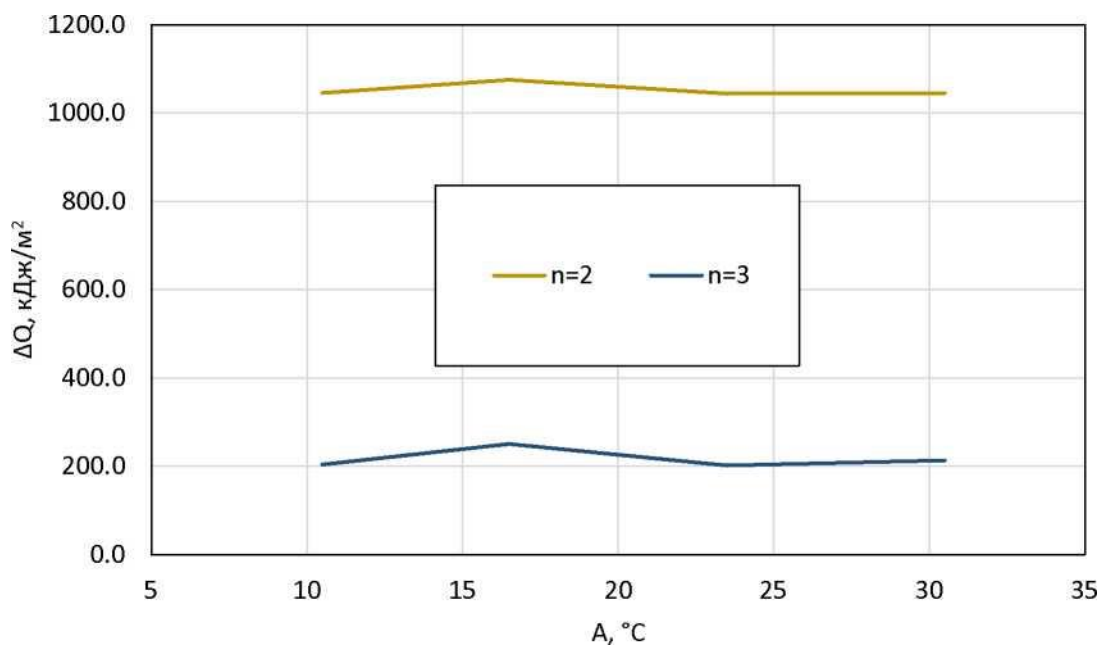


Рисунок 6.25 – Економія енергії (від базового рівня)

На рисунку 6.25 видно, що зміна економії енергії за амплітудами незначною мірою і знаходиться в межах похибки характеристик МФЗ.

5.6 Розрахунок втрат теплової енергії за один опалювальний період (на кв.м. зовнішньої огорожувальної конструкції)

Досліджувався тепловий потік, що проходить через чотири типи - зовнішніх конструкцій, що захищають - через основні варіанти стін (рисунок - 6.19) і через цегляну стіну з товщиною 73 см (стіна четвертого типу), тобто. з товщиною , що дорівнює товщині стіни з МФЗ. Опалювальний період, за сценарієм, розпочався 13 листопада, а завершився 20 травня. Для завдання стінок у програмі було використано одномірний простір.

За результатами розрахунку складено таблицю 8.

Таблиця 6.5 - Значення теплового потоку та втрат теплової енергії за опалювальний період

Стіна	$q, \text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$	$Q, \text{кДж} / \text{м}^2$	Від типу 1, %
Тип 1 (цегла 64 см)	-75497-60150 = -135647	-488329	100,0
Тип 2 (з мін. ватою)	-24390-17614 = -42004	-151214	31,0 (-69,0%)
Тип 3 (з МФЗ)	-69384-50161 = -119545	-430362	88,1 (-11,9%)
Тип 4 (цегла 73 см)	-69762-51194 = -120956	-435442	89,7 (-10,8%)

Як видно з таблиці, матеріали з фазовим станом, що змінюється, при порівнянні з утеплювачем товщині значно краще, ніж утеплювач , проводять тепло. Вони мають більшу теплоємність, ніж мінеральна вата, але занадто великою теплопровідністю в обох фазах (особливо в твердій - навіть більше, ніж у цегли). Через це різниця у втратах енергії між стінами третього і четвертого типів вкрай мала і становить трохи більше відсотка (1,2%). У той же час, значення економії енергії по відношенню до стіни першого типу в цьому розрахунку дуже наближені до значень економії енергії, які були отримані при завданні синусоїдальної температури.

5.7 Вплив теплопровідності МФЗ на економію енергії

Зниження теплового потоку у разі встановлення МФЗ можливе не тільки шляхом акумулювання енергії, але й за рахунок збільшення термічного опору огорожувальної конструкції. Щоб оцінити вплив теплопровідності матеріалів із фазовим станом, що змінюється, на економію енергії, було розраховано кількість теплоти, що проходить через стіну другого типу, в стаціонарному режимі.

У цьому розрахунку температура зовнішнього повітря дорівнювала -25°C , а температура внутрішнього повітря 21°C . Стіна розраховувалася у випадку, коли всі матеріали з фазовим станом, що змінюються, знаходилися повністю в твердому стані (опір теплопередачі всієї конструкції $R = 1,27 \text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C) / Вт}$) і, у випадку, коли вони були повністю розплавлені ($R = 1,40 \text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C) / Вт}$).

На рисунку 6.26 показані графіки розподілу температур товщиною стіни.

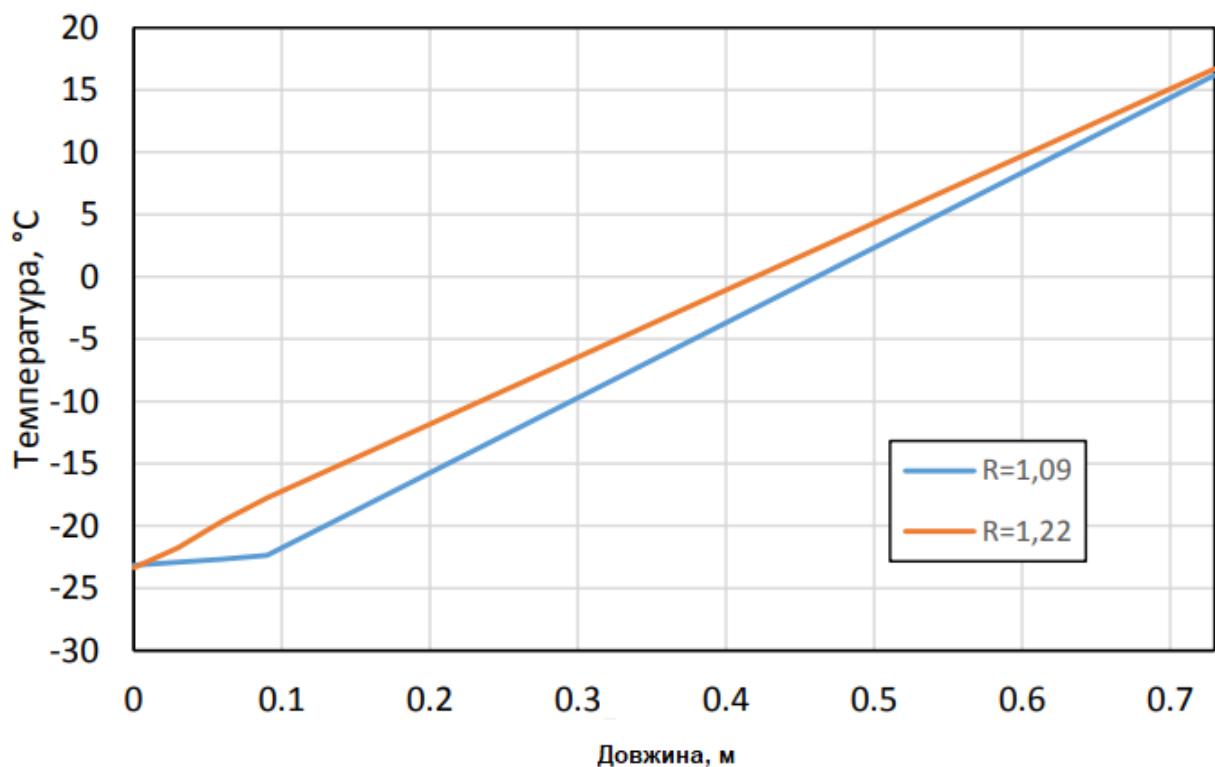


Рисунок 6.26 - Розподіл температури у конструкції з МФЗ

Лінія температури при розплавленому МФЗ вище, ніж лінія температури при перебуванні матеріалів із змінним фазовим переходом у твердому стані, що

узгоджується з більш високим опором теплопередачі.

Кількість теплової енергії обох випадків показано рисунку 6.27 у вигляді гістограми.

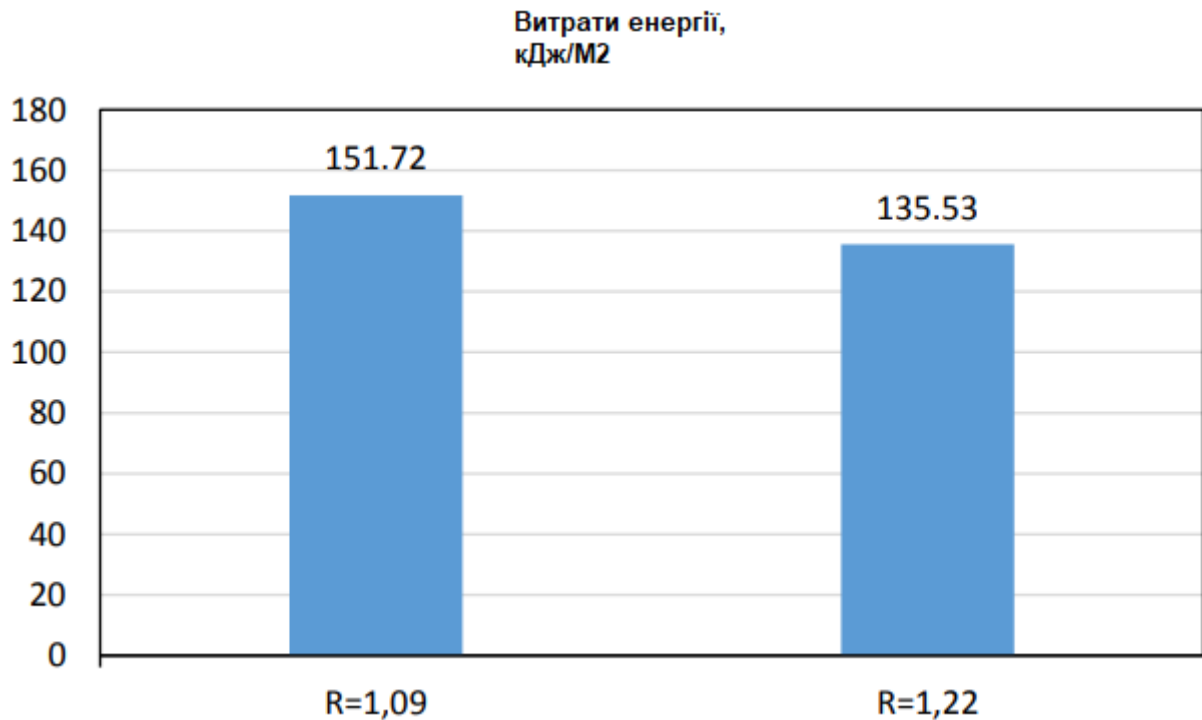


Рисунок 6.27 - Кількість енергії, що втрачається

Різниця у кількості теплової енергії склала 16,19 кДж/м² або 10,7%.

Далі вплив теплопровідності матеріалів з фазовим станом, що змінюється, на зниження теплового потоку було оцінено в нестационарному режимі. На рисунку 6.28 показано, як змінюються втрати теплової енергії за опалувальний період при зменшенні наявних коефіцієнтів теплопровідності на 20 та 40 відсотків.

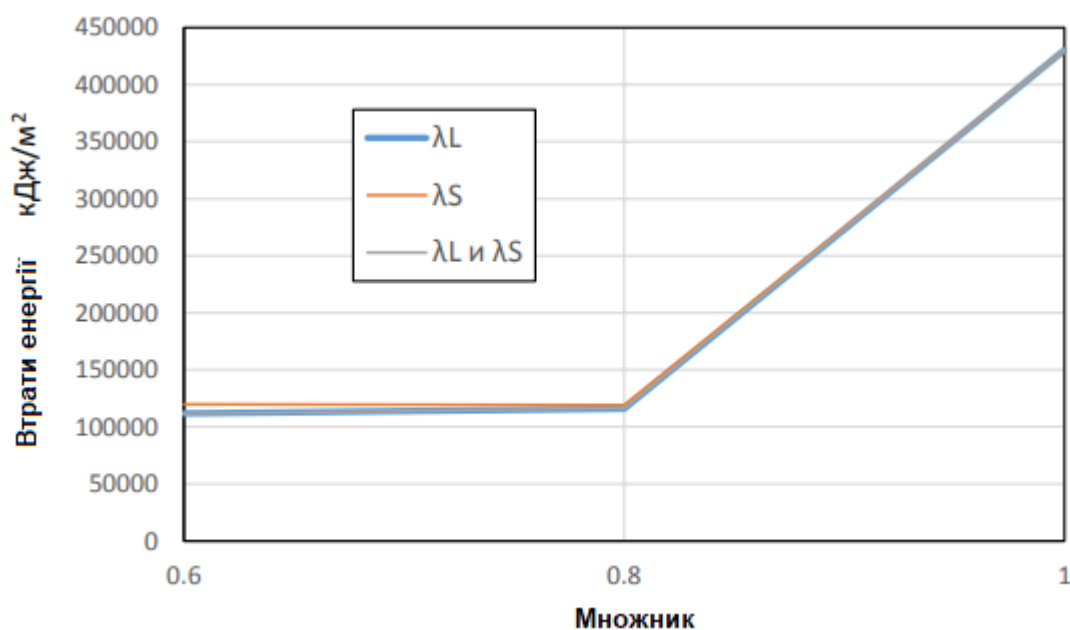


Рисунок 6.28 - Зміна теплового потоку в залежності від зміни теплопровідності МФЗ

В цілому, різниця по втратах енергії між коефіцієнтами теплопровідності МФЗ у розплавленому стані (λ_L), в кристалічному стані (λ_S) та коефіцієнтами теплопровідності обох фаз (λ_L і λ_S) на однакових множниках не суттєва. Найбільше скорочення втрат енергії спостерігається при зменшенні коефіцієнтів теплопровідності λ_L зі 100% (множник 1) до 80% (множник 0,8) – на 72,8%. Отримане при цьому значення втрат менше ніж втрати через утеплювач на 22,6%.

Отже, доцільно було б використовувати МФЗ з характеристиками, зазначеними в таблиці 6.3, але з меншою теплопровідністю рідкої або твердої фази, або обох фаз, на 20%.

ВИСНОВОК

У роботі вивчено номенклатуру матеріалів зі змінним фазовим станом, а також досвід їх використання у зовнішніх конструкціях, що захищають.

Проаналізовані сучасні технології які можуть суттєво знизити енергопотреби будівель.

Визначені основні способи моделювання прихованої енергії фазових переходів. Встановлено, що при фазовому переході спостерігається ефект - гістерези, який характеризується петлею гістерези. У роботі розроблено алгоритм розрахунку, що враховує явище гістерезису при плавленні-кристалізації. Для верифікації алгоритму розрахунку результати розрахунку з досвідченими даними порівнювалися з результатами експериментального дослідження заморожування та розморожування модельного матеріалу - води. Показано хорошу збіжність розрахункових та експериментальних даних.

Виявлено доцільність розміщення огорожувальної конструкції декількох шарів МФЗ з відмінними один від одного температурами фазових переходів. Огородження з традиційним утепленням за опалювальний період втратило на 90% менше теплової енергії, ніж огорожа з МФЗ, що виробляються нині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Vavra Bob. Integrated design produces big savings for small HVAC / Plant engeneering. July 1, 2005. pp. 29-30
2. Mehling H. Heat i cold storage with PCM: Включити до часу введення в основи та пристосування / H. Mehling , LF Cabeza - Luxembourg: Springer Sci - ence+Business Media, 2008 - 308 с.
3. Kosny J. PCM-Enhanced Building Components - An Application of Phase Change Materials в Building Envelopes and Internal Structures / Jan Kosny . - Lux - embourg: Springer Science+Business Media, 2015 - 271 с.
4. Jamekhorshid A. Review of microencapsulation methods of phase change materials (PCMs) as thermal energy storage (TES) medium [текст] // A. Jamekhorshid , SM Sadrameli , M. Farid - Renewable i Sustainable Energy Reviews - 2 31 – C.531-542.
5. Xie , N. Salt hydrate/expanded vermiculite composite як form-stable phase зміна матеріалу для будівництва енергетичного капіталу [текст] // N. Xiea , J. Luoа , Z. Lia, Z. Huanga , X. Gaoа , Y. Fanga , Z. Zhang - Solar Energy Materials and Solar Cells - 2019 - №189 - C. 33-42.
6. Mehling H. Heat and Mass Transfer / Harald Mehling , Luisa F. Cabeza - Berlin: Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2008 - 315 с.
7. Zhou, D. Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications [текст] // D. Zhou, CY Zhao, Y. Tian - Applied Energy - 2012 - №92 - C. 593-605.
8. Xiao, M. Preparation and performance of shape stabilized phase change thermal storage materials with high thermal conductive [текст] // M. Xiao, B. Feng, K. Gong - Energy Conversion and Management - 2002 - №43 - C. 103- 108.
9. Cabeza , LF За допомогою microencapsulated PCM в конкретних walls for energy savings [текст] // LF Cabeza , C. Castellon, M. Nogues , M. Medrano, R. Leppers , O. Zubillaga - Energy and Buildings - 2007 - №39 - C. 113-119.

10. Climator [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.dimator.com/> , (дата звернения: 25.09.2023).
11. CRODA [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.croda-therm.com/en-gb> , (дата звернения: 25.09.2023).
12. Insolcorp [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.insolcorp.com> , (дата звернения: 25.09.2018).
13. Microtek laboratories, Inc. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.microteklabs.com/>, (дата звернения: 25.09.2023).
14. PCM [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.pcmproducts.net>, (дата звернения: 25.09.2023).
15. Phase Change Energy Solutions [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://phasechange.com/> (дата звернения: 25.09.2023).
16. Pluss [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.pluss.co.in/>, (дата звернения: 25.09.2023).
17. PureTemp [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.puretemp.com/>, (дата звернения: 25.09.2023).
18. SavEnrgTM Phase Change Materials [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://rgees.com> (дата звернения: 23.03.2023).
19. Rubitherm Phase Change Materials [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.rubitherm.eu/> (дата звернения: 25.09.2018).
20. Phase Change Material PCM Manufacturers для Air Conditioning, Electronics Cooling. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.teappcm.com/> (дата звернения: 25.09.2018).
21. Kuznik, F. Experimental assessment of phase change material for wall building use [текст] // F. Kuznik, J. Virgone - Applied Energy - 2009 - №86 - С. 2038-2046.
22. Evola G. Metodologija dla investigative effectiveness of PCM wall-boards for letm thermal comfort in buildings [Текст] // G. Evola , L. Marietta, F. Sicurella - Building and Environment - 2013 - №59 - С. 517-527

23. Hasse , C. Realization, test and modelling of honeycomb wallboards containing a Phase Change Material [Текст] // C. Hasse , M. Grenet , A. Bontemps, R. Dendievel , H. Sallee - Energy and Buildings - 2011 - № 43 - С. 232-238.

24. Castell, A. Experimental validation of methodology to assess PCM effectiveness in cooling building envelopes passively [текст] // A. Castell, MM Farid - Energy and Buildings - 2014 - №81 - С. 59-71.

25. Kheradmand , M. Experimental and numerical studies of hybrid PCM embedded in plastering mortar for enhanced thermal behaviour of buildings [текст] // M. Kheradmand , M. Azenha , J. Aguiar , J. Castro-Gomes - Energy- 201 94 – С. 250-261.

26. Shilei , L. Impact of phase change wall room on indoor thermal environment –in winter [текст] // L. Shilei , Z. Neng , F. Guohui - Energy and Buildings - 2006 - №38 - С. 18-24.

27. Athienitis , AK Investigation of the thermal performance of pasive solar test-room with wall latent heat storage [текст] // AK Athienitis , C. Liu , D. Hawes, D. Banu , D. Feldman - Building and Environmen - 1997 - №32 – С. 405 –410.

28. Banu , D. Evaluation of thermal storage as latent heat in after change material wallboard by differential scanning calorimetry and large scale thermal testing [текст] // D. Banu , D. Feldman, D. Hawes - Thermochimica Acta – 1998 – №317 – С. 39-45.

29. Feldman D. DSC analysis для оцінки енергетичного стирання wall –board [текст] // D. Feldman, D. Banu - Thermochimica Acta – 1996 – №272 – С. 243-251.

30. Scalat , S. Full scale thermal testing latent heat storage in wallboard [текст] // S. Scalat , D. Banu , D. Hawes, J. Paris, F. Haghighata , D. Feldman - Solar Energy Materials and Solar Cells - 1996 - №44 - С. 49-61.

31. Peippo , K. A multicomponent PCM wall optimized для надійного природного висування –ing [текст] // K. Peippo , P. Kauranen , PD Lund - Energy and Buildings - 1991 - №17 - С. 259-270.

32. Lai, C. Heat transfer i thermal storage behaviour gypsum boards в -corporating micro-encapsulated PCM [текст] // C. Lai, RH Chen, C.-Y. Lin - Energy and Buildings - 2010 - № 42 - С. 1259-1266.

33. Alawadhi EM Thermal analysis of building brick containing phase change material gain [текст] // EM Alawadhi - Energy and Buildings - 2008 - №40 - С. 351-357.

34. Castell, A. Experimental study of using PCM in brick constructive solutions -for pasive cooling [текст] // A. Castell, I. Martorell , M. Medrano, G. Perez, LF Cabeza - Energy and Buildings-2010 - №42 - С. 534-540.

35. Vicente, R. Brick masonry walls with PCM macrocapsules : An experi-mental approach [текст] // R. Vicente, T. Silva - Applied Thermal Engineering - 2014 -№67 - С. 24-34.

36. Haghshenaskashani S. Simulation of Thermal Storage Phase Change Матеріал -в Building [текст] // S. Haghshenaskashani , H. Pasharshahri - Міжнародний журнал цивільного та природознавства - 2009 - №10, ч.3 - С.356-360.

37. Zhang, C. Thermal response of brick wall filled with phase change materials -(PCM) under fluctuating outdoor temperatures [текст] // C. Zhang, Y. Chen, L. Wu, M. Shi - Energy and Buildings - 2011 - № 43 – С. 3514-3520.

38. Huang, M. Застосування validated numerical model для того, щоб підтвердити енергійну надійність потенційного використання змінних матеріалів в архітектурі будівництва [текст] // MJ Huang, PC Eames, NJ Hewitt - Solar Energy Materials and Solar Cells - 2006 - №90-С. 1951–1960.

39. J. Lei. Енергія ефективності будівництва об'ємів integrated with phase change materials for cooling load reduction in tropical Singapore [Текст] // J. Lei, J. Yang, E.-H. Yang - Applied Energy - 2016 №162 - С. 207-217.

40. USE OF MICROENCAPSULATED PCM IN BUILDINGS AND THE EFFECT OF ADDING AWNINGS [Електронний ресурс] - Режим доступу : https://intraweb.stockton.edu/eyos/energy_studies/content/docs/effstock09/Session_8_1%20Sustainable_Comfort_Cooling/64.pdf, (Дата звернення: 19.10.2018).

42. Arce, P. Use microencapsulated PCM в будинках і ефект adding awnings [текст] // P. Arce, C. Castellon, A.Castell , LF Cabeza - Energy and Buildings - 2012 - №44 - С. 88-93 .

43. Thermal energy storage with change materials in building envelopes [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://revistes.iec.cat/index.php/CtS/article/viewFile/370/369>, (Дата звернення: 19.10.2023).

44. Alqallaf , HJ Concrete roof with cylindrical holes containing PCM to reduce the heat gain [текст] // HJ Alqallaf , EM Alawadhi - Energy and Buildings - 2013 - №61 - С. 73-80.

45. Alawadhi , EM Building roof with conical holes containing PCM to reduce the cooling load: Numerical study [текст] // EM Alawadhi , HJ Alqallaf - Energy Conversion and Management - 2011 - №52 - С. 2958-2964.

46. Royon , L. Thermal energy storage and release of new component with PCM for integration in floors for thermal management of buildings [текст] // L. Royona , L. Karima , A. Bontemps - Energy and Buildings - 2013 - №63 - С. 29 –35.

47. Lee, T. Контроль за ознаками глибокого скупчення і відновлення в конкретній [текст] // T. Lee, DW Hawes, D. Banu , D. Feldman - Solar Energy Materials and Solar Cells - 2000 - №62 - С. 217- 237.

48. Pasupathy , A. Діяльність 2-річної фази зміни матеріалу в будівництві ручки для року коло thermal management [текст] // A. Pasupathy , R. Velraj - Energy and Buikdings - 2008 - №40 - С. 193-203.

49. Bianco L. Energy assessment of a novel dynamic PCMs заснований соціальний shad ing: результати від experimental campaign [текст] // L. Bianco , V. Serra, I. Vigna - Energy and Buildings - 2017 - №1 - С. 608- 624.

50.Снежко А.П., Батура Г.М. «Технология строительного производства». Киев 1991г.

51. Дикман Л.Г. «Организация и планирование строительного производства». 1998г.

52. Притула С.Ф. Технологія будівельних процесів: навчальний посібник / С.Ф. Притула– К. : ІЗМН, 1996. – 140 с.

53. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов: учебник / В.А. Веселов. – М.: Стройиздат, 1990. – 240 с.
54. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебник / Б. И. Далматов. Л. : Стройиздат, 1988. – 345 с.
55. Бартоломей А. А. Основы расчёта свайных ленточных фундаментов по предельно допустимым осадкам: учебник / А. А. Бартоломей. – М. : 1982. – 180 с.
56. Бойко М. Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений: учебник / М. Д. Бойко. – М. : Стройиздат, 1993-208 с.
57. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві: Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009. – [Чинний від 2012-04-01]. – К. : Держстандарт України, 2012. -94 с. – (Національні стандарти України).
58. Загальні технічні умови. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій: Основні положення : ДСТУ 3760:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. -28 с. – (ISO 6935-2:1991, NEO).
59. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2012. – [Чинний від 2012-07-01]. – К. : Держстандарт України, 2012. – 29 с. (Національні стандарти України).
60. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2012. – [Чинний від 2012-07-01]. – К. : Держстандарт України, 2012. – 29 с. (Національні стандарти України).
61. Система проектної документації для будівництва. : Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.: ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-01-24]. – К. : Держстандарт України, 2009. – 75 с. – (Національний стандарт України).
62. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових креслень.: ДСТУ Б А.2.4-10:2009. – [Чинний від 2009-01-24]. – К. : Держстандарт України, 2009. – 8 с. – (Національні стандарти України).

63. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Система проектної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-24-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Державні будівельні норми України)
64. Модульна координація розмірів у будівництві. Загальні положення : ДСТУ Б.В.1.3-3:2011. – [Чинний від 2012-30-12]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 16 с. – (Державні будівельні норми України).
65. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.:Мінрегіонбуд, 2011. – 118 с.
66. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 71 с.
67. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат, 1991. – 768 с.
68. 4. Залізобетонні конструкції: підруч. / П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Хорик, В.П. Вахненко; за ред. П.Ф. Вахненка. – К.: Вища шк., 1999. – 508 с.
69. Шаповалов О.М. Залізобетонні конструкції: Навч.-метод. посібник для студентів будівельних спеціальностей. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 147 с.
70. Поляков Л.П., Лысенко Е.Ф., Кузнецова Л.В. Железобетонные конструкции: Учебник. – К.: Вища школа, 2004. – 351с.
71. Бондаренко В. М., Римшин В. И. - Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций; 2006. Заикин А. И. - Железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий; 2007.
72. Іщенко І.І. Технологія кам'яних і монтажних робіт. К. «Вища школа»- 2009. – 300с.
73. А.Б. Голышев, В.П. Полищук, В.Я. Бачинский. Под ред. А.Б. Голышева. - К.: Логос, 2003. - 415 с.

