

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

“Допустити до захисту”

Завідувач кафедри БДМБ, канд. техн. наук, професор

_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**" Дослідження впливу параметрів вентиляованого фасаду на
коефіцієнт теплотехнічної однорідності "**

Виконав: здобувач групи БІ-23М-1
спеціальності 192

“Будівництво та цивільна інженерія”

_____ Михайло Катана

" ____ " _____ 2024 р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир ЯЦУН

" ____ " _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра, циклова комісія Будівельних, дорожніх машин і будівництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії
к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ ” 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Катані Михайлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Дослідження впливу параметрів вентиляованого фасаду на коефіцієнт теплотехнічної
однорідності

керівник проекту (роботи) доцент Яцун В.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2024 р. №

2. Строк подання студентом роботи “ 1 ” січня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Район будівництва – м. Кропивницький

2. Розміри в плані – 37,18x13,5 м.

3. Висота будівлі – 19,2 м.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити)

1. Науково-дослідницький розділ. 2. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Мультимедійна презентація, 14 слайдів (А4), у тому числі 7 креслень (А4):

1. План, фасад, розріз (А1). 2. План горища, фасад(А1). 3. План перекриття,

розрізи(А1). 4.Сходовий майданчик(А1). 5. Технологічна карта на монтаж

фундаментних плит і блоків стін підвалу(А1). 6. Будгенплан(А1). 7. Календарний
план(А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-дослідницький	доцент Яцун В.В.		
Охорона праці	доцент Скриннік І.О.		

7. Дата видачі завдання 2.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження стану питання	10.09.-15.09.2024	
2	Створення методики проведення випробувань	15.09.-20.09.2024	
3	Проведення натурного експерименту	20.09.-25.09.2024	
4	Аналіз отриманих даних	25.09.-15.10.2024	
5	Розробка заходів з охорони праці	15.10.-18.10.2024	
6	Оформлення альбому документів	18.10.-20.11.2024	

Студент

(підпис)

Катана М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Яцун В.В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Запропоновано навісну фасадну систему на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням керамогранітних плит для будівництва та реконструкції будівель висотою до 75 метрів у різних кліматичних районах України, що характеризується підвищеним опором теплопередачі та меншою матеріаломісткістю в порівнянні з існуючими аналогами.

Розроблено альбом конструктивних рішень запропонованої фасадної системи для практичного використання при проектуванні та будівництві будівель підвищеної поверховості у різних кліматичних районах України.

Annotation

A hinged facade system on flexible connections with nodal fastening of porcelain stoneware slabs for the construction and reconstruction of buildings up to 75 meters high in different climatic regions of Ukraine is proposed, which is characterized by increased heat transfer resistance and lower material consumption compared to existing analogues.

An album of constructive solutions of the proposed facade system has been developed for practical use in the design and construction of high-rise buildings in different climatic regions of Ukraine.

[illegible]

Вступ

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю удосконалення системи навісного вентиляваного фасаду з метою підвищення теплотехнічної однорідності зовнішніх стін будівель, зниження матеріаломісткості несучих конструктивних елементів та розширення сфери застосування таких систем у будинках підвищеної поверховості в умовах динамічних впливів.

Відомо, що зовнішні стіни із застосуванням навісних фасадних систем є багатошаровими неоднорідними конструкціями, що піддаються комплексу силових і не силових впливів, що впливають не тільки на їх несучу здатність, а й на термін служби конструкцій, що захищають будівлі. Однак, ті що прийшли із Заходу і широко застосовуються сьогодні в нашій країні, навісні фасадні системи залишаються недостатньо вивченими з точки зору адаптації до умов будівництва в Україні.

У зв'язку з чим дослідження впливу конструктивних особливостей фасадної системи з гнучкими зв'язками на несучу здатність і теплову ефективність стінового огороження в будинках підвищеної поверховості для різних вітрових і сейсмічних районів є дуже важливим і актуальним завданням.

					ЖБ 36. ПЗ			
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження впливу параметрів вентиляваного фасаду на коефіцієнт теплотехнічної однорідності	Літ.	Лист	Листів
Розробив	Катана					М	1	
Перевірив	Яцун							
Н. контр.	Дарієнко					ЦНТУ Гр. БІ-23М-1		
Затвердив.	Настоящий							

1. Характеристика роботи

Мета роботи – підвищення теплової ефективності стінового огороження будівель за рахунок застосування фасадної системи з гнучкими зв'язками несучої конструкції та вузловим кріпленням облицювання.

Відповідно до поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

1. Аналіз існуючих навісних фасадних систем для виявлення конструктивних особливостей, що впливають на теплотехнічну однорідність системи утеплення зовнішніх стін будівель, матеріаломісткість несучої конструкції фасаду та область застосування залежно від висоти будівлі та району будівництва.

2. Дослідження впливу неоднорідних включень у конструкціях фасадних систем на теплотехнічні властивості зовнішніх стін будівель з урахуванням чисельного розрахунку тривимірного температурного поля.

3. Розробка конструкції на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням облицювання на основі аналізу результатів теоретичних та чисельних досліджень несучої здатності та експлуатаційної надійності фасадної системи з урахуванням впливу особливостей району будівництва та поверховості будівлі.

4. Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану та несучої здатності розробленої фасадної системи при дії динамічних навантажень.

5. Дослідження міцнісних та деформаційних характеристик конструкції з гнучкими зв'язками.

6. Вивчення напружено деформованого стану розробленої конструкції з гнучкими зв'язками при дії динамічних навантажень на основі кінцево-елементного моделювання.

Об'єктом дослідження є конструкція навісної фасадної системи на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням облицювання.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є теплова ефективність конструкції навісної фасадної системи на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням облицювання.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- встановлено вплив геометричних параметрів конструкції гнучких зв'язків фасадної системи на теплову ефективність зовнішніх стін будівель;
- отримано тривимірну картину розподілу температури в стаціонарному полі зовнішніх стін з фасадними системами на гнучких та жорстких зв'язках;
- удосконалено методику теплотехнічного розрахунку зовнішніх стін будівель з фасадними системами на гнучких зв'язках;
- отримані дані про здатність фасадної системи з гнучкими зв'язками при дії динамічних навантажень.

Теоретичне та практичне значення дослідження.

1. Запропоновано навісну фасадну систему на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням керамогранітних плит для будівництва та реконструкції будівель висотою до 75 метрів у різних кліматичних районах України, що характеризується підвищеним опором теплопередачі та меншою матеріаломісткістю в порівнянні з існуючими аналогами.

2. Розроблено альбом конструктивних рішень запропонованої фасадної системи для практичного використання при проектуванні та будівництві будівель підвищеної поверховості у різних кліматичних районах України.

3. Удосконалено методику розрахунку наведеного опору теплопередачі зовнішніх стін будівель з фасадними системами на гнучких зв'язках.

4. Запропоновано критерії оцінки параметрів граничних станів систем для ідентифікації їх технічного стану залежно від характерних особливостей та кількісних показників ушкоджень на основі аналізу бази даних результатів випробувань на віброплатформі існуючих конструкцій навісних фасадів із облицюванням керамогранітними плитами.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Встановлено, що запропонована конструктивна система добре демпфує коливання. Конструкція гнучких зв'язків забезпечує розсіювання енергії системи від дії динамічних навантажень і, як наслідок, призводить до зменшення прискорень несучої конструкції навісного фасаду, що дуже важливо враховувати для підвищення безпеки експлуатації будівель.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Стан питання дослідження

Фасадні системи в даний час в Україні широко застосовуються при будівництві та реконструкції будівель. Збільшення обсягів застосування навісних фасадних систем (далі НФС) пов'язане з необхідністю виконання вимог чинних норм щодо забезпечення нормованого рівня температурно-влагностного режиму приміщення, що експлуатується.

Згідно з даними, представленими в [1], НФС вперше з'явилися на початку 70-х років у Німеччині і відразу почали широко застосовуватися в різних країнах світу. В Україні НФС з'явилися значно пізніше, на початку 90-х, але вже встигли завоювати популярність.

У нас використовується велика кількість систем, що відрізняються конструктивним рішенням (з вертикальними напрямними або комбіновані), матеріалом несучої конструкції (оцинкована сталь, алюмінієвий сплав або корозійностійка сталь), видом облицювального матеріалу (керамограніт, композит, металокасети, листові матеріали, натуральний камінь, сайдинг та ін.) та способом кріплення облицювального матеріалу (видиме або приховане). Різноманітність фасадних систем пояснюється вимогами архітектурної виразності будівель та пошуком альтернативних НФС, дешевших і водночас надійних в експлуатації.

На рис. 1 показано розподіл обсягів оздоблення фасадів в Україні на 2013р. Діаграма складена за результатами аналізу матеріалів, поданих у [1].

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

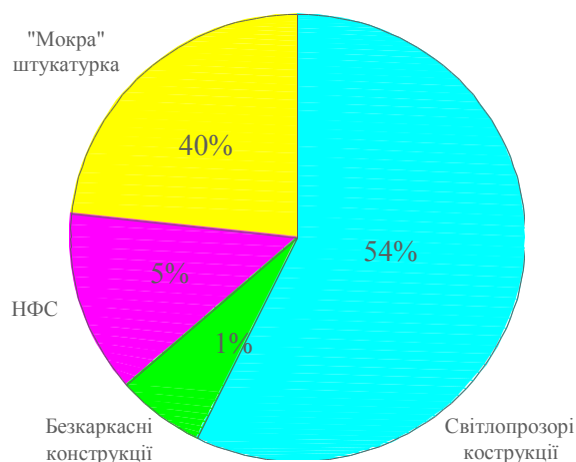


Рисунок 1 – Обсяги оздоблення фасадів.

Область застосування НФС в Україні включає будівлі різного функціонального призначення: житлові, громадські, промислові і приватне будівництво. НФС використовуються при реконструкції існуючої забудови та в новому будівництві, у тому числі і на висотних будинках. На рис. 2 показано розподіл обсягів НФС, застосованих на різних типах будівель, згідно з даними представленими в [1].

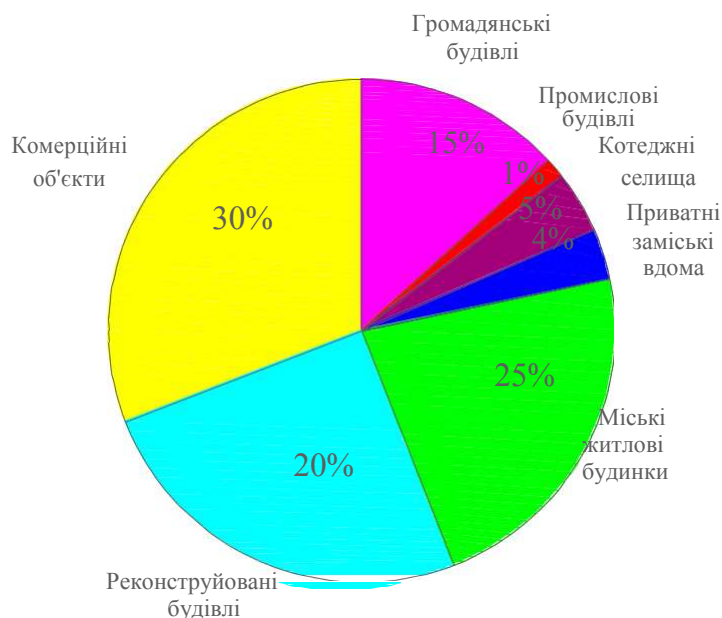


Рисунок 2 – Розподіл обсягів НФС, які встановлюються різних типах будинків.

Існує три види несучої конструкції НФС, залежно від матеріалу, з якого вони виготовляються: з оцинкованої сталі (або сталі з полімерним покриттям), з нержавіючої (корозійностійкої) сталі та алюмінієвих сплавів. На рис. 3 показано розподіл обсягів монтажу несучих конструкцій систем з різних металів (оцинкованої сталі, корозійностійкої сталі та алюмінієвих сплавів), що застосовуються в Україні. Діаграма складена за результатами аналізу матеріалів, представлених у [1].

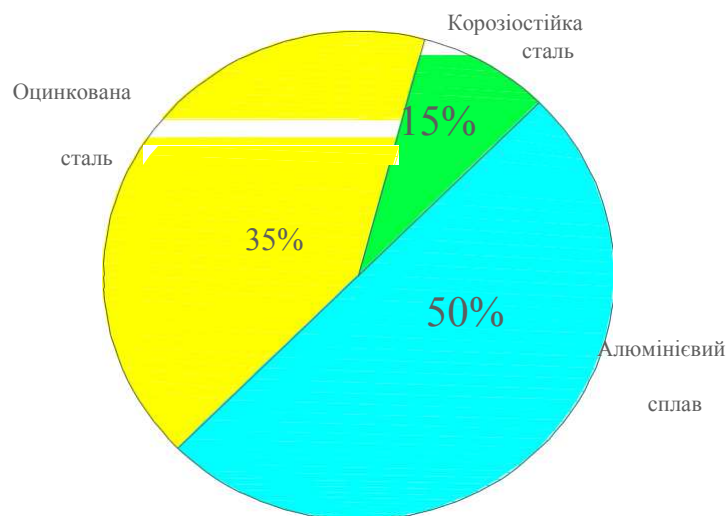


Рисунок 3 – Обсяги монтажу несучих конструкцій НФЗ із різних металів.

Основними облицювальними матеріалами НФС є: керамогранітні плити, касети з композитних матеріалів, металеві касети, фіброцементні та азбестоцементні плити, різні види натурального каменю, сайдинг. Керамограніт в даний час є одним з видів облицювального матеріалу, що застосовується в НФС. На рис. 4 показано розподіл обсягів монтажу облицювання з різних матеріалів, застосованих у НФС за даними [1].

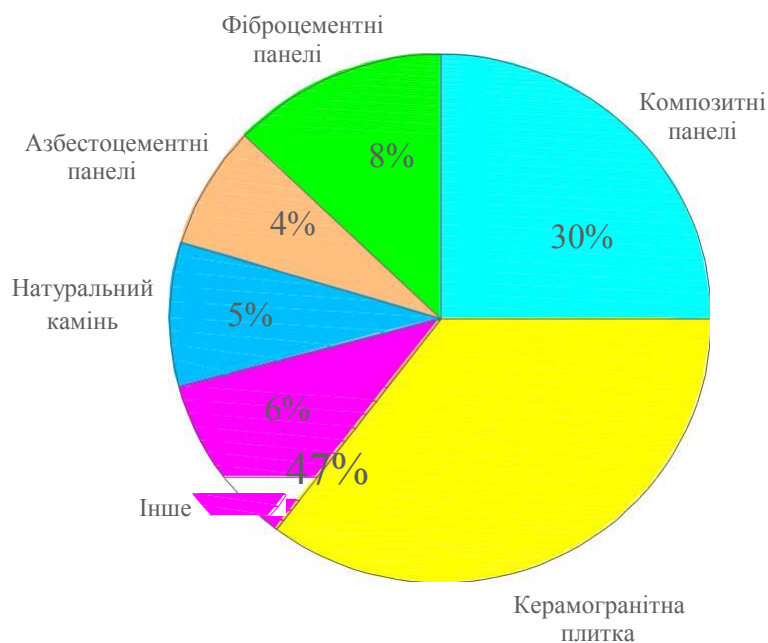


Рисунок 4 – Співвідношення обсягів монтажу облицювання з різних матеріалів, що застосовуються у НФС.

Нині в НФС використовуються два типи кріплення керамограніту: видиме та приховане. На рис.5 зображено видиме кріплення, рис. 6 – приховане.

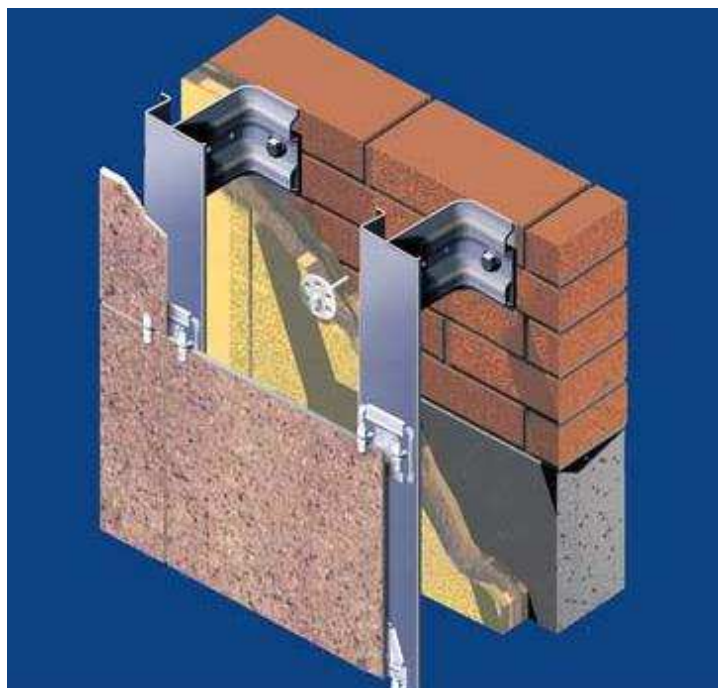


Рисунок 5 – Загальний вид видимого кріплення керамограніту до НФС

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

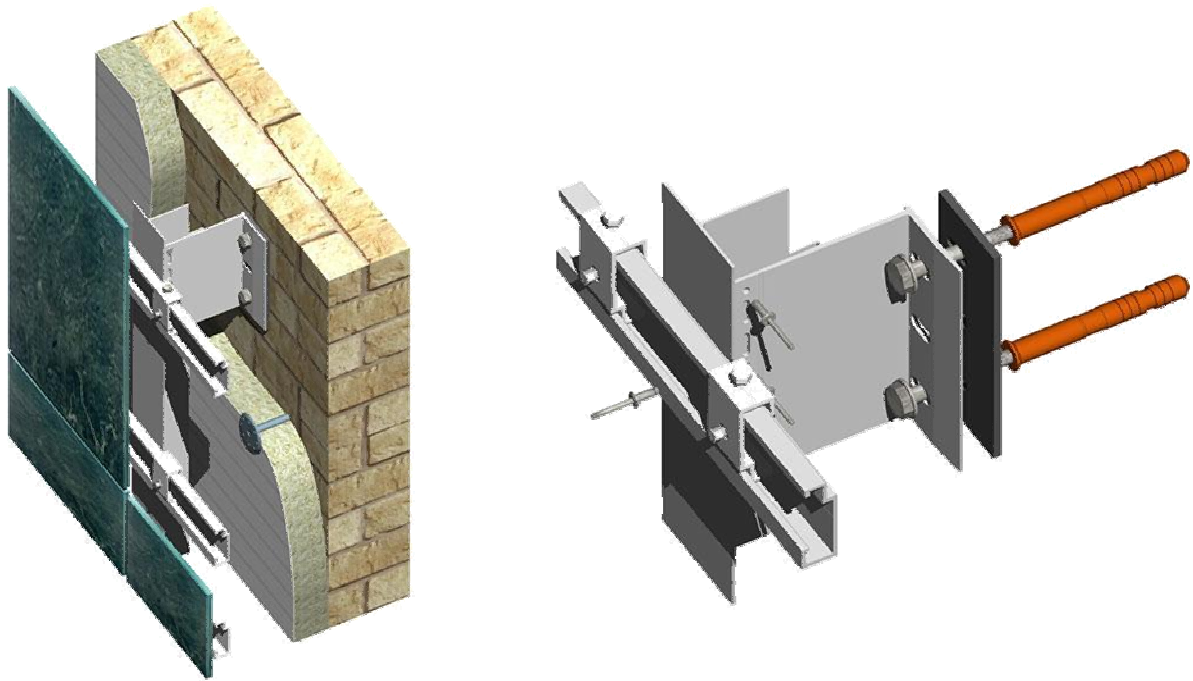


Рисунок 6 – Загальний вигляд прихованого кріплення керамограніту до НФС

При монтажі за допомогою відкритих систем кріплення застосовують рустовий спосіб кріплення та монтаж плит на клямери. Спосіб кріплення клямерами в даний час є найпоширенішим.

Приховане кріплення керамограніта виконується двох видів: клейовий спосіб кріплення та встановлення плит з отворами на спеціальні тримачі.

Клейовий спосіб широко застосовується за кордоном. У Росії він став застосовуватися нещодавно і поки не набув широкого поширення. Установка керамогранітних плит на спеціальні утримувачі є найбільш широко використовуваним способом прихованого кріплення.

Приховане кріплення значно дорожче за видиме, але має кращий естетичний вигляд. Надійність цього виду кріплення пов'язана з якістю виконання робіт. Його найчастіше застосовують лише на нижніх поверхах будівель.

Експлуатаційні властивості НФС залежить від міцності кріплення системи до будівельної основи та від експлуатаційних властивостей безпосередньо самої системи.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питання забезпечення міцності кріплення НФС до стін будівель та споруд за рахунок використання зарубіжних та вітчизняних досліджень формалізовано появою окремих нормативних документів. Питання проектування та розрахунку НФС (як для звичайних, так і особливо для сейсмонебезпечних регіонів) у зв'язку з відсутністю нормативної бази не дозволяють достатньо чітко встановити оптимальні критерії безпеки НФС.

Нижче наведено огляд експериментально-теоретичних досліджень експлуатаційних властивостей НФЗ у зазначених галузях.

Важливими завданнями забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей НФЗ є:

- Забезпечення необхідної міцності та деформативності несучої системи;
- Забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей утеплювача;
- Забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей облицювання;
- Забезпечення корозійної стійкості несучої підконструкції НФС;
- Забезпечення пожежної безпеки НФС.

Міцність та деформативність несучої системи.

Дослідженням у галузі підвищення безпеки експлуатації будівель присвячені роботи багатьох вчених. В них розглядаються питання роботи конструкцій будинків під різними експлуатаційними навантаженнями і впливами, зокрема і за надзвичайних ситуаціях природного і техногенного характеру.

НФС часто застосовують у районах із сейсмічною активністю. Будинки в сейсмонебезпечних регіонах сприймають комплекс навантажень, характер впливу яких значно відрізняється від впливів, що виникають у будинках, які будуються у звичайних районах.

Багатьма авторами запропоновано уточнені та нові методи визначення вітрових навантажень на елементи НФС, наведено приклади застосування розроблених методик для розрахунку вітрових навантажень на

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фасади реальних будівель з метою врахування впливу пульсаційного тиску вітру.

В Канаді за результатами лабораторних випробувань досліджено вплив зміни фасаду на розподіл вітрових навантажень на поверхні облицювання.

В НФС можливий прояв втомних явищ у металевих частинах несучої конструкції внаслідок змінних вітрових навантажень.

Руйнування НФС, зумовлене цим явищем, теоретичного обґрунтування поки що не отримало, але ряд відомих фасадних фірм нині проводять експерименти на вібростендах. Внаслідок перепадів температур у підконструкції можуть також виникати втомні явища. За результатами випробувань зміна довжини прямої внаслідок температурних деформацій із запасом компенсується за рахунок роботи кронштейна в зоні пружних деформацій.

Насьогодні при проведенні розрахунків міцності НФС не враховується спільна просторова робота всіх елементів несучої конструкції.

Експлуатаційні властивості утеплювача.

В деяких роботах розглядаються питання надійності експлуатації різних теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються у НФС.

Так повідомляється про необхідність розробки нормативних вимог до утеплювача (міцності на розтяг та стиск, стисливості, пружності, гнучкості, деформативності).

Виходячи з натурних спостережень, встановлено неприпустимість перезволоження мінераловатного утеплювача протягом тривалого часу, оскільки це може призвести до зниження його властивостей міцності.

Також описується існуюче положення на ринку НФС, в частині відсутності або недостатності величини вентиляційного зазору для вентиляції повітряного прошарку. У таких системах волога, що потрапляє в повітряний зазор з приміщень внаслідок перенесення тепла через стіну і шар теплоізоляції, практично не виходить у зовнішнє повітря, накопичується в

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазорі і зволожує утеплювач. Зволоження утеплювача в процесі експлуатації при дії знакозмінних навантажень тягне до зниження його довговічності та теплозахисних властивостей.

Наводяться результати експериментів експлуатації НФС без вітрозахисних плівок, які показали емісію волокна мінераловатними плитами. Однак це питання до кінця не вивчено, оскільки є як прихильники, і противники установки (збереження) вітрозахисних плівок.

Експлуатаційні властивості облицювання.

Важливою проблемою проектування НФС є вибір облицювального матеріалу. Від нього безпосередньо залежить архітектурний вигляд будівлі, ермін служби та ремонтпридатність фасаду.

Облицювальні матеріали повинні мати малий коефіцієнт капілярного всмоктування і високу морозостійкість. Також у доповіді наголошується, що зволоження облицювальних матеріалів не повинно призводити до утворення грибкових утворень на них або зміни їх забарвлення.

Досліджується екологічність застосування гранітних облицювальних плит з точки зору ураження їх грибами, бактеріями та лишайниками. Описується досвід проектування вентилярованих фасадних систем в Іспанії, наводяться рекомендації щодо боротьби з поширенням біологічних організмів у них.

Морозійна стійкість НФС.

За даними досліджень проаналізовано результати, які спільно з моніторингом вже змонтованих фасадів дають можливість розробити методику прогнозування корозійної стійкості систем НФС.

Запропоновано методику випробувань елементів несучої конструкції НФС та виконано експериментальні дослідження корозійної стійкості для низки систем, визначено швидкість корозії металевих сплавів, що застосовуються для виготовлення елементів НФС залежно від умов експлуатації, розроблено рекомендації щодо їх застосування.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами досліджень, проаналізовано швидкість корозії металевих елементів підконструкції в контактi з мінеральною ватою. Мінеральна (кам'яна) вата має певну кислотність, що зумовлює її агресивні властивості щодо металів.

Згідно з даними відомо, що для збільшення експлуатаційного терміну служби анкерів товщина захисного цинкового покриття повинна бути більше 35 - 40 мкн.

Пожежна безпека НФС.

Встановлено вимоги пожежної безпеки до систем зовнішнього утеплення фасадів, у тому числі і до НФС. На основі натурних вогневих випробувань розроблено норми, де встановлені класи пожежної небезпеки зовнішніх стін за наявності зовнішньої ізоляції, обробки товщиною понад 0,5 мм, обклеювання та облицювання.

Випробування з пожежної безпеки, проведені в Європі, виявили, що найбільш важливими характеристиками, що впливають на поширення вогню на фасаді будівлі під час пожежі, є рішення віконних та дверних обрамлень. Необхідні характеристики матеріалу облицювання НФС та рішення обрамлень віконних та дверних отворів даються в різних роботах.

Органи пожежного нагляду зумовили застосування вітрозахисних плівок встановленням протипожежних металевих розсічень, які суттєво ускладнюють монтаж та здорожчують фасад. Але виявилось те, що зазначені розсічки не змогли зупинити розповсюдження вогню по фасаду під час займання плівки.

В іноземних джерел повідомляється, що НФС мають кращі звукоізоляційні характеристики порівняно з аналогічними конструкціями без вентиляваного зазору.

Висновки щодо огляду:

1. Забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей НФС значною мірою залежить від надійності кріплення системи до будівельної

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основи. В Україні, на жаль, немає чіткого регламенту, який би обмежував кріплення НФС до будівельної основи з низькими показниками міцності. Саме тому доводиться розробляти нові конструктивні рішення щодо кріплення НФС до різних основ (застосування хімічних анкерів, наскрізних шпильок). Все це веде до подорожчання системи загалом та появи небажаних проблем, пов'язаних зі зниженням теплотехнічної однорідності конструкції (поява так званих «містків холоду»).

2. Сьогодні існує потреба розширення сфери застосування НФС (у висотному будівництві, в різних вітрових та в умовах динамічних впливів). Експлуатаційна надійність несучої конструкції НФС залежить від забезпечення необхідної міцності та деформативності конструктивним рішенням. Зниження матеріаломісткості НФС має впливати на експлуатаційну надійність конструктивного рішення.

3. Утеплення фасаду є одним із основних завдань пристрою НФС. На жаль, у нашій країні немає чітких вимог щодо використання того чи іншого матеріалу утеплювача. Також поки що не існує належних регламентів щодо необхідності застосування вітрозахисних плівок. Все це веде до застосування неякісних матеріалів над ринком НФС.

4. Вибір того чи іншого виду облицювання при влаштуванні НФС найчастіше залежить від архітектурного задуму проекту та вартості 1м^2 поверхні фасаду. Але до облицювання також має пред'являтися і низка вимог, пов'язаних з її терміном служби, експлуатаційними якостями, ремонтпридатністю та пожежною безпекою.

5. Важливою проблемою проектування НФС є корозійна стійкість системи, яка часто знижується при використанні різноманітних матеріалів в одному вузлі кріплення підконструкції (оцинкована сталь, алюмінієві сплави і корозійностійка сталь), а також взаємодія мінеральної вати, що має власну кислотність, з металевим каркасом підконструкції. Подібне поєднання різних матеріалів в одній системі найчастіше робиться для зниження загальної вартості НФС на шкоду її експлуатаційним показникам термін служби. При

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

оптимізації існуючих конструктивних рішень НФС неприпустимо нехтувати таким параметром системи, як її термін служби. Для цього необхідне грамотне поєднання матеріалів, застосовуваних у системі.

6. Дотримання вимог пожежної безпеки у конструктивному рішенні НФС є невід'ємною частиною під час проектування та монтажу системи.

7. Важливою проблемою при облаштуванні НФС є технологічність монтажу. Пророблення критеріїв простоти монтажу знижує загальні витрати на влаштування НФС та зменшує термін здачі об'єкта в експлуатацію. Зниження трудомісткості повинно бути пов'язане зі зниженням якості монтажу. При цьому слід зазначити, що важливим завданням при проектуванні системи є можливість регулювання необхідного винесення облицювання залежно від нерівностей фасаду.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що НФС є складними, з погляду теплофізики, конструкціями, оскільки у них використовуються матеріали, що мають різні коефіцієнти теплопровідності (утеплювач, металеві кронштейни та анкери).

Проблеми виникають у зв'язку з тим, що металеві кронштейни, прорізають теплоізоляційний шар мають велику площу зіткнення з фасадом, що утеплюється, і є теплопровідними включеннями, тим самим зменшуючи коефіцієнт теплотехнічної однорідності конструкції і погіршуючи теплоефективність всієї будівлі. Розрахунковий коефіцієнт теплотехнічної однорідності таких фасадів мало перевищує 0,7. При цьому не враховуються втрати теплових елементів через елементи кріплення віконних укосів і примикань, що ще більше знижує коефіцієнт теплотехнічної однорідності конструкції утеплення.

Наприклад, для забезпечення необхідного опору теплопередачі стін житлових будинків для кліматичних умов м. Київ в таких системах потрібно збільшення мінераловатного утеплювача до 200 мм. Враховуючи необхідний повітряний зазор $40 \div 60$ мм, виліт кронштейна повинен становити не менше 250 мм, що найчастіше вимагає його посилення. При цьому підвищується металоємність конструкції та, відповідно, вартість фасаду. За даними досліджень у сьогоdnішній практиці проектування НФС при визначенні необхідної товщини теплоізоляції значення коефіцієнта теплотехнічної однорідності конструкції підставно приймають рівним $0,85 \div 0,90$, що суттєво вище за реальне.

Існує ще одна проблема, що виникає при кріпленні НФС до основи з цегляної кладки і, особливо з пористих блоків. У місці розташування анкера у матеріалі основи можливе локальне зниження температури, що у періоди різких похолодань може бути дуже значним, коли температура опускається нижче нуля. У такі періоди температурно-вологісні деформації, що виникають у фасадних системах, знижують їхню міцність кріплення. Істотне вологонагромадження, а як наслідок зниження міцності кріплення може

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відбуватися у перший рік експлуатації конструкції. Цей ефект практично не досліджений, однак існуючі розрахунки показують, що чим нижче теплопровідність матеріалу основи, тим сильніше може виявитися описаний ефект. З цієї точки зору найбільш небезпечною є основа з пористо-бетонної кладки.

Вплив кронштейнів на зниження теплотехнічної однорідності огорожувальної конструкції помітно проявляється при утепленні тонких стін або частому кроці вузлів кріплення підконструкції НФС до основи (стіни), коли кількість теплопровідних включень збільшується. Саме тому не завжди вдається домогтися того, щоб розрахункове значення опору теплопередачі відповідало необхідному, через що можуть виникнути проблеми, пов'язані з промерзанням стіни в місцях кріплення кронштейнів і проблеми пов'язані з появою грибкових уражень на внутрішній поверхні стіни.

На підставі вищесказаного, можна зробити висновок, що важливим фактором, що впливає на теплотехнічні властивості НФС, є наявність теплопровідних включень у вигляді елементів кріплення, якими є кронштейни та анкери, що знижують коефіцієнт теплотехнічної однорідності конструкції.

Важливими відмінними особливостями розробленої НФС з гнучкими зв'язками (рис. 8-9) в порівнянні з існуючими типовими (рис. 7), є:

- вузлове кріплення облицювання;
- відсутність напрямних у несучій конструкції;
- скорочення кількості несучих кронштейнів.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

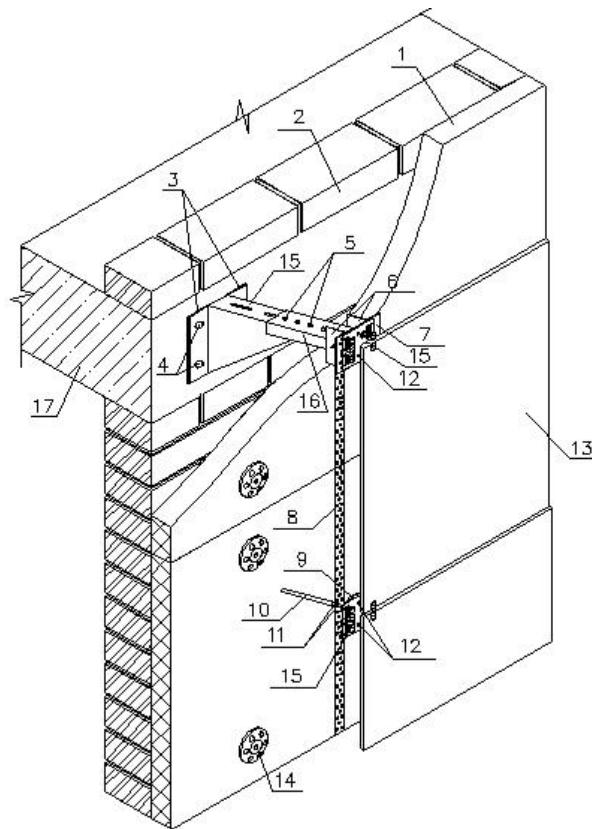


Рисунок 8 – Конструкція теплоефективної НФС із гнучкими зв'язками для облицювання керамогранітом

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1 – утеплювач; | 10 – анкерна різьбова шпилька; |
| 2 - Стіна; | 11 - шайба з самоконтрующою гайкою; |
| 3 - Паранітова прокладка; | 12 - Заклепка; |
| 4 - Анкерний дюбель; | 13 - Плита керамограніту; |
| 5 – болт М8 з двома шайбами та самоконтрольною гайкою; | 14 - тарілчастий дюбель; |
| 6 – куточок кріплення пластини; | 15 – несучий кронштейн; |
| 7 - Пластина кріплення клямера; | 16 - Подовжувач кронштейна; |
| 8 - Перфострічка; | 17 -Перекриття; |
| 9 - Зворотна частина різьбової шпильки; | |

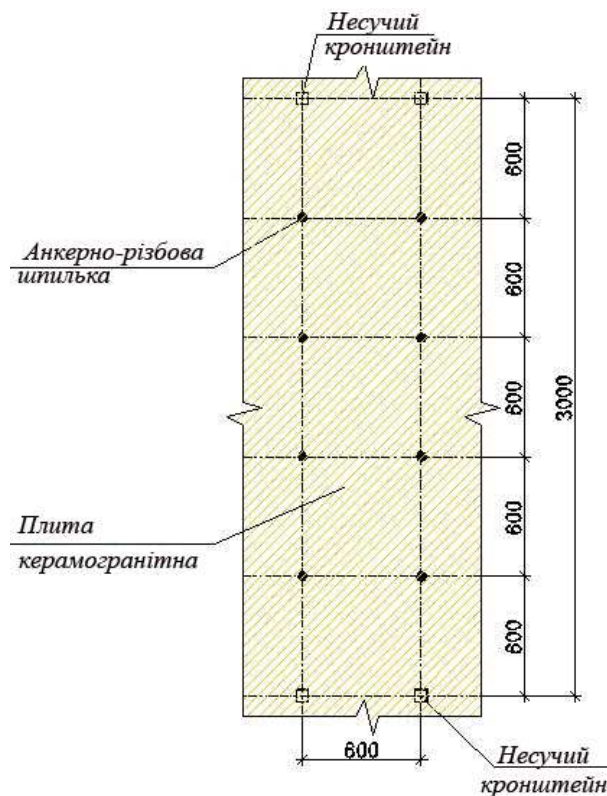


Рисунок 9 – Розташування на фасаді будівлі анкерних різбових шпильок та несучих кронштейнів НФС з гнучкими зв'язками (при розмірі керамогранітних плит 600×600мм)

З метою підвищення теплотехнічної однорідності НФС було прийнято рішення мінімізувати кількість кронштейнів на фасаді за допомогою використання анкерних різбових шпильок.

Шпилька має круглий поперечний переріз, оптимальне для сприйняття розтягуючого та стискаючого навантажень. Розташування шпильок на фасаді здійснюється у вузлових точках (рис. 9).

В системі також використовуються кронштейни, що несуть (рис. 8). Форма несучого кронштейна дозволяє оптимально сприймати внутрішні зусилля, що виникають у ньому. Кронштейн у такому виконанні має змінний по довжині поперечний переріз, що повторює епюру згинальних моментів. Кронштейни, що несуть, встановлюються в торці плит перекриттів. По довжині кроків несучих кронштейнів визначається розміром облицювальних

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

плит з урахуванням результатів розрахунку. Розташування несучих кронштейнів на фасаді будівлі зображено на рис. 9.

Система у своєму конструктивному рішенні передбачає можливість регулювання виносу облицювання. Для цього в ній використовуються подовжувачі несучих кронштейнів (при значних відхиленнях і нерівностях площини фасаду), які є виробом, що має П-подібний поперечний переріз (рис. 8). Також можливе використання системи без подовжувачів, тоді регулювання виносу здійснюється за рахунок куточків кріплення пластини (при монтажі системи на рівні стіни). Винесення анкерних різьбових шпильок здійснюється їх підрізуванням на будівельному об'єкті.

Вертикальні напрямні системи відсутні, оскільки тут використовується вузлове кріплення облицювання. Спільну роботу кронштейнів та анкерних різьбових шпильок забезпечують вертикальні перфострічки. Вертикальні перфострічки встановлюються між несучими кронштейнами та анкерними різьбовими шпильками (рис. 8), тим самим створюють жорсткий контур зі шпильок і кронштейнів. Вони перерозподіляють навантаження з анкерних різьбових шпильок на несучі кронштейни, що мають високу здатність, що несе. Анкерні різьбові шпильки мають високу гнучкість і спільно з вертикальними перфострічками працюють тільки на стиск та розтяг. Конструктивне рішення передбачає наявність горизонтальних перфострічок при застосуванні системи в районах із сейсмічною активністю. Її призначення забезпечення просторової спільної роботи шпильок при сейсмічних впливах. Таким чином, важливу роль у забезпеченні експлуатаційної надійності системи при дії статичних та динамічних (сейсмічних) навантажень виконують вертикальні та горизонтальні перфострічки. Кріплення перфострічки до анкерних різьбових шпильок та несучих кронштейнів здійснюється через овальні отвори з метою виключення температурних деформацій.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Основним завданням при проектуванні конструкції системи була можливість кріплення клямера до анкерної різьбової шпильки. Таким чином, з'явилася ідея використання пластини з гайкою – зворотної частини різьбової шпильки (рис. 8). Гайка кріпиться у центрі круглої пластини на зварюванні у заводських умовах. Пластина накручується на різьбову шпильку і дозволяє виконати кріплення клямера до різьбової шпильки заклепками. Кріплення клямеру до несучого кронштейна здійснюється через куточки та пластину.

В системі передбачений вентиляований зазор 50мм між утеплювачем та облицюванням.

Більшість кріпильних елементів, що застосовуються у запропонованій конструкції, є стандартними (болти, гайки, анкерні різьбові шпильки, клямери), що передбачає знизити вартість системи загалом і уможлиблює її масове використання.

Можливе виготовлення основних елементів системи у двох варіантах: або з оцинкованої сталі або з корозійностійкої сталі.

Монтаж системи складається з наступних етапів:

- Розмітка фасаду;
- встановлення кронштейнів та анкерних різьбових шпильок;
- монтаж теплоізоляції;
- монтаж перфострічки;
- монтаж облицювальних керамогранітних плит;
- оформлення віконних та дверних отворів (установка примикань);
- оформлення вузлів примикань (цоколь, парапет, карниз).

Розмітка фасаду - це попередній комплекс робіт, що включає в себе перевірку фасадів об'єкта на геометрію, внаслідок чого виявляються максимальні відхилення, і визначається можливість їх компенсації штатними подовжувачами кронштейнів, а також підбір оптимальних довжин різьбових шпильок для замовлення.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Після цього визначаються та розмічуються місця встановлення кронштейнів та анкерних різьбових шпильок на фасадах будівлі.

Кріплення несучих кронштейнів здійснюється на 4 анкерні дюбелі. (Рис. 10). Кріплення подовжувачів до болтове кронштейну (2-ма болтами М8×25). Кронштейн після з'єднання з подовжувачем вважається жорсткою конструкцією, яку можна розглядати як єдине ціле. Анкерні різьбові шпильки (рис. 11) встановлюються з наступним підрізуванням (при необхідності).

Довжина складальної одиниці "кронштейн - подовжувач" залежить від товщини теплоізоляційного шару. Крім того, можливість регулювання довжини цієї складальної одиниці дозволяє до певної міри виправляти нерівності стін. Застосування кількох типорозмірів кронштейнів та подовжувачів забезпечує можливість встановлення облицювальних плит на необхідний винос. На фасаді кронштейни та анкерні різьбові шпильки встановлюються відповідно до проектної розмітки. Тип анкерного кріплення визначається проектною документацією за результатами випробувань на зусилля, що вириває.

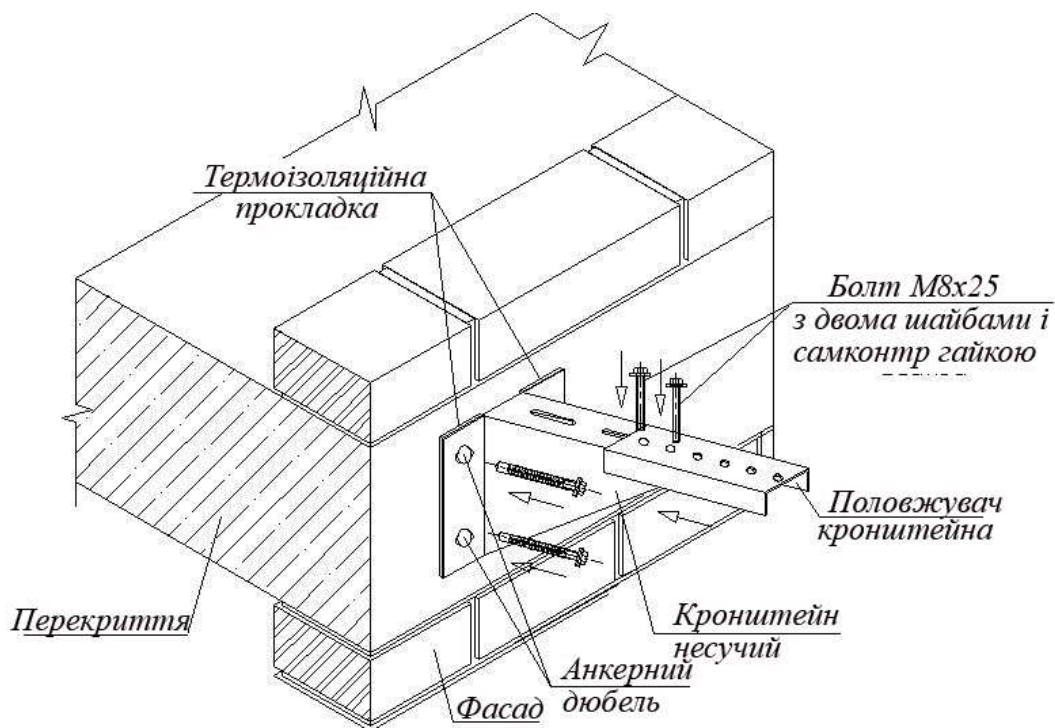


Рисунок 10 – Встановлення несучого кронштейна з подовжувачем

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

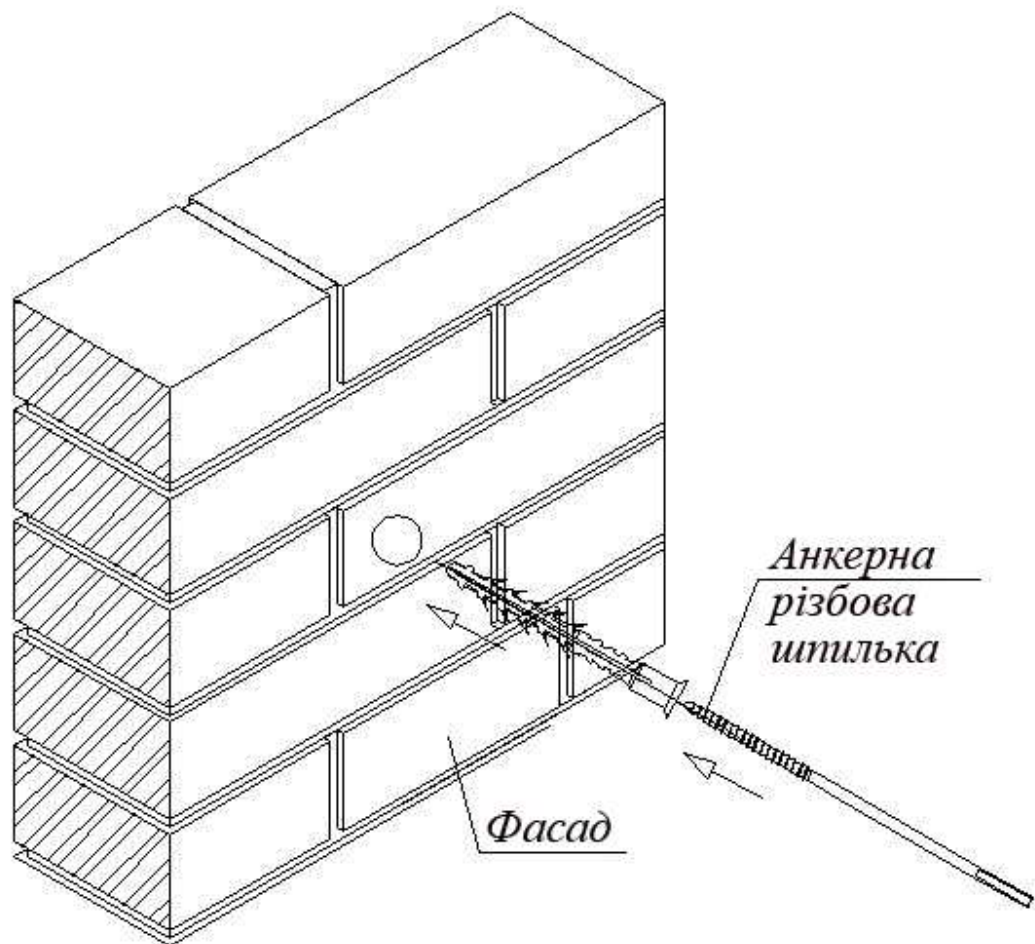


Рисунок 11 – Встановлення анкерної різбової шпильки

Тип і товщина теплоізоляції визначаються теплотехнічними розрахунками та вказуються у проекті. При застосуванні кілька шарів теплоізоляції, щоб уникнути втрат тепла, необхідно встановлювати шви внахлестку.

Плити утеплювача фіксуються спеціальними полімерними дюбелями з тарілчастими тримачами, або пластинами, що одягаються на різбові шпильки.

Кріплення перфострічки до несучого кронштейна здійснюється болтом М8×25 з двома шайбами і гайкою, що самоконтрється (рис. 12). На анкерну різбову шпильку перфострічка кріпиться шайбами з гайками, що самоконтряться (рис. 13).

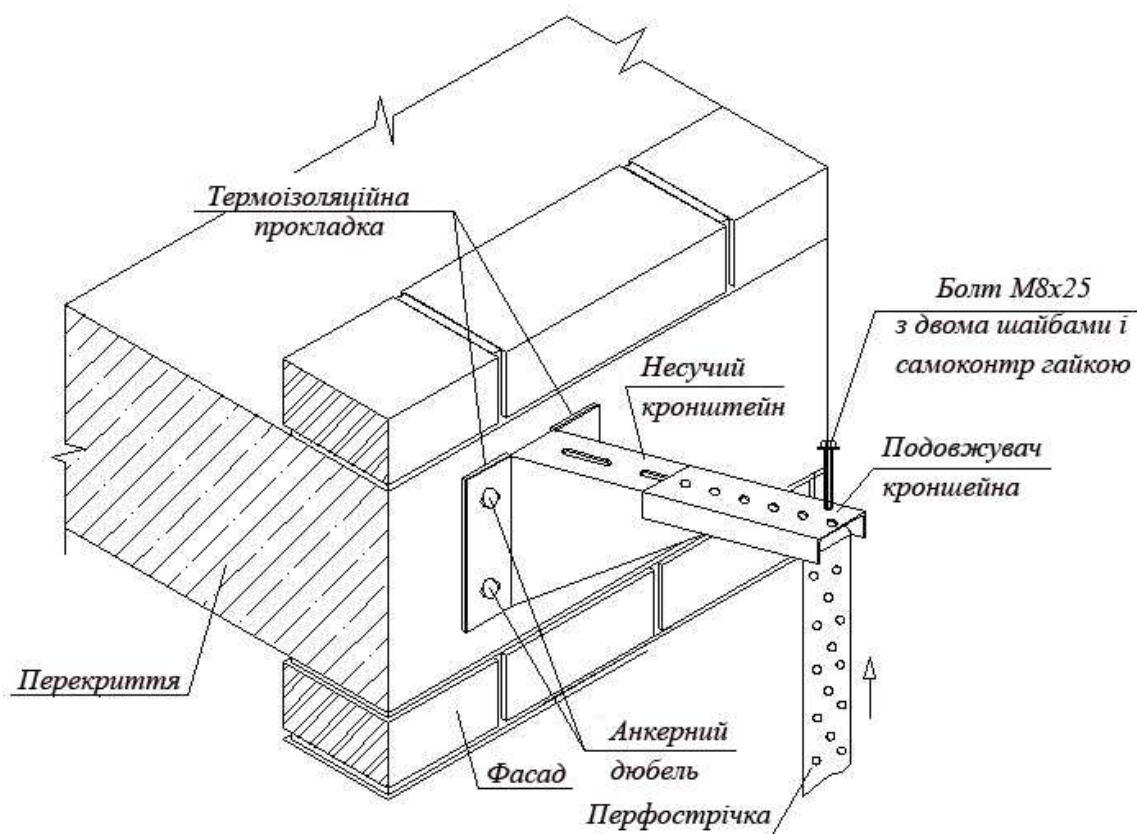


Рисунок 12 – Кріплення перфострічки до несучого кронштейна

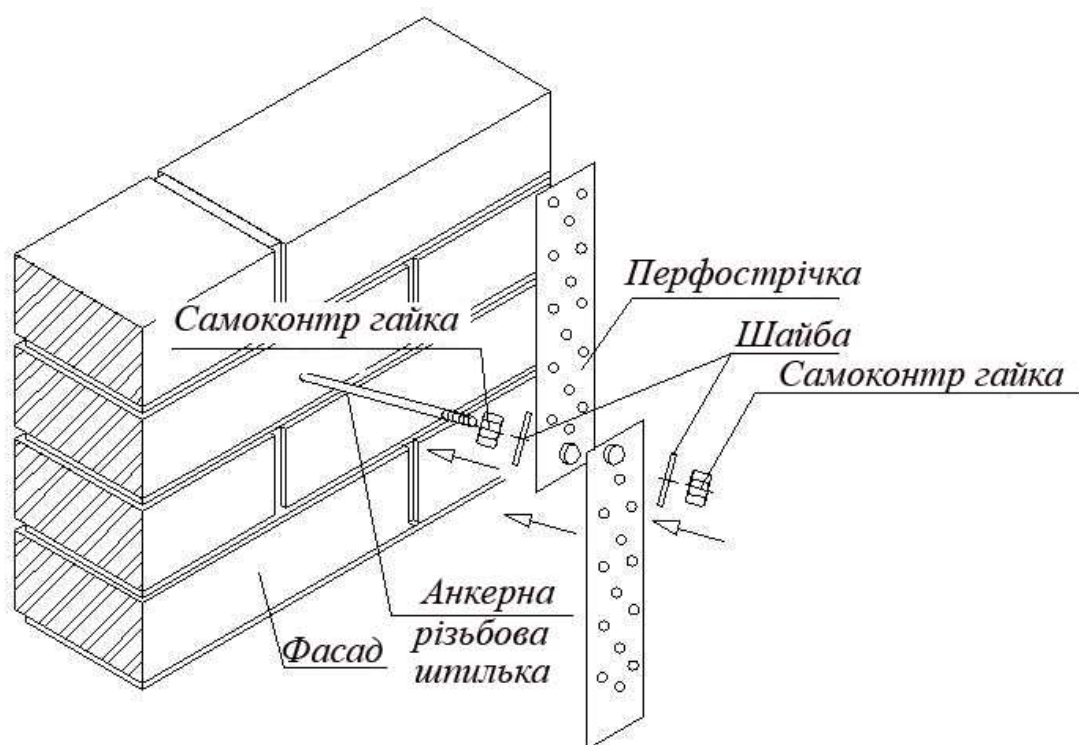


Рисунок 13 – Кріплення перфострічки до анкерної різьбової шпильки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЖБ 540. ПЗ

Арк.

Кріплення керамограніту до несучої конструкції системи на клямерах показано на рис. 14 та 15.

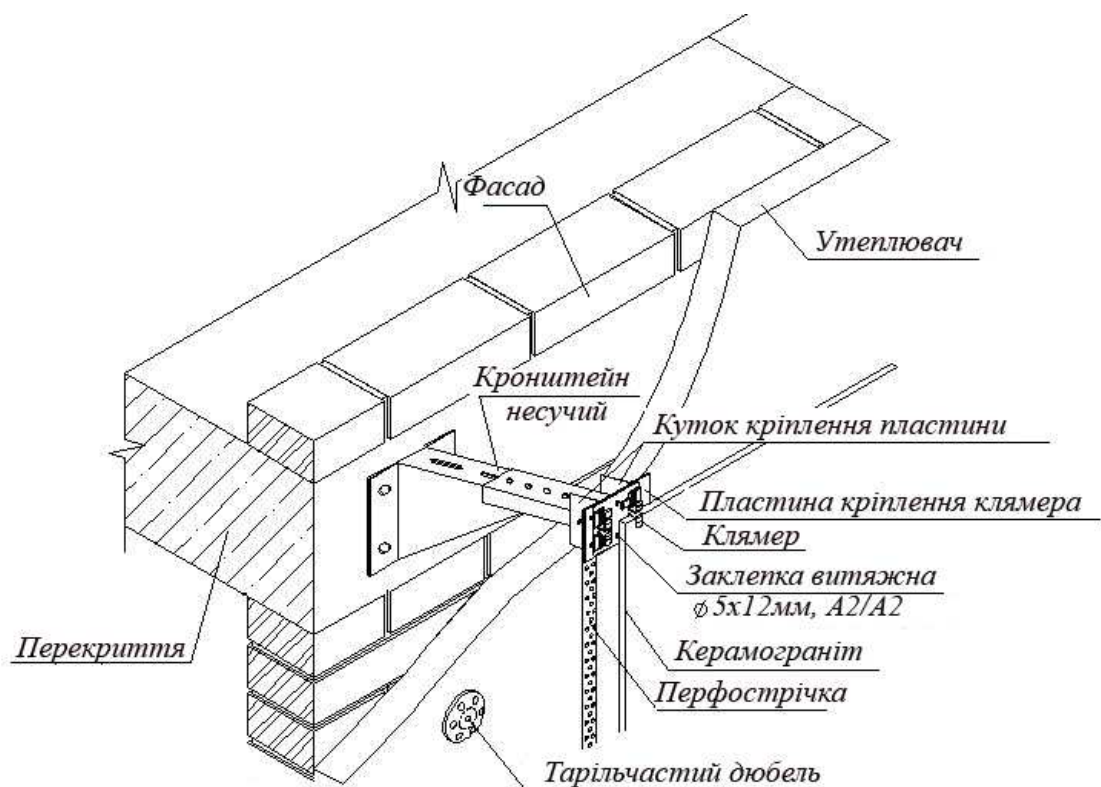


Рисунок 14 – Кріплення облицовальної плити у місці встановлення несучого кронштейна

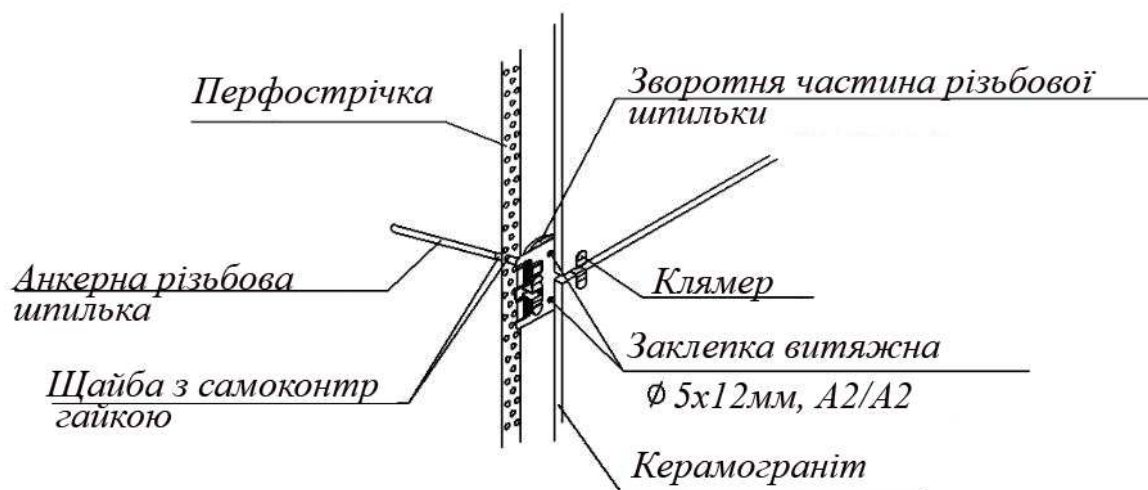


Рисунок 15 – Кріплення облицовальних плит у місці встановлення анкерної різьбової шпильки

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Укоси та відливи виготовляються з оцинкованих та забарвлених у колір облицювання листів сталі. Кріпляться до несучої конструкції за допомогою заклепок 5×12мм А2/А2.

Оцінка матеріаломісткості конструкції фасадної системи з гнучкими зв'язками на основі виготовлення дослідної партії елементів конструкції

В процесі проектування конструктивного рішення НФС виникло два варіанти її виконання (із кріпленням керамограніту на клямерах і на фіксаторах).

Кріплення облицювання на клямерах описано вище. Кріплення керамограніту на фіксаторах є вузловим і виконується за допомогою нестандартних виробів (фіксаторів шва), які накручуються на різьбові шпильки та фіксують облицювальні плити у проектному положенні у вузлових точках. (рис. 16)



Рисунок 16 – Загальний вигляд анкерної різьбової шпильки з фіксатором

Виготовлення таких виробів є трудомістким і витратним, тому як основне конструктивне рішення було прийнято кріплення керамограніту за допомогою клямерів. Можливе зниження трудомісткості при виготовленні фіксаторів та зниження їх вартості при використанні як матеріал

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

склопластику. Однак це вимагає додаткових досліджень у галузі пожежної безпеки.

Для експериментального дослідження можливості масового виробництва елементів НФС було виготовлено такі вироби:

кронштейн (рис. 17), анкерна різьбова шпилька (рис. 18), зворотна частина різьбової шпильки (рис. 19), куточки кріплення пластини та пластина кріплення клямеру (рис. 20).



Рисунок 17 – Загальний вигляд несучого кронштейна



Рисунок 18 – Загальний вигляд анкерної різьбової шпильки

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		



Рисунок 19 – Загальний вигляд зворотної частини анкерної
різьбової шпильки



Рисунок 20 – Несучий кронштейн, куточки кріплення пластини та
пластина кріплення кляммера у зборі (перевернуто)

Виготовлення експериментальної партії елементів системи підтвердило технологічність їхнього масового виробництва.

Під час створення нового конструктивного рішення НФС однією з найважливіших завдань можливості її застосування є можливість масового

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва нових елементів системи. Розв'язанням цього завдання пов'язане з здешевленням елементів конструкції за рахунок зниження трудомісткості при їх виготовленні та зменшення матеріаломісткості системи загалом. Слід зазначити, що це не повинно відбиватися на експлуатаційних характеристиках НФС (міцнісних і теплотехнічних показниках, корозійної стійкості, ремонтпридатності). Економічне обґрунтування доцільності застосування системи можливе за порівняння конструктивного рішення з існуючими аналогічними за своїм призначенням системами.

Отже, можна зробити висновок, що вартість запропонованої системи значно нижча за вартість аналогічних систем, що допускає можливість її масового виробництва та застосування.

Дослідження теплотехнічних властивостей розробленої конструкції на основі чисельного розрахунку тривимірного температурного поля

Проведені дослідження підтвердили справедливність вимог чинних норм, де зазначено, що термічний опір неоднорідної огорожувальної конструкції з неплоскою поверхнею (саме такою є стіна з несучим та утеплюючим шарами, анкерами, вікнами) має визначатися на підставі розрахунку температурного поля.

Обчислювальний комплекс "TERM" реалізує чисельне рішення диференціального рівняння тривимірної стаціонарної теплопровідності. Розв'язання задачі у такий спосіб дозволяє врахувати всі геометричні особливості огорожувальної конструкції та наявні теплотехнічні неоднорідності різних типів: точкові (болти, анкери) та просторові (вікна, двері). Таким чином, можливий облік теплових втрат через усі елементи огорожувальної конструкції.

Розрахунок температурних полів виконується ітераційно із застосуванням комбінації простого методу Гаусса та методу TDMA (Tri-diagonal matrix algorithm). За результатами розрахунку визначається

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривимірне температурне поле у розглянутій конструкції у вигляді ізополів температур.

Для розрахунку задаються поверхні, через які враховуються теплові втрати, а також поверхні, які не беруть участь у забезпеченні опору тепловим втратам, які розташовані паралельно тепловому потоку.

В результаті чисельного розрахунку тривимірного температурного поля визначається наведений опір теплопередачі, що є основним теплотехнічним показником конструкції, що визначає здатність конструкції чинити опір проходженню через неї тепла.

Для порівняльного аналізу теплової ефективності конструкцій теплотехнічний розрахунок виконувався для трьох варіантів НФС: розробленого, типового (існуючого найбільш широко застосовуваного) та ідеалізованого (однорідного), з облицюванням з керамогранітних плит розміром 600×600мм, що широко використовуються сьогодні як обробка фасадів.

Типова система у своєму конструктивному рішенні представляє несучу конструкцію, що складається з кронштейнів, вертикальних напрямних, вентильованого повітряного зазору 50мм і облицювання з керамограніту. Несучі кронштейни кріпляться на двох анкерних дюбелях (100мм) до зовнішньої стіни з кроком 900мм по вертикалі і з кроком облицювання по горизонталі (600мм). Такий крок кронштейнів є найпоширенішим у системах із облицюванням керамогранітом. Кронштейн, що несе, має П-подібну форму. Його висота складає 70мм, ширина 40мм, товщина металу 2мм. Вертикальні напрямні кріпляться до кронштейнів заклепками.

Конструктивне рішення розробленої системи докладно описано у другому розділі цієї дисертаційної роботи.

Для розрахунку в обчислювальному комплексі «ТЕРЛ» моделювалася частина фасаду, що регулярно повторюється - по висоті - між двома сусідніми перекриттями, по ширині - один ряд кронштейнів. З метою обліку

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплових втрат, що відбуваються через кутові зони сполучення стіни перекриттям моделювалися відповідні частини перекриттів (рис. 21, 22).

Типова НФС («система 1») представлена на рисунку 21. Розроблена система («система 2») представлена на рисунку 22.

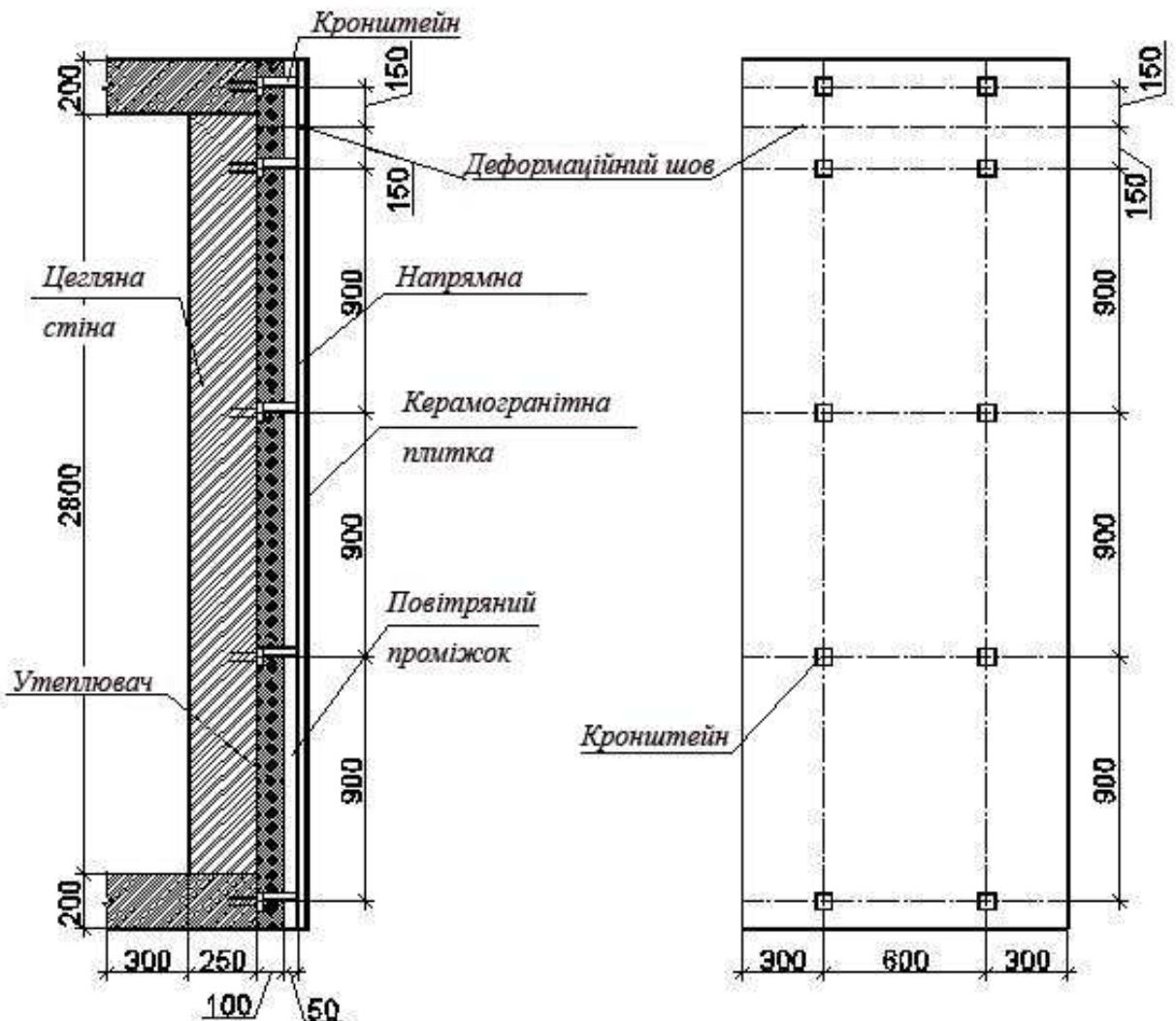


Рисунок 21 – Типова система навісного вентиляованого фасаду («Система 1»)

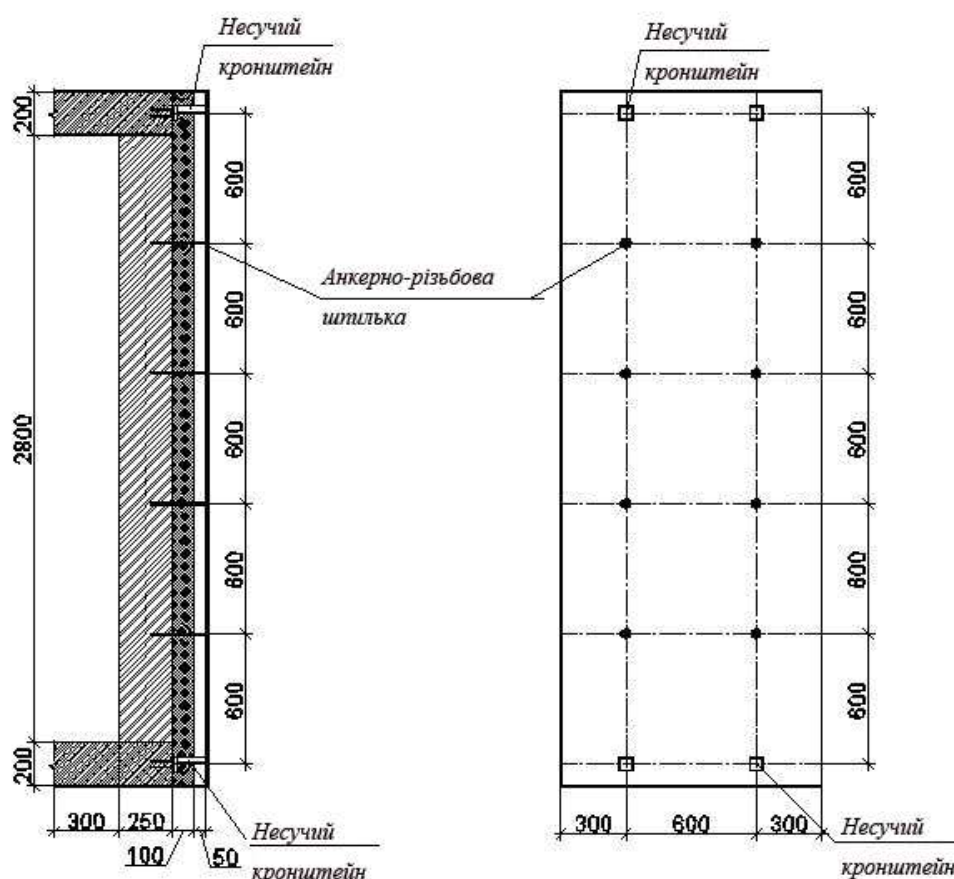


Рисунок 22 – Розроблена система навісного вентиляованого фасаду («Система 2»)

Для отримання достовірних результатів розрахунок тривимірного температурного поля досліджуваних систем виконувався за різної точності (0.1 – 0.00001 град).

Результати розрахунку представлені у табличному (табл. 1) та графічному (рис. 23) видах.

Таблиця 1.
Порівняння теплотехнічних характеристик досліджуваних систем

Точність розрахунку, град	Наведений опір теплопередачі R, м ² ·°C/Вт			Різниця, %	Коефіцієнт однорідності g	
	Система 1	Система 2	Однорідна система		Система 1	Система 2
0.1	1.9186	1.9797	2.2122	3.1%	0.867	0.895
0.01	1.2602	1.4287	1.9462	11.8%	0.648	0.734
0.001	1.1989	1.3518	1.7951	11.3%	0.668	0.753
0.0001	1.1939	1.3449	1.7803	11.2%	0.671	0.755
0.00001	1.1934	1.3442	1.7791	11.2%	0.671	0.756

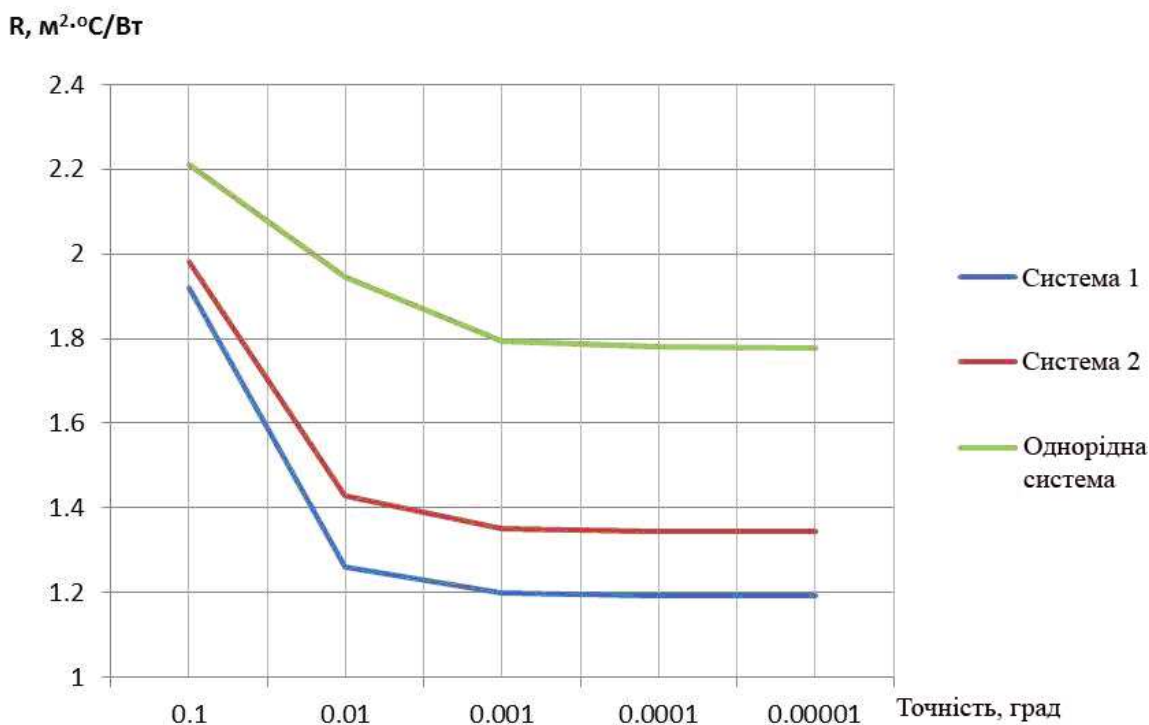
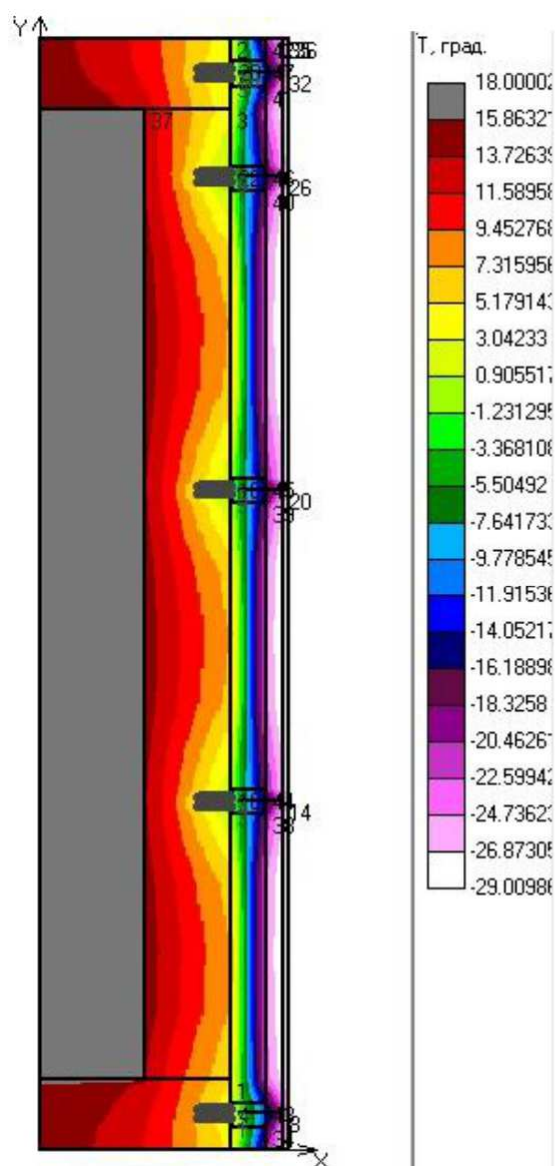


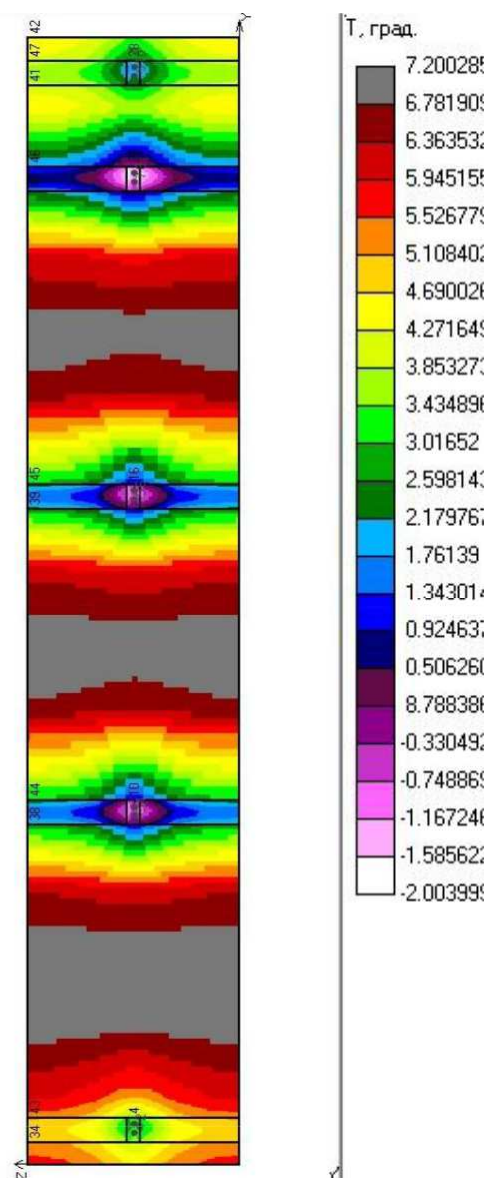
Рисунок 23 – Графіки залежності наведеного опору теплопередачі від заданої точності розрахунку температурного поля

Як видно з графіків, з підвищенням точності розрахунку результати для всіх трьох систем сходяться до певної межі. Збільшення точності розрахунку більше 0.001 град., практично не впливає на зміну опору теплопередачі. З чого можна дійти невтішного висновку, що досить достовірний результат можна отримати за точності розрахунку 0.001 град. У таблиці 1. рядок, що відповідає обраній оптимальній точності розрахунку, виділено жирним шрифтом.

З таблиці 1 видно, що розроблена НФС («система 2») має кращі теплозахисні властивості, ніж типова «система 1». Картини ізополів температур у конструкціях зображені на рисунках 24, 25 демонструють, що в «системі 1» вплив кронштейнів значніший, ніж спільний вплив несучих кронштейнів і шпильок "Системі 2". Найбільш явно це помітно при порівнянні рисунків 24 б та 25 б, де області знижених температур на поверхні стіни навколо шпильок (рисунок 25 б) набагато менше, ніж навколо кронштейнів (рисунок 24 б).



а)



б)

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

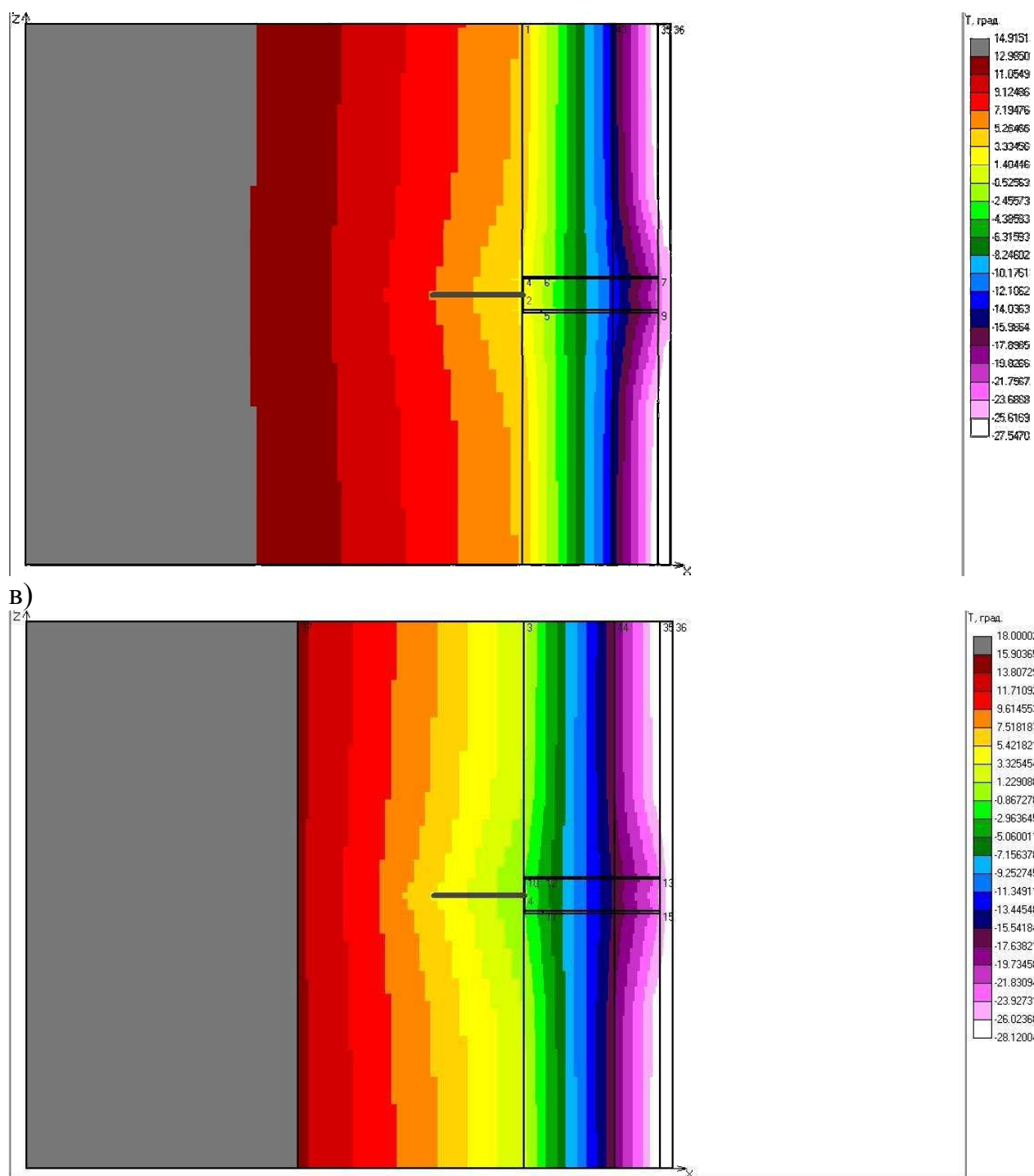
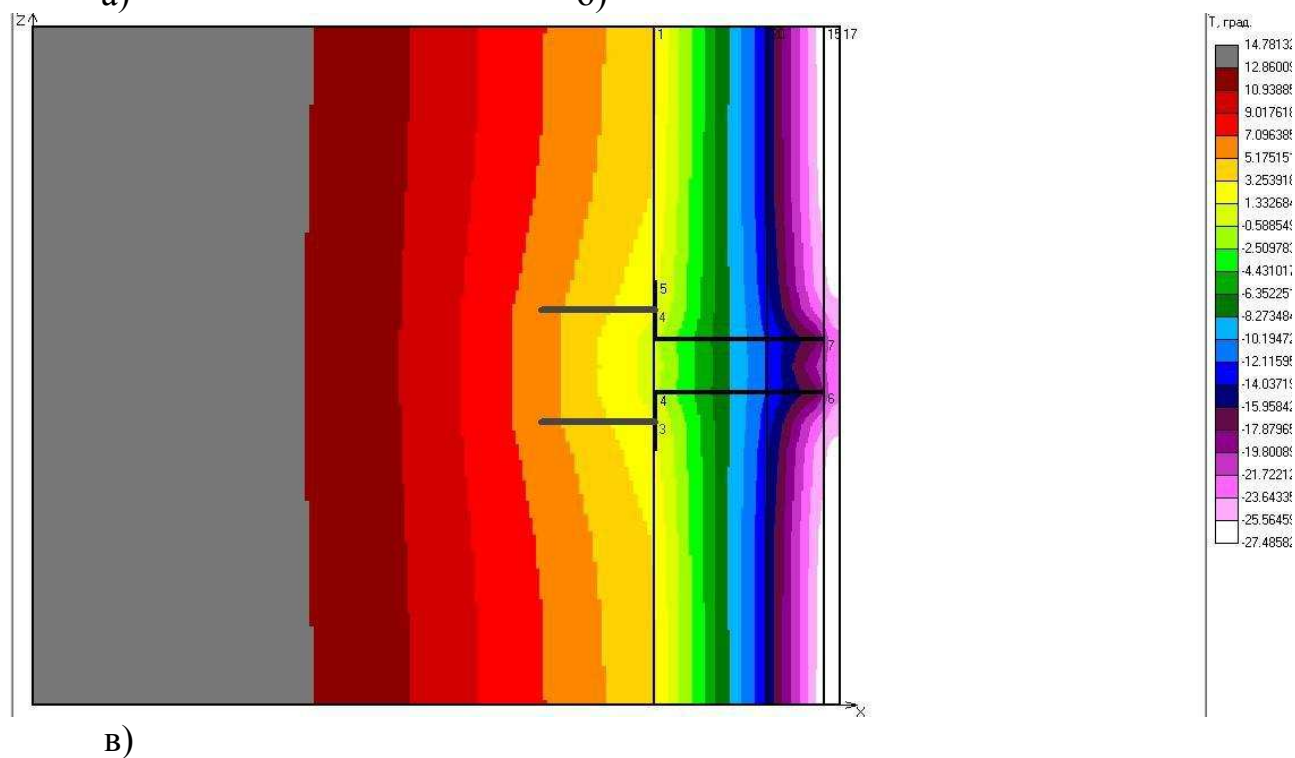
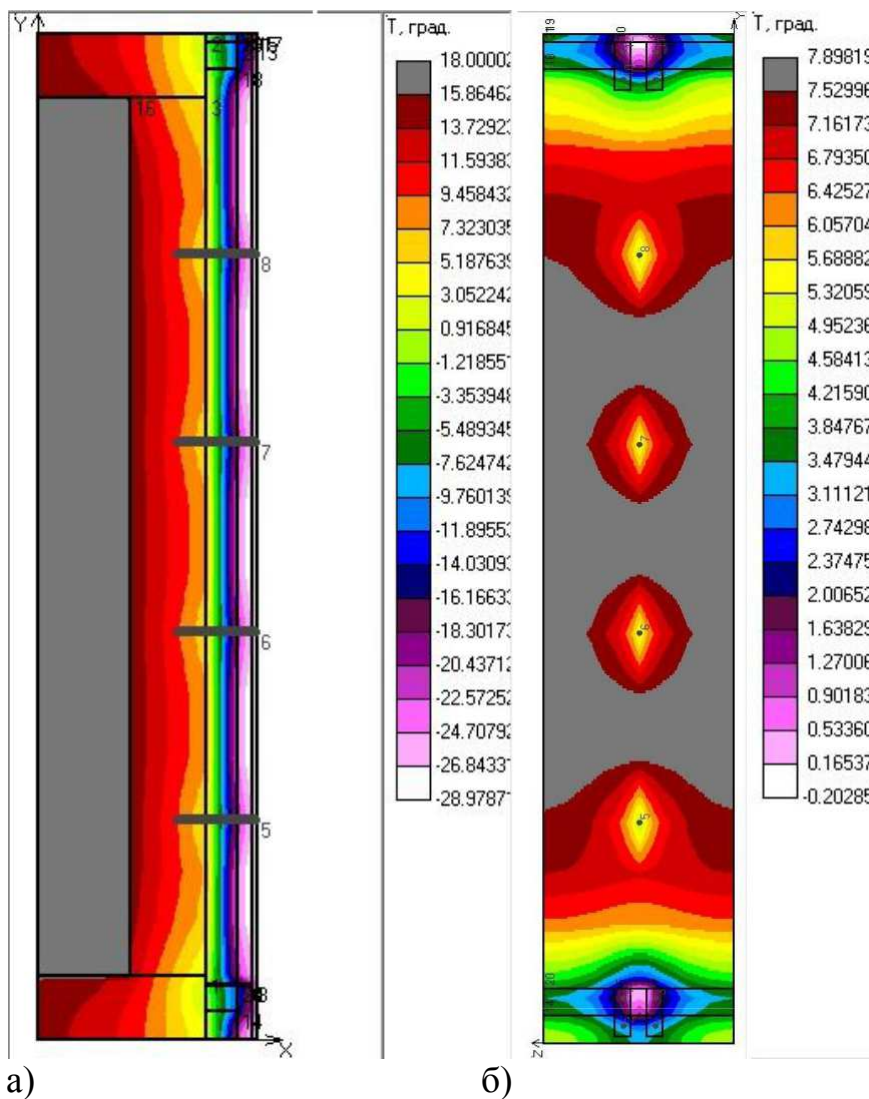
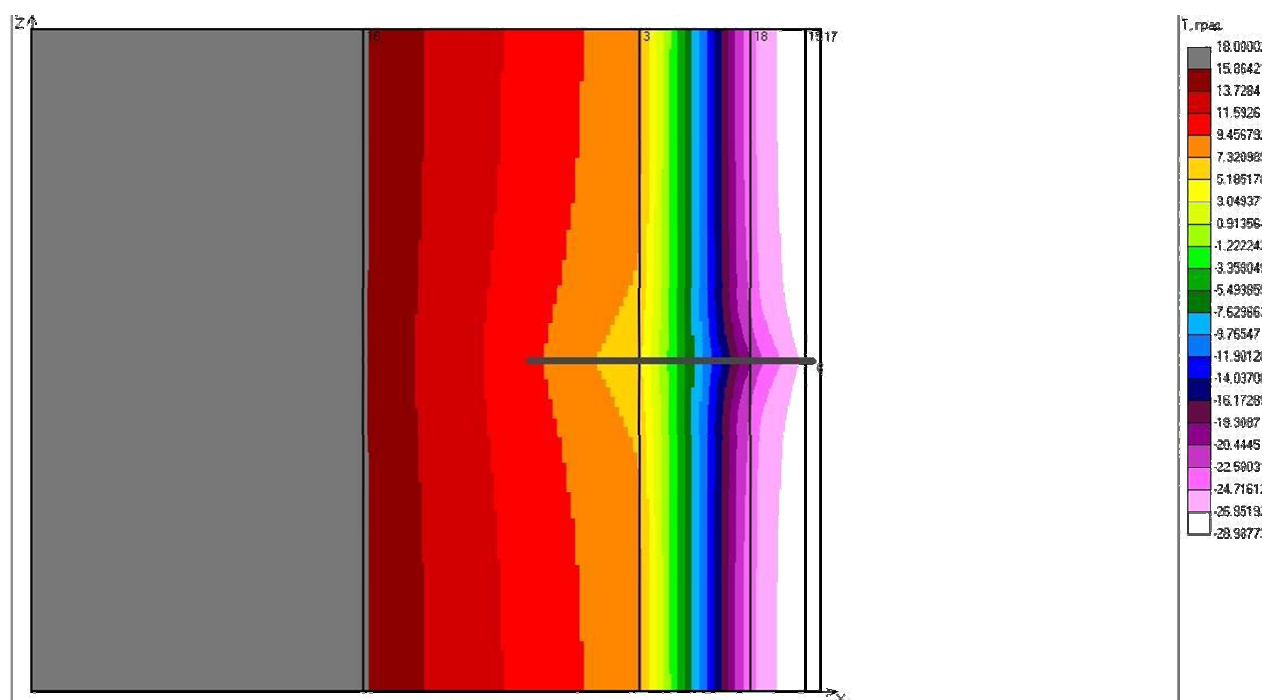


Рисунок 24 – Ізополь температур у типовій системі («системі 1»)
 а – за вертикальним перерізом стіни;
 б – площиною стіни;
 в – по горизонтальному перерізу стіни, що проходить через кронштейн, встановлений у перекритті;
 г – через кронштейн, встановлений у стіні.



					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



г)

Рисунок 25 – Ізополь температур у розробленій системі («Система 2»)

- а – по вертикальному перерізу стіни,
- б – по площині стіни,
- в – по горизонтальному перерізу стіни, що проходить через несучий кронштейн (встановлюється у перекритті),
- г – через анкерно-різбову шпильку (встановлюється в стіні)

Теплову ефективність неоднорідних конструкцій характеризує коефіцієнт теплотехнічної однорідності, який визначають як відношення наведеного опору теплопередачі неоднорідної конструкції до опору конструкції, що не має теплопровідних включень.

При визначення коефіцієнта теплотехнічної однорідності огорожувальної конструкції будівлі за нормативною методикою враховується лише поперечна площа «містків холоду» що припадає на одиницю площі огороження, що розглядається. П-подібні та L-подібні кронштейни, що застосовуються в типових підлицювальних конструкціях фасадних систем, є складними з точки зору теплотехнічного розрахунку теплопровідними включеннями.

В зв'язку з зазначеним вище, можна зробити висновок, що існуюча нормативна методика обліку додаткових втрат тепла через теплотехнічні

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неоднорідності огорожувальної конструкції не враховує тривимірність «містків холоду».

Визначення коефіцієнтів теплотехнічної однорідності аналізованих систем виконувалося за результатами їх розрахунку у обчислювальному комплексі «TERM» (табл. 1).

Розрахунок досліджуваних систем показав, що розроблена конструкція має підвищений коефіцієнт однорідності (0.753) у порівнянні з типовою конструкцією (0.668). При цьому слід зазначити, щоб підвищити коефіцієнт теплотехнічної однорідності фасадної системи можна за рахунок використання в її елементах корозійностійкої сталі, теплопровідність якої значно нижча, ніж теплопровідність оцинкованої сталі чи алюмінієвих сплавів. У порівнянні коефіцієнт теплопровідності антикорозійної сталі складає 20, оцинкованої 47, алюмінієвих сплавів – 209 Вт/м*к. Фасади з застосуванням несучих систем, виконаних з корозійностійкої сталі, вважаються дорогими, але більш довговічними в експлуатації, у зв'язку з чим знаходять все більше застосування в сучасному будівництві. Крім того, анкерні різьбові шпильки НФС можна виготовляти зі склопластику, що має ще менший коефіцієнт теплопровідності. —

Однак застосування склопластику в конструкції навісного вентильованого фасаду вимагає додаткових досліджень в галузі пожежної безпеки, довговічності та надійності.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Елементне моделювання та аналіз напружено-деформованого стану конструкції

Для аналізу напружено-деформованого стану елементів несучої конструкції НФС було виконано розрахунок міцності системи на дію статичних навантажень.

Розрахунок виконувався з використанням обчислювального комплексу "ЛІРА". Вузли кріплення несучої конструкції НФС формувалися універсальними лінійними трикутними і чотирикутними кінцево-елементними оболонками.

Для виконання розрахунку була побудована елементна розрахункова модель НФС (рис. 26).

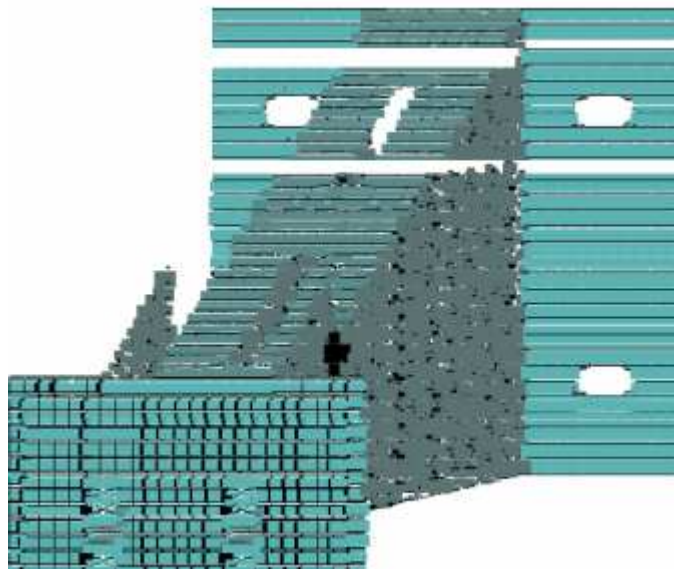


Рисунок 26 – Звичайно-елементна розрахункова модель системи

Виконано аналіз збіжності варіантів сітки розбиття кінцево-елементної розрахункової моделі системи для визначення найбільш оптимальної. Розглянуті такі варіанти сітки: $1,25 \times 1,25$ мм, $2,5 \times 2,5$ мм та 5×5 мм. Варіант сітки розміром 5×5 мм відповідає розміру отвору під заклепки в елементах НФС, що з'єднуються. Нижче, у табл. 2 – 4 представлені значення напруги та переміщень при різних варіантах сітки для найбільш навантажених елементів

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

несучої конструкції НФС – кронштейна та анкерної різьбової шпильки. За даними табл. 4.11 – 4.13 побудовано графіки залежності напруги та переміщень від розмірів сітки розбиття розрахункової моделі системи на кінцеві елементи (рис. 27 – 29).

Таблиця 2

Значення переміщень Δx , при різних варіантах сітки розбиття кінцево-елементної розрахункової моделі системи

Елемент системи	кронштейн		анкерна різьбова шпилька	
Сітка, мм	Переміщення Δx , мм	Різниця, %	Переміщення Δx , мм	Різниця, %
1,25×1,25	0,350	2,90	0,160	1,26
2,5×2,5	0,340	16,40	0,158	8,97
5×5	0,2920		0,145	

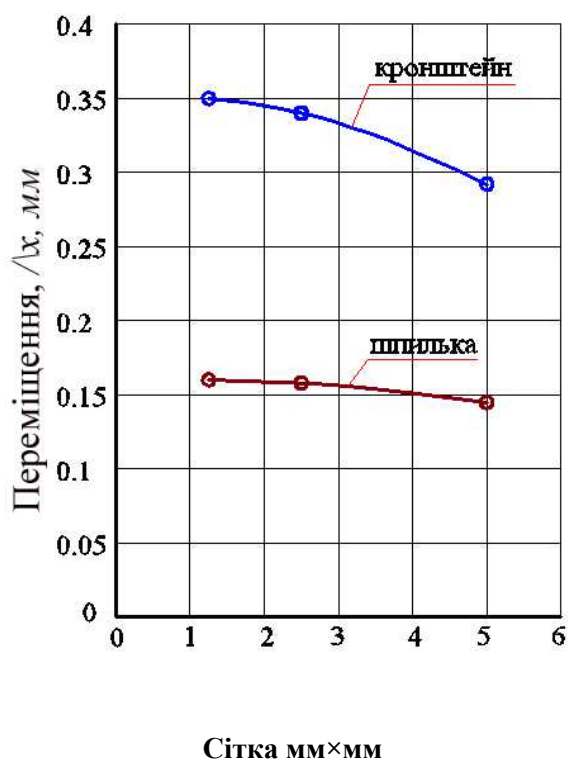


Рисунок 27 – Графік залежності горизонтальних переміщень Δx від сітки розбиття кінцево-елементної розрахункової моделі системи

Таблиця 3

Значення кута повороту θ при різних варіантах сітки розбиття
кінцево-елементної розрахункової моделі системи

Елемент системи	кронштейн		анкерна різьбова шпилька	
Сітка, мм	Кут повороту θ , радий	Різниця, %	Кут повороту θ , радий	Різниця, %
1,25×1,25	0,0185	3,580	0,0128	4,400
2,5×2,5	0,0178	11,730	0,0123	6,400
5×5	0,0160		0,0115	

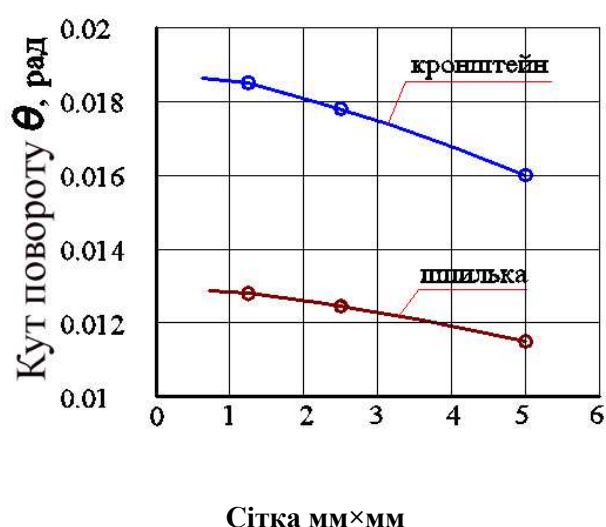
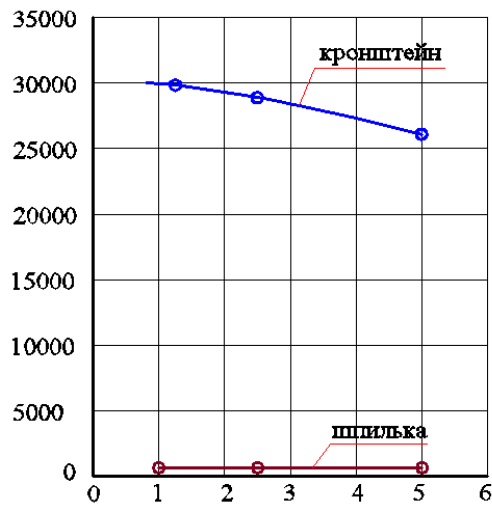


Рисунок 28 – Графік залежності кута повороту θ від сітки розбиття
кінцево-елементної розрахункової моделі системи.

Таблиця 4

Значення погонного зусилля, що діє у напрямку осі Z при різних
варіантах сітки розбиття кінцево-елементної розрахункової моделі
системи.

Елемент системи	кронштейн		анкерна різьбова шпилька	
Сітка, мм	Погонне зусилля кПа	Різниця, %	Погонне зусилля кПа	Різниця, %
1,25×1,25	29,830	3,229	0,000	0,000
2,5×2,5	28,897	10,772	0,000	0,000
5×5	26,087		0,000	



Сітка мм×мм

Рисунок 29 – Графік залежності погонного зусилля, що діє у напрямку осі Z при різних варіантах сітки розбиття кінцево-елементної розрахункової моделі системи.

На графіках (рис. 27 - 29) видно асимптотичне сходження кривої лінії, паралельної горизонтальній осі, що показує збіжність результатів до певної межі. За достовірний результат можна прийняти значення розрахунків при щільності розбиття в межах, що знаходиться в даній межі.

Для інженерної точності розрахунку прийнято сітку розбиття 2,5×2,5мм. Максимальна різниця між результатами, отриманими при сітках розбиття 2,5×2,5мм та 1,25×1,25мм, становить 4,4%, при цьому знижується розмірність завдання.

Граничні умови у розрахунковій схемі задавалися відповідно до фактичного конструктивного рішення системи.

Як матеріал підсистеми була прийнята сталь марки С235.

Модуль пружності приймався $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа

Збір навантажень на конструкцію для будівлі висотою до 75 метрів.

Аналіз результатів чисельних розрахунків системи показав, що кронштейни НФС є найбільш навантаженими елементами і зазнають максимальної напруги від ваги облицювання та вітрового навантаження. Кронштейн сприймає горизонтальне вітрове навантаження та згинальний момент від вертикального навантаження конструкції НФС.

Погонні зусилля, моменти та переміщення, що виникають у кронштейні, наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Значення максимальних погонних зусиль, моментів та переміщень у кронштейні

Погонні зусилля, переміщення та моменти	Результати розрахунків	
	Розтяг	стиск
Переміщення X (G) мм	0,32	0,31
Переміщення Y (G)мм	0,48	0,81
Переміщення Z (G)мм	0,00	-1,86
Погонний момент, що діє у напрямку осі Y (Нм)	72,00	37,00
Погонний момент, що діє у напрямку осі Z (Нм)	95,40	97,40
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Y (Н/м)	784,00	776,00
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Z (Н/м)	521,00	526,00

Максимальне значення моменту, що виникає в кронштейні, становить 0,097 кН·м, що не перевищує допустиме значення 3,39 кН·м.

Максимальне значення сили, що виникає в кронштейні, становить 0,526 кН, що не перевищує допустимого значення 17,123 кН.

Максимальне значення переміщення осі Z виникає в кронштейні становить 1,86 мм, що не перевищує допустимого значення 2,60 мм.

Шпилька сприймає горизонтальне вітрове навантаження та мінімальний згинальний момент від вертикального навантаження конструкції

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

фасаду. В елементі виникають зусилля, що розтягують, поперечні сили мінімальні.

Погонні зусилля, моменти та переміщення, що виникають у шпильці, наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Значення максимальних погонних зусиль, моментів та переміщень у шпильці

Погонні зусилля, переміщення та моменти	Результати розрахунків	
	розтягу	стиск
Переміщення X (G) мм	0,18	0,00
Переміщення Y (G)мм	0,00	0,05
Переміщення Z (G)мм	0,00	-1,74
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Y (Н/м)	272,00	0,00
Погонний момент, що діє у напрямку осі Z (Нім)	0,88	5,54
Погонний момент, що діє у напрямку осі Y (Нм)	0,34	0,00
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Z (Н/м)	0,23	0,00

Максимальне значення сили на розтяг, що виникає у шпильці, становить 0,272 кН, що не перевищує допустиме значення 17,123 кН. Максимальне значення переміщення осі Z виникає в шпильці становить 1,75 мм, що не перевищує допустимого значення 2,60мм.

Перфострічка є елементом системи, що передає вертикальне навантаження на кронштейн, що призводить до роботи шпильки на розтяг. Погонні зусилля, моменти та переміщення, що виникають у перфострічці, наведені в табл. 7.

Таблиця 7

Значення максимальних погонних зусиль, моментів та переміщень у перфострічці

Погонні зусилля, переміщення та моменти	Результати розрахунків	
	Розтяг	стиск
Переміщення X (G) мм	0,18	0,00
Переміщення Y (G)мм	4,50	14,16
Переміщення Z (G)мм	0,00	1,75
Погонний момент, що діє у напрямку осі Y (Нм)	162,00	0,00
Погонний момент, що діє у напрямку осі Z (Нм)	20,40	4,17
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Z (Н/м)	103,00	103,00
Погонне зусилля, що діє у напрямку осі Y (Н/м)	108,00	108,00

Клямер у розглянутій системі є найслабшим елементом, в процесі роботи він відгинається, переміщення що виникають у клямері: переміщення по осі X (G) мм = 1,23, переміщення по осі Y (G) мм = 3,00 переміщення по осі Z (G) мм = 2,40.

Порівняння результатів чисельного розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА» та розрахунку за інженерною методикою

На графіках (рис. 30-33) показано порівняння результатів чисельного розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА» та розрахунку за інженерної методики.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

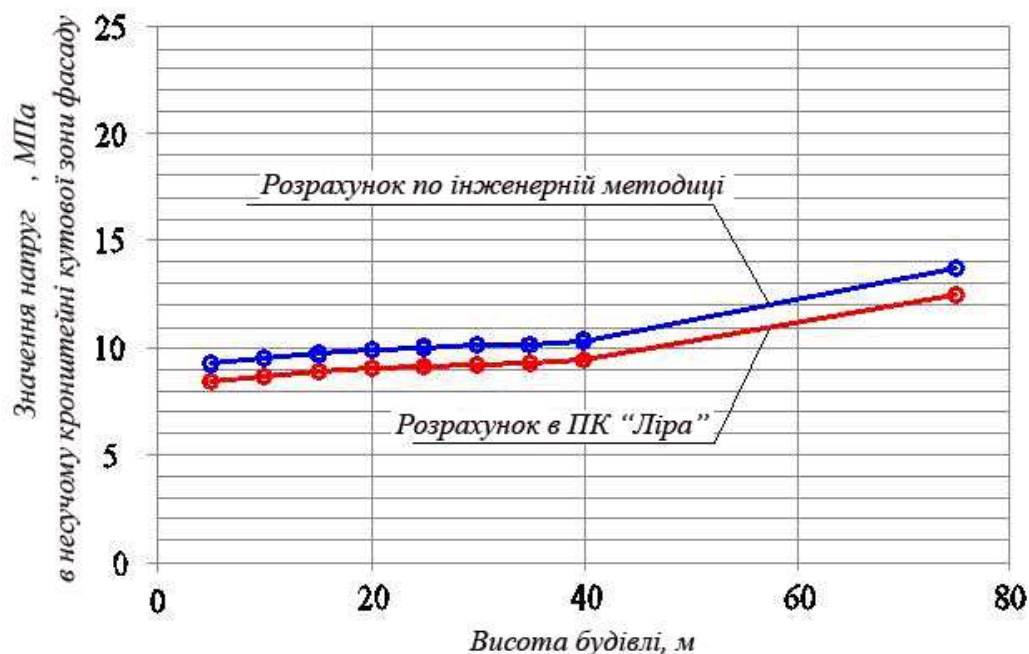


Рисунок 30 – Графіки залежності максимальної напруги від висоти будівлі для 1 вітрового району (в кронштейні, що несе, кутової зони фасаду).

Порівняння результатів чисельного розрахунку за інженерною методикою та розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА».

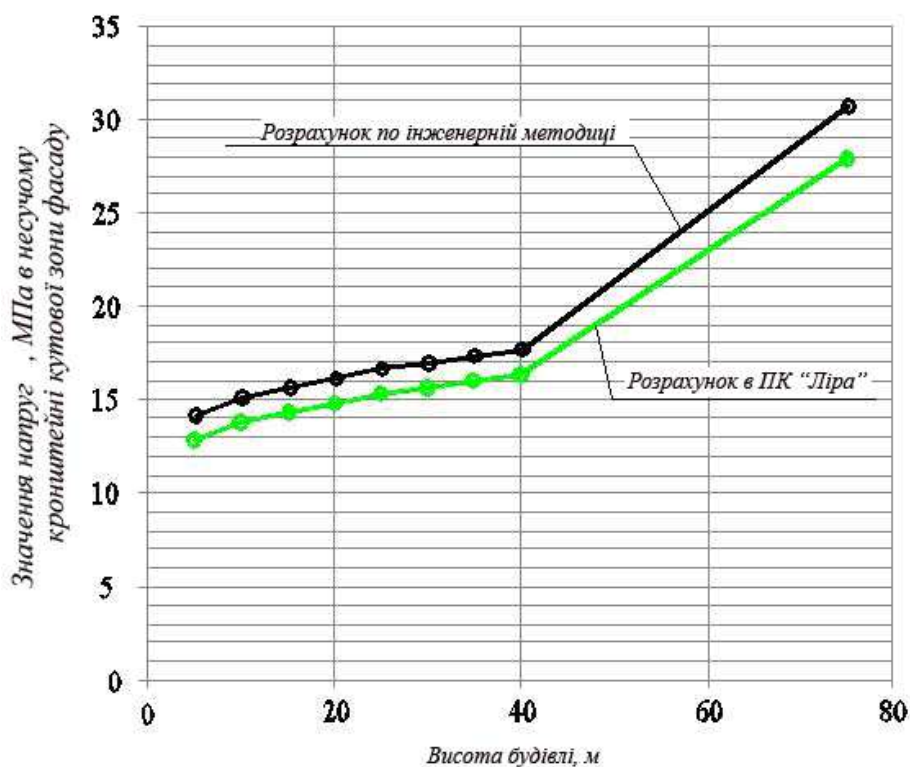


Рисунок 31 – Графіки залежності максимальної напруги від висоти будівлі для 7 вітрового району (в кронштейні, що несе, кутової зони фасаду).

Порівняння результатів чисельного розрахунку за інженерною методикою та розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА».

ЖБ 540. ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	

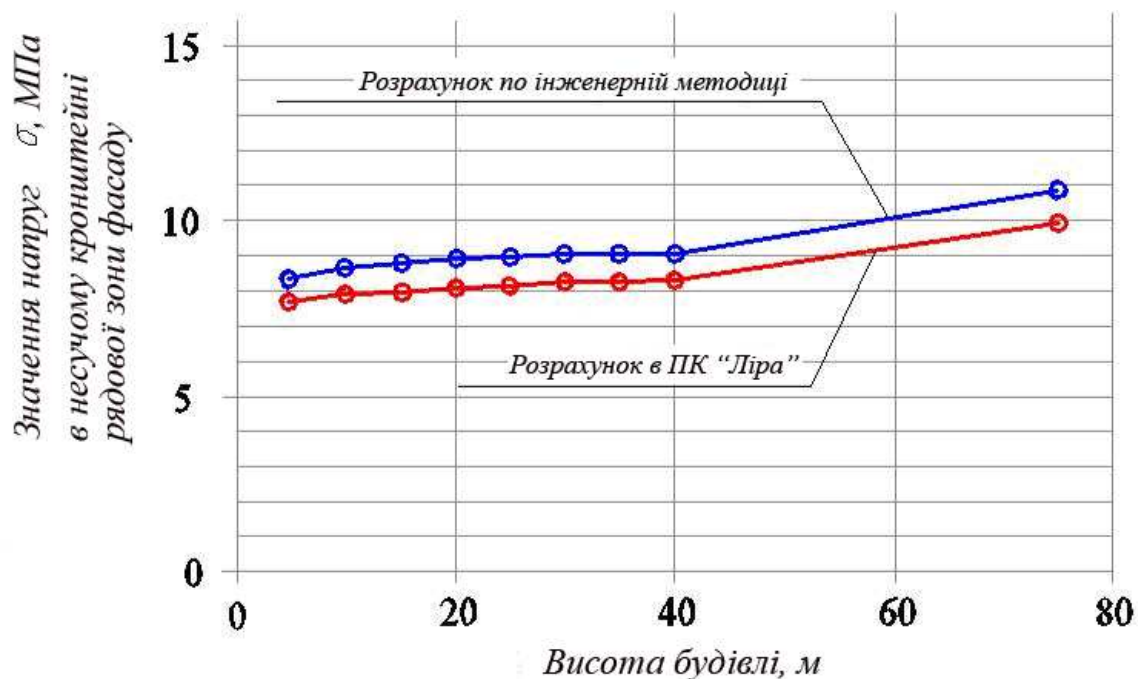


Рисунок 32 – Графіки залежності максимальної напруги від висоти будівлі для 1 вітрового району (у кронштейні рядової зони фасаду).

Порівняння результатів чисельного розрахунку за інженерною методикою та розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА».

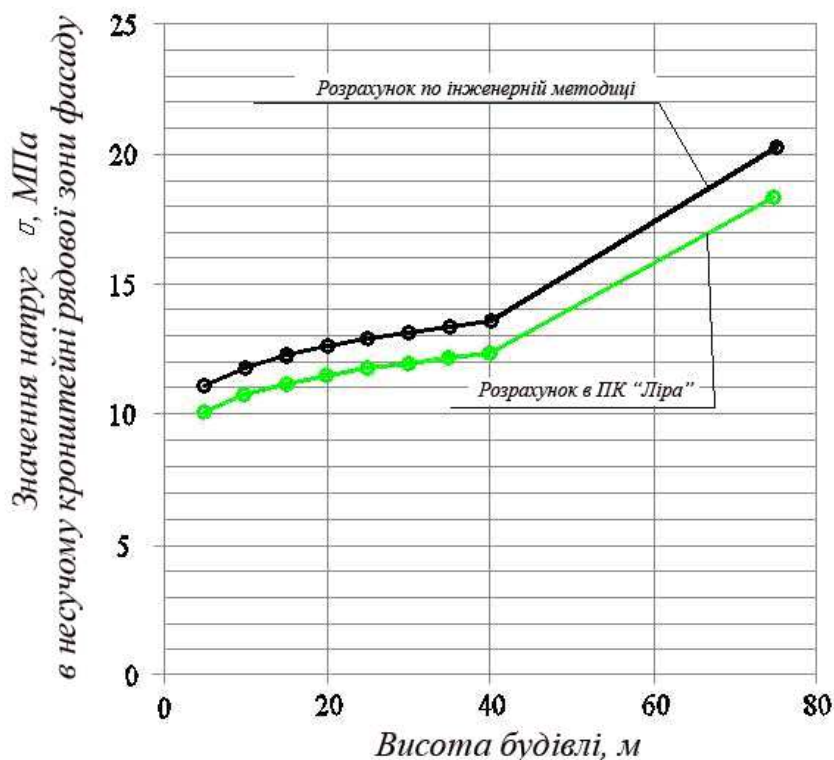


Рисунок 33 – Графіки залежності максимальної напруги від висоти будівлі для 7 вітрового району (у кронштейні рядової зони фасаду).

Порівняння результатів чисельного розрахунку за інженерною методикою та розрахунку у обчислювальному комплексі «ЛІРА».

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи графіки (рис. 30 – 33), можна дійти невтішного висновку, що значення напруг, отримані в результаті розрахунку за інженерною методикою, перевищують значення напруг, отримані за розрахунком у обчислювальному комплексі «ЛІРА» в середньому на 10%. Це обумовлюється тим, що при розрахунку в обчислювальному комплексі враховується сумісна просторова робота всіх елементів НФС. Розрахунок у обчислювальному комплексі є більш точним в порівнянні з розрахунком по інженерній методиці.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Розроблено навісну фасадну систему на гнучких зв'язках із вузловим кріпленням керамогранітних плит для будівництва та реконструкції будівель висотою до 75 метрів, що характеризується підвищеним опором теплопередачі та меншою матеріаломісткістю порівняно з існуючими аналогами.

2. Отримано картину тривимірного розподілу температури у стаціонарному полі розробленої конструкції (з гнучкими зв'язками) та існуючої (з жорсткими зв'язками) на основі чисельного аналізу теплової ефективності зовнішніх стін будівель з навісними фасадними системами.

3. Встановлено, що розроблена конструкція фасадної системи з гнучкими зв'язками має більший наведений опір теплопередачі, ніж існуючі системи з жорсткими зв'язками, в середньому на 11%.

4. Встановлено, що застосування розробленої конструкції на гнучких зв'язках у навісних фасадних системах забезпечує зниження витрат на опалення в середньому на 6-10%.

5. На основі аналізу результатів випробувань існуючих та розроблених систем на динамічні навантаження, запропоновані критерії оцінки безпечної експлуатації конструкцій з облицюванням керамогранітними плитами, що дозволяють визначати групу граничних станів випробуваної конструкції залежно від характерних особливостей та кількісних показників ушкоджень.

6. Виявлено, що матеріаломісткість системи на гнучких зв'язках до 30% нижче матеріаломісткості існуючих фасадних систем із жорсткими зв'язками.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

4.1 Розробка будівельного генерального плану

Залежно від етапу проектування існують два види будівельного генерального плану (будгенплану): загальмайданчиковий (на етапі організації будівництва) і об'єктний (на етапі виконання робіт).

Загальмайданчиковий будгенплан охоплює основні рішення щодо розміщення виробничих і допоміжних будівель, санітарно-побутових споруд, тимчасових і постійних інженерних мереж, комунікацій та доріг.

Об'єктний будгенплан деталізує питання охорони праці та містить:

- огороження будівельного майданчика;
- межі небезпечних зон при роботі вантажопідйомних механізмів і установок;
- маршрути руху транспортних засобів і будівельної техніки;
- місця для складування матеріалів та конструкцій;
- розташування побутових приміщень;
- системи водопостачання, енергопостачання, освітлювальні прилади;
- пожежні гідранти.

Будівельний майданчик, розташований у межах міста, має бути огорожений. Огороження, що прилягають до місць масового проходу людей, мають бути оснащені суцільним захисним козирком шириною 1,2 м для захисту перехожих.

Дороги на будмайданчику проектуються для забезпечення безпечного руху транспорту під час доставки матеріалів до місця монтажу та складування. Вони повинні бути наскрізними, з радіусами закруглення не менше 12 м. Ширина проїзної частини для двостороннього руху становить 6 м.

На майданчику передбачено два в'їзди з воротами шириною 4,5 м (з урахуванням ширини транспорту плюс 1,5 м).

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальні відстані при трасуванні доріг:

- до складу — 1 м;
- до підкранової колії — 20 м;
- до огорожі будмайданчика — 1,6 м.

На території об'єкта повинні бути розмічені умовними знаками та написами в'їзди, виїзди, напрямки руху, розвороту, місця роз'їзду і стоянки, а також місця встановлення знаків для забезпечення безпеки руху.

4.2 Санітарно-побутові приміщення

Санітарно-побутові приміщення організовуються відповідно до груп виробничих процесів. Площу цих приміщень розраховують, виходячи з чисельності робітників (у тому числі практикантів) та з урахуванням змінності виконання робіт. До складу приміщень включають гардеробні, умивальні, душові, кімнати для сушіння одягу і взуття, приміщення для обігріву та відпочинку, приміщення для прийому їжі та туалети.

У гардеробних передбачають роздільне зберігання вуличного/домашнього та робочого одягу. Площі побутових приміщень визначаються відповідно до розділу 3 «Організація будівництва». Приміщення для відпочинку поєднують із кімнатами для прийому їжі.

Санітарно-побутові приміщення оснащуються водопроводом для подачі холодної і гарячої води, каналізацією, системами опалення та вентиляції. Вони повинні бути розташовані не далі ніж за 600 м від робочих місць. Відстань до приміщень для обігріву робітників не повинна перевищувати 150 м, а до питних установок — не більше 100 м.

4.3 Освітлення будмайданчиків

На будівельних майданчиках забезпечують загальне рівномірне електричне освітлення з мінімальною освітленістю 2 лк. Для ділянок, де

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно підтримувати освітленість понад 2 лк, передбачають додаткове локалізоване освітлення.

Вибір типу джерел світла і розрахунок їх кількості проводиться згідно з нормативними документами.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування та будівництво стін з повітряними проміжками: Рекомендації // Інститут архітектури та будівництва. Вільнюс, 2002, 24 с.
2. Протасевич А.М., Крутілін А.Б. Класифікація вентильованих фасадних систем. Вплив теплопровідних включень з їхньої теплозахисні характеристики // Інженерно-будівельний журнал. 2011. №8. С. 57-
Самаяаускас Р.А., Станкявічюс В.Р., Блюджюс Р.А. Вплив конвекції на теплопередачу через вентильовані огорожі. Каунас: Технологія, 2003, 125с.
3. ETAG 001. Guideline для European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete. Brussels, 1997.
4. Tanner C., Zurcher C. Bauphysik der hinterlufteten Fassade/ Ein Einblick у шикучому physikalische Phanomene und Fologierungen fur die konstruktive Umsetzung und Ausfuhrung // Hinterluftete Fassade als Witterungsschutz: WTA Seminar.
5. Vatin NI, Petrichenko MR, Nemova DV, Kharkov NA, Korsun AA Numerical modeling з thermogravitational convection in air gap of system of rear ventilated facades. // Scopus. Applied Mechanics and Materials Vols. 672-674 (2014) pp 1903-1908.
6. Дріжук Д. А. Вентильовані фасади. Чи ми всі про них знаємо? // Будпрофіль. 2004. № 6-04. С. 1-3.
7. Sparrow EM, Azevedo LFA Vertical channel natural convection spanning between fully-developed limit and single-plate boundary-layer limit // International Journal Heat Mass Transfer. 1985. Vol. 28. Pp. 1847-1857.

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ

1. Характеристика роботи

2. Стан питання дослідження

3. Розробка конструктивного рішення навісної фасадної системи з гнучкими зв'язками несучої конструкції і вузовим кріпленням облицювання

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Розробка будівельного генерального плану

4.2 Санітарно-побутові приміщення

4.3 Освітлення будмайданчиків

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Додатки

					ЖБ 540. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Додаток 2

Загальна характеристика будівлі

Житловий будинок являє собою 5-ти поверховий 2-х секційний будинок з підвалом і експлуатованим горищним простором.

На типовому поверсі однієї секції перебувають дві однокімнатні й дві двухімнатні квартири. Усі квартири виконані з лоджіями ($2,86\text{м}^2$ для однокімнатних квартир і $3,48\text{м}^2$ для двухімнатних квартир). Експлікація приміщень однієї секції будинку відображено в таблицях 1, 2, 3, 4, а всього будинку в таблиці 5.

Конструктивна схема поверху дозволяє перепланування однокімнатної й двухімнатної квартир в одну чотирикімнатну квартиру із двома ванними, санвузлами й лоджіями.

Орієнтовна кількість населення становить 100 людей.

Розрахунок сходового майданчика марки 2ЛП 25.18-4

По ступеню відповідальності будинок відноситься до 1-го класу, коефіцієнт надійності $\gamma_n=1$, за умовами експлуатації ХС1, бетон класу С. $16/20$

Розрахунковий опір бетону стиску:

$$f_{cd} = \frac{f_{cd}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,67 \text{ МПа},$$

($\gamma_c=1,5$ -принятий коефіцієнт безпеки для бетону).

Розрахунковий опір бетону розтягання:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,3}{1,5} = 0,867 \text{ МПа},$$

де $f_{ctk0,05}=1,3\text{МПа}$.

Конструкція сходового майданчика показано на рисунку :

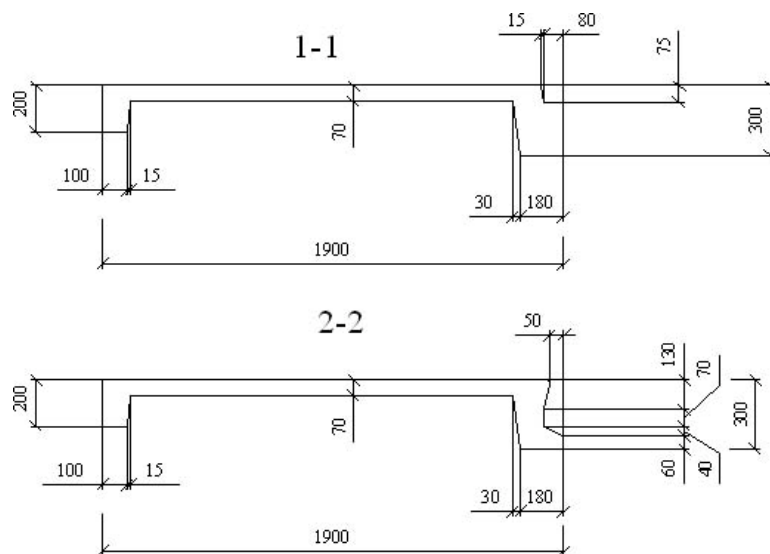


Рисунок - Конструкція сходового майданчика.

Арматурна сітка плити сходового майданчика з арматурної сталі класу А500 ($f_{yd}=410\text{МПа}$). Робоча арматури поздовжніх ребер з арматурної сталі А400 ($f_{yd}=365\text{МПа}$). Поперечна арматури – А240 ($f_{ywd}=157\text{МПа}$).

Полку плити при відсутності поперечних ребер розраховують як балковий елемент із защемленням на опорах. Розрахунковий проліт дорівнює відстані між поздовжніми ребрами.

$$l_{\text{еф}} = 1 - 100 - 15 - 30 - 180 = 1900 - 100 - 15 - 30 - 180 = 1575 \text{ мм} = 1,575 \text{ м.}$$

Підрахунок навантажень наведено в таблиці 1:

Таблиця 1 – Навантаження на 1 м^2 плити

Вид навантаження й підрахунок	Нормативне навантаження кН/м^2	Коефіцієнт надійності, γ_f	Розрахункове навантаження кН/м^2
1. Постійне			
1.1. Власна вага плити з оздоблювальним шаром $0,09 \text{ м} \cdot 25 \text{ кН/м}^3$	2,25	1,35	3,04
Разом постійне $g_k =$	2,25	$g_d =$	3,04
2. Змінне $q_k =$	3,0	1,5 $q_d =$	4,50
Повне $g_k + q_k =$	5,25	$g_d + q_d =$	7,54

Розрахунок залізобетонного сходового майданчика

Необхідно розрахувати ребристу плиту двухмаршевого сходового майданчика. Ширина плити – 1220 мм; товщина – 60 мм; ширина сходової клітки – 2600 мм.

Тимчасове нормативне навантаження 3 кН/м^2 . Коефіцієнт надійності по навантаженню $\gamma_f = 1,2$. Бетон класу В25. Арматури каркасів зі сталі кл. А-III, сіток зі сталі кл. Вр-I.

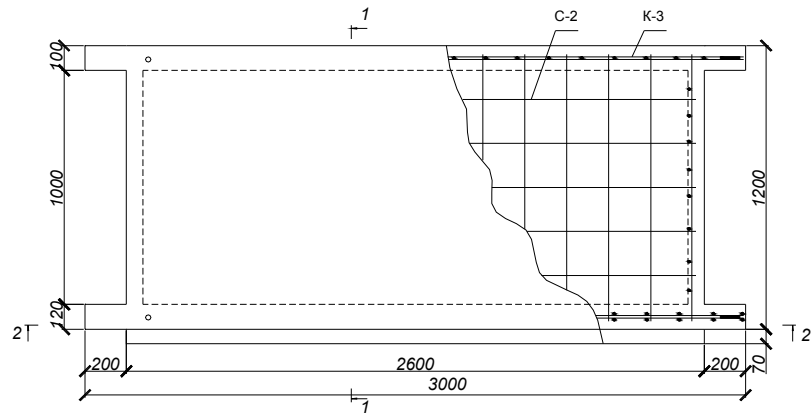


Рисунок – План сходового майданчика

Визначення навантажень

Власна нормативна вага плити при $h_{lf} = 6$ см.

$$q^n = 0.06 \times 25000 = 1500 \text{ Н/м}^2.$$

Розрахункова вага плити $q = 1500 \times 1.1 = 1650 \text{ Н/м}^2$.

Розрахункова вага лобового ребра (за винятком ваги плити):

$$q = (0.29 \times 0.11 + 0.07 \times 0.07) \times 1 \times 25000 \times 1.1 = 1000 \text{ Н/м}^2.$$

Розрахункова вага крайнього пристіночного ребра:

$$q = 0.14 \times 0.09 \times 1 \times 25000 \times 1.1 = 350 \text{ Н/м}.$$

Тимчасове розрахункове навантаження $P = 3 \times 1.2 = 3.6 \text{ кН/м}$.

При розрахунку майданчикової плити розглянемо роздільно полку, пружну забиту в ребрах, лобове ребро, на яке опираються марші й пристіночне ребро, що сприймає навантаження половини прольоту полки плити.

Технологія виконання основних будівельних процесів

Бетонні роботи

У період бетонування необхідно вести «Журнал бетонних робіт», у який заносяться наступні дані:

- дати початку й закінчення бетонування
- задані марки бетону, робочі состави бетонної суміші й показники її рухливості
- обсяги виконаних бетонних робіт
- дати виготовлення контрольних зразків бетону, їх число, маркування, строки й результати випробувань зразків
- температура зовнішнього повітря під час бетонування
- температура бетонної суміші при укладанні (у зимових умовах, а також при бетонуванні масивних конструкцій)
- тип опалубки й дата монтажу конструкцій.

Монтаж панелей перекриття

До початку монтажу перекриття передбачається:

- завершення кладки стін до відмітки низу перекриття (з викладенням бортика по зовнішніх стінах); завершення монтажу великопанельних перегородок; виконання цегельної кладки перегородок санвузлів
- розбирання риштування для кладки стін
- очищення нижчележачого перекриття від будівельного сміття
- подача на поверх матеріалів для проведення наступних видів робіт (цегла, дверні блоки, сантехзаготовки і т.д.)
- Підготовка монтажної основи під панелі з вирівнюванням його цементним розчином товщиною шару не більш 20мм
- Розмітка місць укладання панелей.

При укладанні панелей повинні забезпечуватися рівні майданчики обпирання на опорні конструкції й вирівнюватися лицьові головні поверхні

панелей. Перші три панелі укладаються з пересувних майданчиків, що перебувають на нижчележачому перекритті, а інші – з раніше покладених панелей. Шви між панелями зашпаровуються цементним розчином М-150, якщо не зазначено в робочих кресленнях, з постановкою арматурних каркасів.

Будгенплан

Будівельним генеральним планом називається план майданчика будівництва, на **якім** нанесені проєктовані **будинки** й **споруди**, у тому числі об'єкти будівельного **господарства**, інженерні **мережі**, показане розміщення й прив'язка основних будівельних машин і механізмів і **заходу** щодо безпеки праці.

При детальній розробці будгенплану будуть зроблені наступні розрахунки:

- вибір монтажного механізму,
- розрахунок площі тимчасових споруд,
- розрахунок площі тимчасових складів,
- розрахунок тимчасового водопостачання,
- розрахунок тимчасового енергопостачання,
- розрахунок потреби в автотранспорті.

По найбільшій масі монтуємого елемента й характеристикам будинку ухвалюємо баштовий кран КБ-100.2 з наступними основними характеристиками:

Вантажопідйомність – 5 т.

Виліт стріли гака – 12,5-25 м.

Календарне планування

Відповідно до детального календарного плану розробляються наступні графіки:

- графік руху робочих кадрів;
- графік руху будівельних машин;
- графік вступу основних будівельних матеріалів.

Графік руху робочих кадрів виходить шляхом підсумовування на ділянках часу кількості робітників, що перебувають на будівельному майданчику.

Графік руху будівельних машин включає найменування механізму й число машинозмін його використання при зведенні об'єкта. Зображується у вигляді лінійного графіка з відображенням днів початку й кінця роботи механізму. Цей графік відображає використання будівельних машин і механізмів на об'єкті по їхній необхідності.

Графік вступу основних будівельних матеріалів включає найменування матеріалів, одиниці їх виміру. Зображується у вигляді лінійного графіка з відображенням періоду використання матеріалу й інтенсивності його використання, а також інтенсивності його поставки. Цей графік відображає використання матеріалів по їхній потребі й показує їх запас на будівельному майданчику