

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Конструювання та дизайну

УДК 72.012:725.1(477.411)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Конструювання та дизайну
(назва факультету (ННІ))

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Будівництва
(назва кафедри)

_____ РУЖИЛО З. В.
(підпис) (ПІБ)

_____ ЯКОВЕНКО І.А.
(підпис) (ПІБ)

— ” _____ 2025 р.

— ” _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

ПРОЕКТУВАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ З ПІДЗЕМНИМ ПАРКІНГОМ У
М. КИЄВІ

Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код і назва)

Освітня програма _____ Магістр
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ професор, д.т.н.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Мар'єнков М.Г.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ доцент, к.т.н.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Костира Н.О.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

_____ Сидоренко Є.О.
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри будівництва
Яковенко І.А., професор, д.т.н.

— ” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Сидоренко Єгору Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва)

Освітня програма Магістр
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи

ПРОЕКТУВАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ З ПІДЗЕМНИМ ПАРКІНГОМ
У М. КИЄВІ

затверджена наказом ректора НУБіП України від –22” 12.2023р. №2358 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.05.05
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Земельна ділянка під будівництво адміністративної будівлі з підземним паркінгом розташована в Голосіївському районі міста Києва, загальною площею 0,35 га, призначена для громадської забудови.

Згідно з рішеннями генерального плану на ділянці будуть розміщені: чотириповерхова адміністративна будівля з підземним паркінгом, надземно-підземний паркінг для відвідувачів та працівників, майданчик відпочинку, майданчик для сміттєвих контейнерів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Розробка методу оцінки термонапруженого стану залізобетонних фундаментних плит на ранній стадії твердіння бетону.

Перелік графічного матеріалу (за потреби): генплан, фасади, плани, розрізи, вузли, плани перекриття, фундаментів, технологічна карта на улаштування лісів на вим.+2350, будгенплан, календарний графік

Дата видачі завдання –14” 10.2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Костира Н.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Сидоренко Є.О.
(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

Вступ

1.1 Функціональні особливості об'єкту

1.2. Рішення генерального плану

2. Архітектурно-будівельні рішення

2.1. Об'ємно-планувальні рішення

2.2. Архітектурно-будівельні рішення

2.3. Зовнішнє оздоблення

2.4. Внутрішнє опорядження

2.5. Інженерне обладнання будинку

2.5.1. Опалення

2.5.2. Вентиляція

2.5.3. Аварійна протидимна вентиляція

2.5.4. Водопостачання. Пожежогасіння

2.5.5. Каналізація

2.5.6. Електротехнічні рішення

2.5.7. Телефонізація

2.5.8. Радіофікація

2.5.9. Телебачення

2.5.10. Диспетчеризація

2.6. Блискавкозахист та заземлення

2.7. Пожежна сигналізація

2.8. Оповіщення про пожежу

2.9. Автоматизація

2.9.1. Автоматизація системи пожежогасіння

2.9.2. Автоматизація системи протидимного захисту

2.9.3. Автоматичний контроль довибухонебезпечних концентрацій паливного газу

2.9.4. Автоматизація керування вузлами систем опалення

2.10. Енергозбереження

- 2.11. Протипожежні заходи
- 3. Розрахунково-конструктивна частина
 - 3.1. Розрахунок адміністративної будівлі в ПК ЛІРА САПР
 - 3.1.1. Навантаження
 - 3.1.2. Розрахункова модель будівлі
 - 3.1.3. Оцінка просторової жорсткості адміністративної будівлі
 - 3.2. Розрахунок монолітних залізобетонних колон адміністративної будівлі
 - 3.3. Розрахунок плити перекриття першого поверху
- 8. Скінчено-елементний аналіз напружено-деформованого стану залізобетонної монолітної фундаментної плити при температурних впливах
 - 8.1. Тепловиділення бетонних конструкцій
 - 8.1.1. Тепловиділення бетону
 - 8.1.2. Залежність тепловиділення цементу від мінералогічного складу
 - 8.1.3. Температурний режим залізобетонних фундаментних плит
 - 8.1.4. Утворення температурних тріщин у масивних залізобетонних конструкціях
 - 8.5. Існуючі методи оцінки температурної тріщиностійкості конструкцій
 - 8.2. Оцінка деяких методик для розрахунку температурних напружень при бетонуванні масивних залізобетонних фундаментних плит
 - 8.2.1. Моделювання температурного режиму та напружено-деформованого стану в ранній період зведення масивних монолітних залізобетонних конструкцій
 - 8.2.2. Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану плитних залізобетонних елементів при температурно-усадочних впливах
 - 8.3. Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану фундаментної плити будівлі з урахуванням кліматичного впливу
 - 8.3.1. Розрахунок фундаментної плити на температурний вплив в ПК «ЛІРА САПР»

8.3.2. Результати армування фундаментних плит з урахуванням кліматичного впливу

Висновок

Використана література

Вступ

Тема дипломної роботи - "Проектування адміністративної будівлі з підземним паркінгом в м. Києві".

Адміністративна будівля знаходиться в центральній частині міста, має п'ять надземних поверхів та підземний паркінг. Максимальна висота будівлі – 19,0 м, висота поверху - 3,6 м.

1.1 Функціональні особливості об'єкту

Ділянка під адміністративну будівлю, розташована за адресою: м. Київ, вул. Шевченка. Площа території становить 0,45 га. (відповідно до Містобудівних умов та обмежень №63/9 від 31.07.24).

Межові орієнтири ділянки: з південно-західного боку межує з 10-поверховим житловим будинком, з півдня – з землями, що плануються під забудову та двоповерховими житловими будинками, зі східного боку – з шестиповерховим торговельно-розважальним комплексом.

Земельна ділянка, виділена під забудову адміністративної будівлі, у плані має Г-подібну форму. Її найбільші розміри становлять 110x120 м. Рельєф території характеризується відносною спокійністю, з перепадом висот у межах 102.7-102.4 метрів. Спостерігається зниження рельєфу у напрямку існуючого житлового будинку, що розташований на південному заході. Наразі на ділянці знаходиться гаражний кооператив, який передбачено демонтувати.

Згідно з проектом, планується зведення адміністративної будівлі, а також благоустрій території в межах виділеної земельної ділянки.

1.2. Рішення генерального плану

На території земельної ділянки під будівництво адміністративної будівлі передбачено облаштування системи в'їздів та виїздів, а також зони відпочинку для тих, хто відвідує адміністративну будівлю.

Для забезпечення проїзду автотранспорту до внутрішньої території передбачений основний відкритий заїзд з боку вулиці Митної. Пішохідний рух навколо адміністративної будівлі організовано вздовж проїздів, відгороджений бордюром каменем з боку вул. Шевченка пішохідний тротуар відгороджений від автомобільної частини декоративною металевою огорожею.

Генеральним планом передбачено часткове перенесення існуючих інженерних мереж із площі ділянки проектування та влаштування нових мереж відповідно до технічних умов.

Благоустрій території адміністративної будівлі передбачає укладання асфальтобетонного покриття в'їзду з вулиці, облаштування тротуарів пішохідної зони, місць для короткочасного відпочинку з лавами для сидіння, а також декоративної огорожі та озеленення території.

Крім того, проект включає в себе ремонт існуючого тротуарного покриття вулиці вул. Шевченка та встановлення декоративної металевої огорожі, а також висадку дерев вздовж проїжджої частини.

Проектом передбачена наступна конструкція твердих покриттів на території адміністративної будівлі:

Проїзди автомобільні:

- 1) Дрібнозернистий асфальтобетон - 10 см.
- 2) Гранітний щебінь фракції 20...40 мм, просочений бітумом - 8 см.
- 3) Гранітний щебінь фракції 40...70 мм - 16 см.
- 4) Пісок - 16 см по ущільненій основі.

Тротуари для пішоходів:

- 1) Асфальтобетон дрібнозернистий МІІ тип Б - 5 см.
- 2) Щебінь ГОСТ 8267-93 - 15 см.
- 3) Ущільнений мінеральний ґрунт.

Навколо адміністративної будівлі влаштовується вимощення, для відведення від конструкцій фундаментів дощових та талих вод. На стиках відмостки та конструкцій будівлі передбачено шар обклеювальної гідроізоляції на негнучкій основі (бентоніт), а у верхній частині використовується водостійкий герметик (гермобутіл).

У якості упору для асфальтобетонного покриття передбачено гранітний бордюр 1ГП ГОСТ6665-91 розміром 30×15 см на бетонній основі - 10 см. Для відокремлення тротуару від газонів та елементів озеленення передбачено гранітний борт ГОСТ6665-91 тип 4ГП розміром 20×10 см.

На території проектування передбачається висадка квітників, висівання газонів, а також висаджування декоративних чагарників на ділянках, вільних від покриття. Товщина шару ґрунту для рослин передбачається не менше 30 см.

2. Архітектурно-будівельні рішення

2.1. Об'ємно-планувальні рішення

Метою проекту є зведення адміністративної споруди, що відповідатиме сучасним стандартам і вимогам будівництва, беручи до уваги особливості навколишньої забудови та її соціальну значущість.

Архітектурно-планувальні рішення розроблені у відповідності до чинних норм та правил, у тісній співпраці з Виконавчим комітетом Київської міської ради. Усі прийняті рішення затверджувалися «Замовником» та узгоджувалися з «Генпідрядником».

Згідно з технічним завданням, на рівні першого поверху передбачено кафе, загальною площею торговельних залів 137 м.кв. Кухня кафе призначена для доготовки напівфабрикатної продукції. Розташування закладу харчування стало реальністю завдяки раціональному використанню простору підвальних та цокольних приміщень вхідної групи в осях 15-16. Також виконано проектування розведення інженерних комунікацій будівлі та визначено розміщення та структуру інженерного обладнання в технічних приміщеннях.

На рівні 1-го та 2-го поверхів функціональна структура адміністративної будівлі представлена приміщеннями Центру надання адміністративних послуг, департаментів охорони здоров'я, капітального будівництва та земельних ресурсів. На 3 – 5 поверхах розташовані офісні приміщення. На 3-му поверсі передбачено конференцзал на 60 місць зі сценою та відкриті оглядові тераси. Об'єм поверху має криволінійну форму з боку фасаду будівлі, що візуально збільшує простір конференцзалу та створює виразний архітектурний акцент споруди.

У плануванні адміністративної будівлі на вулиці Шевченка, в Києві взяті до уваги вимоги Містобудівних Умов та Обмежень (МУО), а також проектне завдання від Замовника, які стосуються потреб інклюзивних груп населення.

Проект передбачає умови вільного переміщення людей з інклюзивністю по всій території будівлі, включаючи доступ до зон відпочинку. Для осіб з порушеннями зору розроблено систему засобів орієнтації та інформаційної підтримки на всіх маршрутах, що доступні для інклюзивних верств населення.

Крім того, проект забезпечує своєчасне отримання людей з інклюзією повної та якісної інформації, яка допомагає орієнтуватися у просторі.

Передбачено світлову та звукову сигналізацію, що відповідає актуальним нормативним документам, встановлення звукових інформаторів типу телефонів-автоматів для людей з вадами зору та текстотелефонів для відвідувачів з порушеннями слуху.

Згідно з проектним завданням, для забезпечення самостійного пересування осіб з інвалідністю на візках сходами передбачено спеціальний підйомний пристрій БК 350, а також пандуси.

На всіх поверхах заплановано облаштування спеціального санвузла для потреб осіб з інвалідністю.

2.2. Архітектурно-будівельні рішення

Несуча система споруди – залізобетонний монолітний каркас, що утворений системою монолітно-з'єднаних залізобетонних колон, стін, дисків перекриттів, які спільно, через тверде з'єднання вузлів, забезпечують міцність, просторову жорсткість та стійкість будівлі.

Каркас будівлі у плані має Г-подібну форму з розмірами в осях 47,2x52,9 м. Споруда розчленована в поздовжньому та поперечному напрямках температурно-осадковими швами на 2 блоки.

Адміністративна будівля складається з одного підвального, цокольного та 5 надземних поверхів.

Сітка колон не регулярна з найбільшим кроком, що дорівнює 7,2 м.

Фундаменти представляють собою монолітну ребристу фундаментну плиту. Товщина плитної частини прийнята – 0,4 м; ребра фундаментної плити мають перетин 2,0x0,8 м.

Колони будівлі прийняті перетином 0,4x0,4 м, в межах відміток - 8,0...7,2 – 0,8x0,4 м. Діафрагми жорсткості прийняті товщиною 0,2 м.

Конструкція перекриття – монолітні залізобетонні плити, що спираються по контуру. Товщина плити прийнята рівною 0,2 м.

Як матеріал залізобетонних конструкцій використовується бетон В25 F75 W6, як армування використана арматура класів А240С, А400С.

Клас відповідальності будівлі - СС3 (табл.1 ДСТУ 8855:2019).

2.3. Зовнішнє оздоблення

Зовнішні площини стін адміністративної будівлі будуть оброблені шаром базової штукатурки, пофарбованої фасадною фарбою у білий, темно-сірий та світло-сірий кольори.

Стіни вбудованих та прибудованих приміщень, а також цоколь адміністративної будівлі оздоблять керамогранітною текстурною плиткою розміром 600x600 мм темних відтінків.

Віконні та дверні конструкції передбачено з металопластику, темно-сірого кольору.

Покриття ганків буде виконано з керамічної неслизької плитки сірого кольору, імітуючої природний камінь.

2.4. Внутрішнє опорядження

Для внутрішнього оздоблення приміщень адміністративної будівлі застосовуються такі матеріали:

Оздоблення стін загальних коридорів та сходових клітин – водоемульсійна фарба.

Підлога ліфтових холів, сходових клітин – мозаїчний бетон, керамічна плитка.

Внутрішнє оздоблення адміністративних приміщень запроектоване згідно їх функціонального призначення.

Фарбуваннями фарбами фірми TIKKURILA по високоякісній штукатурці; у приміщеннях з вологим режимом стіни облицьовувати керамічною глазурованою плиткою на всю висоту; в інших приміщеннях клейове та водоемульсійне фарбування.

Стеля – клейове та водоемульсійне фарбування в санвузлах, та технічних приміщеннях та підвісна стеля в коридорах та адміністративних приміщеннях.

Підлога – керамічна плитка, лінолеум „Tarket”.

2.5. Інженерне обладнання будинку

2.5.1. Опалення

У тепломеханічній частині проекту передбачено автоматизований індивідуальний тепловий пункт для забезпечення адміністративної будівлі опаленням і гарячою водою.

Проект системи опалення адміністративної будівлі виконано на розрахункову температуру зовнішнього повітря -22°C.

Система опалення адміністративної будівлі спроектована двотрубна, тупикова, з вертикальними головними стояками та горизонтальною розводкою стояків.

Теплоносій - вода з параметрами T1-T2=90-70 °C.

Як нагрівальні прилади використані сталеві панельні радіатори типу "RADIK VENTIL COMPAKT" фірми "KORADO", Чехія, з вбудованими терморегуляторами.

Розвідні магістралі та головні стояки монтуються зі сталевих водогазопровідних труб за ДСТУ 3262-75*, стояки - з поліетиленових труб PE-Xc системи KAN-therm фірми "KAN", Польща.

Стояки прокладаються в захисній гофрованій трубі в конструкції підлоги.

Випуск повітря з головних стояків передбачено автоматичними повітровідвідниками, встановленими у верхніх точках, з радіаторів - вбудованими кранами для випуску повітря (типу конструкції Маєвського).

Трубопроводи, що прокладаються в підвалі, та головні стояки ізолюються теплоізоляцією Thermaflex.

Система опалення коридорів запроектована двотрубна, вертикальна, і монтується зі сталевих водогазопровідних труб за ДСТУ 3262-75*.

Як нагрівальні прилади коридорів будинку використані сталеві панельні радіатори типу RADIK KLASIK (Чехія).

Регулювання тепловіддачі радіаторів здійснюється терморегуляторами RTD-N-II фірми "Danfoss".

Опалення машинного приміщення ліфта передбачено від електричного опалювального приладу.

Система опалення адміністративних приміщень запроектована двохтрубна, горизонтальна, тупикова.

Як нагрівальні прилади використані сталеві панельні радіатори типу "RADIK VENTIL COMPAKT" фірми "KORADO" (Чехія) з вбудованими терморегуляторами.

Розвідні магістралі та головні стояки монтуються зі сталевих водогазопровідних труб за ДСТУ 3262-75* та підлягають теплоізоляції Thermaflex FRZ.

Горизонтальні стояки монтуються з поліетиленових труб і прокладаються в захисній гофрованій трубі в конструкції підлоги.

Випуск повітря із системи здійснюється повітровпускними кранами на кожному приладі та автоматичними повітровідвідниками на розподільчих колекторах.

2.5.2. Вентиляція

Повітрообмін у адміністративних приміщеннях розраховано відповідно до чинних нормативних актів.

Вентиляція адміністративних приміщень - припливно-витяжна з комбінованим: природним та механічним спонуканням.

Приплив повітря - неорганізований, через квартирки.

Витяжка повітря - механічна, забезпечується каналними вентиляторами ВКМ125, ВКМ150, ВКМ200 від фірми ВЕНТС.

Видалення повітря із санвузлів - механізовано за допомогою каналних вентиляторів ВЕНТС 100К1 та ВКМ100Б виробництва ВЕНТС.

Повітропроводи виготовляються з оцинкованої сталі згідно з ДСТУ14918-80*, також передбачено використання гнучких повітроводів.

2.5.3. Аварійна протидимна вентиляція

З метою безпечної евакуації з приміщень під час пожежі, проектом передбачено витяжну протидимну вентиляцію з коридорів будівлі, з встановленням димоприймальних клапанів на кожному поверсі.

Для димовидалення обрані радіальні вентилятори типу ВРДВ ЗАТ ІНТЕР-КОНДИЦІОНЕР м. Харків. Вони розроблені для димовидалення та розраховані на транспортування середовища з температурою до 400°C протягом двох годин.

Вентилятори систем димовидалення розміщені у венткамерах на горищі.

Окрім витяжної протидимної вентиляції, заплановано припливну вентиляцію для створення підпору повітря в ліфтових шахтах.

Припливний вентилятор розташований на горищі, у венткамері.

Повітроводи систем протидимної вентиляції виготовляються з тонколистової оцинкованої сталі згідно з вимогами ДСТУ14918-80*.

Для забезпечення вогнестійкості на 0.5 години, повітроводи систем протидимної вентиляції з тонколистової сталі покриваються вогнезахисним матеріалом "Fibrogane" від фірми "Projiso", Франція.

Для системи димовидалення передбачені шахти, що інтегровані в будівельні конструкції.

Монтаж систем опалення та вентиляції здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 3.05.01-85.

Всі будівельно-монтажні роботи мають проводитися в повній відповідності до "Проекту виконання робіт", розробленого генпідрядною будівельною організацією та затвердженого у встановленому порядку.

2.5.4. Водопостачання. Пожежогасіння

Джерелом водопостачання адміністративної будівлі є два введення водопроводу Ø100мм, що запроектовані від наявних міських мереж по вул. Шевченка.

Адміністративна будівля обладнана господарсько-питним та протипожежним водопроводом з кільцевою схемою розподілу магістральних мереж. Передбачено два вводи водопроводу з чавунних напірних труб класу ЛА згідно ДСТУ 9385-75 Ø100 мм. Водопровідна мережа прокладається кільцем із сталевих водогазопровідних оцинкованих легких труб Ø100...150 мм згідно ДСТУ 3262-75*. Для обліку споживання води у підвалі, на вводі водопроводу, в насосній станції монтується водомірний вузол зі спареним лічильником води MW/JS-50 Ø50 мм, який призначений для вимірювання обсягів води у широкому діапазоні змін водоспоживання (господарсько-питні та протипожежні потреби).

Для забезпечення необхідного напору та подачі води на верхні поверхи, у підвалі, в приміщенні насосної станції, заплановано підвищувальну насосну установку господарсько-питних насосів Wilo-

Comfort-Vario COR-2 MVIE 406/VR-EB з двома насосами (1 роб.,1 резервний)- $Q=8,0$ м³/год, $H=47,0$ м. Установка комплектується запірною арматурою на оцинкованій рамі з вібропоглиначами.

Насосна станція належить до 1 категорії безперебійності водопостачання. Для потреб пожежогасіння у приміщенні насосної станції запроєктовано підвищувальну протипожежну насосну установку Wilo-Comfort-Vario COR-2 MVI 604/CC з двома насосами (1 роб.,1 резервний) - $Q=18,0$ м³/год, $H=60,0$ м.

Витрата води на внутрішнє пожежогасіння становить 5.0 л/сек, з розрахунку дії двох струменів по 2.5 л/сек кожен.

Мережа водопроводу обладнується комплектними пожежними кранами.

Фарбування пожежного інвентарю – колір та схема фарбування виконуються згідно ДСТУ 12.4.026 - 76 та ГОСТ 12.4009 – 83.

Водопостачання гарячою водою відбувається від водонагрівача, розташованого у запроєктованому тепловому пункті.

Магістральні трубопроводи гарячої та холодної води ізолюються антикорозійним покриттям з бітумного лаку БТ-577 та теплоізоляцією зі спіненого поліетилену –Thermaflex”.

Решта трубопроводів фарбуються олійною фарбою у два шари.

2.5.5. Каналізація

Стічні води від сантехнічних приладів, прокладені поліетиленовими трубами Ø50-100 мм, окремими випусками Ø50-100 мм, надсилаються самопливом до зовнішньої каналізаційної мережі. Виробничу мийку в кухні слід підключити з розривом струменя у 20 мм. Вентиляційні частини каналізаційних стояків виводяться над покрівлю на 0,5 м.

Дощові та снігові води з даху спрямовуються відкритим способом на вимощення.

2.5.6. Електротехнічні рішення

1. Силове електрообладнання

Живлення пристроїв пожежної сигналізації відбувається від ВРУ (АВР) адміністративної будівлі – основне, а від акумуляторних батарей – резервне, які розміщені всередині цих пристроїв.

Електроживлення адміністративної будівлі забезпечується від окремих ВРУ, котрі розміщені в електрощитовій в підвалі.

Облік електроенергії є окремим на розподільчих щитах, що встановлені в межах кожного приміщення, та загальним на ВРУ для вбудованих приміщень.

В коридорі на кожному поверсі передбачені ніші для розміщення поверхових щитів типу ЩЭЗО, від яких живляться щитки. У поверхових щитах передбачається встановлення автоматичного вимикача та електронного лічильника обліку електроенергії.

Для розподілу електроенергії в кожному вбудованому приміщенні встановлюються розподільчі модульні щити, в яких встановлюються автоматичні вимикачі та ПЗВ.

Стояки до поверхових щитів, стояки робочого освітлення сходових клітин та коридорів, а також мережі живлення розподільчих щитів вбудованих приміщень запроектовані кабелем марки ВВГнг, який прокладається у вініпластових трубах.

Живлення щитків ЩК здійснюється від поверхових щитів ЩЭЗО кабелем ВВГнг, перерізом жил 3x10 кв.мм, в трубі Ø32мм, з підключенням після лічильників, встановлених в ЩЭЗО.

Мережі живлення розеток спроектовані кабелем ВВП-І, сховано під шаром штукатурки.

Мережі живлення прокладаються в коробах по стелі та стінах підвалу.

Проектом передбачено автоматичне та дистанційне керування ліфтами в режимі "Пожежа" при надходженні сигналу від приладу ПС, встановленого в приміщенні на 1 поверсі (який має вихід на ПЦС), що передбачає опускання під час пожежі у будинку кабіни ліфта на нижній поверх, відчинення дверей з подальшим відключенням ліфта.

2. Електроосвітлення

В адміністративній будівлі та вмонтованих приміщеннях проєктом передбачено робоче, аварійне (в приміщеннях, визначених вимогами ДНАОП, ПУЕ та ДБН) та евакуаційне освітлення (коридори, сходові клітини, виходи з будівлі) з напругою у мережі 220В. Ремонтне освітлення для огляду інженерного обладнання передбачене від ящиків ЯТП-0,25, розміщених в електрощитовій, венткамерах, насосній, тепловому пункті, та виконується переносними світильниками, що живляться від мережі 36 В.

У вмонтованих приміщеннях прийнята загальна система освітлення. В якості джерел світла прийнято світильники з люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Типи світильників обрані в залежності від призначення приміщення та характеру навколишнього середовища, а їх кількість і потужність ламп – в результаті розрахунків методом питомої потужності та світлового потоку.

В приміщеннях з вологим середовищем передбачено встановлення світильників зі ступенем захисту IP54.

Управління робочим, аварійним та евакуаційним освітленням у вмонтованих приміщеннях – дистанційне - автоматичними вимикачами на розподільчих щитах, місцеве - вимикачами, що встановлюються в даному приміщенні або біля входу до нього. Управління евакуаційним освітленням сходових клітин – автоматизоване від реле часу, встановленого на ВРУ адміністративної будівлі.

Для управління робочим освітленням коридорів та тамбурів встановлюються вимикачі короткочасного вмикання.

В якості світлових покажчиків "ВИХІД" передбачається використання світильників FAST FIAG зі ступенем захисту IP20, що підключаються до мережі евакуаційного освітлення та додатково оснащені автономним джерелом живлення.

Світильники аварійного та евакуаційного освітлення виділяються серед світильників робочого освітлення і позначаються знаками "А" та "Е", і вказані на планах.

Мережа робочого та евакуаційного освітлення вмонтованих приміщень виконується кабелем з мідними жилами типу ВВГнг-нд в ПВХ оболонці, що не розповсюджує горіння та не утворює диму.

Мережі освітлення вмонтованих приміщень прокладаються за підвісною стелею, а також частково приховано в шарі штукатурки по перегородках з цегли та блоків, що підлягають виштукатурюванню та в пустотах плит перекриття.

2.5.7. Телефонізація

Введення телефонного кабелю міської телефонної мережі марки ТПП-200x2 мм здійснюється до підвалу адміністративної будівлі в а/ц трубі, передбаченій будівельною частиною проекту.

Від вводу до виходу в стояк кабель протягується в вініпластовій трубі по підвалу адміністративної будівлі.

Проектом передбачено розміщення в кімнаті зв'язку на позначці -4,000 розподільчої шафи ШРП-1200 та встановлення боксів у ній.

Розподільча мережа реалізується кабелями марки ТПП та розміщується на стояках у вініпластовій трубі Ø50мм.

Телефонні розподільчі коробки встановлюються відповідно до скелетної схеми у слабкострумових відсіках поверхових щитків.

Абонентські мережі телефонізації прокладаються за заявками після завершення будівництва будинку, за наявності станційної ємності, для чого проектом передбачена прокладка вініпластових труб від стояка з введенням в приміщення.

Телефонна мережа офісів виконується від розподільчої мережі адміністративної будівлі.

Абонентська мережа офісів виконується кабелем UTP2x2.

2.5.8. Радіофікація

Введення радіомережі в адміністративну будівлю - повітряне, здійснюється через радіотрубостійку, розміщену на даху будівлі, з використанням проводу ПВЖ-2(1x1.4) в металевому рукаві.

Вертикальне прокладання мережі виконується з використанням проводу ПВЖ-2(1x1.4) в вінілпластових трубах Ø50мм, які прокладені в штрабах, передбачених в будівельній частині проекту.

Обмежувальні коробки монтуються в слабкострумових відсіках поверхових щитків.

Абонентська мережа в межах сходової клітки виконується приховано з використанням проводу ПТПЖ-2x1.2 в вінілпластовій трубі.

У внутрішньому просторі провід ПТПЖ-2x1.2 прокладається під плінтусами, а під дверними прорізами – в вінілпластовій трубі Ø20мм.

Радіорозетки монтуються на висоті 100мм над плінтусом і на відстані не більше 1м від розетки електромережі.

2.5.9. Телебачення

Для приймання телевізійних програм на даху адміністративної будівлі монтуються телеантени АТКГ-2.1.3.5.1, АТКГ-4.1.6-12.1, АТКГ-5.1.21-41.1.

Телепідсилювачі розміщуються в окремому приміщенні на горищі.

В слабкострумових відсіках поверхових щитів монтується абонентське обладнання УАР-6.1.

Розподільні мережі телебачення виконуються кабелем марки RG11, котрий прокладається на стояку у вінілпластовій трубі разом з мережею радіофікації.

Виконання абонентських проводок телебачення від поверхових щитків до приміщень здійснюється після завершення будівництва за замовленням.

2.5.10. Диспетчеризація

Диспетчеризація ліфтів реалізується шляхом їх приєднання до системи диспетчерського контролю СДК-256.

Система СДК-256 гарантує:

- віддалений, централізований контроль функціонування ліфтів;
- відображення в наочній формі на моніторі диспетчерського пульта інформації про стан датчиків, встановлених на ліфтах, її збереження в пам'яті комп'ютера з можливістю виведення на екран або принтер;
- вимкнення ліфтового обладнання в аварійних випадках;
- дистанційне вимкнення ліфтового обладнання за командою диспетчера;
- забезпечення виклику диспетчера з кабіни ліфта або машинного приміщення з можливістю гучного зв'язку;
- захист шахти ліфта та машинного приміщення від несанкціонованого доступу сторонніх осіб і подачі сигналу диспетчеру;
- зберігання інформації про роботу системи з можливістю виводу на екран або принтер;
- забезпечення сигналу при зникненні напруги живлення в машинному приміщенні з функцією гучного зв'язку (за умови наявності акумуляторів в БЛ).

Система передбачає роботу по двопровідній лінії або кабелю.

Основні аспекти диспетчеризації.

Для диспетчеризації контрольованої адміністративної будівлі передбачено комплект обладнання СДК-256.

Стан відчинення дверей контролюється кінцевим вимикачем типу ВПК.

Підключення станцій управління ліфтами до ліфтових блоків системи диспетчерського контролю СДК-256 здійснюється на місці відповідно до електричних схем ліфтів.

2.6. Блискавкозахист та заземлення

Відповідно до ДСТУ Б.В.2.5-38-08 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» спроектована будівля зараховується до III категорії блискавкозахисту за допомогою блискавковідвідної сітки, котра виготовляється з круглої сталі Ø8мм з комірками не більшими, ніж 12x12

метрів і сполучається за допомогою струмовідводів не рідше, ніж через 25 метрів по периметру будівлі з зовнішнім контуром заземлення. Зовнішній контур реалізується з використанням сталеві штаби розміром 40x4мм.

Зовнішній контур заземлення електрощитових виконано із сталевих електродів $\varnothing 16$ мм довжиною 3 метри кожен.

Електроди з'єднуються між собою сталеві штабою 40x4мм. Глибина електродів та прокладання сталеві штаби відбувається на 0,7 метра від позначки землі.

Всі з'єднання виконуються зварюванням.

Опір контуру захисного заземлення повинен становити $R < 10$ Ом.

Для захисту від атмосферних розрядів телевізійні антени та радіотрубоустійки приєднуються до блискавковідвідної сітки, що передбачена в будівельній частині проекту.

Проектом прийнята система заземлення типу TN-C-S - від трансформаторної підстанції – до адміністративної будівлі;

- TN-C-S - TN-S від ВРУ – до споживача.

Згідно ПУЕ-2001 під'єднання електроспоживачів виконано з додатковим захисним нульовим провідником (5-им у трифазній та 3-им в однофазній мережі).

Як заходи електробезпеки проектом передбачено:

вирівнювання потенціалів, заземлення, занулення, встановлення пристроїв захисного відключення (УЗВ).

Для під'єднання захисних провідників в усіх поверхових щитах передбачено шину захисного занулення, на яку під болтовий затискач надходять всі захисні провідники.

Проектом передбачено головну систему вирівнювання потенціалів, яка об'єднує такі елементи:

- захисний (PEN) провідник мережі живлення;
- заземлювальний провідник, приєднаний до контуру заземлення

опором не більше 4 Ом;

- металеві труби комунікацій, що заходять в будівлю;
- систему блискавкозахисту.

З'єднання зазначених струмопровідних частин між собою здійснюється за допомогою головних шин заземлення всередині ВРУ.

Для санвузлів передбачається додаткова система вирівнювання потенціалів. Для цього від нульової захисної шини поверхового щита в санвузол прокладається провід ПВ перерізом жили 1х2,5кв.мм.

Зазначений провід заводиться в стандартну пластмасову коробку з мідною шиною заземлення на 10 приєднань, котра встановлюється приховано на висоті 0,8м від підлоги у ПВХ трубі Ø20 мм в межах кожного санвузла. Від цієї коробки до відкритих сторонніх струмопровідних частин прокладається провід ПВ перерізом жили 1х2,5кв.мм у ПВХ трубах Ø20мм.

Усі контактні з'єднання в системі вирівнювання потенціалів мають відповідати ДСТУ 1034 до контактних з'єднань класу 2.

Всі струмопровідні частини електрообладнання ліфтів підлягають надійному приєднанню до нульового захисного РЕ провідника.

2.7. Пожежна сигналізація

Вмонтовані та прибудовані приміщення оснащені адресною пожежною сигналізацією, що функціонує від приладу системи адресної пожежної сигналізації типу "ОМЕГА".

Прилад підлягає заземленню.

До шлейфів адресної пожежної сигналізації приєднуються:

- адресні теплові сповіщувачі типу ПТМА, що монтуються на стелі приміщень (кімнати персоналу), де виникнення пожежі супроводжується збільшенням температури);

- адресні димові сповіщувачі типу ПДОТА, що встановлюються на стелі приміщень (в коридорах, в приміщеннях з персональними комп'ютерами, в залах, за просторами підвісних стель), де виникнення пожежі супроводжується появою диму.

Сповіщувачі встановлюються на відстані не менше 0,5м від світильників. На шляхах евакуації передбачено встановлення адресних ручних пожежних сповіщувачів типу ІПРА, які розміщуються на висоті 1,5 м від підлоги.

Ділянки поверхні, на яких розміщуються ручні пожежні оповісники, фарбуються в білий колір з червоною облямівкою шириною від 20 до 50 мм.

Мережа пожежної сигналізації прокладається кабелем J-Y-(St)4x2x0,5 мм відкрито по панелях перекриття та стінах, у вінілпластовій трубі на стояку, під пластиковим коробом до ручних сповіщувачів.

Для трансляції сигналу "Тривога" за межі будівлі застосовується сигнальний пристрій типу "Трель".

Відповідно до п.1.1.7 та п.1.6.14 ДБН В.2.5-13-98* проектом передбачена передача об'єкта на пульт пожежного спостереження по телефонній парі, передбаченій розділом "Зв'язок та сигналізація" та по бездротовому каналу зв'язку GSM за допомогою приладу "Лунь-9Р".

У проекті передбачено 10% резерву ємності приймального приладу та сповіщувачів пожежної сигналізації.

У проекті використовується обладнання пожежної сигналізації, що має сертифікати Державного центру сертифікації виробів протипожежного призначення при МВС України.

2.8. Оповіщення про пожежу

Згідно з ДБН В.1.1-7-2021 "Пожежна безпека об'єктів будівництва", в запроектованих вбудованих та прибудованих приміщеннях передбачено систему звукового сповіщення про пожежу.

Тип сповіщення – 2.

Система звукового оповіщення людей про пожежу передбачає автоматичне ввімкнення звукового сповіщення, використовуючи звукові сповіщувачі типу "Трель".

Мережу звукового оповіщення про пожежу буде виконано з використанням безгалогенного електроенергетичного кабелю FLAME-X950,

що має межу вогнестійкості 30 хвилин, із прихованим монтажем та частковим прокладанням у пластиковому коробі.

2.9. Автоматизація

Під час проектування були враховані такі нормативні документи:

- ДБН В.2.5-13-98* "Пожежна автоматика будинків і споруд";
- ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів";
- НПАОП 40.1-1.32-01 "Правила будови електроустановок" (далі - ПБЕ);
- НАПБА 01.001-04 "Правила пожежної безпеки в Україні";
- НАПБ Б.06.004-2005 "Перелік об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації";
- ДНАОП 0.00-1.20-98. "Правила безпеки систем газопостачання України";
- ДБН В.2.2-9-2009 "Громадські будинки та споруди. Основні положення";
- ДСТУ Б А.2.4-3-95 "Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів";
- Технічні вимоги та правила щодо застосування сигналізаторів довибухонебезпечних концентрацій паливних газів і мікроцентрацій чадного газу у повітрі приміщень житлових будинків і громадських будинків та споруд. Затверджені наказом Держбуду України від 21.10.98 р. N237.

Автоматизація адміністративної будівлі охоплює наступні системи:

- автоматизація системи пожежогасіння;
- автоматизація системи протидимного захисту;
- автоматичний контроль довибухонебезпечних концентрацій паливного газу;
- автоматизація управління вузлами систем опалення.

2.9.1. Автоматизація системи пожежогасіння

Цей розділ розроблено на основі завдання сантехнічного сектору.

Розділом передбачено:

- автоматизацію насосної станції пожежогасіння;
- автоматизацію насосної станції підвищення тиску.

Як насосну станцію пожежогасіння розділ ВК використовує станцію комплектної поставки Wilo-Comfort виробництва Wilo. Цей розділ проєкту передбачає додаткове керування насосною станцією у випадку пожежі та додатковий захист від "сухого ходу" за допомогою поплавкових вимикачів та аварійних режимів в електромережі за допомогою реле контролю напруги.

Проєктом передбачено автоматичний запуск насосної станції, дистанційний пуск з передньої панелі шафи автоматики ША та місцевий пуск безпосередньо з приміщення насосної станції.

Автоматичний запуск станції пожежогасіння передбачено від автоматичних сигналізаторів тиску, що встановлені на вузлах керування. За нормальних умов протипожежні трубопроводи до вузлів керування заповнені водою під тиском. У разі виникнення пожежі та її гасіння тиск у протипожежних трубопроводах падає, що призводить до спрацювання сигналізаторів тиску, які видають сигнал про пожежу та формують командний імпульс для увімкнення станції пожежогасіння. У разі відмови робочого насоса передбачено автоматичний запуск резервного пожежного насоса.

Схемою передбачено зупинку пожежних насосів при зниженні рівня в гідропневмобаку та аварії в мережі електроживлення.

Схеми контролю стану клапанів пожежогасіння виконано на базі програмованих багатофункціональних реле EASY фірми Moeller.

Як насосну станцію підвищення тиску розділ ВК використовує станцію комплектної поставки Wilo-Comfort виробництва Wilo. Цим розділом передбачається додатковий захист від "сухого ходу" за допомогою реле

тиску, встановленого на всмоктувальному трубопроводі, та аварійних режимів у мережі електроживлення за допомогою реле контролю напруги.

Як дренажний насос розділ ВК використовує насос Wilo виробництва Wilo , обладнаний поплавковим вимикачем для автоматичної роботи за рівнем в дренажному приямку. Цим розділом передбачається контроль аварійного рівня в дренажному приямку, як показник непрацездатності дренажного насоса.

Розділом передбачається сигналізація нормальної роботи та аварії сантехнічного обладнання об'ємом згідно ДБН В.2.5-13-98* „Пожежна автоматика будинків і споруд”.

Щит автоматики розробляється за цим проектом в обсязі загального вигляду. Таблиця з'єднань і таблиця підключення розробляються за окремим замовленням.

Живлення щита передбачено розділом ЕМ за I категорією надійності згідно ПУЕ.

Мережі автоматики виконуються дротом марки ПВС з мідними жилами.

Прокладання дротів та кабелів здійснюється в захисних сталевих трубах.

Усі металеві неструмопровідні частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, підлягають заземленню шляхом приєднання до нульового захисного (РЕ) дроту мережі.

2.9.2. Автоматизація системи протидимного захисту

Розділ розроблено на підставі технічного завдання сантехнічного відділу.

Розділ передбачає автоматизацію системи димовидалення на основі адресної системи пожежної безпеки "Омега".

Система "Омега" призначена для адресного автоматичного виявлення пожежі за фактором задимлення в службових приміщеннях адміністративної будівлі, відображення на індикаторі приладу управління (ПУ-П) інформації

про місцезнаходження спрацьовуючого сповіщувача, з одночасним ввімкненням засобів протидимної, пожежної автоматики та зовнішньої сигналізації.

Набір приладів, блоків і сповіщувачів, що входять до складу системи "Омега", дає змогу створити гнучку інформаційно-керуючу систему, яка має можливості:

- щодо пожеж:
 - виявлення пожежі за наявності диму або спрацювання ручного сповіщувача з відображенням на індикаторі приладу ПУ-П точного місця виникнення пожежі та видачею звукового сигналу;
 - багаторазова перевірка подій, що виникли;
 - передача інформації на зовнішні пристрої сповіщення, димовидалення, пожежогасіння;
 - передача інформації про виникнення пожежі на ПЦС;
 - ввімкнення/вимкнення зовнішніх пристроїв (вентиляторів димовидалення та підпору повітря в шахтах ліфтів);
 - переведення ліфтів у пожежний режим;
- щодо відмов:
 - виявлення несправностей у шлейфах сигналізації з інформуванням про їх характер;
 - виявлення несправностей сповіщувачів з визначенням місця їх встановлення;
 - контроль цілісності ліній зв'язку приладів управління із зовнішніми пристроями;
- сервісні:
 - повна конфігурація складових частин системи з приладу управління;
 - автоматичний перехід на резервне живлення;
 - програмування сповіщувачів з ПЕОМ;
 - ввімкнення/вимкнення зовнішніх пристроїв;
 - програмування з приладу управління алгоритмів спрацювання реле.

- обслуговування адресованих приладів контролю доступу з підключенням до них датчиків відкриття дверей шаф пожежних кранів.

Запуск системи протидимного захисту (вентсистеми ПП1) забезпечується схемою автоматики при спрацюванні адресних димових сповіщувачів або при ввімкненні ручних сповіщувачів, розташованих біля шаф пожежних кранів і на шляхах евакуації.

Робота схеми димовидалення полягає у відкритті клапанів димовидалення та підпору повітря на тому поверсі, де виникла пожежа, включенні вентиляторів димовидалення і підпору повітря, контролі виконання команд. Щити управління вентиляторами передбачено в розділі ЕЛ.

Щити пожежної автоматики розміщені на всіх поверхах.

Електроживлення системи "Омега" напругою 220В, 50Гц здійснюється від силового щита, передбаченого в розділі ЕЛ.

Монтаж приладів та засобів автоматизації, електричних проводок виконується згідно зі схемами з'єднань та підключення зовнішніх проводок, інструкцій заводів-виробників обладнання, чинних норм та правил.

Електричні проводки систем підпору повітря прокладаються відкрито.

Кабелі шлейфів пожежної сигналізації прокладаються на скобах на відстані не менше 0,1 м від стелі згідно з ДБН В.2.5-13-98*.

Пожежні сповіщувачі розміщуються на відстані не менше 0,5 м від світильників з лампами розжарювання та на відстані не менше 0,6 м від вентиляційних шахт (решіток).

2.9.3. Автоматичний контроль довибухонебезпечних концентрацій паливного газу

Розділ автоматичного контролю завибухонебезпечних концентрацій паливного газу розроблений з огляду на завдання сантехнічного та електротехнічного секторів.

Адміністративна будівля обладнується системою автоматичного контролю довибухонебезпечних концентрацій паливного газу, що

активується за наявності газу у підвалі будівлі, в місцях введення підземних інженерних комунікацій.

Як сигналізатор завибухонебезпечних концентрацій паливного газу використовується прилад ВАРТА 1-03.14, укомплектований датчиками метану, в кількості 5 шт.

Сигналізатор ВАРТА забезпечує безперервний автоматичний контроль довибухонебезпечних концентрацій паливного газу (20% НКМЗ), з подачею попереджувального світлозвукового та звукового сигналу до місць найбільшого скупчення людей.

Світлозвукова сигналізація в підвалі та на фасаді будинку забезпечується сповіщувачами "Ельф-1", 220В, в кількості 7шт., а звукова сигналізація в ліфтовому холі забезпечується сповіщувачем "Сирена" С-04-220, 220В, в кількості 1шт.

Датчики довибухонебезпечних концентрацій паливного газу встановлюються біля потенційних джерел витоків газу, дотримуючись наступних вимог: на відстані не більше 1м по горизонталі та не нижче 0,5м від верхнього горизонтального перекриття підвалу.

Блок керування сигналізатором загазованості монтується поза межами вибухонебезпечної зони, в приміщенні на першому поверсі.

Електричні проводки виконуються проводом з мідними жилами відповідного перетину.

Прокладання проводів у підвалі адміністративної будівлі передбачене в захисних сталевих трубах, в офісних приміщеннях і в залах - у гофрованих трубах за підвісною стелею та в захисних короб-каналах на спусках. Прокладання проводів на 1-му поверсі передбачено в гофрованих трубах за підвісною стелею та в пластикових короб-каналах на спусках і по коридорах.

Живлення схеми здійснюється від електричної мережі напругою 220В (див. розділ ЕЛ).

Всі електричні апарати, в яких використовується напруга 220В, підлягають обов'язковому захисному зануленню, відповідно до вимог ПБЕ та інструкцій заводів-виробників електроапаратів.

На плафонах світлозвукових сповіщувачів передбачено напис "Увага! Всім залишити приміщення! Аварійний витік газу. Викличте службу 04".

Усе обладнання, що передбачено проектом, сертифіковане в Україні і має дозвіл Держнаглядохоронпраці України на його використання.

2.9.4. Автоматизація керування вузлами систем опалення

Розділ передбачає автоматизацію наступного обладнання:

- вузол управління системою опалення;
- вузол управління системою опалення.

Для управління системою опалення заплановано електронний регулятор Smile від фірми Honeywell. Регулятор забезпечує:

- подачу тепла споживачам відповідно до попередньо налаштованого графіка та реалізує погодозалежне теплогенерування;
- автоматичне коригування за температурою зворотного теплоносія;
- управління регулюючим клапаном системи опалення;
- управління насосами систем опалення, формуючи сигнал на вмикання насосів.

Для управління насосами системи опалення передбачається використання ящика керування типу ШУ5000. Ящик управління передбачає автоматичний та ручний режими управління насосами. В автоматичному режимі насоси запускаються за сигналом від регулятора Smile. Вибір робочого/резервного насоса здійснюється вручну з ящика управління.

Для приготування гарячої води для потреб гарячого водопостачання розділом ТМ передбачено використання водонагрівача. Для регулювання температури гарячої води використовується регулюючий клапан з електроприводом. Управління електроприводом та циркуляційним насосом ГВП виконує електронний регулятор Smile від фірми Honeywell. Регулятор забезпечує:

- підтримку заданої температури води на виході водонагрівача;
- управління регулюючим клапаном;
- управління циркуляційним насосом системи ГВП.

Для управління циркуляційним насосом системи ГВП передбачено використання ящика керування типу ШУ5000. Ящик керування передбачає автоматичний та ручний режими управління насосом. В автоматичному режимі насос вмикається за сигналом від регулятора Smile.

Прилади та засоби автоматизації, за винятком датчика температури зовнішнього повітря, встановлюються у приміщенні теплового пункту.

Датчик температури зовнішнього повітря встановлюється з північного боку будівлі на висоті не менше 3-х метрів, у місцях, що виключають пряме сонячне проміння та вплив тепловиділення від стін будинку. Остаточне положення датчика визначається на місці.

Живлення обладнання передбачається в розділі ЕМ.

Прилади та засоби автоматизації, електричне проведення систем автоматизації змонтувати згідно з кресленнями та інструкціями заводів-виробників обладнання.

Розділом передбачено використання проводів і кабелів з мідними жилами.

Прокладання кабелів планується у армованих ПВХ трубах відкритим способом.

Як обладнання для автоматизації вузлів управління системами опалення використовуються одноканальні цифрові регулятори температури РТ-10 від фірми СЕМПАЛ.

Регулятор дозволяє підтримувати температуру в контурі регулювання відповідно до температурного графіка для робочих та вихідних днів, коригувати її значення залежно від температури зовнішнього повітря або обмежувати максимальну температуру теплоносія у зворотному трубопроводі, формуючи відповідну напругу керування виконавчим механізмом.

Регулятор здійснює цілорічне автоматичне регулювання за основним графіком регулювання "час-температура". Додаткові графіки "вихідних днів" та "погодної компенсації" дозволяють задавати довільну температуру регулювання для вихідних днів, враховуючи погодні зміни зовнішнього повітря. Графіки "зворотної води" та "літнього вимкнення" дають змогу обмежувати максимальну температуру зворотного теплоносія та враховувати сезонні зміни зовнішнього повітря.

В якості датчиків температури застосовуються термометри опору з комплектної поставки.

Разом з регулятором поставляється загальноприладовий кабель, який виготовляється відповідно до замовлення. Кінці загальноприладового кабелю для підключення датчиків температури оснащуються відповідними роз'ємами. Датчики температури теплоносія монтуються в трубопроводі через захисні гільзи та монтажні втулки з комплектної поставки у відповідності до замовлення.

Для встановлення регуляторів температури використовуються щити автоматики з комплектної поставки. До складу щитів входять автоматичний вимикач, клемні колодки, трансформатор живлення регулятора та електропривода регулюючого клапана.

Щити автоматики монтуються у приміщеннях вузлів управління. Монтаж щитів автоматики, датчиків температури та кабельних ліній виконати згідно з інструкцією заводу-виробника обладнання. Для захисту від механічних пошкоджень кабельні лінії прокладаються у захисних армованих трубах з ПВХ.

2.10. Енергозбереження

Згідно з нормативними документами з енергозбереження, що діють на території України, в проекті передбачені такі конкретні кроки для заощадження енергії:

- наявність тамбурів при вході в будівлю;

- герметизація інженерних комунікацій та вентиляційних шахт у місцях виходу назовні;
- відповідність опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій нормативним вимогам (див. таблицю 7);
- теплоізоляція теплопроводів;
- встановлення приладів обліку всіх видів енергії;
- використання ліній електроживлення в зовнішніх та внутрішніх мережах з врахуванням мінімальних втрат напруги;
- оснащення нагрівальних приладів в кожному приміщенні терморегуляторами;
- максимальне використання природної вентиляції;
- автоматизація припливних систем;
- ведення обліку електроенергії;
- застосування сучасного енергозберігаючого обладнання;
- встановлення у вузлах управління елеваторів, регуляторів температури та тиску;
- монтаж конденсаторів для компенсації реактивної потужності в системі електропостачання;
- використання енергозберігаючих освітлювальних ламп;
- плавне регулювання рівня освітленості лампами розжарювання;
- автоматичне керування включенням та виключенням зовнішнього освітлення.

Вид огорожувальної конструкції	Складові огорожувальних конструкцій	Товщина, мм	Тепло-провідність, Вт/(м*С ⁰)	Опір теплопередачі, м ² *С ⁰ /Вт	
				Нормативний	По проекту
1	2	3	4	5	6
Зовнішні стіни	Штукатурка з розчину вапняно-піщаного	10	0,870		
	Кладка з блоків ніздрюватих	400	0,270	2,800	3,01

	$\gamma=70\text{кг/м}^3$				
	Плити мінераловатні FASROCK $\gamma=135\text{кг/м}^3$	50	0,045		
	Штукатурка з розчину вапняно-піщаного	10	0,870		
Покриття	Залізобетон	40	1,920	3,30	3,40
	Плити мінераловатні DANROCK $\gamma=175\text{кг/м}^3$	180	0,042		
	Керамзитобетон по ухилу $\gamma=175\text{кг/м}^3$	30 '110	0,520		
	Уніфлекс	30	0,17		
Зовнішні вхідні двері				0,44	0,44
Двері на балкони				0,5	0,5
Вікна				0,60	0,60

2.11. Протипожежні заходи

Цей розділ проекту розроблений згідно:

- вимог Технічних умов управління з питань наглядово-профілактичної діяльності ГУ МНС України;
- Закону України «Про пожежну безпеку»;
- НАПБ А.01.001 – 2004 „Правила пожежної безпеки в Україні”;
- ДБН В.1.1.7 - 2021 „Пожежна безпека об’єктів будівництва”;
- ДСТУ Б.В.2.5-38-08 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».
- ДСТУ Б.В.1.1 – 6 – 2001 „Захист від пожежі. Двері та ворота. Методи випробувань на вогнестійкість”.

Відповідно до чинних правил, норм та рекомендацій проєктом передбачено:

- використання будівельних конструкцій і дверей з нормативною вогнестійкістю, що підтверджується сертифікатами відповідності системи УкрСЕПРО, виданими Державним центром сертифікації виробів протипожежного призначення при МВС України;

- проектування проїздів завширшки 3,5 м навколо будівлі на відстані 8-10 м від будинку для пожежних машин;

- розташування будинку на протипожежній відстані від інших будівель та споруд;

- забезпечення будинку нормативними підходами до місць зовнішніх шляхів евакуації;

- забезпечення доступу пожежників, за допомогою пожежних автодрабин до кожного приміщення;

- зовнішнє пожежогасіння, яке виконується від спроектованих пожежних гідрантів з витратою води 30 л/сек;

- внутрішнє пожежогасіння, що виконується внутрішніми пожежними кранами з витратою води 5 л/сек з розрахунку дії двох струменів по 2.5 л/сек кожен;

- забезпечення під'їзду пожежних машин до пожежних гідрантів;

- виходи на покрівлю через сходові клітини;

- забезпечення на шляхах евакуації нормативних за розмірами проходів, дверей;

- дотримання вимог «Правил безпечної експлуатації ліфтів» під час проектування ліфтового господарства;

- незадимлювана сходові клітина типу Н1;

- спеціальні шахти для димовидалення з примусовою витяжкою та клапанами;

- підпір зовнішнього повітря в шахти ліфта;

- розміщення вентиляційних установок підпору повітря димовидалення в окремих приміщеннях вентиляційних камер, відокремлених протипожежними перегородками 1-го типу та перекриттями 3-го типу;
- виходи з підвалу безпосередньо назовні, в кожному пожежному відсіку окремо;
- вбудовані приміщення за потреби забезпечені двома шляхами евакуації;
- огорожі балконів спроектовані з негорючих матеріалів;
- зазори проходження комунікацій крізь стіни наглухо закладаються азбестоцементним розчином;
- розподіл електроенергії по будинку від мережі із глухо заземленою магістраллю;
- розташування електрощитових в спеціально виділених приміщеннях;
- забезпечення селективності вимикання пошкоджених електроустановок запобіжниками та автоматами;
- установка ПЗВ на розеткових групах;
- використання проводів та кабелів стійких до поширення полум'я, виготовлених з матеріалів, що мають помірну димоутворювальну здатність;
- захист мереж та електрообладнання від перевантаження струму короткого замикання;
- влаштування аварійного, евакуаційного та чергового електроосвітлення;
- розташування вимикачів та розеток на безпечній висоті;
- дотримання норм освітленості;
- використання зниженої напруги для ремонтних робіт;
- заземлення шляхом приєднання до контуру заземлення металевих неструмоведучих частин електрообладнання, які можуть опинитися під напругою через пошкодження ізоляції;
- виконання заземлювального пристрою та блискавкозахисту;
- використання датчиків довибухонебезпечних концентрацій газу;

- забезпечення комплектом основних захисних засобів в електрощитових, згідно з вимогами додатка 5 –“Правила техніки безпеки при експлуатації електричних установок споживачів”;

- застосування електрообладнання та освітлювальної апаратури в нормальному та пожежобезпечному виконанні для приміщень відповідних категорій;

- обладнання приміщень (які цього потребують згідно з ДБН В.2.2-15-2005 та БН В.1.1-7-2002) автоматичними установками пожежної сигналізації, а також системою сповіщення про пожежу та керування евакуацією людей;

- автоматичне вимикання вентсистем під час пожежі;

- автоматичне відкривання поверхових клапанів димовидалення та ввімкнення вентиляторів протидимних установок від двох сповіщувачів пожежної сигналізації, а також дистанційне – від кнопок, що встановлюються на кожному поверсі в шафах пожежних кранів;

- всі приміщення забезпечуються первинними засобами пожежогасіння.

Будівельно-монтажні роботи необхідно виконувати згідно з розробленим генеральною підрядною будівельною організацією –“Проектом виконання робіт”, що має забезпечити охорону праці та пожежну безпеку під час будівництва.

3. Розрахунково-конструктивна частина

3.1. Розрахунок адміністративної будівлі в ПК ЛІРА САПР

3.1.1. Навантаження

Кліматологічні особливості будівельної ділянки визначаються такими характеристиками:

- зона будівництва належить до II В будівельно-кліматичної зони;
- розрахункова температура повітря зовні найхолоднішої доби - 26° С;
- розрахункова температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки - 22° С;
- найбільша середня швидкість вітру за січень - 5,8 м/с;

- вологісна зона - III;
- середня відносна вологість повітря в липні - 49%;
- снігове навантаження - 1550 Па;
- вітрове навантаження - 370 Па;
- глибина сезонного промерзання ґрунту - 108 см.

Розрахунок навантажень здійснено згідно з чинними нормативними документами [1], проєктними рішеннями, та подано в таблиці 3.1. Під час визначення навантажень на елементи перекриття враховано коефіцієнт збігу ψ_{n1} , що використовується при наявності двох і більше перекриттів, та прийнято його значення:

$$\psi_{n1} = 0,4 + \frac{\psi_{A1} - 0,4}{\sqrt{n}} = 0,4 + \frac{0,77 - 0,4}{\sqrt{6}} = 0,15,$$

де n – кількість перекриттів.

У таблиці 3.1 представлено постійні навантаження від конструкції підлог в приміщеннях адміністративної будівлі та короточасні навантаження на перекриття адміністративної споруди.

Таблиця 3.1

Узагальнена таблиця збору навантажень

№ п/п	Найменування навантаження	Норм. знач. g_n , кН/м ²	γ_f	Розрах. знач. g_n , кН/м ²
1.	Постійне на перекриття			
1.1.	Офісні приміщення, ліфтовий хол, балкон, загальний коридор	1.53	-	2.13
1.2.	Покриття (суміщена покрівля)	3.37	-	4.35

2.	Тимчасове на перекриття			
	а) на сходи, коридори (п.12-а, табл.6.2)	3.00	1.2	3.60
	б) на балкони (п.10-а, табл.6.2)	2.00	1.2	2.40
	в) технічні поверхи (п.3, табл.6.2)	2.00	1.2	2.40
	г) офісні приміщення (п.2, табл.6.2)	2.00	1.2	2.40

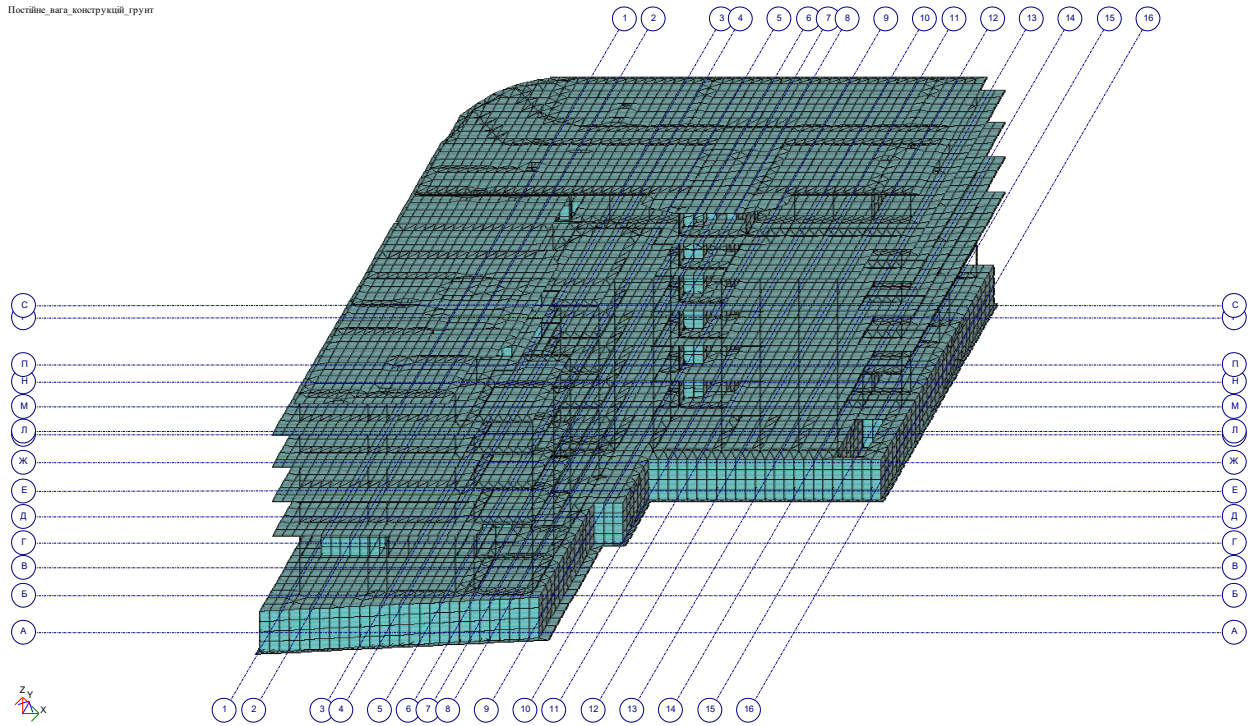
3.1.2. Розрахункова модель будівлі

При побудові розрахункової схеми було прийнято, що всі конструктивні елементи будівельних конструкцій адміністративної будівлі складаються із ідеалізованого матеріалу, із зберіганням головних фізико-механічних характеристик та властивостей. Адміністративна п'ятиповерхова будівля моделювалася за допомогою наступних СЕ:

- монолітна фундаментна плита, плити перекриття та діафрагми жорсткості – скінченними елементами оболонки (тип 42 універсальний трикутний СЕ оболонки та тип 44 універсальний чотирикутний СЕ оболонки);

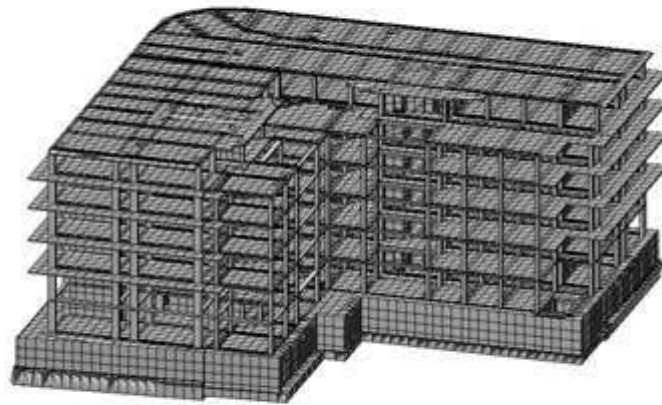
- монолітні залізобетонні колони каркасу та ребра фундаментної плити
- універсальний просторовий стержневий СЕ (тип 10);

- для коректного моделювання граничних умов між фундаментною плитою та ґрунтом основи використовувався спеціальний одно вузловий СЕ

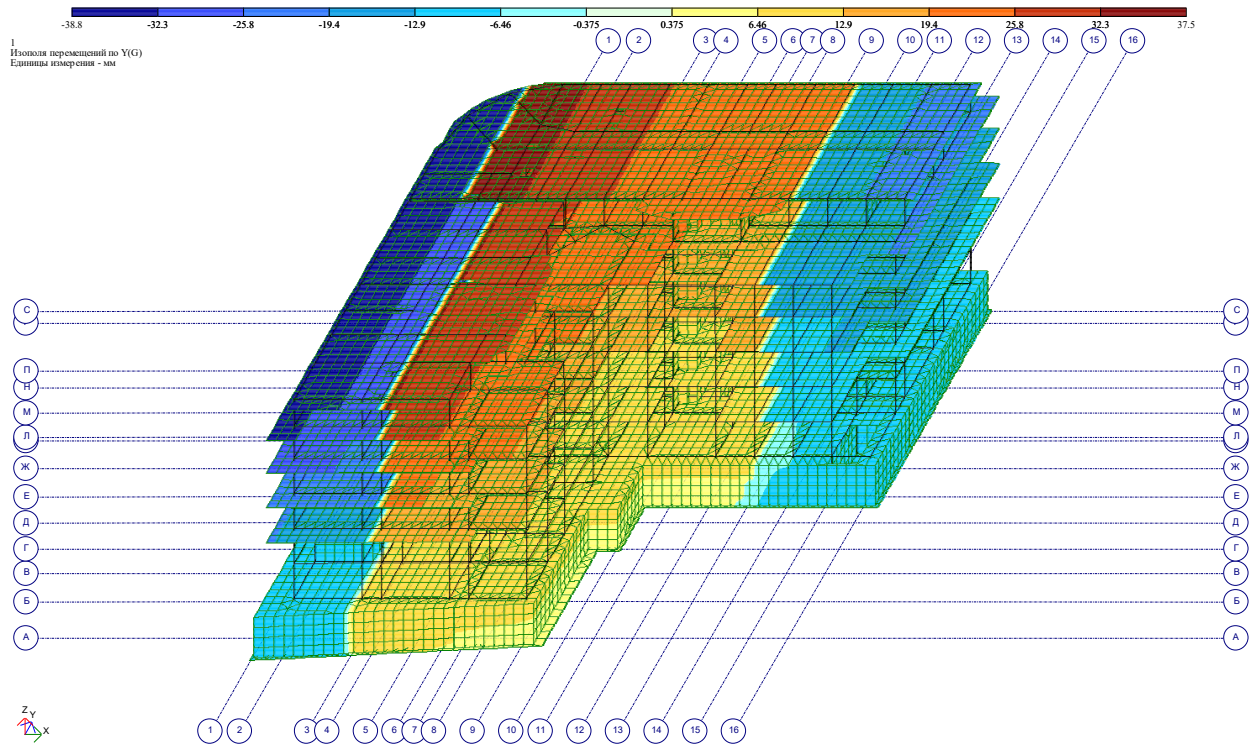
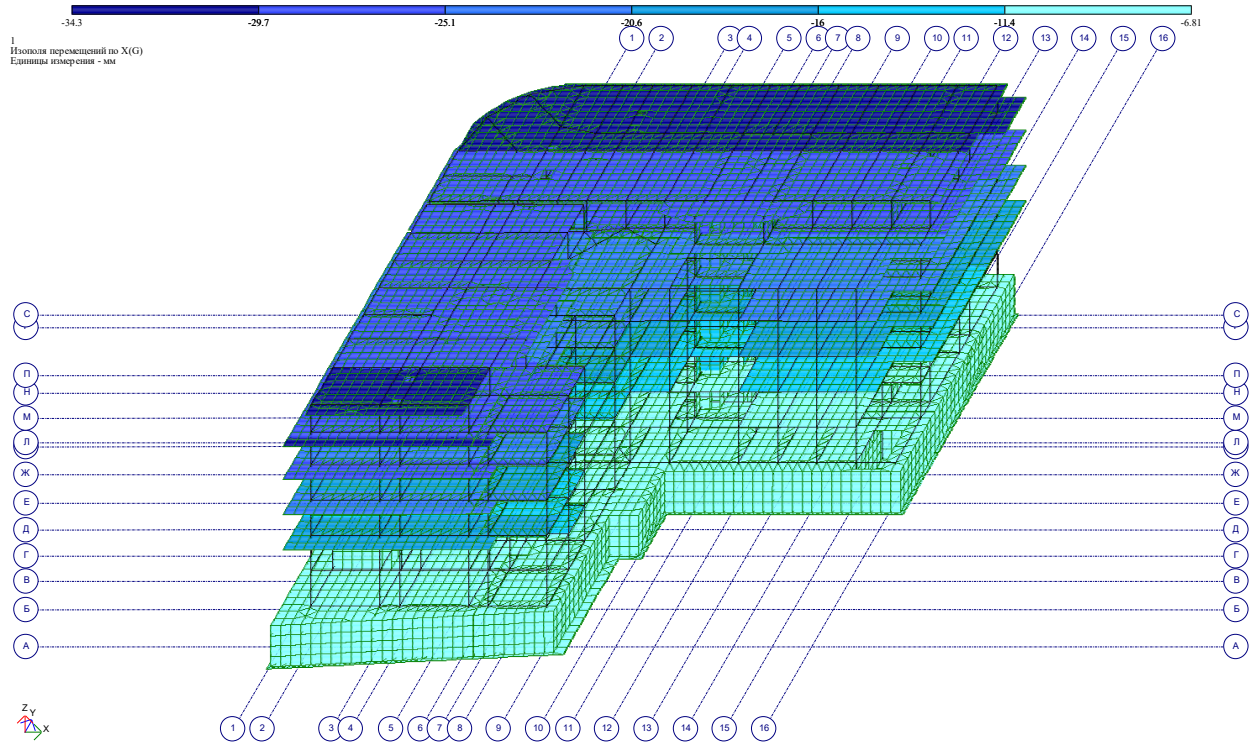


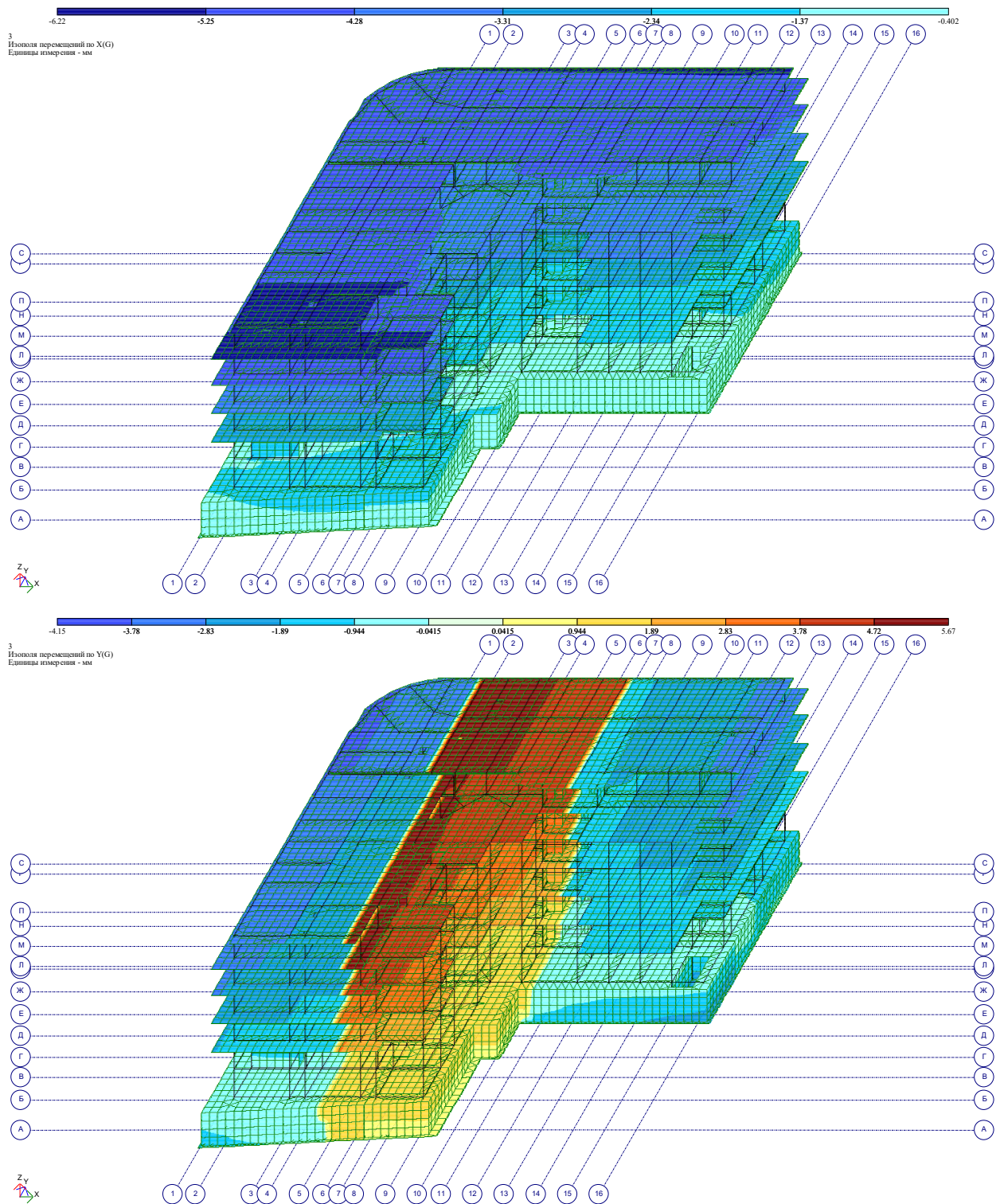
Загальна скінченно-елементна модель містить 23478 вузли та 37975 скінченних елемента.

На рис 3.2 наведено 3D вид адміністративної будівлі.



3.1.3. Оцінка просторової жорсткості адміністративної будівлі

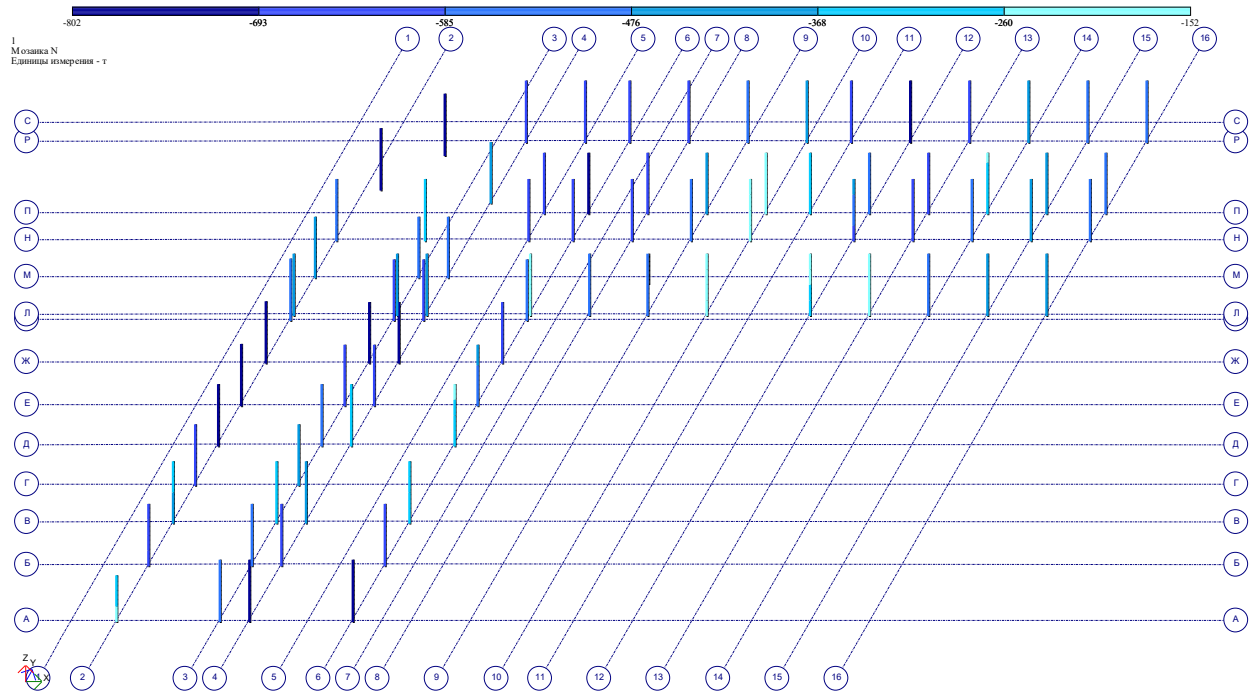




Загальний горизонтальний зсув каркасу при розрахунку навантажень у критичній комбінації, яка включає найбільш шкідливий напрямок вітрового впливу, не перевищує гранично допустимої величини, визначеної будівельними нормами.

3.2. Розрахунок монолітних залізобетонних колон адміністративної

будівлі

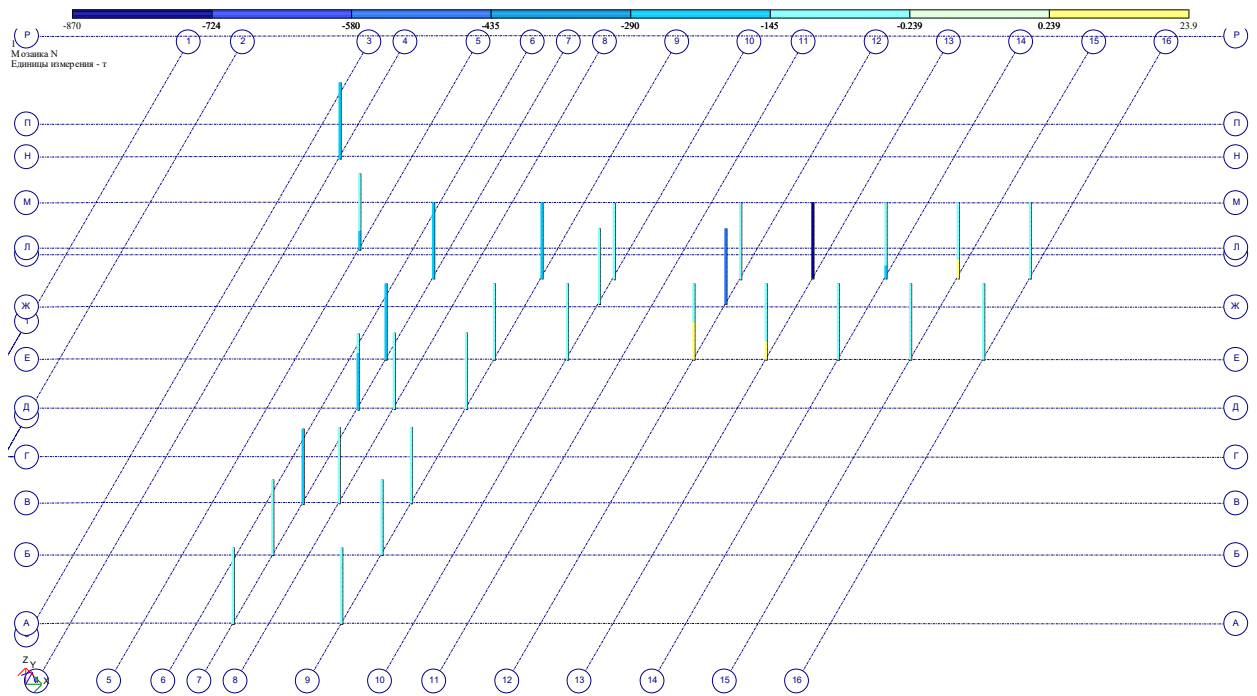


№ елем.	№ пер.	№ стовп.	Група РЗЗ	Критерій	Зусилля			№№ завант.
					N (Т)	My (Т*М)	Qz (Т)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1	1	A	2	-796.011	-10.306	5.966	1 2 3
6	1	2	B	2	-796.168	-10.736	6.082	1 2 3 6 8
6	1	2	B	6	-795.600	-10.400	5.972	1 2 3 6 7
6	1	1	B	8	-796.011	-10.306	5.966	1 2 3
6	2	1	A	2	-792.315	14.751	5.966	1 2 3
6	2	2	B	2	-791.904	14.684	5.972	1 2 3 6 7
6	2	2	B	4	-792.472	14.810	6.082	1 2 3 6 8

Закінчення таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	1	1	A	2	-759.539	1.295	-0.445	1 2 3
46	1	1	B	18	-759.539	1.295	-0.445	1 2 3
59	1	1	A	2	-772.306	1.407	-0.334	1 2 3
59	1	2	B	4	-769.715	1.333	-0.248	1 2 3 6 7
59	1	1	B	18	-772.306	1.407	-0.334	1 2 3
59	2	1	A	2	-768.610	0.005	-0.334	1 2 3
59	2	1	B	2	-768.610	0.005	-0.334	1 2 3
59	2	2	B	8	-762.607	0.549	-0.184	1 2 3 6 8
59	2	2	B	9	-766.019	0.293	-0.248	1 2 3 6 7

97	1	1	A	2	-777.281	2.012	-0.533	1 2 3
97	1	2	B	2	-761.517	2.082	-0.622	1 2 3 6 7
97	1	2	B	4	-773.855	1.884	-0.425	1 2 3 6 7
97	1	2	B	14	-763.827	1.931	-0.656	1 2 3 6 8
97	1	1	B	18	-777.281	2.012	-0.533	1 2 3
97	2	1	A	2	-773.586	-0.228	-0.533	1 2 3
97	2	1	B	2	-773.586	-0.228	-0.533	1 2 3
97	2	2	B	4	-760.131	-0.750	-0.656	1 2 3 6 8
97	2	2	B	8	-767.850	0.315	-0.392	1 2 3 6 8
97	2	2	B	9	-770.159	0.100	-0.425	1 2 3 6 7



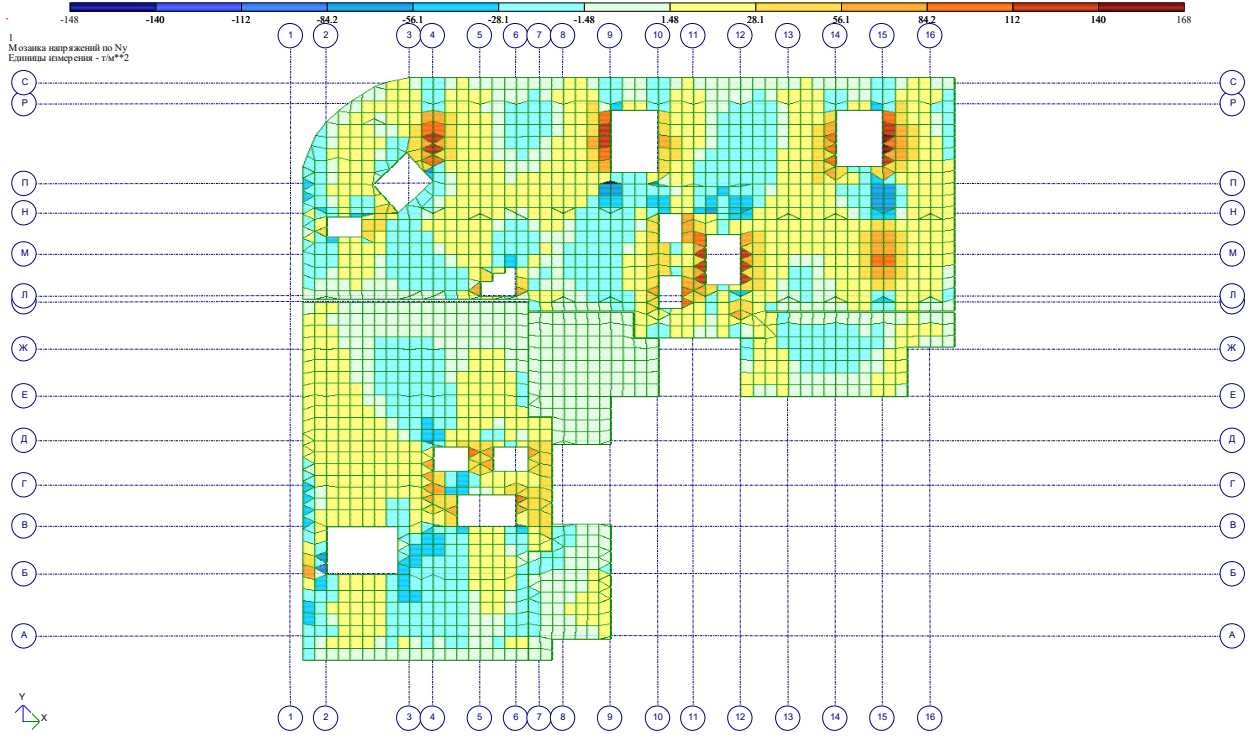
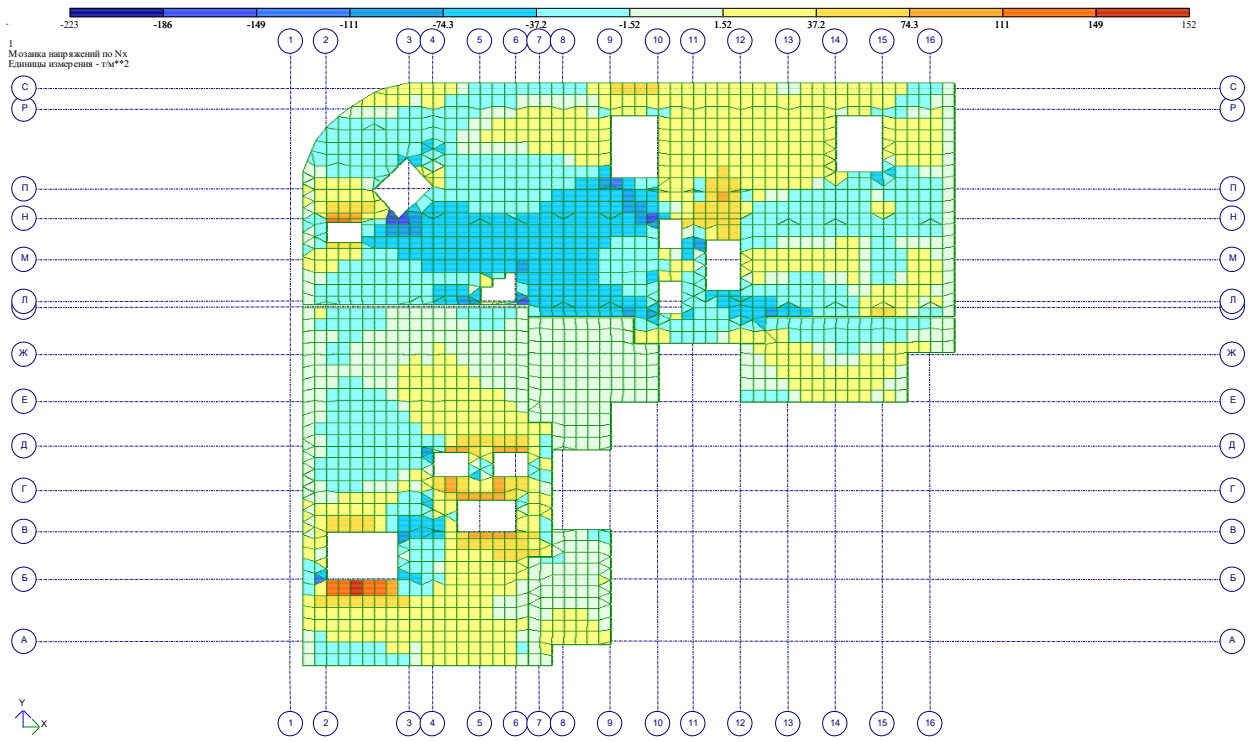
Переріз	Симетрія	Повздовжня арматура, см ²									Поперечн а, см ²	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	ASW1	ASW2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Стержень 6 (Колона 4/А); Прямокутник; В=80; Н=40 см; L=4.20, LY=2.94, LZ=2.94 м												
Бетон В30; Арматура: повздовжня А400С; поперечна А240С												
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	19.09	19.09	5.62	5.62	3.1 2	0.19	
		12.57	12.57	12.57	12.57	19.09	19.09	5.62	5.62	3.1 2		
2	С	12.57	12.57	12.57	12.57	24.95	24.95	2.55	2.55	3.2 9	0.19	
		12.57	12.57	12.57	12.57	24.95	24.95	2.55	2.55	3.2 9		

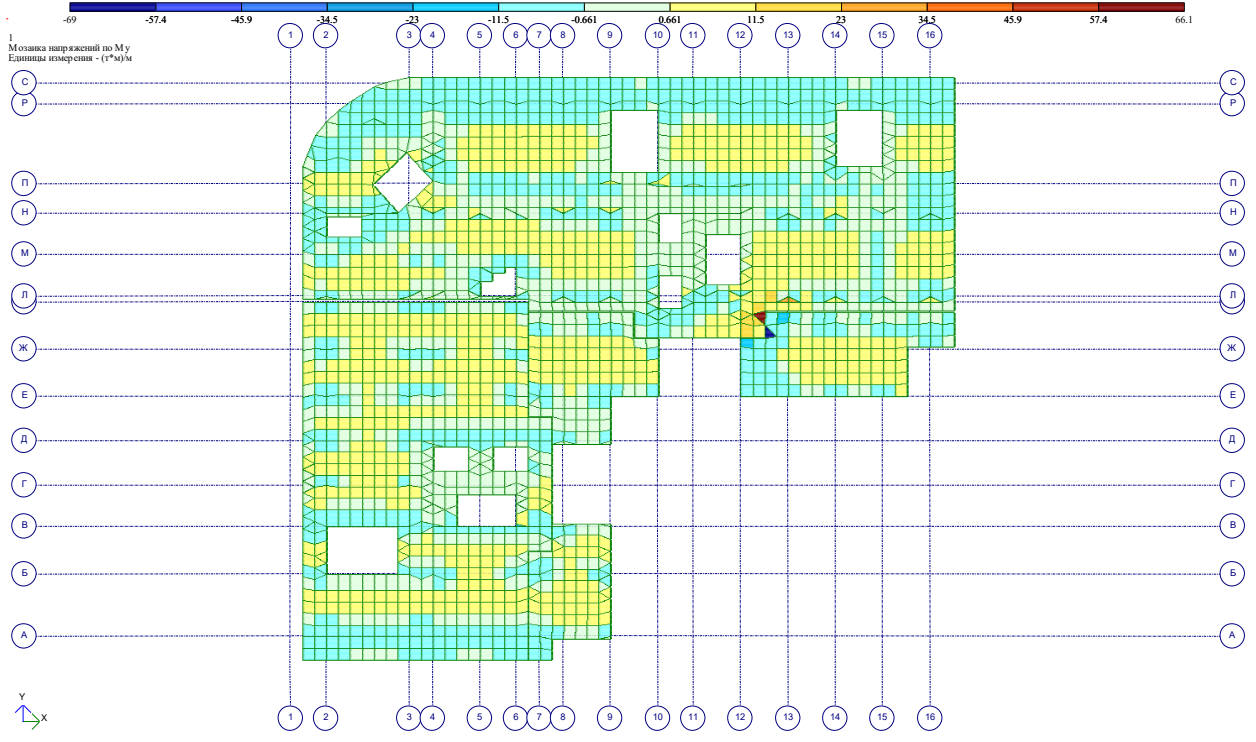
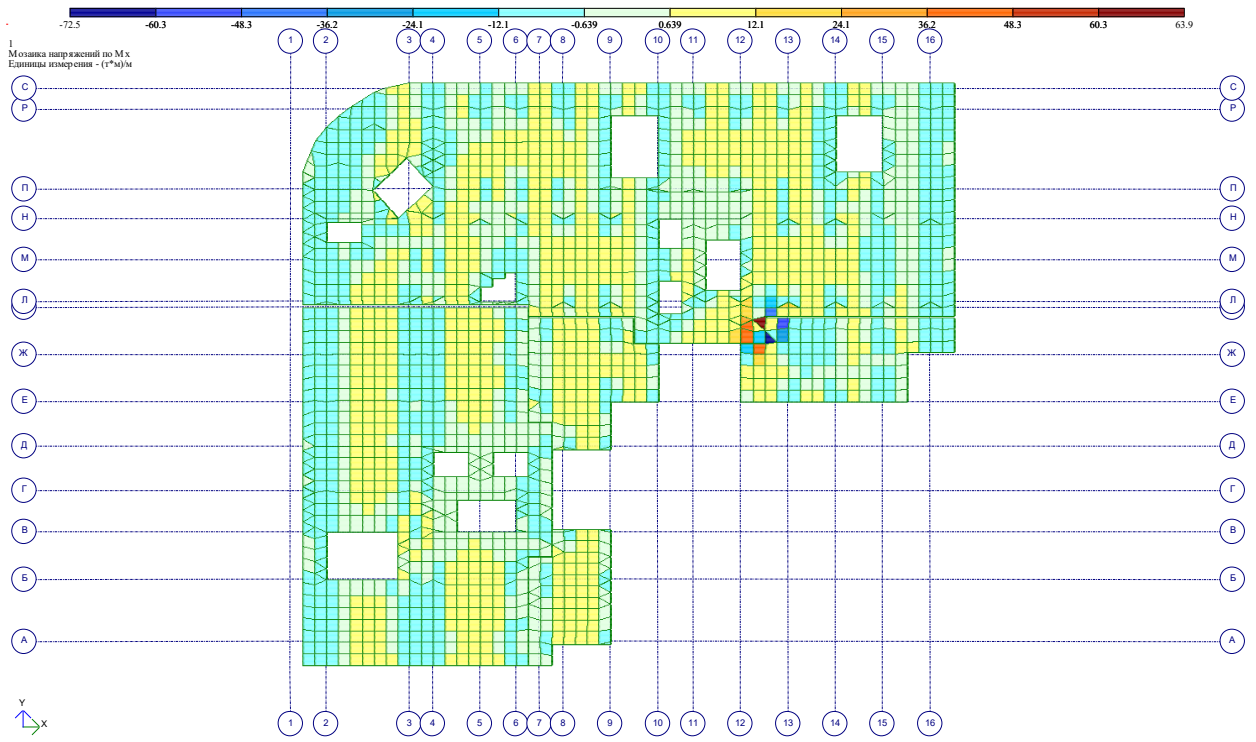
Стержень 46 (Колона 2/Д); Прямокутник; В=80.00; Н=40.00 см; L=4.20, LY=2.94, LZ=2.94 м												
Бетон В30; Арматура: повздовжня А400С; поперечна А240С												
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	14.59	14.59	4.63	4.63	2.7 7		0.0 6
		12.57	12.57	12.57	12.57	14.59	14.59	4.63	4.63	2.7 7		
2	С	12.57	12.57	12.57	12.57	15.12	15.12	3.53	3.53	2.7 4		0.0 6
		12.57	12.57	12.57	12.57	15.12	15.12	3.53	3.53	2.7 4		
Стержень 59 (Колона 2/Е); Прямокутник; В=80.00; Н=40.00 см; L=4.20, LY=2.94, LZ=2.94 м												
Бетон В30; Арматура: повздовжня А400С; поперечна А240С												
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	16.73	16.73	4.5	4.5	2.9		0.0 6
		12.57	12.57	12.57	12.57	16.73	16.73	4.5	4.5	2.9		
2	С	12.57	12.57	12.57	12.57	16.09	16.09	4.46	4.46	2.8 6		0.0 6
		12.57	12.57	12.57	12.57	16.09	16.09	4.46	4.46	2.8 6		
Стержень 97 (Колона 2/Ж); Прямокутник; В=80.00; Н=40.00 см; L=4.20, LY=2.94, LZ=2.94 м												
Бетон В30; Арматура: повздовжня А400С; поперечна А240С												

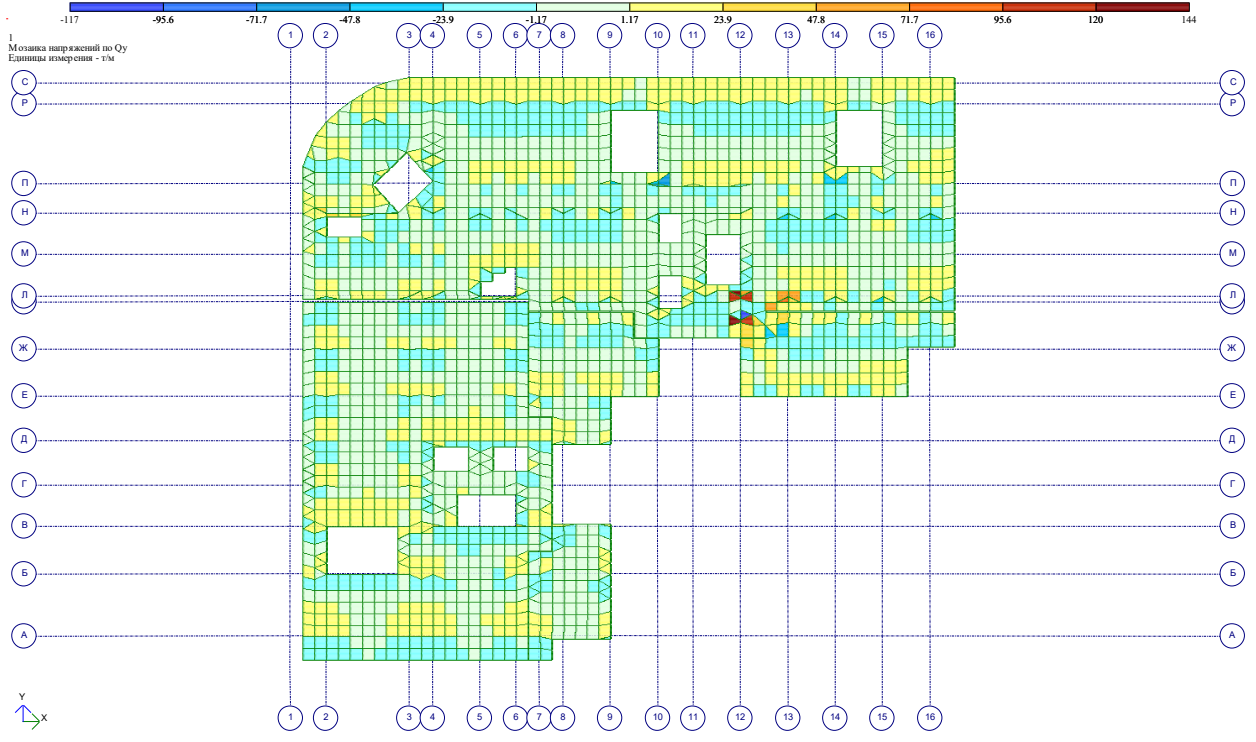
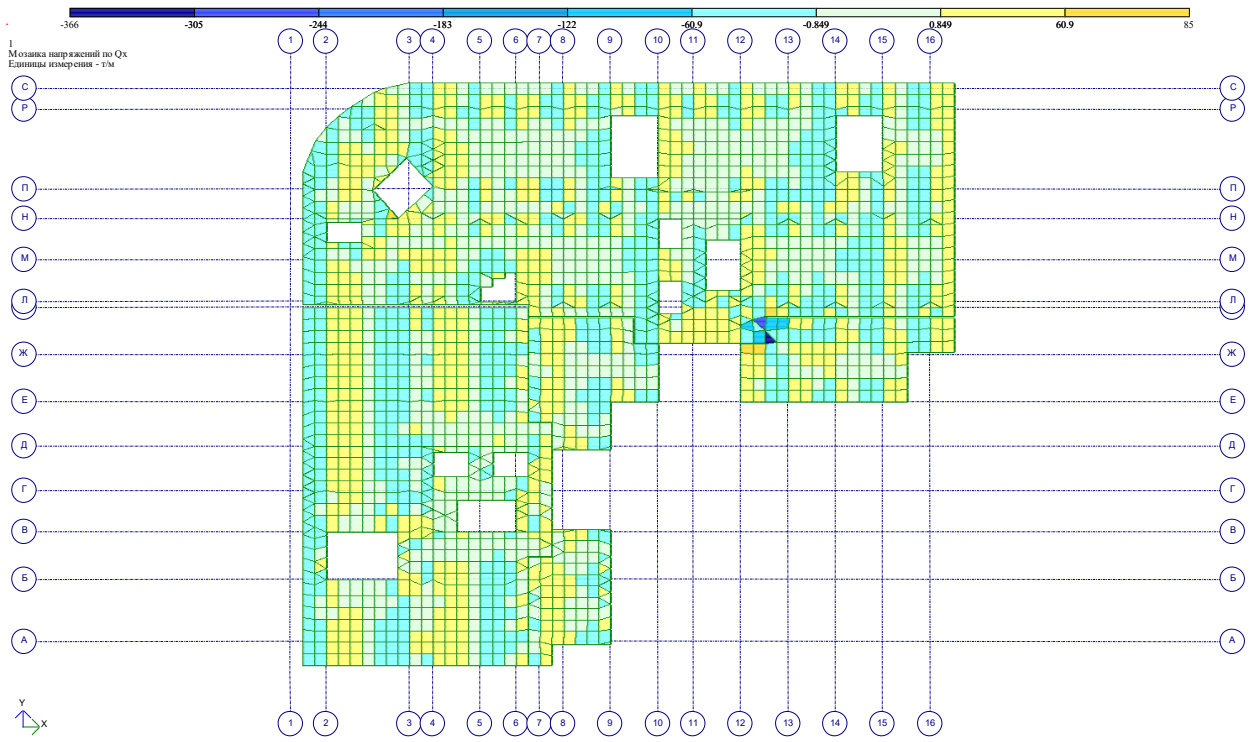
Закінчення таблиці 3.4

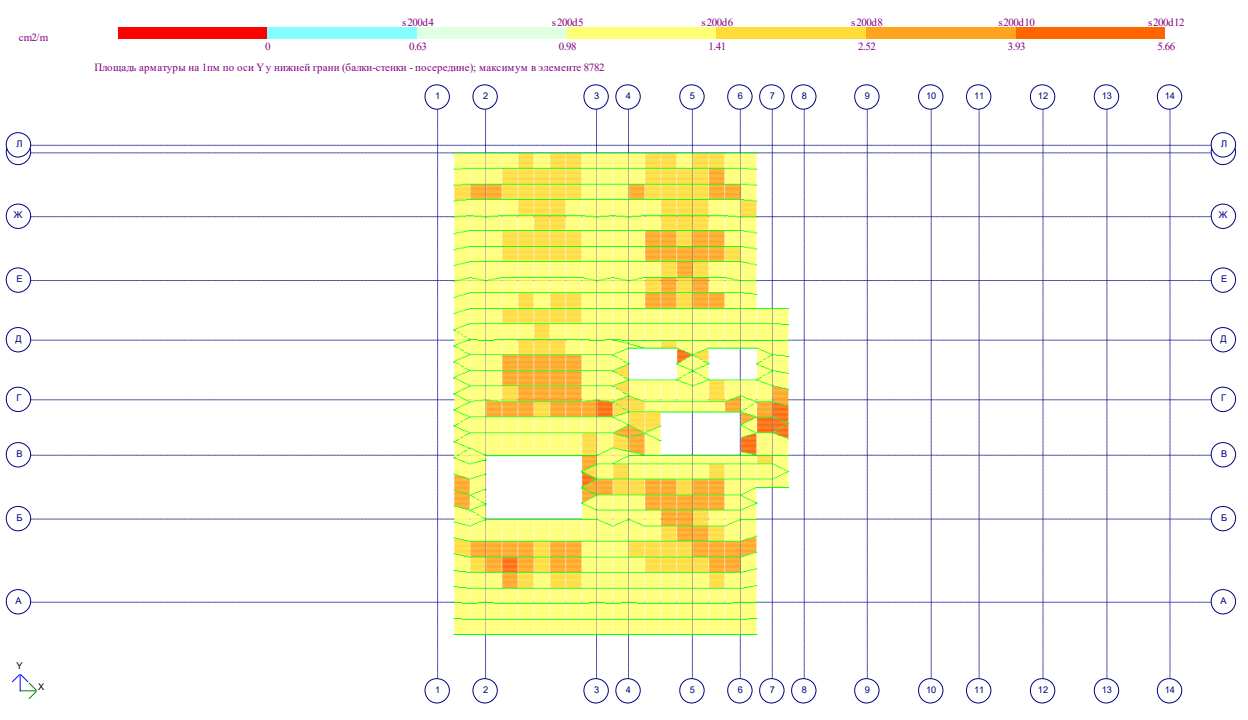
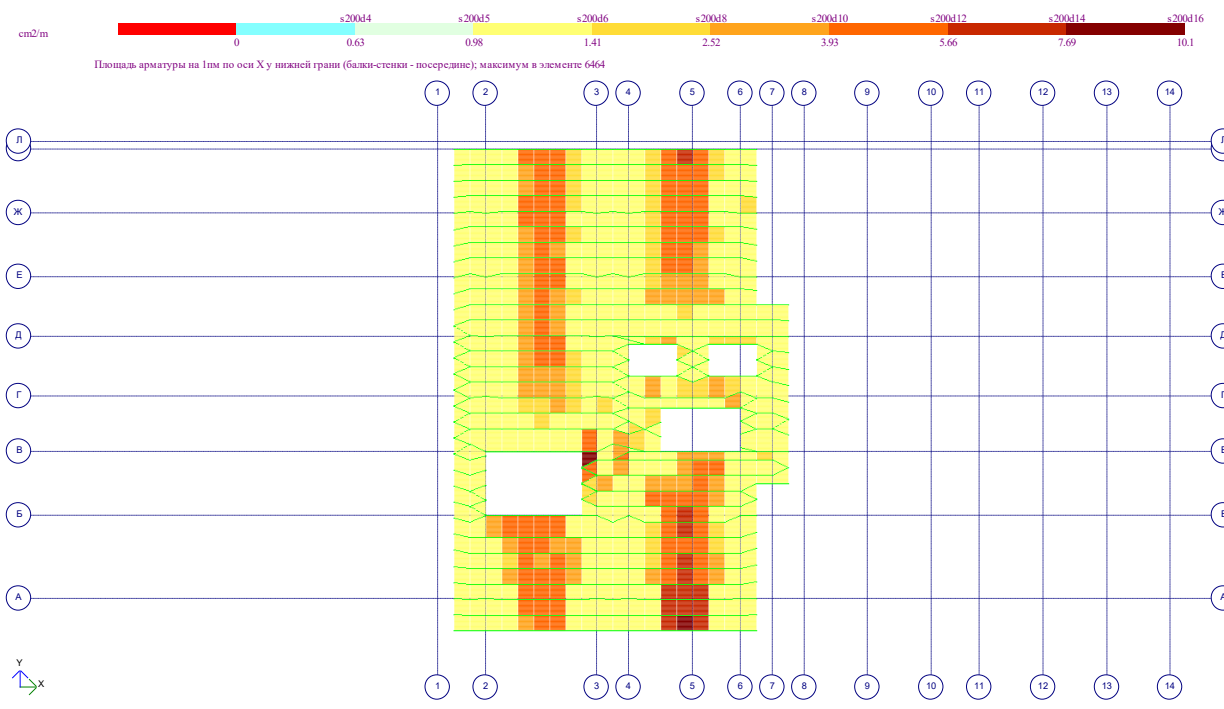
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	17.56	17.56	4.39	4.39	2.9 4		0.1 2
		12.57	12.57	12.57	12.57	17.56	17.56	4.39	4.39	2.9 4		
2	С	12.57	12.57	12.57	12.57	16.9	16.9	4.46	4.46	2.9 1		0.1 2
		12.57	12.57	12.57	12.57	16.9	16.9	4.46	4.46	2.9 1		

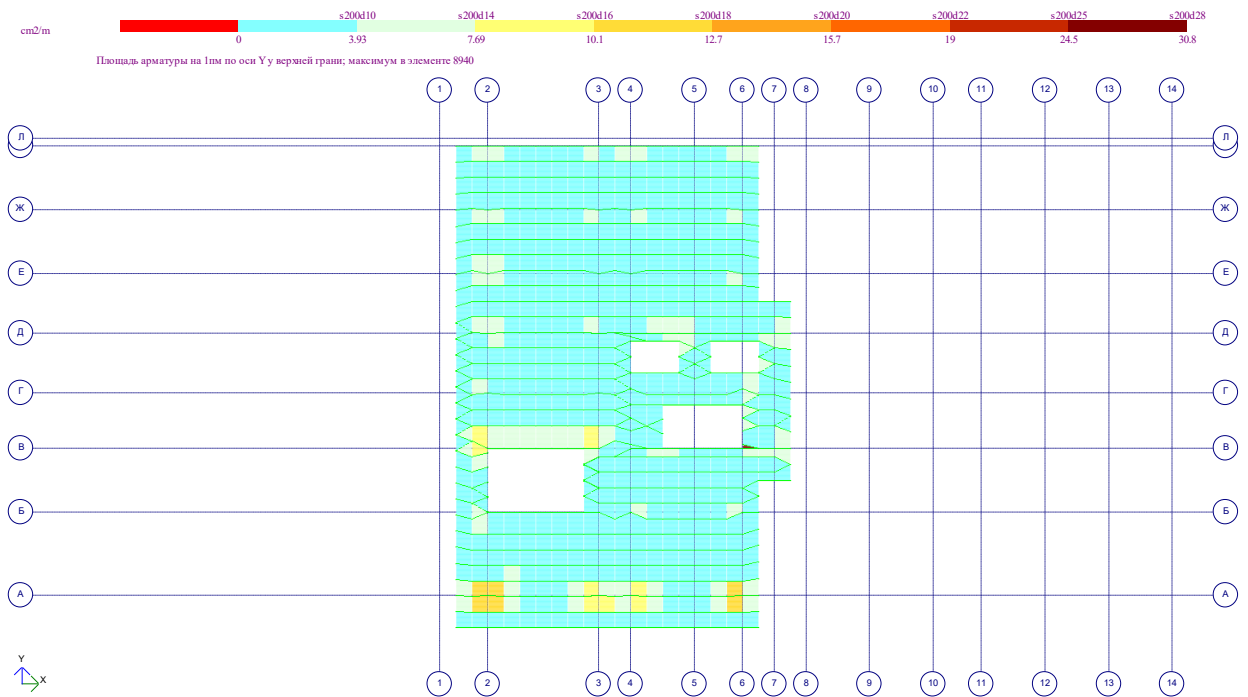
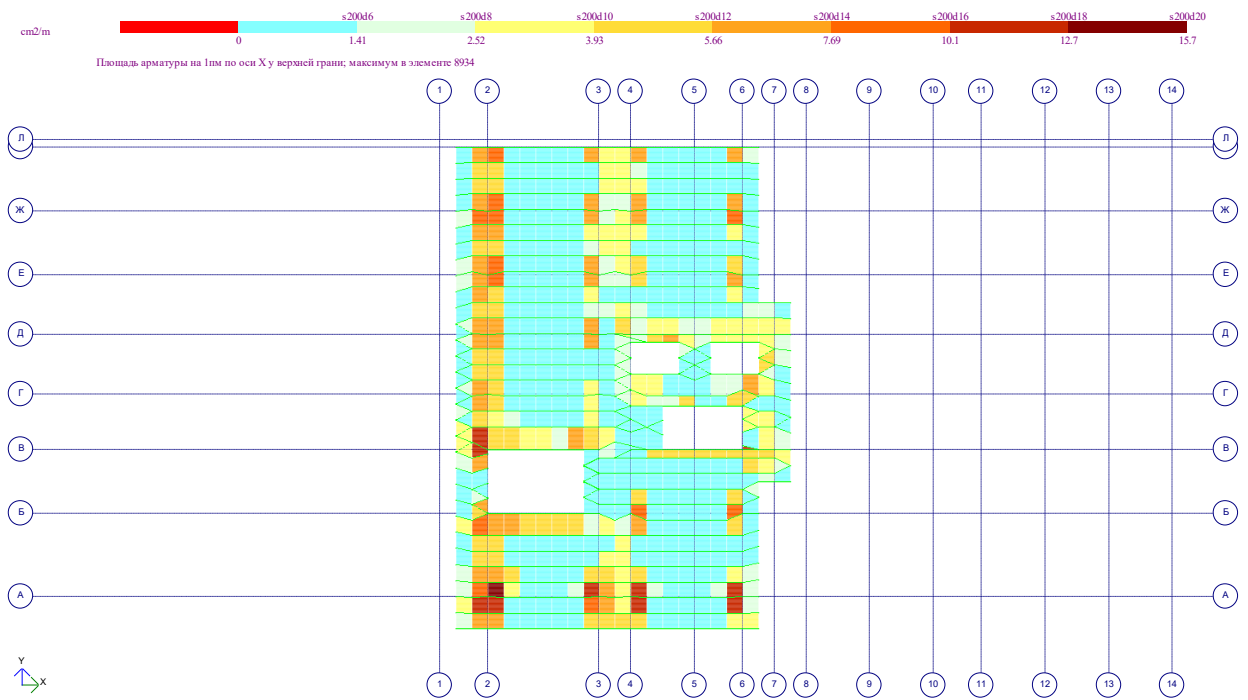
3.3. Розрахунок плити перекриття першого поверху











8. Скінчено-елементний аналіз напружено-деформованого стану залізобетонної монолітної фундаментної плити при температурних впливах

Актуальність

Досить часто у процесі зведення масивних бетонних конструкцій зустрічаємо явище утворення тріщин. Основною причиною появи цих дефектів є нерівномірний розподіл температури у масиві конструкції. Це

здебільшого спричинено тепловиділенням бетону під час екзотермічної реакції між водою та цементом.

Температурний вплив передусім зумовлений добовими та сезонними змінами температури навколишнього середовища, які виникають в процесі експлуатації будівлі або споруди. Зовнішні температурні фактори можуть взаємодіяти з певним (підвищеним) тепловим режимом та іншими зовнішніми чинниками, що характерні для експлуатації об'єкта будівництва. Найбільш сприятливі умови функціонування будівельних об'єктів спостерігаються при стаціонарному температурному впливі, в умовах сталого режиму експлуатації, коли об'єкти тривалий час знаходяться у відносно незмінних температурних умовах.

В науковій роботі детально описано особливості визначення температурних кліматичних впливів на залізобетонні будівлі та споруди під час проведення їх розрахунків. На прикладі фундаментної плити продемонстровано відмінності у напружено-деформованому стані при різних методах завдання температурного навантаження на конструкцію.

Запропоновані технологічні рішення щодо конструктивних заходів з метою нівелювання впливу температурного навантаження на окремі конструкції будівлі (зменшення різниці між температурою докільця та сполучних елементів), наприклад, шляхом кінцевого замонолічування деформаційних швів після зведення всього каркасу та стабілізації температури усіх конструкцій і середовища.

Предмет дослідження – напружено-деформований стан залізобетонної фундаментної плити при дії на неї температурних навантажень у процесі набору міцності.

Метою наукової роботи є розробка методу оцінки термонапруженого стану залізобетонних фундаментних плит на ранній стадії твердіння бетону.

Методи дослідження. Експериментально-теоретичні дослідження із використанням стандартних методик. У ході науково-дослідної діяльності використовувалися основні теоретичні та емпіричні методи наукового

дослідження, такі як аналіз, синтез, порівняння, експеримент тощо. У проведених дослідженнях застосовувалися теоретичний та розрахунково-аналітичні методи реалізовані в ПК «ЛІРА-САПР 2022».

Основні задачі:

1) Вивчити кінетику тепловиділення бетонних конструкцій та її теоретичне обґрунтування.

2) Вивчити існуючі підходи до оцінки термонапруженого стану конструкцій.

3) Розробити алгоритм визначення температурних полів масивного залізобетонного фундаменту.

4) Розробити алгоритм оцінки термонапруженого стану масивного залізобетонного фундаменту на стадії охолодження.

Наукова новизна: виявлено різницю між теоретично обґрунтованими на основі хімічного складу величинами тепловиділення бетону та прийнятими в нормативній документації.

Практична значимість: розроблено алгоритм розрахунку температурних полів залізобетонних фундаментних плит з подальшою оцінкою їх напруженого стану у стадії охолодження.

Особистий внесок. У дисертації подано результати дослідження, отримані автором самостійно. Автору належить:

- постановка завдання дослідження;
- аналіз літературних джерел;
- розробка методик та проведення експериментальних досліджень;
- обробка отриманих результатів та їх узагальнення;
- вироблення практичних рекомендацій.

8.1. Тепловиділення бетонних конструкцій

8.1.1. Тепловиділення бетону

Кінетику виділення тепла в бетоні розбивають на кілька етапів (див. рис.8.1.) [10, 14]:

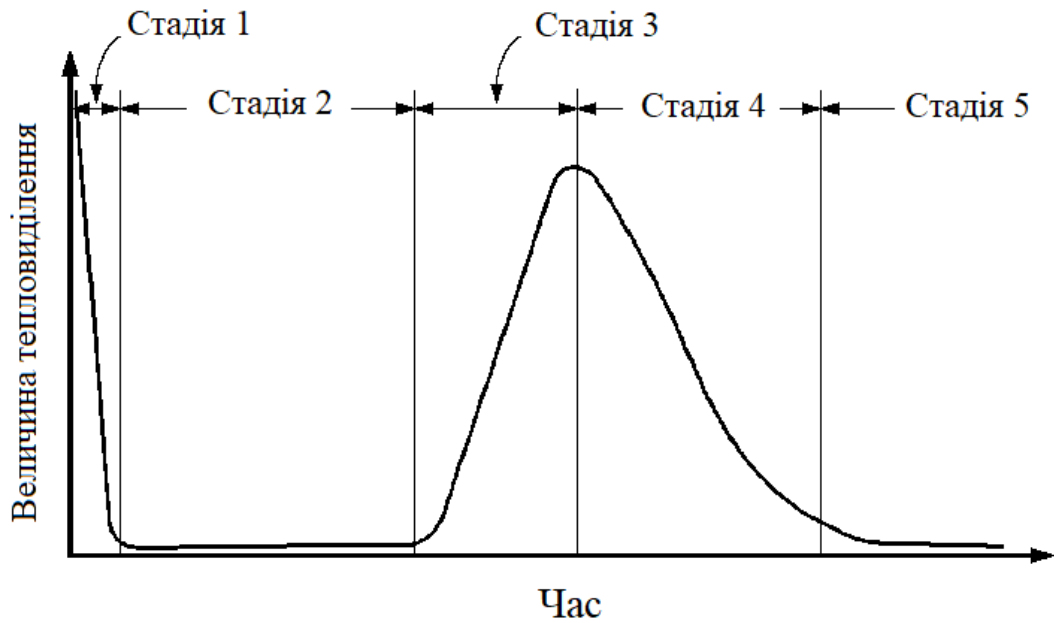
1) Початковий гідроліз. Відбувається в перші 30 хвилин з моменту змішування компонентів, відзначається стрімким підйомом температури суміші на декілька градусів. Швидка реакція спричинена розчиненням іонів у воді та реакцією між трикальцієвим алюмінатом і гіпсом.

2) Період індукції (період спокою). Триває до 4 годин після змішування. У цей час гідратація цементу зупиняється, бетон стає текучим, демонструє найбільшу зручність. Температура суміші майже не змінюється (за відсутності тепловтрат), оскільки виділення тепла мінімальне. Розчинення іонів триває з часом, відповідно, концентрація іонів три- та двокальцієвого силікатів у бетонній системі зростає.

3) Період прискореної гідратації. Після періоду спокою знову активізується гідратація, обумовлена взаємодією три- та двокальцієвих силікатів. Даний період характеризується різким збільшенням інтенсивності тепловиділення та набору міцності, що триває до 12 годин з моменту змішування.

4) Період уповільнення. З плином часу швидкість тепловиділення поступово знижується. Цей етап характеризується повільним зменшенням швидкості виділення тепла та набору міцності, триваючи до 4 діб після змішування.

5) Період повільного набору міцності (фаза дифузійного контролю). Нарешті, гідратація цементу виходить на стабільний рівень, відбувається повільне виділення тепла та набір міцності.



У вітчизняній практиці для опису кривих тепловиділення прийнято залежність І.Д. Запорожця [5]:

$$Q = Q_{max} \cdot \left[1 - (1 + A_t \cdot \tau)^{\frac{1}{m-1}} \right], \text{ кДж (8.1)}$$

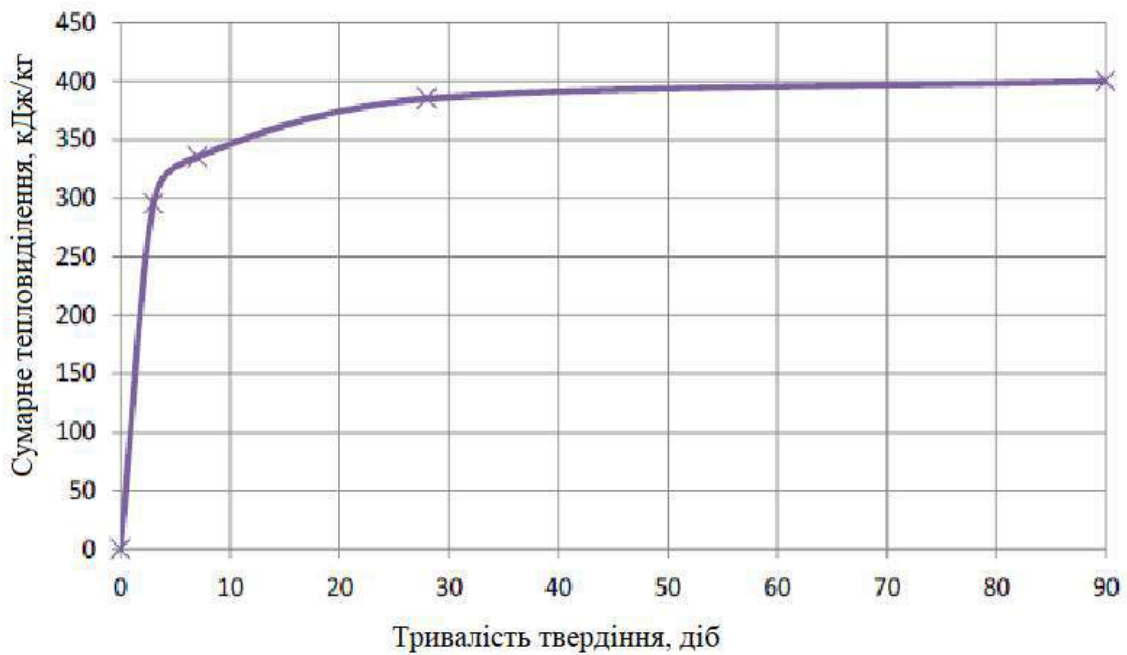
де Q_{max} – повне тепловиділення бетону;

A_t – коефіцієнт, що характеризує швидкість тепловиділення при температурі t ;

m – порядок реакції гідратації;

τ – час, що пройшов з моменту затвердіння.

Рівняння Запорожця слід застосовувати при описі тепловиділення бетону віком понад 3 доби, оскільки на ранніх термінах гідратації є велика похибка. Вид кривої, одержуваної за рівнянням І.Д. Запорожця наведено на рис. 1.2.



Основні чинники, що впливають на тепловиділення бетону [10]:

1) Питома кількість цементу в одиниці об'єму бетонної суміші. Збільшення кількості цементу спричиняє зростання тепловиділення бетонної суміші, оскільки саме він є ключовим джерелом виділення тепла у бетонах.

2) Тип цементу. Тепловиділення безпосередньо залежить від хімічного та мінералогічного складу цементу (наприклад, шлакопортландцемент має приблизно на 15% менше виділення тепла).

3) Початкова температура бетонної суміші. Процес гідrataції підпорядковується температурі бетонної суміші, отже, контролюючи початкову температуру, можливо управляти інтенсивністю подальшого тепловиділення.

4) Ступінь подрібнення. Швидкість перебігу гідrataції прямо пропорційна ступеню помелу цементу, оскільки збільшується його питома площа поверхні.

5) Водоцементне відношення. Залежно від температурного режиму суміші, водоцементне відношення по-різному впливає на швидкість тепловиділення. Так, за низьких температур (20-40 градусів Цельсія) високе

в/ц співвідношення збільшує швидкість тепловиділення, а за високих температур (60-90 градусів Цельсія) спостерігається зворотна залежність.

б) Використання прискорювачів або сповільнювачів твердіння. Наявність добавок відповідним чином коригує швидкість тепловиділення. Чим довше триватиме набір проектної міцності бетоном, тим кращим буде температурний режим конструкції.

8.1.2. Залежність тепловиділення цементу від мінералогічного складу

В таблиці 8.1 наведений приблизний мінералогічний склад звичайного портландцементу.

Таблиця 8.1

Приблизний мінералогічний склад звичайного портландцементу

Хімічне найменування	Хімічна формула	Скорочений запис хімічної формули	Приблизний зміст по масі, %
Трикальцієвий силікат (аліт)	$3CaO \cdot Si \cdot O_2$	C_3S	55
Двокальцієвий силікат (біліт)	$2CaO \cdot Si \cdot O_2$	C_2S	18
Трикальцієвий алюмінат	$2CaO \cdot Al_2 \cdot O_3$	C_3A	10
Чотирикальцієвий алюмоферит	$4CaO \cdot Al_2 \cdot O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	8
Дигідрат сульфату кальцію (гіпс)	$Ca SO_4 \cdot 2H_2O$	$\bar{C}SH_2$	6
Всього			97

Трикальцій силікат (аліт) - спочатку реагує з водою надзвичайно жваво, стрімко твердіє та набуває високої міцності. Протягом перших 3 діб виділення тепла сягає 2/3 від загального обсягу тепловиділення під час повної гідратації.

Двокальцій силікат (беліт) - менш активний, аніж аліт. Загальне тепловиділення вдвічі менше, аніж у аліту, і за перші 3 доби складає тільки 10% від повної величини.

Трикальцій алюмінат - найактивніший з клінкерних мінералів, миттєво взаємодіє з водою. Тепловиділення при повній гідратації вдвічі більше, ніж у аліту, а за 3 доби виділяється близько 80% від загального обсягу тепла.

Чотирьохкальцій алюмоферит - за своєю реакційною здатністю розташовується між алітом і белітом.

Питома тепловиділення розраховується за формулою 8.2 (частка мінералів вказується у відсотках), використувані у ній коефіцієнти наведено у таблиці 8.2.

$$q = a \cdot C_3S + b \cdot C_2S + c \cdot C_3A + d \cdot C_4AF, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (8.2)$$

Таблиця 8.2

Коефіцієнти тепловиділення мінералів цементу

Тривалість твердіння, діб	Доля мінералів в тепловиділенні, кДж/кг·%			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
3	3,89	0,67	6,35	-0,50
7	4,58	0,97	8,66	-1,73
28	4,78	0,64	9,63	0,59
90	4,95	0,97	10,29	1,39
180	5,11	1,86	10,29	1,60
360	5,31	2,23	10,57	1,68

Нижче подана таблиця тепловиділення бетону на 1 кг цементу у віці 3, 7, 28 та 90 діб, що стосується портландцементу марок 300...500 та шлакопортландцементу марок 300...400.

Зіставимо нормативні показники з розрахунковими значеннями тепловиділення для портландцементу марки М500 (мінеральний склад представлено у таблиці 8.3.). Результати порівняння наведено у таблиці 8.4.

Результати розрахунку тепловиділення портландцементу марки М500

Тривалість твердіння, діб	Розрахункове теповиділення, кДж	Нормативні дані
3	275	295
7	320	335
28	363	385
90	393	400

Як видно з прикладу, дані, наведені в нормах [2], є трохи завищеними, порівняно з обчисленими за реальним мінералогічним складом, і підуть у запас оцінки тепловиділення та тріщиностійкості конструкції.

8.1.3. Температурний режим залізобетонних фундаментних плит

Існують різні типи перебігу реакції гідrataції цементу:

1) Ізотермічний – підтримується стала температура в конструкції, при цьому тепловий потік через зовнішні границі рівнозначний внутрішньому виділенню теплової енергії.

2) Адіабатичний – відсутність теплообміну через зовнішні межі, уся вивільнена енергія йде на зміну температури бетону.

3) Напівадіабатичний – частина теплової енергії, що виділяється, переходить у тепловий потік через зовнішні межі, інша частина використовується для зміни температури бетону всередині конструкції.

Ізотермічний режим практично недосяжний в реальних умовах, оскільки збалансувати тепловий потік і виділення тепла нереально, враховуючи нестабільність процесу виділення тепла з часом.

Адіабатичний режим реалізується не повністю, через неможливість досягти абсолютної ізоляції конструкції від теплообміну. Розрахунок за цим режимом дозволяє приблизно визначити максимальну можливу температуру конструкції.

Напівадіабатичний режим - найточніше описує процес екзотермічної реакції гідrataції цементу з практичного погляду, оскільки всі конструкції передбачають втрату тепла через зовнішні межі. Чисельне моделювання та дослідження реальних конструкцій показали, що на відстані від країв

елемента, що дорівнює подвійній товщині конструкції, можна не враховувати горизонтальну тепловіддачу. На цих ділянках тепловіддача відбувається переважно через нижню грань у ґрунт та через верхню грань в навколишнє середовище.

8.1.4. Утворення температурних тріщин у масивних залізобетонних конструкціях

Основною причиною виникнення температурних тріщин є нерівномірний розподіл температур у масиві споруди. Оскільки фундаментні плити зазвичай захищені від високих температур, їх термічне розтріскування на ранніх стадіях здебільшого виникає через виділення тепла бетоном в процесі екзотермічної реакції між водою та цементом. Різниця температур змушує холоднішу частину масиву стискатися сильніше, ніж теплішу, що веде до появи розтягувальних напружень [14].

Існує три типи нерівномірного розподілу температур:

1) Між центром елемента та його верхньою гранню. Це відбувається через тепловіддачу у навколишнє середовище через верхню грань елемента. Інтенсивність зростає за низьких температур повітря.

2) Між центром елемента та нижньою гранню. Виникає контакт нижньої грані елемента з ґрунтом. Ґрунт має низьку температуру та високу теплоємність, він поглинає значну кількість тепла на перших етапах твердіння та віддає накопичену енергію на подальших етапах. Таким чином, він може переохолодити нижню грань на початкових етапах, коли центр елемента є найгарячішою частиною, і навіть перегріти її на кінцевих етапах, коли виділення тепла незначне, а температура центру елемента невисока.

3) Між центром і бічними гранями. Відбувається через контакт бокової поверхні масиву з навколишнім середовищем. Аналогічно до першого пункту, інтенсивність зростає при від'ємних температурах.

Термічні тріщини, спричинені надмірним температурним перепадом у монолітному бетоні, проявляються у вигляді випадкового розтріскування на

поверхні елемента. Шахове або сітчасте розтріскування внаслідок термічного впливу зазвичай виникає протягом кількох днів після зняття опалубки [14].

Ключем до зменшення термічного розтріскування є встановлення факторів, що можуть його спровокувати, та вжиття заходів для їх мінімізації.

Загальноновизнані способи зниження перепаду температури в масивних залізобетонних конструкціях [14]:

1) Коригування складу бетонної суміші – зменшення теплоти гідратації шляхом оптимізації в'язучих матеріалів, шляхом використання золи-винесення або шлаку, а також застосування хімічних добавок, які уповільнюють схоплювання бетону. Згідно з результатами досліджень [15], при включенні 65% шлакоцементу в склад суміші, пікова температура конструкції зменшилась на 10,5 градусів Цельсія, а при використанні 80% шлакоцементу – на 23 градуси Цельсія.

2) Контроль температури бетонної маси.

а) Встановлення вимог до температури бетону на момент поставки на будівельний майданчик.

б) Теплоізоляція, шляхом утеплення граней масиву.

с) Використання охолоджуючих труб.

3) Попередня підготовка – температурний перепад між центром елемента та його нижньою гранню можна зменшити шляхом попереднього прогрівання основи або прогрівання нижніх шарів конструкції до укладання основних шарів бетонного масиву.

8.5. Існуючі методи оцінки температурної тріщиностійкості конструкцій

У вітчизняній практиці застосовують три методи оцінки температурної тріщиностійкості:

1) Метод Л.П. Трапезнікова.

2) Метод П.І. Васильєва.

3) Метод оцінки, що ґрунтується на температурному перепаді.

За Трапезниковим, руйнування матеріалу складається з наступних стадій:

- 1) Утворення зони передруйнування.
- 2) Підростання зони передруйнування до граничного розміру.
- 3) Утворення макротріщини.
- 4) Зростання макротріщини.

Розтягуючі напруги на відповідній різниці повних і вимушених деформацій утворюють зони передруйнування:

$$A(t) < \frac{[\gamma_{b6} \cdot \psi(t) \cdot R_{btn}]^2}{2 \cdot E(t)} \quad (8.3)$$

де $A(t)$ – робота напружень розтягу, нормальних площині тріщини;

R_{btn} – нормативний опір бетону на осьовий стиск;

γ_{b6} – коефіцієнт умов роботи, що дорівнює 1,15 для масивних конструкцій.

У випадку плоско деформованого стану значення роботи $A(t)$ можна знайти за формулою:

$$A(t) = \int_{t_0}^t \sigma^{+(\tau)} \cdot \frac{\partial[\varepsilon(\tau) - \alpha(1+\nu)T(\tau)]}{\partial \tau} \quad (8.4)$$

де t_0 – час схоплювання бетону;

$T(\tau)$ – температура бетону в момент часу τ ;

$\varepsilon(\tau)$ – деформації бетону, що визначаються з урахуванням змінних в часі модуля пружності та повзучості бетону;

$\sigma^{+(\tau)}$ – розтягуючі напруження в бетоні, що визначаються з урахуванням змінних в часі модуля пружності та повзучості бетону.

Підхід Васильєва застосовується для техніко-економічних обґрунтувань споруд I та II класу, а також для споруд III та IV класу у всіх випадках. По ньому тріщини утворюються за перевищення граничного значення деформації. Даний метод подається у вигляді формули:

$$\varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl} < \varepsilon_{lim} \quad (8.5)$$

де ε_{el} – пружна частина деформації;

ε_{pl} – пластична частина деформації;

ε_{lim} – граничне значення деформації.

Або за формулою, приведеною в [10]:

$$\sigma(t) < \gamma_{b3} \cdot \gamma_{b6} \cdot \varepsilon_{lim} \cdot \varphi(t) \cdot E(t) \quad (8.6)$$

де $\varphi(t)$ – коефіцієнт, що враховує залежність ε_{lim} від віку бетону.

Метод, заснований на температурному перепаді, є найпростішим для застосування на будівельному майданчику, т.к. температуру бетону дуже легко можна виміряти в різних точках і зіставити значення, також можна скоригувати процес виконання робіт для зменшення ймовірності утворення тріщин.

Максимальні допустимі перепади температур визначаються спостереженням реальних конструкцій.

Даний метод обґрунтований практично, але не враховує форми споруди, умови бетонування та твердіння, що призводить до великої похибки результатів. Також цей метод є досить умовним, оскільки поняття «центр блоку» можна трактувати як геометричний центр конструкції, і як зону з максимальною температурою, що не завжди збігається. Така сама проблема з «боковою гранню», оскільки на практиці спостерігаються значні перепади температури між центром грані та її кутами, особливо за відсутності утеплення. Максимально допустимі перепади температур для блоків різної висоти та класу бетону наведені у таблиці 8.5.

Таблиця 8.5

Максимально допустимі перепади температур для блоків висотою 1-3 м за даними Трапезнікова Л.П.

Клас бетону	Довжина блоку, м	ΔT_1 (центр-бічна поверхня), °С	ΔT_2 (центр-горизонтальна поверхня), °С
В10	10	25	12
	15	24	11
	20	23	11
	25	22	10
	30	21	10
	10	26	14
	15	25	13

B15	20	24	13
	25	23	12
	30	22	12
B20	10	27	16
	15	26	16
	20	25	16
	25	24	14
	30	23	14
B25	10	28	18
	15	27	17
	20	26	17
	25	25	16
	30	24	16

Проаналізувавши дані з розділу 8.1, можна узагальнити наступне:

1) Тепловиділення цементу – це безперервний та багатофазний процес, розподілений у часі. Це ускладнює обчислення температурних полів та характеризує процес як нестационарний.

2) На інтенсивність тепловиділення бетону впливають такі фактори: склад та об'єм цементу, температура бетонної суміші на початку, ступінь тонкості помелу цементу, співвідношення води та цементу, а також присутність в суміші речовин, що прискорюють або гальмують твердіння. Хоча нормативні документи [10] містять дані щодо тепловиділення бетону, вони часто завищені та мають обмежений діапазон марок цементу.

3) Гідратація цементу в умовах будівельного майданчика проходить у напівадіабатичному режимі.

4) В Україні для оцінки температурної тріщиностійкості бетону використовують три основні методики, які відрізняються рівнем складності розрахунків, точністю одержаних результатів та частотою їх застосування на практиці.

8.2. Оцінка деяких методик для розрахунку температурних напружень при бетонуванні масивних залізобетонних фундаментних плит

8.2.1. Моделювання температурного режиму та напружено-деформованого стану в ранній період зведення масивних монолітних залізобетонних конструкцій

Бетонування потужних монолітних залізобетонних конструкцій пов'язане з ризиком передчасного виникнення тріщин, зумовлених температурними та усадковими деформаціями, особливо для бетонів високих класів, через що актуальним завданням є регулювання температурного режиму витримування бетону [2]. "У масивних монолітних конструкціях ... заходи щодо зменшення впливу температурно-вологісних полів напруг" вказують, що "в бетоні в процесі твердіння потрібно підтримувати розрахунковий температурно-вологість режим". У [10] зазначається, що "швидкість остигання бетону у масивних конструкціях не має перевищувати значення, що визначається розрахунком та забезпечує відсутність тріщин у поверхневих шарах бетону".

У [11] як технологічні заходи з регулювання температурного режиму твердіння рекомендується "підігрів периферійної частини в період розігріву бетонного масиву за рахунок екзотермії цементу (орієнтовно від 1,5 до 3,0 діб) для вирівнювання конструкції більше 5 °С/год після досягнення максимальної температури". Відповідно до [1] для регулювання температурного режиму витримування бетону під час зведення масивних конструкцій доцільним є поєднання рецептурних, зокрема, застосування низькотермічних цементів у поєднанні з обмеженням вмісту цементу в бетонній суміші та введенням добавок-сповільнювачів твердіння, і технологічних факторів, наприклад, регулювання тепловтрат температур [2,3]. Сучасна технологія дозволяє за допомогою керування рецептурними факторами забезпечувати необхідні технологічні параметри в широкому діапазоні в залежності від температурних умов, особливостей конструкції, що зводиться, та можливостей виробника робіт. Чимало даних, деякі з яких представлені у табл. 8.6, отримані як в результаті обстеження реальних конструкцій, так і в результаті моделювання температурного режиму та

напружено-деформованого стану в ранній період зведення масивних монолітних залізобетонних конструкцій, свідчать про актуальність проблеми.

Оскільки температурні градієнти є однією з основних причин утворення напружень, закономірним важливим завданням є удосконалення алгоритму розрахунку температурних напружень, що включає розрахунок температурних полів у ранній період зведення конструкції з урахуванням кінетики тепловиділення бетону, умов теплообміну та температури навколишнього середовища. У [4], зокрема, встановлено перевищення величини напружень межі міцності бетону на розтяг приблизно через 3,5 доби витримування. У [5] під час досліджень з використанням унікального обладнання зафіксовано для бетону з проектною міцністю 80 МПа перевищення величини розтягуючих напружень, (≈ 3 МПа) над межею міцності на розтяг приблизно після 54 год витримування. У [6] для розтягуючих напружень, на верхній поверхні плити через 72 год, що відповідало максимуму температури в центрі плити, отримано значення величини розтягуючих напружень 2,43 МПа, що можна порівняти з межею міцності на осьове розтягування бетону класу В25 у проектному віці.

Таблиця 8.6

Деякі дані щодо температурного режиму при зведенні масивних залізобетонних конструкцій

№	Конструкція	Модуль, м^{-1}	Бетон	Температура, °С			Час $T_{\text{ц}}/T_{\text{п}}$ тах	T серед.
				суміші	конструкції			
					центр	поверхня		
Результати вимірювання в конструкціях								
1	4,5x4,5x2(h)	1,9	В25	-	47	-	29	12...30
2	16x9x2,5(h)	1,4	В30	16	69,5	38,7	54/62	4...15
3	16x9x2,5(h)	1,4	В30	29	71,1	54,3	26/34	21...34
4	12,2x11,1x3,5	1,4	В30	13...17	66,0	47,0	48/20	7...17
5	10,2x2,3x1,5	2,4	В45	24	56,0	49,0	37/37	14...27
6	33,7x5,2x2(h)	1,4	В45	8	58,6	40,2	39/37	11...18
7	28,7x4x2(h)	1,6	В45	15	56,4	40,0	32/36	8...13
8	32x16x1(h)	2,2	В30	18	44,6	36,8	24/40	11...20
За даними чисельного моделювання								
9	D=52, h=2	< 1,1	В35	-	$\approx 64,5$	≈ 29	$\approx 75/52$	$\approx 19...27$
10	h=1	-	В70	-	≈ 62	-	$\approx 24/-$	-
11	h=2	-	В30	-	$\approx 63,8$	$\approx 28,2$	$\approx 72/48$	-

12	h=1,4 h=1,5	-	B35 B40	-	≈73 ≈48	-	≈60/- ≈60/-	-
----	----------------	---	------------	---	------------	---	----------------	---

Враховуючи численність рецептурних та технологічних факторів, що впливають на формування температурних полів під час зведення масивних залізобетонних конструкцій, у цій роботі на підставі розробленої методики розрахунку температурних полів [9] вироблено за допомогою реалізації чисельного експерименту моделювання на приклад температурно-збіжного блоку фундаментної плити розміром $20 \times 20 \times 2(h)$ м з модулем поверхні $1,2 \text{ м}^{-1}$, впливу таких технологічних факторів, як час перекривання шарів від 2 год до 24 год, температури середовища від $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (температура бетонної суміші в момент укладання при температурі середовища $5 \text{ }^\circ\text{C}$ прийнято $10 \text{ }^\circ\text{C}$, при температурі середовища $35 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C}$), коефіцієнт тепловіддачі від 23 до $1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}$, класу бетону за міцністю на стиск B25 - B45, кінетики твердіння бетону - від швидкого до повільнотвердіючого. Моделювання температурного режиму температурно-усадкового блоку виконано спільно з ґрунтовим масивом, при цьому температура ґрунту на достатньому віддаленні прийнята заданою та постійною. Оскільки, за винятком країв фундаментної плити, розподіл температури за перерізом носить одномірний характер, то диференціальне рівняння теплопровідності [10] виглядає наступним чином:

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + Q = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (8.7)$$

з урахуванням граничних умов при конвективному теплообміні з навколишнім середовищем на верхній та бічних поверхнях фундаменту у вигляді:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} + h(T - T_\infty) = 0, \quad (8.8)$$

для визначення функції $T(z, t)$ можна звести до вигляду:

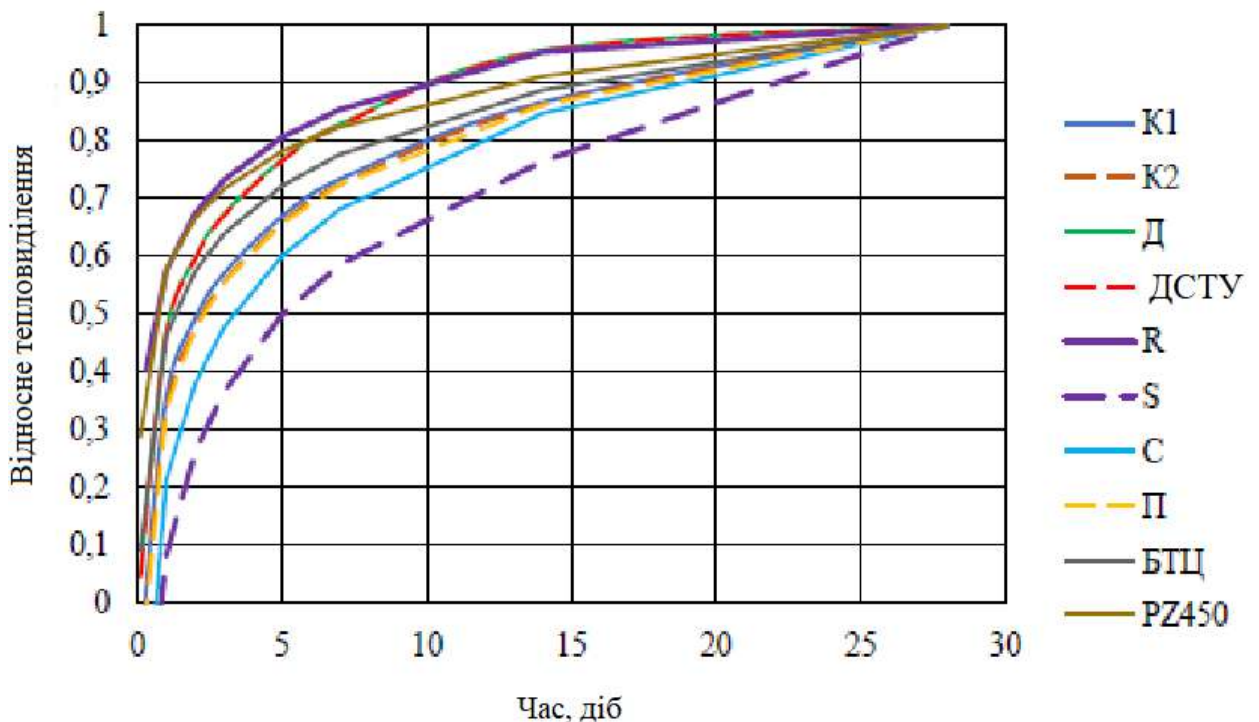
$$\lambda(z, t) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + Q = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (8.9)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності; T – температура; Q – щільність внутрішніх джерел тепловиділення; ρ – щільність матеріалу; c – питома теплоємність; t – час; n – нормаль до поверхні; h – коефіцієнт тепловіддачі; T_{∞} – температура середовища.

При реалізації чисельного експерименту до розрахунку кінетики тепловиділення бетону в температурно-усадковому блоці використано залежність (8.10):

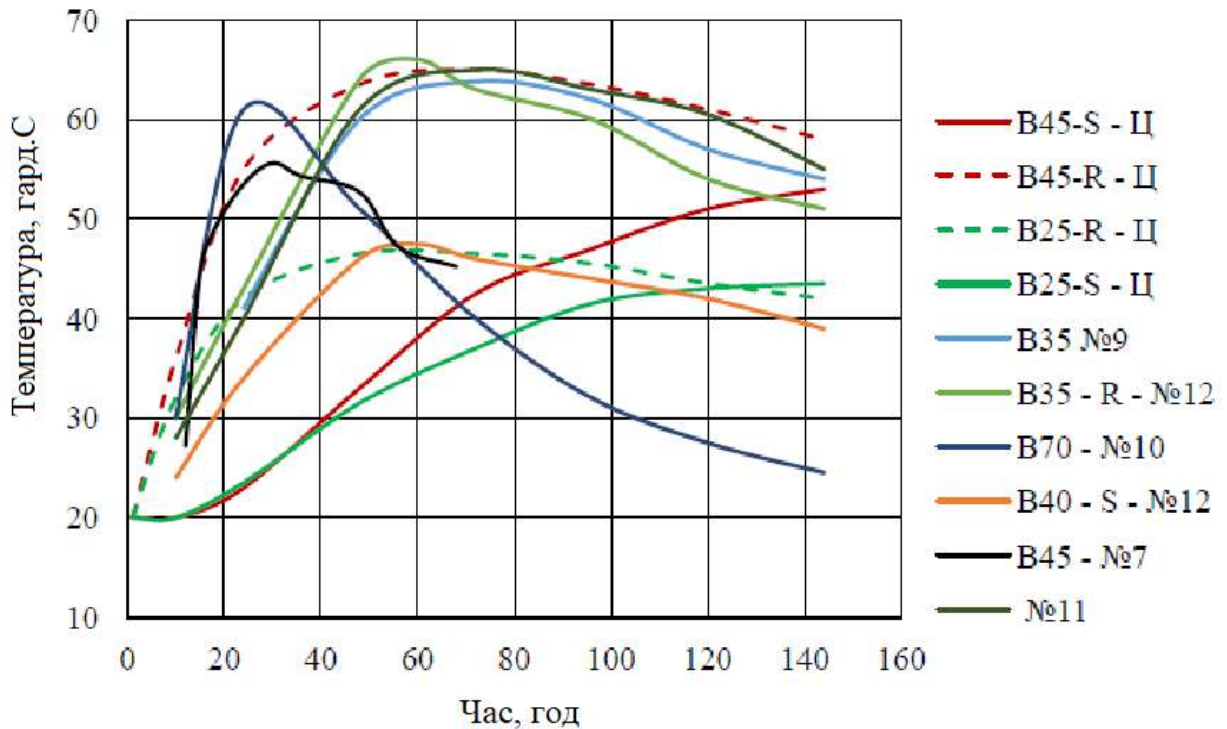
$$Q_{\tau} = Q_{28} \cdot \exp\left(k \cdot \left(1 - \left(\frac{28}{\tau}\right)^x\right)\right), \quad (8.10)$$

в якій значення параметрів k та x отримані в результаті обробки представлених на рис. 8.3 даних про кінетику тепловиділення різних бетонів.



На малюнку 8.4 зображено відомості про зміни температури в серцевині кількох споруд, поданих у таблиці 8.6, та результати моделювання, здійсненого за методикою для бетонів, що тужавіють як швидко, так і повільно, класів В25 та В45. Отримані дані демонструють помітний вплив, крім габаритності споруди, таких показників, як клас бетону (тобто об'єм цементу і, відповідно, кінцева кількість тепла, що вивільняється під час гідратації) і кінетика твердіння бетону (тобто швидкість тепловиділення).

Багатогранність факторів та їхнє значуще впливове значення на формування температурних полів зумовлює актуальність моделювання у процесі вивчення впливу рецептурно-технологічних факторів на температурні поля та напруження під час зведення конструкцій.



Оскільки причиною раннього тріщиноутворення масивних монолітних конструкцій є напруження, що виникають внаслідок температурних градієнтів, актуальним завданням є оцінка їх величини в залежності від рецептурно-технологічних факторів. У роботі зіставляються результати моделювання температурних напружень на основі методики [14]:

$$\sigma_T = \frac{k_r \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{(1 + \varphi)}, \quad (8.11)$$

В розрахунках значення величин, що входять в формулу (8.11) приймаються в залежності від ступеня зрілості бетону T_r [2]:

σ_T – напруження при розтягу, що виникає в наслідок температурних градієнтів, МПа;

k_r – ступінь обмеження на верхній поверхні плити (приймається рівним 0,83);

E – модуль пружності бетону, МПа;

α – коефіцієнт лінійного температурного розширення бетону, приймається з деяким допущенням постійним та рівним $1 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$;

ΔT – перепад температури між центром та верхньою поверхнею плити в момент часу τ , $^\circ\text{C}$;

φ – коефіцієнт повзучості бетону.

Модуль пружності бетону, МПа, що відповідає ступеню зрілості бетону T_τ , визначається за формулою (8.12):

$$E = 1000 \cdot \frac{0,05 \cdot R_{pr,\tau} + 57}{1 + \frac{29}{3,8 + R_{pr,\tau}}}, \quad (8.12)$$

де $R_{pr,\tau}$ – міцність бетону, що відповідає ступені зрілості бетону T_τ , що визначається за формулою (8.13):

$$\frac{R_{pr,\tau}}{R_{pr,28}} = \exp\left(0,35 \cdot \left(1 - \left(\frac{15800 - 122,5 \cdot T}{T \cdot \tau}\right)^{0,55}\right)\right). \quad (8.13)$$

Коефіцієнт повзучості бетону розраховується за формулою (8.14):

$$\varphi = \frac{8000}{E^{0,785}}. \quad (8.14)$$

В основі запропонованої в даній роботі методики лежить рівняння (8.15, 8.16):

$$\Delta\sigma = E \cdot (\Delta\varepsilon - \Delta\varepsilon_f), \quad (8.15)$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{\int_0^h E(z) \cdot \Delta\varepsilon_f(z) dz + (1-\nu) \cdot \sum E_s \cdot \alpha_s \cdot \Delta T_{s,i} \cdot A_{s,i}}{\int_0^h E(z) dz + (1-\nu) \cdot \sum E_s \cdot A_{s,i}}, \quad (8.16)$$

де $\Delta\sigma$ – приріст напруження на кроці по часу;

$\Delta\varepsilon$ – приріст повної деформації;

$\Delta\varepsilon_f = \alpha\Delta T + \Delta\varepsilon_{cr} + \Delta\varepsilon_{sh}$ - приріст вимушеної деформації, яка складається з температурної деформації, деформації повзучості та усадки;

E_s – модуль пружності арматури;

α_s – коефіцієнт температурного розширення арматури;

$\Delta T_{s,i}$ – різниця між температурою арматури i -го шару на поточному та попередньому кроці;

$A_{s,i}$ – площа поперечного перерізу арматури i -го шару, з урахуванням формул (8.12) – (8.14).

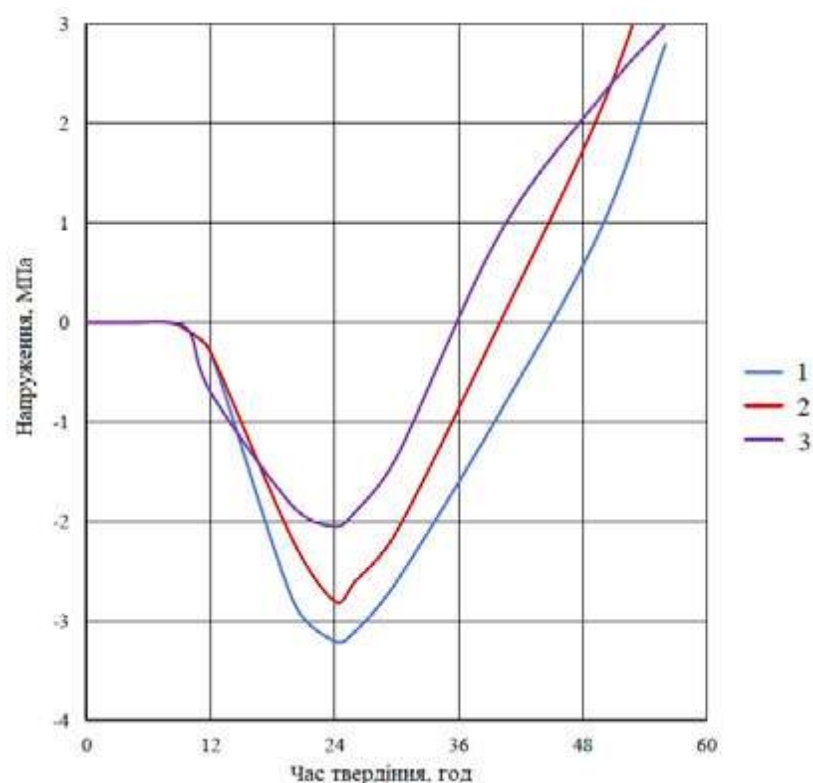
Вірогідність поданої методики обчислення, що є достатньою для вивчення впливу рецептурно-технологічних факторів на характер напружень під час спорудження потужних монолітних конструкцій, демонструє рис. 8.5. Порівняння показників напружень, визначених без врахування та з урахуванням усадкових деформацій з результатами експериментів, підкреслює важливість досліджень у сфері здобуття кількісних значень кінетики контракційної усадки (autogenous shrinkage) в залежності від рецептурно-технологічних аспектів.

При розрахунку межі міцності на осьовий розтяг використано наступний алгоритм:

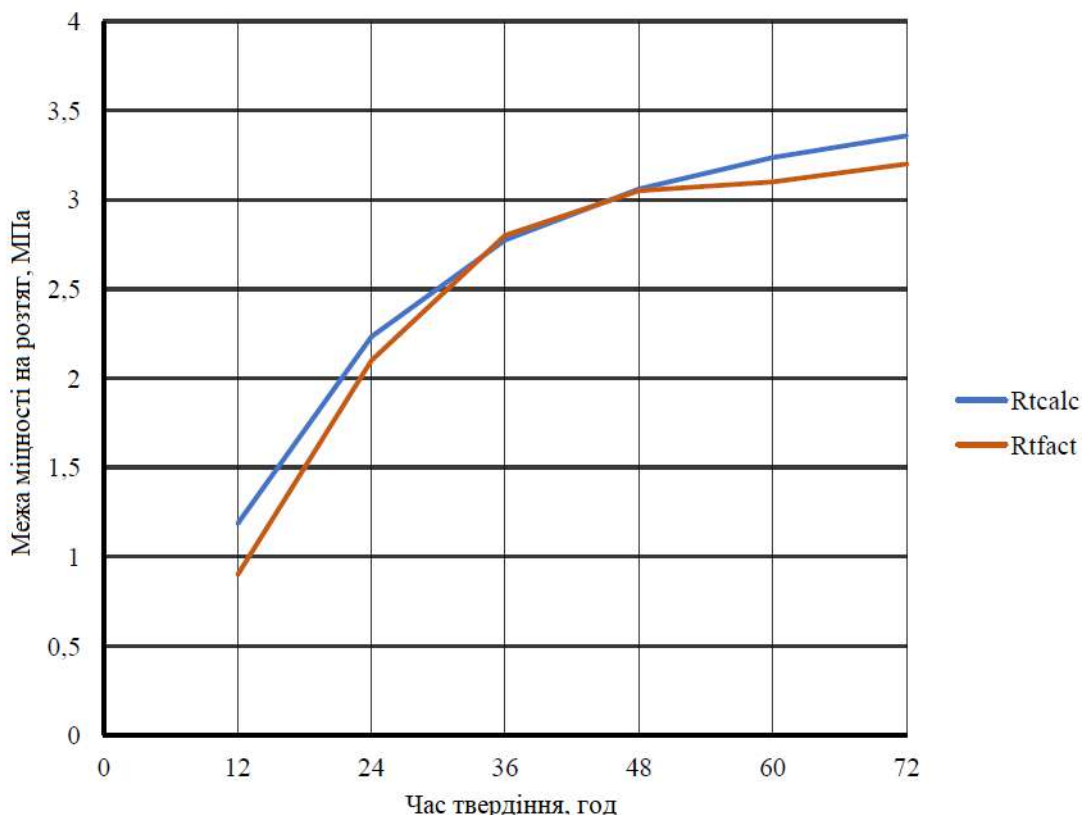
- за величиною показника ступеня зрілості бетону T_t за формулою (8.9) визначається межа кубикової міцності бетону на стиск R ($R = 0,8R_{pr}$);

- межа міцності бетону на осьове розтягування R_t визначається за такою формулою:

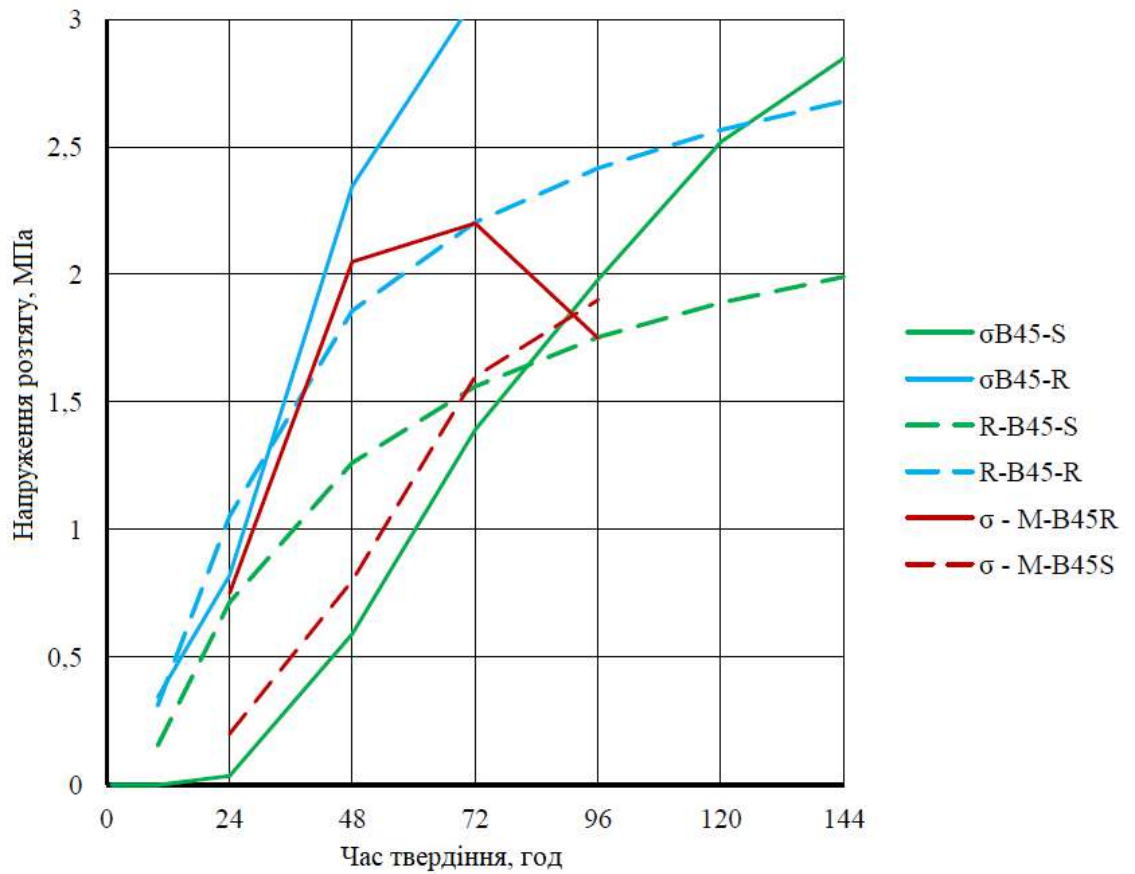
$$R_t = 0,29 \cdot R^{0,6}. \quad (8.17)$$



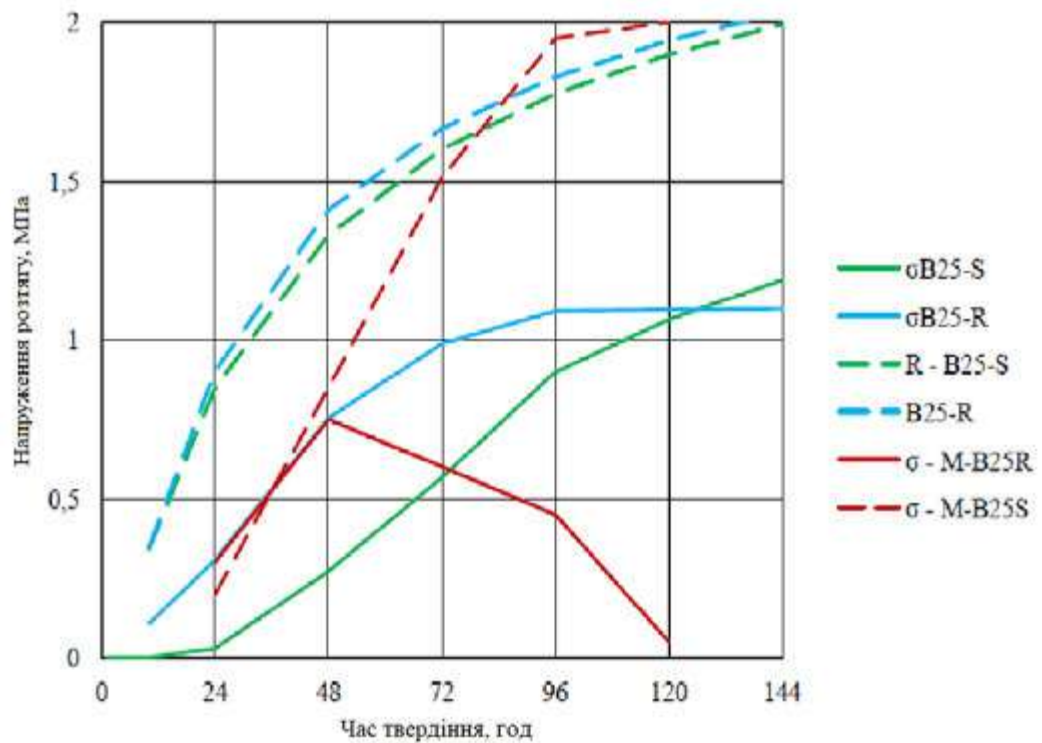
Достовірність алгоритму підтверджує, наприклад, зіставлення експериментальних значень для конструкції товщиною 1 м з бетону з межею міцності на стиск 80 МПа [5] з розрахунковими (рис. 8.6).



На рисунку 8.7 наведено розрахункові величини напружень розтягу для бетонів класу В45, застосовуючи різні методики, з огляду на різну швидкість твердіння. Аналіз наявних даних на рис. 8.7 показує: незалежно від обраної методики обчислення напружень, у часовому проміжку від приблизно 1,5 доби до 3,5 діб, показники температурних напружень розтягу перевищують граничну міцність бетону на осьовий розтяг в цей самий період. Це можна розглядати як фактор, що призводить до утворення тріщин.



На рис. 8.8 представлені розрахункові значення розтягуючих напружень, за різними методиками для бетонів класу 25 з різною кінетикою твердіння.



Згідно з інформацією, наведеній на рис. 8.8, практично неможливо виникнення тріщин при використанні бетону класу В25, який швидко твердне. Для повільнотвердіючого бетону того ж класу, віком 3,5 доби, напруження розтягу, що визначені відповідно до наукової роботи, перевищують межу міцності бетону на розтяг, при цьому час досягнення та значення напруги добре узгоджуються з даними [6]. Розрахунки за формулою (8.7) свідчать про майже нульову ймовірність тріщиноутворення.

Отже, моделювання температурного режиму температурно-усадочного блоку, інтегроване з ґрунтовим масивом та засноване на функції тепловиділення бетонів з різною швидкістю твердіння (отриманої шляхом аналізу експериментальних даних), дозволило отримати інформацію про зміни температури у центрі та на поверхні блоку, зведеного за звичною технологією. Ці дані підкреслюють значний вплив, окрім габаритів конструкції, таких факторів, як клас бетону та його здатність тверднути. Запропонована методика розрахунку температурних напружень, що базується на встановлених та обґрунтованих залежностях властивостей бетону від ступеня його "зрілості", дала змогу визначити значення напружень для бетонів класів В25 та В45 з різною швидкістю твердіння. Аналіз результатів показав недоцільність використання бетону класу В45 під час зведення таких конструкцій традиційним методом, незалежно від кінетики твердіння, через високий ризик тріщиноутворення в період від 1,5 до 3,5 діб. У випадку з бетоном класу В25, рекомендується надавати перевагу швидкотвердіючим складам.

Процес бетонування супроводжується ефектом саморозігріву через екзотермічну реакцію твердіння цементної суміші [2]. У масивних конструкціях, на відміну від тонких, охолодження відбувається лише на поверхні, в той час як у центрі блоку відбувається значний нагрів та розширення. Як наслідок, у поверхневих шарах виникають напруження розтягу, які можуть призвести до утворення температурних тріщин [3–5]. Чим більша різниця температур між блоком та середовищем, тим більший

перепад температури виникає між внутрішньою частиною та зовнішніми гранями масиву. Тріщини несуть загрозу, оскільки сприяють зниженню міцності та жорсткості конструкції, прискоренню корозії арматури та порушенню герметичності, що є неприпустимим у гідротехнічних спорудах та важливих частинах конструкцій, наприклад, фундаментах [4]. Без спеціальних заходів з регулювання температурного режиму процесу твердіння бетонної суміші уникнути тріщиноутворення неможливо [6]. Температурні впливи будівельного етапу визначаються з урахуванням екзотермії та інших умов твердіння бетону, а також включають конструктивні та технологічні заходи регулювання температурного режиму конструкції, температури зовнішнього повітря тощо.

Моделювання змін температури навколишнього середовища протягом певного періоду часу (доба, рік, місяць) та оцінка впливу таких коливань є темою досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема, у статті [7], спираючись на результати експериментів, вперше були зроблені безпосередні висновки щодо умов деформації, що виникають в асфальтовому базовому шарі під впливом температури.

У розрахунках термонапруженого стану та термічної тріщиностійкості масивних бетонних конструкцій під час будівництва температура повітря є ключовим фактором, поряд з параметрами геометрії та характеристиками бетону [1]:

- Чим суттєвіша різниця між температурою бетонного блоку та навколишнім середовищем, тим більша різниця температур виникає між ядром блоку та його поверхнею, що спричиняє виникнення напружень у конструкції;
- Вплив температури повітря на процес тепловиділення бетону: лабораторні та натурні дослідження довели, що чим вища температура твердіння, тим інтенсивніше відбувається процес виділення тепла;

- Вплив температури повітря на зростання модуля деформації бетону: при підвищенні температури збільшується швидкість наростання модуля деформацій, що вказує на більш інтенсивне старіння;
- Вплив температури повітря на повзучість бетону: підвищення температури впливає на швидкість деформацій повзучості та їх граничні значення.

В попередніх дослідженнях розподілу температурних полів та термонапруженого стану зазвичай використовували середньомісячну, фіксовану температуру повітря [8–12]. Проте, існує добовий перебіг температури. Врахування впливу змінної температури повітря – складний процес, оскільки він є динамічним і містить як детерміновані (ті, що описуються математичними формулами), так і випадкові складові [13].

Оскільки більшість існуючих методів і програмних комплексів цього не враховують, актуальним завданням є вдосконалення методики розрахунку термічної тріщиностійкості масивних бетонних конструкцій будівель та споруд з метою підвищення їх надійності.

8.2.2. Експериментальні дослідження напружно-деформованого стану плитних залізобетонних елементів при температурно-усадочних впливах

Процес тужавлення бетону супроводжується виникненням та наростанням у залізобетонних спорудах внутрішніх (вихідних) напружень, зумовлених висиханням бетону. Напружений стан від усадки проявляється, передусім, в армованих перетинах залізобетонних частин та конструкцій, а також у статично невизначених бетонних та залізобетонних складових. Це обґрунтовується присутністю арматури, яка перешкоджає вільному зсуву від висихання, нерівномірним висиханням бетону в межах об'єму елемента. Відкриті зовнішні шари бетону схильні до більш інтенсивного виведення вологи та при цьому зазнають розтягування, тоді як внутрішні, вологіші ділянки, що протидіють висиханню зовнішніх шарів, стискаються. Напружений стан від усадки у статично невизначених частинах та спорудах

виникає через намагання системи в цілому зазнати лінійних та кутових деформацій, яким заважають додаткові з'єднання. Наслідком таких початкових розтягувальних напружень є усадочні тріщини в бетоні.

При дії температури в елементах відбуваються ідентичні в порівнянні з усадковими процеси напружень, що призводять до утворення тріщин. При одному і тому ж коефіцієнті температурного розширення, але при нерівномірному прогріві елемента характер розподілу температурних напружень може збігтися з характером напружень при усадці, а за умови рівності відповідних напружень маємо рівність усадкових ε_{sl} і температурних $\Delta t \cdot \alpha_t$ деформацій:

$$\varepsilon_{sl} = \Delta t \cdot \alpha_t \quad (8.18)$$

У роботі [11] були отримані залежності (8.19) для визначення напружень розтягування в бетоні поперечних стін σ_{bt} і напружень стиснення σ_b в перекриттях стосовно монолітних залізобетонних будинкам, виведені з урахуванням умови спільності деформацій та умови рівноваги в перерізі, перпендикулярному до поздовжньої осі стіни.

У разі температурного напруження у формулах (8.19) деформація усадки може бути замінена деформацією від температурного впливу:

$$\begin{cases} \sigma_{bt} = \frac{0,5\varepsilon_{sl}}{0,25K+1} \cdot E'_b \\ \sigma_b = \frac{0,25K \cdot \varepsilon_{sl}}{0,25K+1} \cdot E'_b \end{cases}, \quad (8.19)$$

де ε_{sl} – величина вільної деформації усадки.

Модуль деформації бетону на стиск E'_b по відношенню до модуля деформації на розтяг E'_{bt} прийнятий рівним $E'_b = 2E'_{bt}$. Відношення площі перерізу стінки до площі перерізу перекриттів позначені як $K = A_c/A$. Аналіз наведених залежностей дає основу стверджувати, що при $\varepsilon_{sl} = 0,0003$ напруження в бетоні перевищують межу міцності бетону на розтягування, внаслідок чого у стінах з'являються наскрізні тріщини вертикального напрямку. Тріщини у несучих поперечних стінах призводять до зниження їх жорсткості при дії горизонтальних навантажень, погіршують експлуатаційні

якості споруд. Так, поява однієї тріщини призводить до ділення стіни на дві приблизно рівні частини по довжині, що тягне за собою збільшення деформативності за рахунок зниження зсувної жорсткості. Аналогічна закономірність властива і для каркасних будівель зі збірними залізобетонними діафрагмами жорсткості. Так, при виникненні однієї тріщини по довжині стіни деформативність останньої збільшується на 25%, а у разі виникнення двох тріщин – на 50% [21].

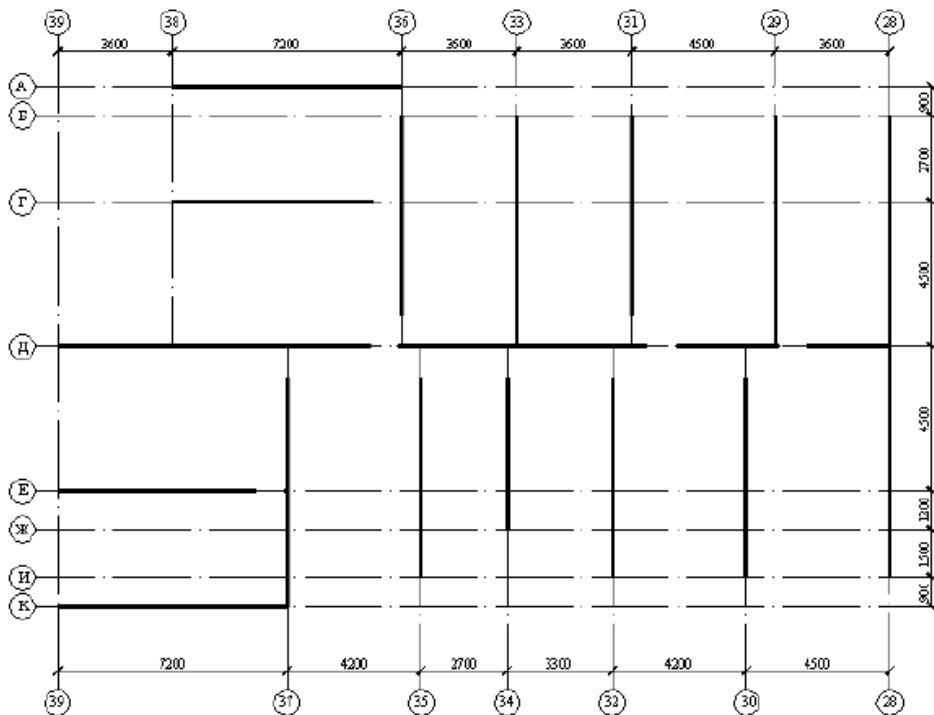
Для дослідження напружено-деформованого стану конструкцій під впливом усадки були вивчені реальні будівлі в процесі їх зведення: монолітний дев'ятиповерховий житловий будинок, семиповерховий навчально-лабораторний корпус, а також спортивний комплекс у м. Харкові. Підставою для проведення дослідження стали звернення будівельних організацій з проханням встановити причини виникнення тріщин та ступінь їх впливу на жорсткість та міцність об'єктів, що будуються.

Дев'ятиповерховий житловий будинок був запроектований з внутрішніми несучими поздовжніми та поперечними стінами і зводився в зимовий та літній періоди в м. Харкові. Схема розташування стін однієї з секцій будинку зображена на рис.8.9.

Товщина внутрішніх стін становить 16 см, висота поверху – 3 м.

Елементи будівлі бетонувалися в сталевій опалубці високої точності тунельного типу. Бетон доставлявся до місця укладання в баддях, вібрування виконувалося глибинним вібратором, а саме бетонування здійснювалося захватками. В холодний період для прискорення твердіння бетону протягом кількох днів застосовувався прогрів конструкцій опалубки калориферами. Згодом після прогрівання в стінах було виявлено тріщини. В процесі систематичного спостереження за деформаціями було визначено, що видалення вологи з бетонних поверхонь стін відбувається набагато інтенсивніше, ніж з поверхні бетону перекриттів, оскільки робота калориферів має спрямований характер, а волога з поверхні стін у вигляді пари переноситься під перекриття над стінами. До моменту бетонування

захватки в перекриттях нижнього поверху основна усадка бетону відбулася, а самі перекриття обмежують деформації для стін бетонного поверху. З цієї схеми деформування випливає, що стіни по довжині розтягуються, а нижнє та верхнє перекриття стискаються. Рівень усадкової напруги при цьому досягнув межі міцності бетону на розтяг, що стало причиною утворення наскрізних тріщин в стінах.

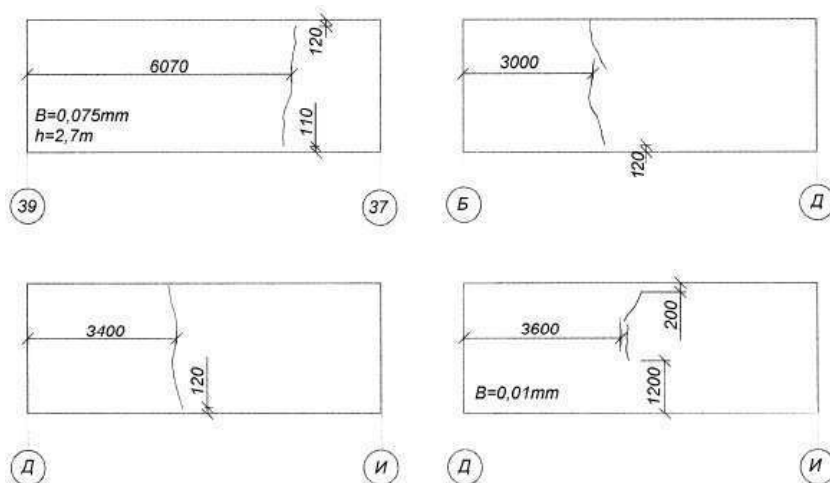


Склад бетонної суміші визначали в лабораторних умовах, враховуючи умови бетонування, у співвідношенні 1:1,51:3,06 за вагою компонентів, з водоцементним співвідношенням 0,45 (в зимовий період використовувалась добавка Релаксол, 1,5% від маси цементу, в перерахунку на суху речовину). Як заповнювач використовували пісок Безлюдівського кар'єру (м. Харків), об'ємною щільністю в сухому стані 1340 кг/м³, порожнистістю 28-32%, вмістом пилоподібних та глинистих домішок 0,7%, модулем крупності $M_{кр} = 1,14$; щебінь Кременчуцького кар'єру (постачальник ККУ "Кварц"), об'ємною щільністю 1330 кг/м³, порожнистістю 42%, з найбільшим розміром зерен 20 мм, а найменшим – 5 мм. В'яжучим був портландцемент (М400) Балаклійського цементного заводу, з активністю у віці 28 діб – 420 кг/см², пластичністю – 118 мм. Виготовлення бетонної суміші здійснювалося БЗВ

заводу, характеристики якої: щільність 2370 кг/м³, осадка конуса 10-12 см, межа міцності при стисканні, встановлена під час випробування кубів з розміром ребра 10 см, складає 320 кг/см².

Характерною ознакою було виникнення тріщин практично в усіх поздовжніх та поперечних несучих стінах; всі вони були наскрізні, з вертикальним напрямком. Вимірювальними приладами було визначено їх довжини, місця розташування відносно висоти та довжини стіни, при цьому вони не досягали підлоги та перекриття на 11–140 см. Мікроскопом МПБ-2 було виміряно ширину розкриття тріщин асгс, яка в середньому становила 0,01–0,075 мм, але в деяких перегородках сягала асгс = 0,125 мм та асгс = 0,3 мм. У процесі дослідження тріщиноутворення були складені ескізи розгортки стін з позначенням напрямку тріщин, їх довжин, прив'язки та ширини розкриття. Схеми найбільш характерних тріщин у перегородках з врахуванням прив'язки осей (рис.8.9) представлено на рис.8.10.

Наявність тріщин та їх характер розташування повністю підтверджують описаний вище механізм формування напружено-деформованого стану в конструктивних елементах будівлі. Для запобігання виникненню тріщин як наслідків усадки були розроблені рекомендації щодо забезпечення нормального температурного режиму під час бетонування, а також рівномірного прогріву та вологовидалення з поверхонь стін та перекриттів при твердінні. Для цього стіни необхідно періодично зволожувати або накривати зволженими тканинними екранами.



Аналогічна задача щодо дослідження впливу усадки виникла під час спорудження перегородок з піноблоків на будівництві навчально-лабораторного корпусу Харківської національної академії міського господарства. Використані були піноблоки розміром 500x100x300 мм, щільністю $\rho = 10 \text{ кН/м}^3$, міцність при стисканні до 75 кг/см^2 , на розтяг $5,7 \text{ кг/см}^2$, модуль пружності дорівнює $9 \times 10^4 \text{ кг/см}^2$ (блоки виготовлені ТОВ «Будіндустрія», м. Харків). До моменту виконання робіт зведення перегородок, піноблоки на виробництві не встигли набрати необхідної міцності та дати повну усадку. Внаслідок цього, після завершення кладки перегородок, у них почали розвиватися усадкові деформації, внаслідок чого габарити цих перегородок зменшилися, як по висоті, так і по довжині. В результаті з'явилися зазори (тріщини) між стінами, перекриттями та перегородками. Деякі перегородки втратили загальну жорсткість та стійкість.

Проведений аналіз напружено-деформованого стану дозволив встановити причину пошкоджень за рахунок усадки, а за допомогою залежностей (8.19) підтвердити неминучість появи наскрізних усадочних тріщин у стінах внаслідок перевищення розтягуючими напруженнями розрахункового опору блоків розтягуванню.

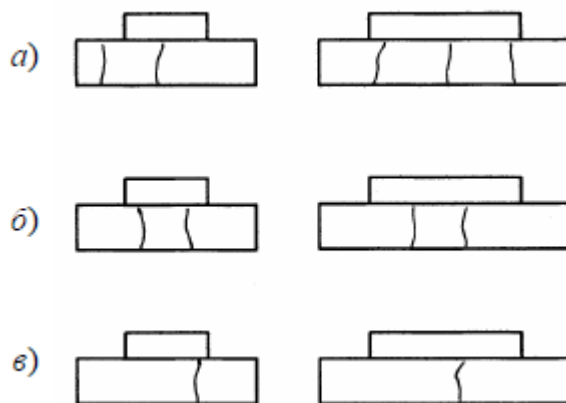
Характерні явища спостерігалися й у плитних ростверках фундаментів при будівництві будівлі спорткомплексу в м. Харкові. Основою для фундаментів під сталевий великопрогінний каркас служить залізобетонне пальове поле.

Проведено було обстеження та спостереження за станом фундаментів, які бетонувалися в січні - березні [22].

Бетонування фундаментів проводилося при перепадах температури зовнішнього повітря від $+5$ до $-13 \text{ }^\circ\text{C}$. Це обумовило умови бетонування розігрітою бетонною сумішшю до температури $+30 \dots +50 \text{ }^\circ\text{C}$ та застосування електродного прогріву в процесі набору міцності. Після завершення прогріву, фундаменти, в залежності від температури повітря, або залишалися відкритими та набирали міцність у природному середовищі, або ж набирали

міцність у тепляках (конструкцію посипали тирсою та накривали теплоізолюючим матеріалом).

Після бетонування перших фундаментів та закінчення електропрогріву було зафіксовано тріщини з бокових поверхонь ростверків на висоту плити. Характерні схеми їх розташування наведено на рис.8.11.

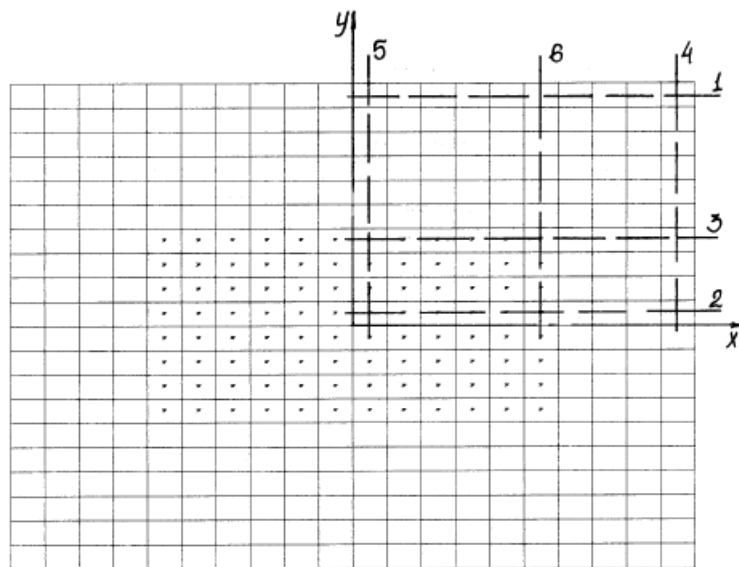


Під час систематичного спостереження за набиранням міцності бетонних плит у часі було зафіксовано, що протягом інтенсивного електропрогрівання тріщини на бічних поверхнях мали найбільшу ширину розкриття, яка сягала 0,3-0,35 мм. Пізніше, коли фундамент остигав, ширина тріщин зменшувалася до 0,1 мм, а в деяких випадках фундаментів було відзначено їхнє повне закриття, що свідчить про домінуючий вплив на напружено-деформований стан фундаментних плит температурних напружень, а усадочні впливи були менш значущими.

Для проведення чисельного аналізу виникнення розтягуючих напружень використовували програмний комплекс SCAD. Розділивши досліджувану фундаментну плиту на кінцеві елементи, була створена розрахункова схема з врахуванням температурних навантажень. Разом з вибором розрахункової схеми були задані перерізи, з метою оцінки характеру напружено-деформованого стану плити. Розрахункова схема та задані перерізи показані на рис.8.12.

У розрахунковій моделі передбачено еквівалентність напружено-деформованого стану через температурне навантаження та від усадочних процесів. Температурне навантаження у вигляді збільшення температури $t =$

20 °С було прикладено рівномірно по висоті середньої частини плити (на рис. 8.12 позначено точками). Також були розглянуті різні сценарії з різною кількістю тріщин на бічних поверхнях.



З аналізу зібраних даних випливає, що в разі нагрівання центральної ділянки плити фундаменту, її зовнішні краї вздовж осей x та y демонструють розтягнення. На середині довжини граней (початок координат) напруження досягають пікових показників, а характер кривих їхніх змін нагадує синусоїду. Схожа картина спостерігається і для перерізів 2 та 5, за виключенням того, що напруження в бетоні будуть стискаючими. Така закономірність формування напружено-деформованого стану по площині плити цілком логічно пояснює причину виникнення вертикальних тріщин, які були зафіксовані під час обстеження (рис. 8.11).

Додаткові розрахунки показують, що при розтягуючих напруженнях у бетоні 1,15 МПа, що відповідають початку тріщиноутворення ($R_{bt,ser}$, B15), у плиті з'являються перші тріщини, а перепад температури становить $Dt = 8,8$ °С.

Враховуючи стохастичний характер процесу утворення тріщин у бетоні плит, розглянуто випадки з однією, двома чи трьома тріщинами на довжині фундаменту вздовж осі x . Незважаючи на деякі особливості трансформації напруженого стану, варто відмітити, що зовнішні краї плити залишаються розтягнутими, хоча величина напружень у них значно зменшується.

Виникнення нових тріщин стає неможливим, що було зафіксовано в натурному експерименті [22].

На основі вищевикладеного аналізу розроблено рекомендації, що дозволяють запобігти виникненню тріщин у конструкціях фундаментів в умовах зимового бетонування, забезпечуючи рівномірний розподіл напружень від усадки або температурних навантажень:

1. Бетонну суміш, що укладається, підігрівати до $+30 \dots +50^{\circ}\text{C}$, при цьому необхідно забезпечити мінімальне випаровування вологи з бічних поверхонь, бажано використовувати тепляки та періодично змочувати зовнішню бічну поверхню гарячою водою ($t=+60^{\circ}\dots+80^{\circ}\text{C}$, через кожні 4 години).

2. При температурах нижче -7°C необхідно враховувати всі згадані вище рекомендації з одночасним рівномірним підігрівом бетону.

3. Рівномірність нагрівання слід забезпечити за допомогою рекомендованої схеми встановлення електродів, за якої нагрівання відбувається від зовнішньої поверхні до центру фундаменту. В такому разі бетон отримує рівномірні стискаючі напруження.

Після впровадження цих рекомендацій, у подальшій роботі авторами дослідження [22] не було виявлено тріщин на забетонованих конструкціях фундаментів, що вказує на їх температурну природу та правильність запропонованих рекомендацій.

Проведені дослідження щодо впливу температурно-вологісних деформацій у бетоні на напружено-деформований стан як окремих конструктивних елементів, так і всієї будівлі в цілому дозволяють об'єктивно оцінити експлуатаційні характеристики споруд, збільшити їх надійність та термін служби.

8.3. Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану фундаментної плити будівлі з урахуванням кліматичного впливу

8.3.1. Розрахунок фундаментної плити на температурний вплив в ПК «ЛІРА САПР»

Розрахунок фундаментної плити на кліматичний вплив виконаний на перепад температур від середньої температури фундаментної плити у віці 28 діб, що складає 45,1 °С, до середньорічної температури в м. Києві – 7,0 °С. Розрахунок виконаний з метою перевірки заданого армування фундаментної плити та аналізу її напружено-деформованого стану на кліматичний вплив, так як об'ємно-планувальними та конструктивними рішеннями не було передбачено влаштування температурного шва в будівлі з монолітного залізобетону довжиною більше 50 м, що згідно вимог нормативних документів вимагає проведення відповідних розрахунків в тому числі на температурні впливи.

В якості матеріалів фундаментної плити прийнятий бетон В25 та фонове армування з арматури класу А500С діаметром 12 мм. Крок фонові арматури – 200 мм в обох напрямках.

Утворення тріщин покладається при перевищенні головними розтягуючими відносними деформаціями граничного розтягу бетону. Так як охолодження фундаментної плити є швидким процесом (відносно загального житлового циклу споруди), граничний розтяг бетону приймаємо у відповідності з [2] як при нетривалій дії навантаження рівною $\varepsilon_{bt,1}=1 \cdot 10^{-4}$.

Нормативні значення змін середніх температур по перерізу елементу в теплий Δt_w та холодний Δt_c період року визначаємо за формулами (8.20), (8.21):

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c} = 29,1 - (-11,9) = 41 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.20)$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{0w} = 20 - 13 = 7 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (8.21)$$

Де t_w , t_c – нормативні значення середніх температур по перерізу елементу в теплий та холодний період року що визначається у відповідності з нормативними документами; t_{0w} , t_{0c} – початкові температури в теплий та холодний період року, що приймаються у відповідності з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Середні добові температури зовнішнього повітря в теплий t_{ew} та холодний t_{ec} період року для підземної частини будівлі визначаємо за формулами (8.22), (8.23):

$$T_{ec} = t_{\min} + 0,5A_I = -40 + 0,5 \cdot 7,7 = -36,15 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.22)$$

$$T_{ew} = t_{\max} + 0,5A_{VII} = +34 - 0,5 \cdot 9,9 = 29,1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.23)$$

де t_{\min} , t_{\max} – нормативні значення мінімальної та максимальної температури повітря; A_I , A_{VII} – середні добові амплітуди температури повітря найбільш холодного та найбільш теплого місяця, відповідно, що приймаються за даними таблиць ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Початкова температура, що відповідає замкненню конструкції або її частини в закінчену систему, в теплий t_{0w} та холодний t_{0c} період року визначаємо по формулам (8.24), (8.25):

$$t_{0w} = 0,8t_{VII} + 0,2t_I = 0,8(21,3) + 0,2(-20,2) = 13 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.24)$$

$$t_{0c} = 0,2t_{VII} + 0,8t_I = 0,2(21,3) + 0,8(-20,2) = -11,9 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (8.25)$$

Приріст θ_4 та θ_5 $^\circ\text{C}$ визначаємо за формулами (8.26), (8.27):

$$\theta_4 = 0,05\rho S_{\max}k = 0,05 \cdot 0,7 \cdot 895 \cdot 0,4 = 12,53 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.26)$$

$$\theta_5 = 0,05\rho S_{\max}(1 - k) = 0,05 \cdot 0,7 \cdot 895 \cdot (1 - 0,4) = 18,80 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (8.27)$$

де ρ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції; S_{\max} – максимальне значення сумарної (прямої, розсіяної та віддзеркаленої) сонячної радіації, $\text{Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, що приймається для горизонтальних поверхонь по таблицям ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»; k – коефіцієнт, що приймається по довідковим таблицям.

Розрахункові значення зміни середніх температур по перерізу елемента:

- в теплий період року: $\Delta t_w = 41 \cdot 1,1 = 45,1 \text{ } ^\circ\text{C};$

- в холодний період року: $\Delta t_c = 7,0 \cdot 1,1 = 7,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$

Монолітна фундаментна плита товщиною $h = 500$ мм при довжині $l = 76,1$ м скорочується на величину $\Delta f = \alpha \Delta t l = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 45,1 \cdot 7610 = 3,43$ см.

Де α - коефіцієнт лінійного розширення бетону при температурі в межах від -40 до $+50$ °С для важкого бетону.

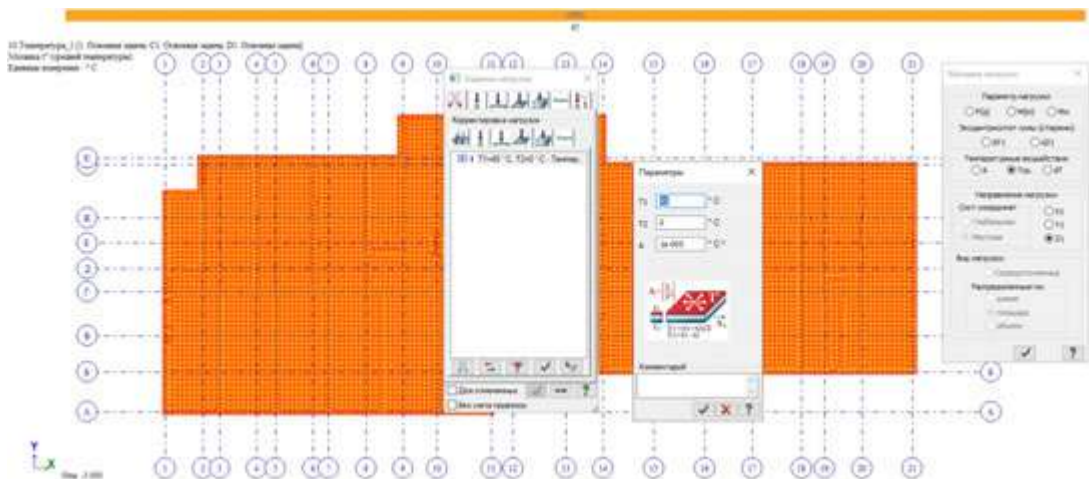
Для розрахунку на температурні впливи в ЛПРА САПР реалізовані 2 способи завдання температурних навантажень як пластинчастих КЕ, так і для стрижневих, які дозволяють змодельювати будь-який температурний вплив:

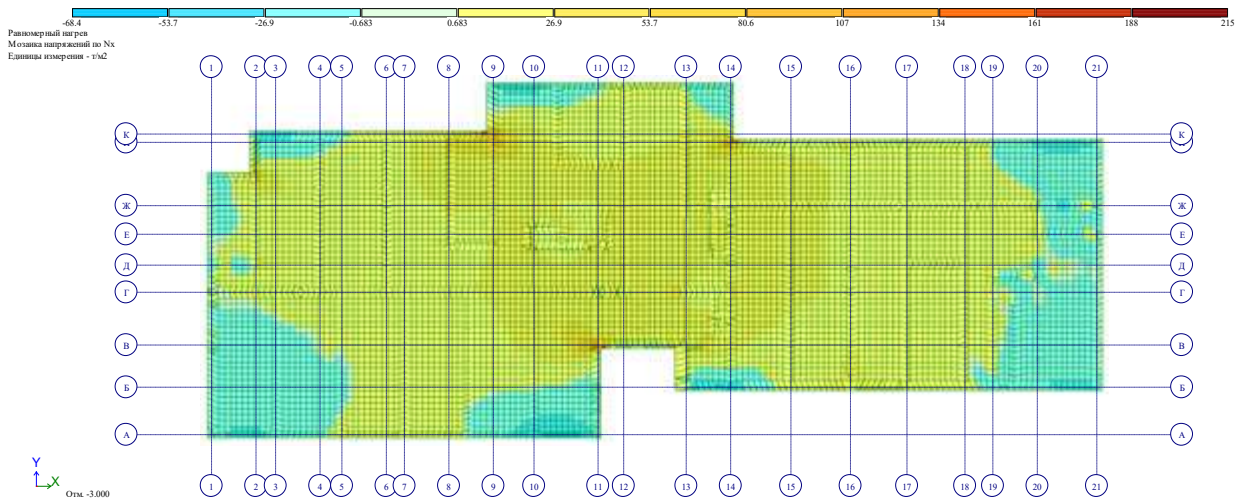
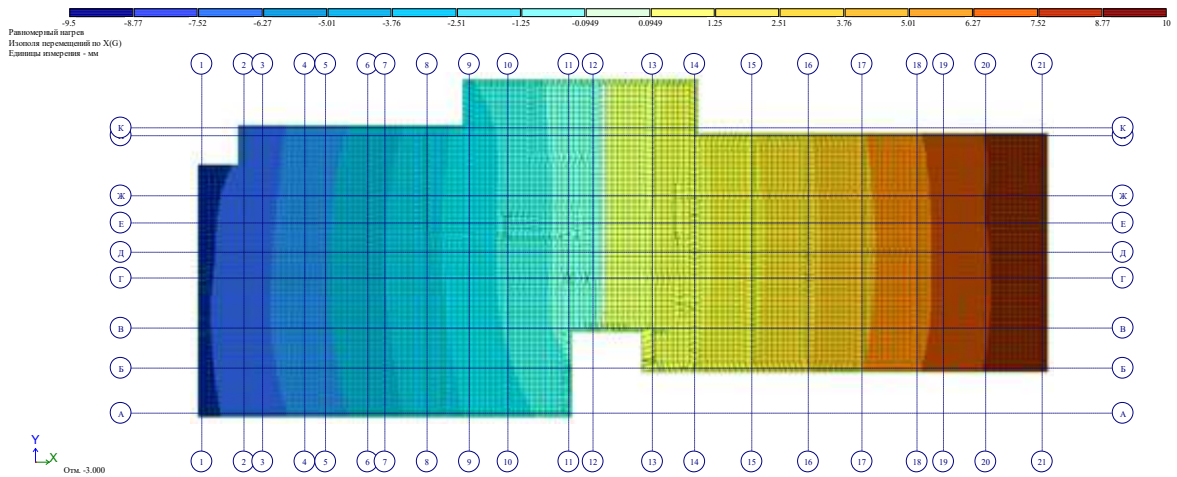
- рівномірне нагрівання/охолодження;
- температурний вигин.

Коли температура на верхніх і нижніх волокнах симетричного перерізу однакова за величиною і за знаком, це аналогічно рівномірному розширенню/стиску волокон уздовж осі стрижня, що викликає у разі статично невизначеної системи напруги розтягування або стиснення, або відповідні деформації у разі статично визначальної системи.

Якщо ж стрижень схильний до дії перепаду температури, то більш нагріті волокна його перерізу будуть стиснуті, а менш нагріті – розтягнуті – це температурний вигин.

Слід зазначити, що принцип завдання температурних впливів в ЛПРА САПР дещо відрізняється від вимог норм і носить універсальний характер.





Визначаємо подовження фундаментної плити при зусиллі утворення тріщин N_{crc} безпосередньо перед утворенням тріщин:

$$N_{\text{crc}} = R_{\text{bt,ser}} A_b = 10,50 \cdot 5000 = 52\,500 \text{ кгс.}$$

Деформативність фундаментної плити при розтягуванні визначається при модулі деформації бетону при розтягуванні E_{bt} рівному згідно [2]:

$$E_{\text{bt}} = 0,5E_b = 0,5 \cdot 3,0 \times 10^5 = 1,5 \times 10^5 \text{ кгс/см}^2.$$

Безпосередньо перед утворенням тріщин при зусиллі N_{crc} подовження фундаментної плити Δf^* дорівнює:

$$\Delta f^* = \frac{N_{\text{crc}} l}{(E_{\text{bt}} A_b)} = \frac{52500 \cdot 7610}{1,5 \cdot 10^5 \cdot 5000} = 0,53 \text{ см.}$$

Оскільки $\Delta f^* = 0,53 \text{ см} < \Delta f = 3,43 \text{ см}$, то при $N = N_{\text{crc}}$ почнеться процес розкриття поперечних тріщин, який продовжиться доти, доки подовження плити не досягне значення 3,43 см. Відстань між тріщинами при розтягуванні фундаментної плити дорівнює:

$$l_{crc} = \frac{\eta \cdot A_b}{s} = \frac{0,7 \cdot 5000}{37,68} = 92,89 \text{ см},$$

де $\eta = 0,7$ – дослідний коефіцієнт для арматури періодичного профілю;
 s – периметр арматури (при армуванні верхньої та нижньої зони плити перекриття 5 стрижнями діаметром $d = 1,2$ см – $s = 10\pi d = 10 \cdot 3,14 \cdot 1,2 = 37,68$ см).

Короткочасне розкриття поперечних тріщин приймаємо рівним $a_{crc} = 0,158$ мм. Тоді на довжині фундаментної плити 76,1 м може виникнути приблизно 82 поперечні тріщини з загальною шириною розкриття 1,30 см, що менше ніж $\Delta f = 3,43$ см (отримане скорочення плити перекриття в програмному комплексі ПК ЛІРА САПР складає 1,0 см). Таким чином, стиснене укорочення фундаментної плити при розрахунковому значенні зміни середніх температур по перерізу елемента буде повністю погашатися в межах поперечних тріщин, що утворилися.

Оскільки, крім температурних впливів, на плиту діють інші навантаження, то плиті перекриття виникають тріщини від вигину, але при цьому податливість фундаментної плити в горизонтальному напрямі не зменшується. Як показують розрахунки, при спільній дії на фундаментну плиту вигину та розтягнення від температурного впливу, є незначне збільшення необхідної площі арматури фундаментної плити. Зусилля розтягування передається на ліфтово-сходовий блок в осях 8-9 і 13-14, при цьому прийнятого в проекті основного та додаткового армування фундаментної плити достатньо, щоб сприймати задані температурні дії без додаткових конструктивних заходів.

8.3.2. Результати армування фундаментних плит з урахуванням кліматичного впливу

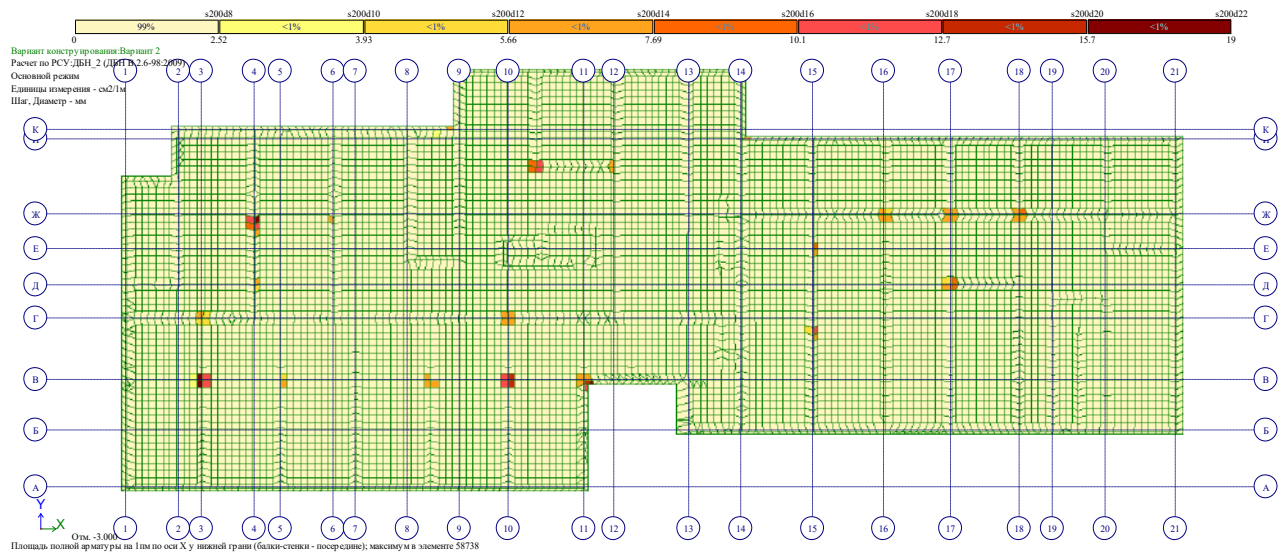
Для підбору арматури в пластинчастих елементах (балки-стілки, плити, оболонки) реалізовано методику Карпенка для нормативів ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" (крім EuroCode 2), а для EuroCode 2 реалізовано методику Вуда.

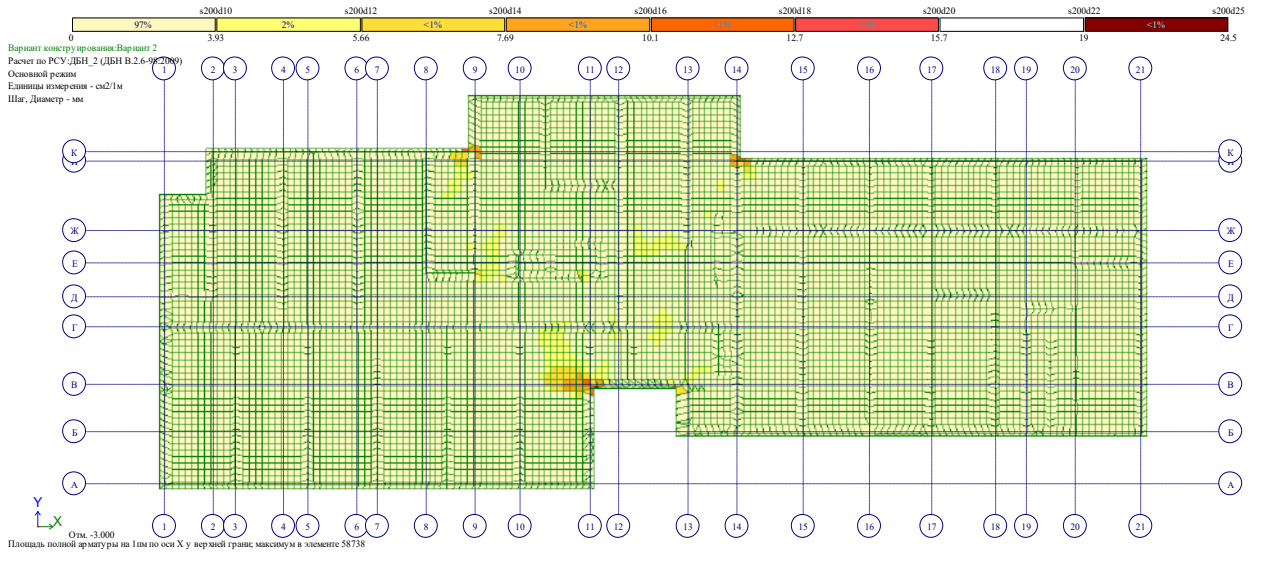
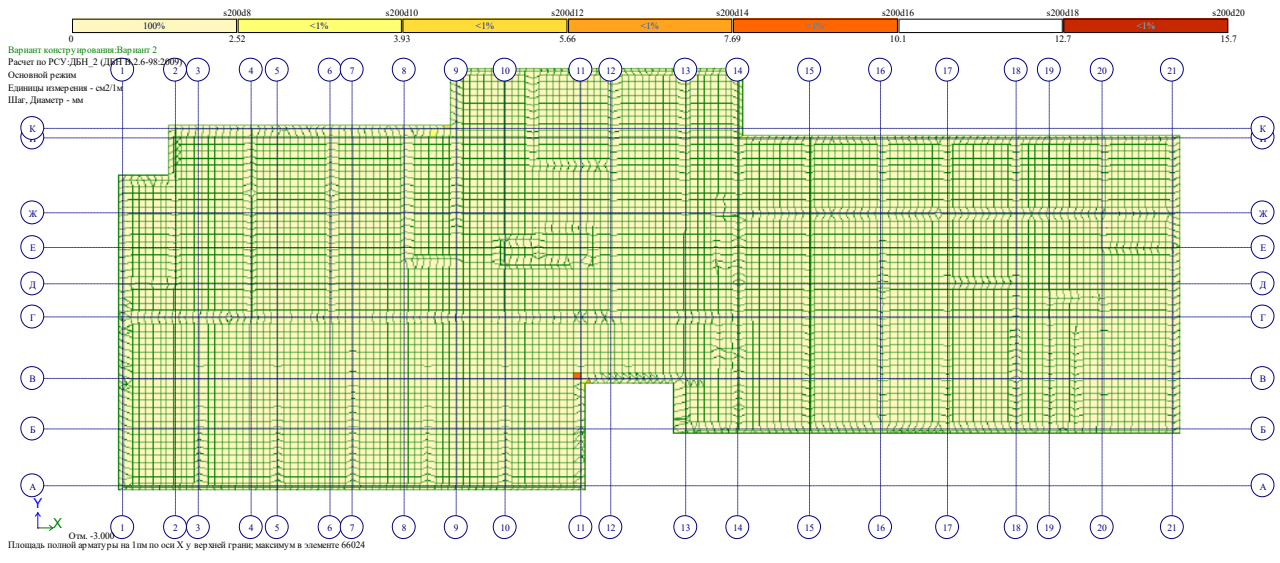
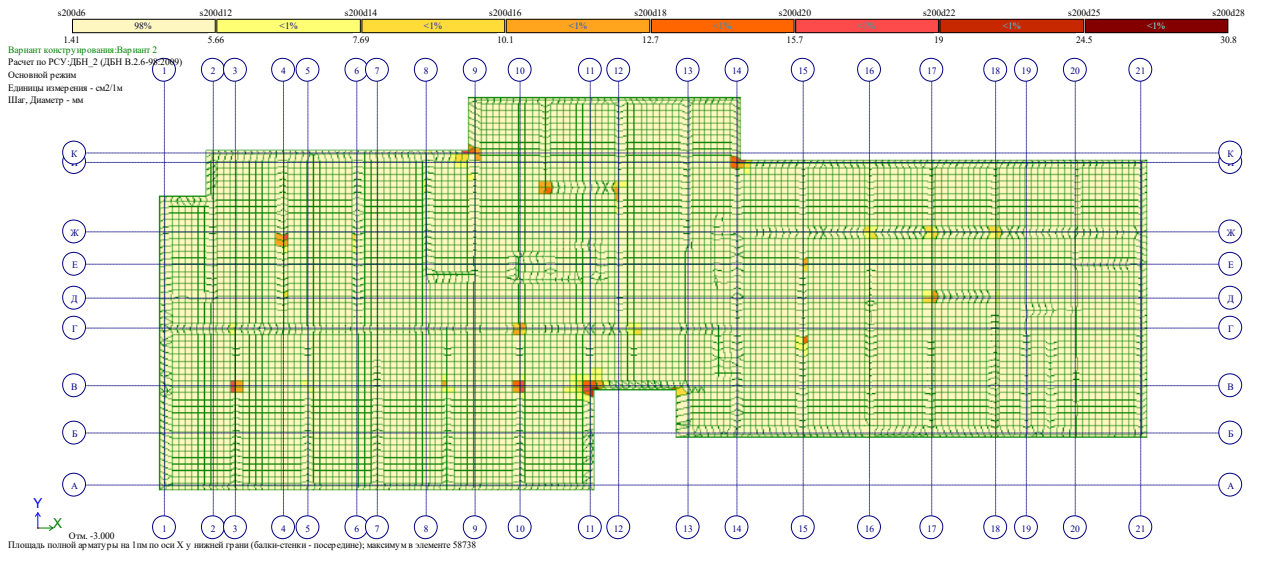
Для кожного елемента фундаментної плити обчислювалися РЗЗ (розрахункові збіги зусиль) та проводився підбір арматури, включаючи в т.ч. температурні дії:

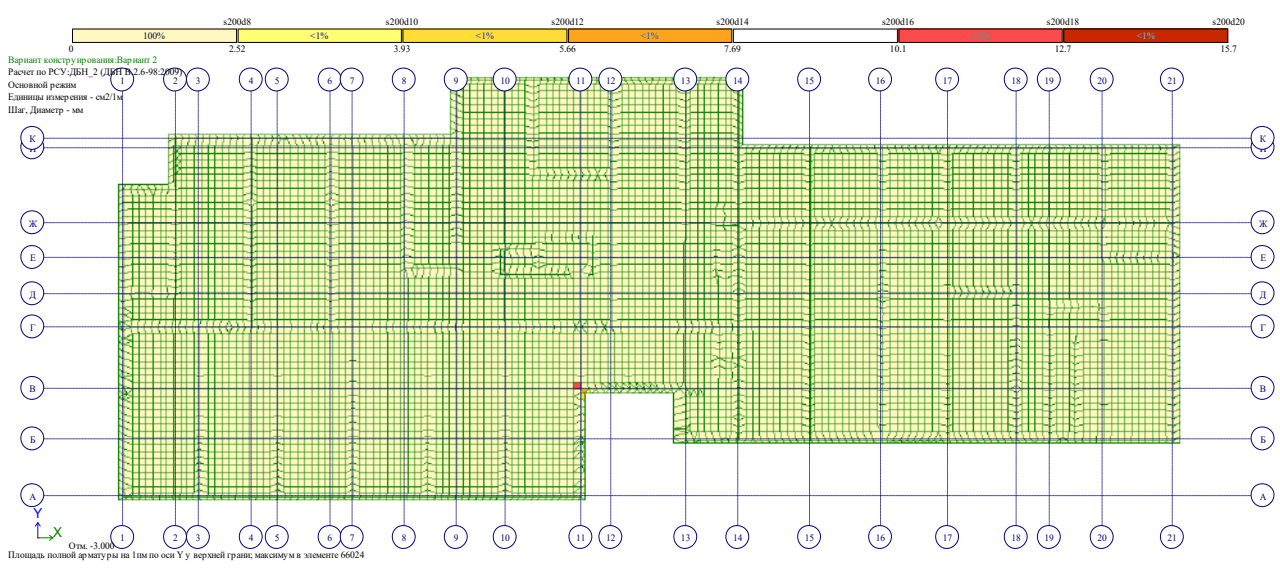
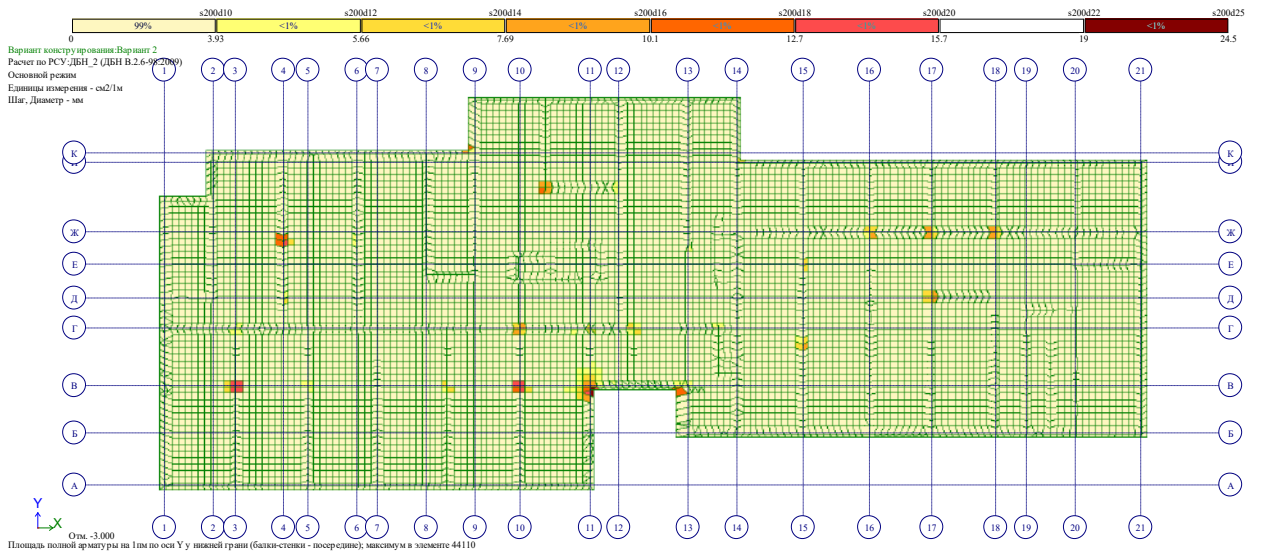
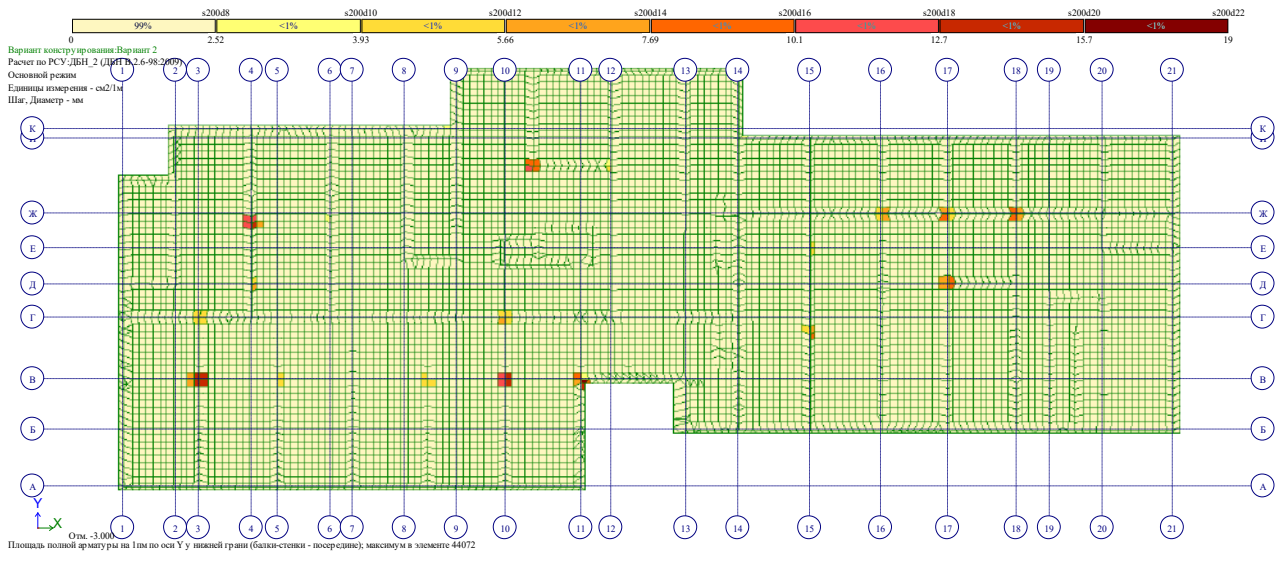
Таблиця 8.7

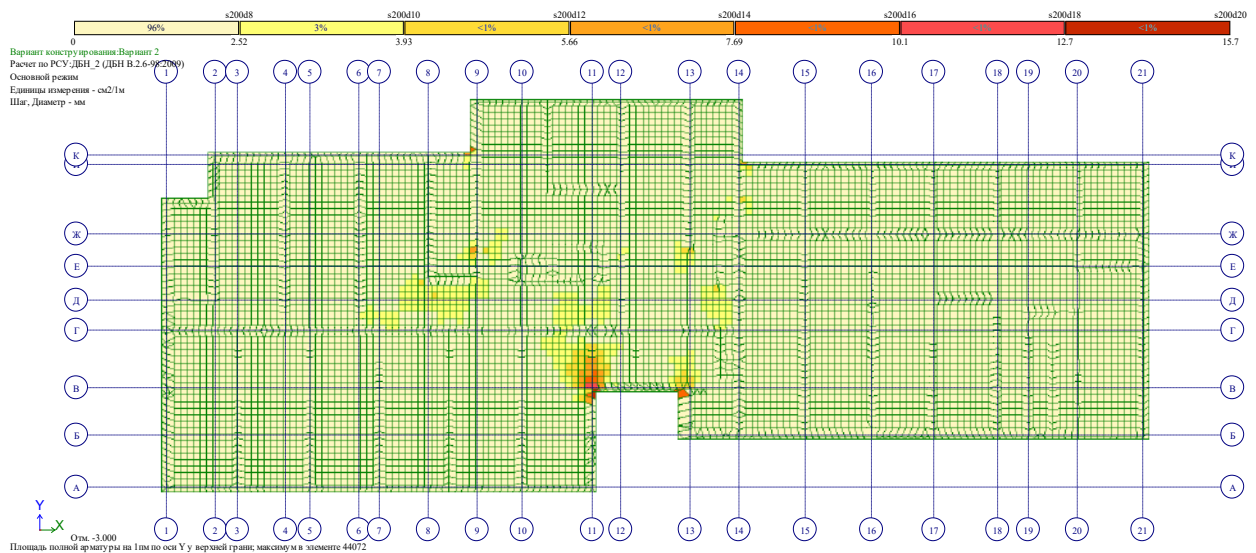
РЗЗ розрахункові

№ елем.	№ стовпця	Група РЗЗ	Критерій	Зусилля (напруження)									№№ заванг.
				Nx (т/м2)	Ny (т/м2)	Txy (т/м2)	Mx (т)	My (т)	Mxy (т)	Qx (т/м)	Qy (т/м)	Rz (т/м2)	
43858	1	A1	1	65,02	65,14	-18,46	-0,31	-0,84	0,36	3,26	-1,68	-5,59	1 10
43858	1	A1	2	9,74	7,10	0,62	-0,21	-1,12	0,87	6,78	-4,96	-7,33	1 3
43858	1	A1	6	12,99	0,47	1,19	-0,21	-1,18	0,97	6,95	-6,61	-7,38	1 2
43858	2	B1	1	75,13	66,83	-19,09	-0,37	-1,45	0,86	7,04	-5,24	-8,68	1 2 3 6 7 9 10
43858	2	B1	2	8,87	6,82	1,03	-0,20	-1,11	0,88	6,84	-5,01	-7,33	1 3 8
43858	2	B1	5	67,59	69,56	-18,38	-0,33	-1,15	0,62	5,44	-3,04	-7,30	1 3 6 8 9 10
43858	2	B1	6	17,78	4,44	0,33	-0,24	-1,50	1,20	8,99	-7,80	-9,09	1 2 3 6 7 9
43858	2	B1	7	67,12	70,55	-18,27	-0,33	-1,16	0,62	5,47	-3,11	-7,32	1 3 6-7 9 10
43858	2	B1	12	14,33	-0,26	0,66	-0,21	-1,18	0,95	6,86	-6,49	-7,37	1 2 7
43858	2	B1	13	15,09	5,88	1,38	-0,23	-1,50	1,23	9,16	-8,04	-9,12	1 2 3 6-7 9









Таблиця 8.8

Напружено-деформований стан фундаментної плити

з урахуванням температурного впливу та без урахування температурного впливу

№ п/п	Найменування параметру	Без урахування температурного впливу, т/м ²	З урахуванням температурного впливу, т/м ²
1	Мозаїка напружень по N_x	-47.2/304	-88/+279
2	Мозаїка напружень N_y	-67.8/204	-85.7/+189
3	Момент M_x	-1.61/+19.3	-2.03/+20
4	Момент M_y	-2.04/+15.9	-2.38/+17
5	Момент M_{xy}	-3.19/+5.38	-4.37/+5.43
6	Поперечна сила Q_x	-40.9/+80.8	-53.7/+80.1
7	Поперечна сила Q_y	-55.5/91.5	-58.5/+89.6

За результатами розрахунку фундаментної плити з врахуванням кліматичних факторів можна зробити такі висновки:

1) При спільному впливі на фундаментну плиту вигину та розтягування, спричинених температурними змінами, спостерігається незначне збільшення потрібної площі армування. Навантаження розтягування передається на ліфтово-сходовий блок в осях 8-9 та 13-14. Існуючого армування, передбаченого в проекті (основного та додаткового), достатньо для компенсації заданих температурних навантажень без необхідності в додаткових конструктивних рішеннях;

2) Потрібно виключити жорстке кріплення фундаментної плити до основи для уникнення появи та розширення температурних деформаційних тріщин;

3) Для зменшення навантажень від температурних деформацій рекомендується передбачити тимчасові температурні шви у плитах перекриттів (на 1-3 поверхах);

4) Конструкції, що розташовані вище фундаментної плити (особливо колони), повинні бути розраховані на навантаження від температурних деформацій, з урахуванням переміщень плити, отриманих в результаті розрахунків (з запасом міцності, як для вільно розташованої конструкції).

Висновок

1) Аналіз наукової та технічної літератури демонструє, що врахування температурних впливів при розрахунках будівельних конструкцій залишається недостатньо вивченим питанням. Існуючі у вітчизняній практиці методи аналізу термонапруженого стану розрізнені, а також відсутні нормативні документи, які б регулювали облік температурних впливів у цивільних конструкціях.

2) Розроблено алгоритм для оцінки термонапруженого стану залізобетонної фундаментної плити з урахуванням температурних впливів у програмному комплексі ЛІРА САПР.

3) Температурні кліматичні фактори можуть, за певних умов, суттєво змінювати напружено-деформований стан будівель та споруд. В окремих випадках їх вплив може бути ключовим при визначенні розмірів перерізів основних несучих елементів або їх армування.

4) Необхідно ретельно підходити до визначення вихідних розрахункових характеристик температурних впливів (початкова температура) та враховувати процес об'єднання окремих частин будівлі або споруди в єдиний блок (температура замикання).

5) У деяких ситуаціях можна використовувати конструктивні методи для нівелювання впливу температурного навантаження на каркас будівлі (мінімізувати різницю між температурою навколишнього середовища та з'єднувальних елементів). Прикладом є кінцеве замонолічування деформаційних швів після зведення каркасу та стабілізації температури всіх конструкцій і середовища.

Отримані алгоритми можуть бути корисними для інженерів-конструкторів проектних організацій, а також студентів будівельних вузів, що навчаються за напрямом «Будівництво».

Використана література

Характеристика джерела	Бібліографічний опис
Нормативні документи зі стандартизації	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови
	ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Суміші бетонні та бетон. Загальні ТУ
	ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
	ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови
	ДСТУ EN 197-5:2022 Цемент. Частина 5. Портланд-композитний цемент СЕМ II/СМ та композитний цемент СЕМ VI (EN 197-5:2021, IDT)
	ДСТУ EN 14216:2019 Цемент. Склад, специфікації та критерії відповідності для спеціальних цементів з дуже низьким рівнем тепла (EN 14216:2015, IDT)

	ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення
	ДБН В.2.2-25:2009 Будинки і споруди. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)
Книги: - один автор	Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К.: Вид-во ін-ту УкрНДІПСК, 1990. – 185 с.
	Олександровський С.В. Розрахунок бетонних та залізобетонних конструкцій на зміни температури та вологості з урахуванням повзучості – Хар-ків: ХНАМГ, 2004 – 712 с.
- два автори	Тюленєва В.О., Козій І.С. Основи метеорології і кліматології. – Суми: Університетська книга, 2014. — 210 с.
	S. Mindess Concrete : textbook / S. Mindess, J. F. Young - 2nd Edition. – Upper Saddle River : Prentice-Hall, 2003. – 644 с.
- група авторів	Навантаження та впливи на будівлі та споруди / Гордєєв В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинський В.А., Перельмутер А.В., Пічугін С.Ф. Під заг. ред. А.В. Перельмутера. – К: Вид-во СКАД СОФТ, 2009. - 528 с.
	Будівельна теплофізика // Укл.: Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. – Хар-ків: ХНАМГ, 2007. – 100 с.