

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Проект багатоповерхової житлової будівлі у Заліщиках з
дослідженням роботи фундаменту»

Виконав: студент VI курсу, групи МБм-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Давідчук В.А.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

(підпис)

Підгурський І.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мещерякова О.М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ясній В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Кошалко С.А.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Давідчуку Володимирі Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект багатоповерхової житлової будівлі у Заліщиках з дослідженням роботи фундаменту

Керівник роботи Підгурський Іван Миколайович, кандидат технічних наук, доцент каф. БМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 20 » листопада 2023 року № 4/7-1073

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – м. Заліщики, 9-поверховий житловий будинок, інженерно-геологічні умови, стрічкові фундаменти, цегляні стіни, плоский дах, рулонна покрівля

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Архітектурно-будівельний розділ. Розрахунково-конструктивний розділ. Науково-дослідний розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
План 1-го поверху. План типового поверху. План покрівлі. План фундаментів. Схема плит перекриття. Дослідження напружено-деформівного стану стрічкових фундаментів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Планувальна структура і об’ємно-просторова композиція	8
1.2 Конструктивні рішення будинку	9
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	12
2.1 Вибір типу фундаменту	12
2.2 Загальна послідовність проектування фундаментів мілкового закладання	12
2.3 Навантаження на фундамент 9-поверхового будинку	13
2.4 Фізико-механічні характеристики ґрунтів	14
2.5 Вибір глибини закладання стрічкового фундаменту	14
2.6 Встановлення розмірів підшви фундаменту	15
2.7 Визначення фактичного тиску під підшвою фундаменту:	16
2.8 Визначення осідання фундаментів	18
2.8.1 Основи методу пошарового підсумовування	18
2.8.2 Розрахунок осідань фундаменту під зовнішньою стіною	19
2.8.3 Розрахунок осідань фундаментів під внутрішньою несучою стіною	22
2.9 Моделювання суцільних стрічкових фундаментів в програмному комплексі ЛІРА-САПР	26
2.10 Дослідження монолітної подушки стрічкового фундаменту	27
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ	34
3.1 Ефективні конструкції стрічкових фундаментів	34

3.2	Моделювання напружено-деформівного стану основи стрічкового фундаменту при кроці між фундаментними подушками 300 мм	34
3.3	Моделювання напружено-деформівного стану основи стрічкового фундаменту при кроці між фундаментними подушками 600 мм	40
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....		49
4.1	Вимоги безпеки при роботі з даховими кранами	49
4.2	Захисні споруди цивільного захисту.....	52
4.3	Заходи цивільного захисту з вибухопожежної та пожежної безпеки .	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		58
БІБЛІОГРАФІЯ		59

ВСТУП

За останні десятиліття в проєктуванні і будівництві будівель і споруд досягнуті значні успіхи – суттєво підвищились як технічні, так і економічні характеристики завдяки застосуванню інноваційних будівельних матеріалів та технологій. Одночасно удосконалюється теорія їх розрахунку завдяки широкому застосуванню сучасних спеціалізованих комп'ютерних пакетів прикладних програм.

Інтенсивно продовжує розвиватися і фундаментобудування. Принципово змінилася методологія проєктування фундаментів будівель і споруд. Розрахунки основ, як одні з найскладніших при проєктуванні будівель і споруд виконуються на сучасних комп'ютерах за допомогою спеціалізованих геотехнічних програм, в які входять чисельні та аналітичні моделі і методи розрахунку спільної роботи систем “фундамент-основа”.

При цьому необхідно, щоб конструкції будівель і споруд, у тому числі фундаменти були придатними для використання за призначенням протягом конкретного терміну служби, тому вони повинні мати достатню несучу здатність і жорсткість. З іншого боку конструкції будівель повинні бути ефективними.

У зв'язку з цим **актуальність теми** зумовлена потребою вибору прогресивних конструкцій, та конструктивних схем, які є раціональними в техніко-економічному відношенні при спорудженні будівель і споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Проєктування та дослідження виконане відповідно до тематичних наукових досліджень кафедри будівельної механіки ТНТУ ім. І. Пулюя та державних програм надійності та економічності будівельних конструкцій і виробів.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування багатопверхового житлового будинку із застосування ефективних конструктивних рішень, зокрема фундаменту із застосуванням відповідних методик розрахунку.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

– проаналізувати існуючі конструкції стрічкових фундаментів;

- вибрати ефективні рішення для стрічкових фундаментів;
- провести розрахунок фундаментів у відповідності з існуючими нормативними документами;
- здійснити моделювання стрічкових фундаментів з раціональними схемами конструктивного виконання.

Об’єкт досліджень – стрічкові фундаменти з суцільною та перервичастою фундаментними подушками.

Предметом досліджень є напружено-деформівний стан ґрунту основи при суцільній та переривчастій фундаментній подушці.

Методи дослідження. У магістерській роботі використано аналітичний метод дослідження при оцінці осідання основи, комп’ютерне моделювання напружено-деформівного стану системи “будівля – фундамент – основа”, яке методом скінчених елементів реалізоване в ПК “ЛІРА-САПР” для суцільного стрічкового фундаменту, а також переривчастих стрічкових фундаментів з розривами різної ширини між фундаментними подушками і методи порівняльного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у дослідженні напружено-деформівного стану системи “ фундамент – основа” суцільних стрічкових фундаментів, а також переривчастих стрічкових фундаментів з розривами різної ширини між фундаментними подушками.

Практичне значення отриманих результатів – проєктування ефективних варіантів стрічкових фундаментів з визначенням їх раціональних параметрів.

Достовірність результатів досліджень полягає у коректному порівнянні результатів розрахунку аналітичними методами, що реалізуються на основі норм з комп’ютерним аналізом методом скінчених елементів апробованих пакетів спеціалізованих програм.

Апробація результатів магістерської роботи виконана на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій».

Публікації результатів магістерської роботи.

І. М. Підгурський, к.т.н., доцент, Д. З. Биків, А. М. Топільчук, В. А. Давідчук Дослідження напружено-деформівного стану конструкцій сталевих каркасів // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – 81-82 с.

Ключові слова: стрічковий фундамент, переривчаста фундаментна подушка, моделювання, метод скінчених елементів

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Планувальна структура і об'ємно-просторова композиція

Архітектурно-планувальне вирішення об'єкта житлового призначення (9-поверхового будинку в місті Заліщики), на відведеній земельній ділянці площею 9932 м², прийняте з врахуванням існуючої мережі вулиць та доріг, рельєфу території, зон різного функціонального призначення, з ув'язкою з існуючою та перспективною об'ємно-просторовою структурою даного мікрорайону в цілому.

Об'ємно-просторове та структурно-планувальне вирішення забудови ґрунтується на функціональному ув'язанні будівлі зі сформованою житловою та громадською забудовою території в цілому, а також з ув'язанням основних транспортних мереж.

Таким чином територія ділянки забудови розглядається як єдиний житловий комплекс з транспортною та обслуговуючою сферами існуючої забудови та перспективної забудови.

Для мешканців житлового будинку в дворі та за його межами запроєктовані майданчики (дитячий, для відпочинку дорослих, для сушіння білизни, для чистки домашніх речей, для закритих сміттєзбірників, а також тимчасової стоянки автомобілів).

На всіх стоянках для тимчасової стоянки автомобілів передбачені покриття газонними решітками (екопарковка).

Проєктом передбачене мощення проїздів та підходів, що при прийнятних нахилах забезпечує нормальний стік атмосферних вод із ділянки забудови з подальшим відводом в дощову каналізацію міста.

На вільній від забудови і мощення території передбачена посадка дерев і кущів, а також газони із багаторічних трав.

Набір квартир у будинку – одно, двох, три і чотирикімнатні різного планування конфігурації та площі. Це дає можливість розміщення квартири різного планування і забезпечити нормативну величину інсоляції.

Квартири мають балкони або лоджії. Є ліфт. Для маломобільних верств населення при вході в кожен під'їзд, передбачено пандуси. Від входу в під'їзд до першої зупинки ліфта передбачаються шахтні підйомники GABILIFT розмірами 1100x1400мм пот. 220В/0.75 кВт, а також передбачено підвісний (стельовий) електричний сходовий підйомник БК 021 М для переміщення в кріслі-колясці, навіть по складній траєкторії. У будинку передбачено пасажирський ліфт вантажопідйомністю 630 кг із зупинками на кожному поверсі.

На віддалі до 50 метрів від входу передбачено стоянки або гаражі для інвалідів. В місцях пересічення тротуарів з дорожніми проїздами передбачено понижений бордюр.

У дворі будинку передбачено майданчики для дітей та дорослих, а також господарські майданчики.

Майданчик для сміттєзбірників винесено за межі забудови, що захищає мешканців будинку від шуму і виключає заїзд сміттєвозів на ділянку забудови.

Під'їзди і підходи мостяться плиткою та асфальтобетоном, газони засіваються багаторічними травами щоб уникнути ерозії ґрунтів.

Орієнтація квартир по сторонах світу запроєктована так, що забезпечує величину інсоляції 2,5 год. в кожній із квартир.

Запроєктований будинок не затіняє сусідні будинки та ділянки і не створює додаткових вітрових впливів на сусідні будівлі.

1.2 Конструктивні рішення будинку

Будівельні конструкції і основи повинні відповідати наступним вимогам:

- сприймати без руйнувань і недопустимих деформацій впливи, що виникають під час їх зведення і протягом встановленого терміну експлуатації;
- мати нормальну роботоздатність в умовах нормальної експлуатації протягом встановленого терміну експлуатації.

Термін експлуатації житлового будинку становить 100 років.

Коефіцієнт надійності за відповідальністю визначається для першої групи граничних станів, категорії конструкцій А (стіни і перекриття) 1,1.

Категорії конструкцій Б – 1,05,

Категорія конструкцій В – 1,0.

Для другої групи граничних станів коефіцієнт надійності за відповідальністю становить 0,975.

Проектом передбачено влаштування несучих зовнішніх а також внутрішніх стін.

Зовнішні стіни утеплюють пінополістиролом.

Фундаменти запроєктовані збірні залізобетонні.

Перекриття влаштовані зі збірних кругло пустотних залізобетонних плит.

В будинку прийнято конструкції, що забезпечують II ступінь вогнестійкості.

Для зниження шуму до нормативного запроєктовано:

- старанне заповнення стиків і швів на всю товщину перегородок із стінами, між собою, між верхньою площиною і панелями перекриття цементним розчином, або пінополістиролом;

- особливо старанне заповнення швів на всю висоту між панелями перекриття;

- заізоляцію стиків віконних виробів в стіні і між собою;

- влаштування звукопоглинаючої прокладки з виводом її із під стяжки на стіни;

- зароблення місць проходження інженерних комунікацій через конструкції будинку;

- обладнання входних дверей в будинок і в підвали приладами для безшумного закриття, та ущільнювачами.

У будинку передбачено влаштування пасажирського ліфта вантажопідйомністю 630кг, швидкістю 1 м/сек.

Ліфт має 9 зупинок.

Ліфтові шахти цегляні, стіни машинного відділення цегляні, перекриття залізобетонні.

Вхід в машинне відділення ліфта передбачено із сходової клітки.

Монтаж та обслуговування ліфтів виконується спеціалізованою ліцензованою організацією. Для маломобільних верств населення до входу в будинок передбачено пандуси від входу до першої зупинки ліфта передбачаються місця для встановлення шахтних або підвісних підйомників.

Об'єкт будівництва забезпечений всіма заходами по захисту від сейсміки. Сейсмічність ділянки 6 балів.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Вибір типу фундаменту

Основним завданням, яке повинен виконувати фундамент є передавання навантаження від несучих конструкцій будівлі чи споруди на ґрунти основи. Іншою, не менш важливою задачею фундаментів є неперевищення значень допустимих осідань фундаментів.

Зважаючи на те, що проєктована будівля є безкаркасною, запропоновано стрічковий тип фундаментів, які застосовуються, як правило, для передавання на ґрунти погонного навантаження. Стрічкові фундаменти є основним типом фундаментів мілкового закладання, які застосовуються для різних інженерно-геологічних умов як у збірному, так і монолітному варіантах.

Зазначимо, що незважаючи на те, що пальові фундаменти відповідають вимогам індустріальності робіт нульового циклу, а також дозволяють сприймати підвищені навантаження, їх раціональне застосування можливо при наявності у верхніх шарах основи слабких ґрунтів, під якими знаходяться міцніші шари.

Зважаючи на це, на першому етапі розглянемо розрахунок стрічкового фундаменту зі збірного залізобетону.

2.2 Загальна послідовність проєктування фундаментів мілкового закладання

У більшості випадків основні розміри фундаментів мілкового закладання визначають з розрахунку основ за деформаціями (метод граничних станів).

Основні етапи розрахунку []:

- розрахунок навантажень від будівлі на обріз фундаменту;
- оцінка інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов ділянки будівництва;
- визначення нормативних та розрахункових значень характеристик ґрунтів;
- вибір глибини закладання підшви фундаменту;

- встановлення попередніх розмірів подошви фундаменту;
- обчислення розрахункового опору ґрунту основи R і зміна у випадку необхідності геометричних розмірів подошви фундаменту для забезпечення умови $P < R$ (P – тиск по подошві фундаменту) для центрально-навантаженого фундаменту і перевірка крайових тисків для позацентрово-навантаженого фундаменту;
- перевірка напружень по покрівлі підстеляючого шару за його наявності під подошвою фундаменту;
- розрахунок осідань фундаменту мілкого закладання та порівняння величини осідань з гранично допустимими значеннями;
- розрахунок основ за несучою здатністю основи (за необхідності).

2.3 Навантаження на фундамент 9-поверхового будинку

Розрахунок фундаментів виконуємо, беручи до уваги найнесприятливіші можливі поєднання навантажень, які можуть діяти одночасно як в період будівництва, так і під час експлуатації.

Розрахунок за I граничним станом, за яким розраховують фундаменти на протидію проти їх перекидання та проковзування, розрахунок стійкості масиву ґрунту, визначення необхідної арматури у фундаменті, перевірка його геометричних розмірів виконується на розрахункові значення навантажень.

Розрахунки за II граничним станом (розрахунок осідань, розрахунок напружень в ґрунті основи, визначення ширини фундаменту) виконуємо на нормативні значення навантажень.

Тимчасові навантаження, для яких норми встановлюють два значення (повне і понижене) при розрахунках за першим граничним станом беремо з повними значеннями (короткочасні), а при розрахунках за другим граничним станом – з пониженими значенням (довготривалі) [ДБН]

У результаті отримано такі значення навантажень: для зовнішньої несучої стіни – 291,34 кН/м.п., для внутрішньої несучої стіни – 465,74 кН/м.п., для ненесучих стін – 58,2 кН/м.п.

2.4 Фізико-механічні характеристики ґрунтів

За результатами інженерно-геологічних вишукувань на рис. 2.1 та рис. 2.2 представлені фізико-механічні характеристики ґрунтів та умови їх залягання, опрацьовані за методикою системи ҐРУНТ ЛІРА-САПР.

Найменування ґрунту	Колір	Модуль деформації, кН/м ²	Коефіцієнт Пуассона	Питома вага ґрунту, кН/м ³	Коефіцієнт переходу до 2-го модуля деформації	Природна вологість, частки	Показник текучості IL	Вода Лес Насип Органо-	Коефіцієнт пористості е	Вміст рослинних залишків, q	Питоме зчеплення R _c , кН/м ²	Кут внутрішнього тертя F _i , °
Насипний		9806.65	0.3	17.652	5	0.05	0.2		0.7	0	4.90332	16
Пісок пилюватий		17652	0.3	17.1616	5	0.25		W	0.54	0	0.980665	31
Супісок		19613.3	0.3	17.8481	5	0.26	1.1	W	0.72	0	7.84532	22
Суглинок тугоплас		17652	0.35	18.3384	5	0.17	0.26		0.68	0	19.6133	18
Глина напівтверда		21574.6	0.42	18.8288	5	0.02	0.15		0.8	0	49.0332	16

Рисунок 2.1 – Характеристика ґрунтів основи

N	Найменування	Абс.відм. підшви	Потужність шару	Глибина залягання
1	Насипний...	99.00	1.00	1.00
2	Пісок...	96.00	3.00	4.00
3	Супісок...	90.00	6.00	10.00
4	Суглинок...	83.00	7.00	17.00
5	Глина...	70.00	13.00	30.00

Рисунок 2.2 – Характеристика свердловини

2.5 Вибір глибини закладання стрічкового фундаменту

Вибір раціональної глибини закладання фундаментів рекомендовано виконувати з техніко-економічного порівняння різних результатів.

Оскільки під будинком передбачено влаштування підвалу, то глибина закладання підшви фундаменту приймається не менше як 0,5 м нижче його підлоги. Приймаємо відмітку закладання фундаменту -3,95 м з конструктивних

умов. Зазначимо, що подошва фундаменту буде знаходитись у шарі пілуватого піску, який є досить міцним ($E = 17,7$ МПа). Таким чином виконано умову закладання підлоги фундаменту на необхідну глибину, виходячи з інженерно-геологічних умов будівельного майданчика.

2.6 Встановлення розмірів подошви фундаменту

Визначаємо попередній розмір подошви фундаменту за залежністю:

$$b = \frac{N}{R_0 - \gamma_0 d} = \frac{291,34}{150 - 20 \times 3,95} = 2,42 \text{ м,}$$

де N – розрахункове вертикальне навантаження на рівні обрізу фундаменту;

R_0 – розрахунковий опір ґрунту;

$\gamma_0 = 20$ кН/м³ – середнє значення питомої ваги ґрунтової засипки.

Розрахунковий опір ґрунту основи на рівні подошви фундаменту:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{K} (M_\gamma \times K_z \times b \times \gamma_1 + M_q \times d_1 \times \gamma' + (M_q - 1) \times d_b \times \gamma' + M_c \times c_n)$$

де γ_{c1}, γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи;

K – дорівнює 1, якщо міцнісні характеристики ґрунту φ_n і c_n визначені безпосередніми випробуваннями; дорівнює 1,1, якщо взяті з таблиць;

M_γ, M_q, M_c – коефіцієнти, які залежать від кута внутрішнього тертя φ_n ;

K_z – коефіцієнт, який приймається рівним 1, при $b < 10$ і $K_z = \frac{8}{b} + 0,2$, при $b \geq 10$;

b – ширина подошви фундаменту;

c_n – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, який безпосередньо залягає під подошвою фундаменту;

γ_1 – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, які залягають нижче подошви фундаменту. При наявності підземних вод визначається із врахуванням зваженої дії води $\gamma_{взв}$.

γ' – усереднене значення питомої ваги ґрунту, який залягає вище підосви фундаменту;

d_b – глибина підвалу – відстань від рівня планування до підлоги підвалу, м (для споруд із глибиною підвалу більше 2 м приймаємо $d_b = 2$ м);

d_1 – приведена глибина закладання зовнішніх і внутрішніх фундаментів від підлоги підвалу;

Приймаємо подушку ФЛ 24-12-5 ($b = 2400$ мм; $l = 1200$ мм; $h = 500$ мм).

Коефіцієнти для несучого шару ґрунту будуть наступними:

$$\begin{aligned} M_\gamma &= 1,24; & K_z &= 1; \\ M_q &= 5,95; & b &= 2,4 \text{ м}; \\ M_c &= 5,55; & c_n &= 0,98 \text{ кПа}; \\ \gamma_{c1} &= 1,25; & \varphi_n &= 31^\circ; \\ \gamma_{c2} &= 1,1; & d_b &= 2 \text{ м}; \\ K &= 1,0; & d_1 &= 1,22 \text{ м}; \\ \gamma' &= 17,65 \text{ кН/м}^3; & \gamma_1 &= 18,1 \text{ кН/м}^3; \end{aligned}$$

Розрахунковий опір ґрунту, при $b=2,4$ м :

$$R = \frac{1,25 \times 1,1}{1} (1,24 \times 1 \times 2,4 \times 18,1 + 5,95 \times 1,22 \times 17,65 + (5,95 - 1) \times 2 \times 17,65 + 8,55 \times 0,98) = 257,24 \text{ кПа.}$$

2.7 Визначення фактичного тиску під підосвою фундаменту:

Знаходимо середній фактичний тиск під підосвою фундаменту:

$$P = \frac{N + G_\Phi + G_{гр}}{A};$$

Приймаємо фундаментні блоки ФБС 6.24.6-Т ($b = 600$ мм; $l = 2400$ мм; $h = 580$ мм) та ФБС 6.12.6-Т ($b = 600$ мм; $l = 1200$ мм; $h = 580$ мм)

Вага фундаменту:

$$G_\Phi = G_{\Phi_6} + G_{\Phi_{12}} = 42 + 23,5 = 65,5 \text{ кН};$$

Вага ґрунту на уступах фундаменту:

$$G_{гр} = 56,24 \text{ кН};$$

Середній фактичний тиск під подошвою фундаменту:

$$P = \frac{291,34 + 65,5 + 56,24}{2,4} = 172,0 \text{ кПа};$$

Недонапруження під подошвою фундаменту:

$$\frac{R - P}{R} \times 100 \%;$$

$$\frac{257,24 - 172,0}{257,24} \times 100 \% = 33,1\% > 10 \%$$

Виконуємо повторний розрахунок зменшуючи ширину з 2,4 м до 2,0 м.

Вибираємо фундаментну подушку ФЛ 20-12-3 ($b = 2000$ мм; $l = 1200$ мм; $h = 500$ мм).

Розрахунковий опір ґрунту при $b = 2$ м:

$$R = \frac{1,25 \times 1,1}{1} (1,24 \times 1 \times 2,0 \times 18,1 + 5,95 \times 1,22 \times 17,65 + (5,95 - 1) \times 2 \times 17,65 + 8,55 \times 0,98) = 228,04 \text{ кПа}.$$

Вага фундаменту:

$$G_{ф} = G_{фб} + G_{фп} = 36 + 16,25 = 58,25 \text{ кН};$$

Вага ґрунту на уступах фундаменту:

$$G_{гр} = V \times 17,65 = (2,1 \times 0,75 \times 2 \times 1) \times 17,25 = 48,04 \text{ кН};$$

Середній фактичний тиск під подошвою фундаменту:

$$P = \frac{291,34 + 58,25 + 48,04}{2,0} = 198,82 \text{ кПа} < R = 228,04 \text{ кПа};$$

Умова виконується.

Недонапруження під подошвою фундаменту:

$$\frac{R - P}{R} \times 100 \%;$$

$$\frac{228,04 - 198,82}{228,04} \times 100 \% = 12,8 \%$$

Ширина фундаменту є дещо завищеною (>10 %). Тому прийmemo подушку ФЛ 20-12-5 з деяким запасом.

Подібні розрахунки виконані щодо підбору ширини фундаменту для внутрішньої несучої стіни. Вибрано фундаментну подушку ФЛ 28-12-5.

Зазначимо, що аналітичні розрахунки з вибору ширини фундаментів як для зовнішньої, так і для внутрішньої несучих стін співпали з результатами, отриманими в обчислювальному комплексі ЛІРА-САПР (пункт 2.9).

2.8 Визначення осідання фундаментів

2.8.1 Основи методу пошарового підсумовування

Розрахунок основ будівель і споруд за деформаціями полягає в обмеженні деформацій такими значеннями, що забезпечують нормальну експлуатацію інженерних споруд. Для обчислень застосуємо розрахункову схему у вигляді лінійно деформованого півпростору з умовним обмеженням глибини товщі ґрунту, що стискається (метод пошарового додавання).

Метод оснований на тому, що осідання основи фундаменту по центральній осі підшви визначається як сума осідань окремих шарів ґрунту, на які розбивається стискувана товща H_c в межах кожного геологічного шару (рис. 2.3).

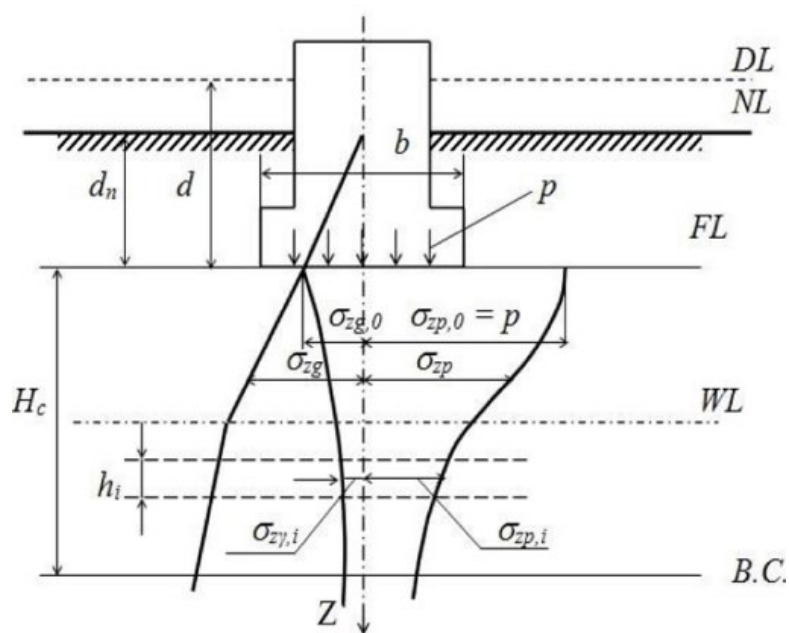


Рисунок 2.3 – Схема розподілу вертикальних напружень в основі під фундаментом

Потужність стискуваної товщі визначається з умови:

$$\sigma_{zp} < 0,2 \sigma_{zg},$$

де σ_{zg} – вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на глибині z .

Осідання основи під фундаментом обчислювали за формулою:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\bar{\sigma}_{zpi} \times h_i}{E_i};$$

β – коректувальний коефіцієнт, $\beta=0,8$;

$\bar{\sigma}_{zpi}$ – усереднене значення додаткових напружень нижче подошви фундаменту:

$$\bar{\sigma}_{zpi} = \frac{\sigma_{zpi(-1)} + \sigma_{zpi}}{2};$$

h_i – товщина елементарного шару; E_i – модуль деформації даного шару;

n – кількість елементарних шарів.

2.8.2 Розрахунок осідань фундаменту під зовнішньою стіною

Визначення ординат епюри σ_{zg} у характерних точках:

1) Напруження на рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{zg0} = \gamma_1 \times h_1 = 17,65 \times 2 = 35,3 \text{ кПа};$$

2) Напруження на подошві другого шару:

$$\sigma_{zgII} = \sigma_{zg0} + \gamma_2 \times h_2 = 35,3 + 17,16 \times 3 = 86,78 \text{ кПа};$$

б) Напруження на подошві третього шару:

$$\sigma_{zgIII} = \sigma_{zgII} + \gamma_3 \times h_3 = 85,8 + 17,85 \times 6 = 193,88 \text{ кПа};$$

За знайденими значеннями ординат епюри σ_{zg} зліва від осі фундаменту будуємо епюру природного тиску ґрунту (рис. 2.4).

Визначаємо додаткові напруження під подошвою фундаменту.

Товщу основи нижче подошви фундаменту розділяємо на окремі елементарні шари ґрунту, товщину яких приймаємо:

$$h_i \leq 0,4 b = 0,25 \times 2 = 0,5 \text{ м};$$

У випадку якщо в межах елементарного перетину потрапляють два різні шари ґрунту, то ці ділянки розглядаються окремо.

Справа від вертикальної осі фундаменту відкладемо додаткові вертикальні напруження σ_{zp} від зовнішнього навантаження отримані по формулі:

$$\sigma_{zp} = \alpha \times P_0;$$

де α – коефіцієнт, який враховує змінну додаткового тиску по глибині, залежить від відносного заглиблення площі елементарного шару:

$$\xi = \frac{2z}{b};$$

де z – відносне заглиблення;

P_0 – додатковий тиск на основу:

$$P_0 = P - \sigma_{zg0};$$

$$P_0 = 228,04 - 35,30 = 192,74 \text{ кПа};$$

Нижня границя стиснутої товщі ґрунту приймається на глибині z , що дорівнює H_C , яку знаходимо з умови:

$$\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zg}$$

Визначаємо додаткові напруження на покрівлі і підшві елементарних шарів у вигляді таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Розподіл напружень під фундаментом

№ точки	Глибина точки, що розглядається від підшви фундаменту z , м	Відносна глибина $\xi = \frac{2z}{b}$, м	Коефіцієнт α	Напруження від власної ваги ґрунту σ_{zg} , кПа	Додаткове напруження на глибині $\sigma_{zp} = \alpha \times P_0$, кПа
0.	0	0	1	35,3	192,74
1.	0,5	0,5	0,983	-	189,46
2.	1,0	1,0	0,818	-	157,66
3.	1,5	1,5	0,673	-	129,71
4.	2	2	0,550	-	106,01
5.	2,5	2,5	0,461	-	88,85
6.	3	3	0,397	86,78	76,52

продовження таблиці 2.1

7.	3,5	3,5	0,345	-	66,50
8.	4	4	0,306	-	58,98
9.	4,5	4,5	0,272	-	52,43
10.	5	5	0,248	-	47,80
11.	5,5	5,5	0,228	-	43,94
12.	6	6	0,208	-	40,09
13.	6,5	6,5	0,195	-	37,58
14.	7	7	0,180	158,18	34,69
15.	7,5	7,5	0,168	167,11	32,38

Оскільки умова $32,38 \leq 0,2 \times 167,11 = 33,42$ виконується, то розрахунок зупиняємо на 15 точці.

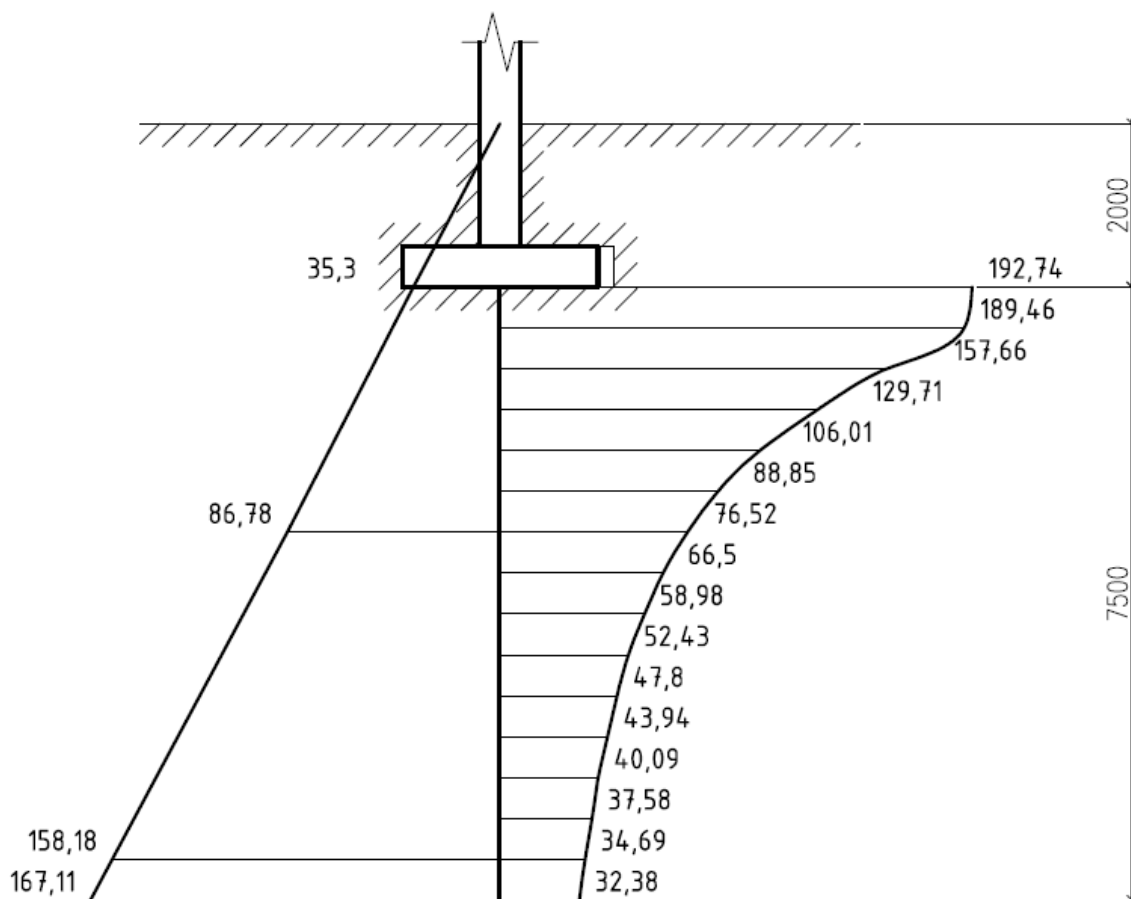


Рисунок 2.4 – Епюри природного тиску та додаткових напружень під фундаментом зовнішньої стіни будинку

Значення осідань кожного елементарного шару наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Осідання елементарних шарів ґрунту основи

№ шару	Додаткове напруження σ_{zp} , кПа			E, кПа	Товщина шару h_i , см	Осідання S_i , см
	σ_{zp} верхнє	σ_{zp} нижнє	$\bar{\sigma}_{zp}$			
1.	192,74	189,46	191,10	17652	50	0,43
2.	189,46	157,66	173,56	17652	50	0,39
3.	157,66	129,71	143,69	17652	50	0,33
4.	129,71	106,01	117,86	17652	50	0,27
5.	106,01	88,85	97,43	17652	50	0,22
6.	88,85	76,52	82,69	17652	50	0,19
7.	76,52	66,50	71,51	19651	50	0,15
8.	66,50	58,98	62,74	19651	50	0,13
9.	58,98	52,43	55,70	19651	50	0,11
10.	52,43	47,80	50,11	19651	50	0,10
11.	47,80	43,94	45,87	19651	50	0,09
12.	43,94	40,09	42,02	19651	50	0,09
13.	40,09	37,58	38,84	19651	50	0,08
14.	37,58	34,69	36,14	19651	50	0,07
15.	34,69	32,38	33,54	19651	50	0,07

Осідання основи:

$$S = \sum S_i = 2,72 \text{ см} \leq 12 \text{ см}$$

2.8.3 Розрахунок осідань фундаментів під внутрішньою несучою стіною

Розрахунок осідань фундаментів під внутрішньою несучою стіною виконані за методикою, яка використана для зовнішніх стін, і представлена у вигляді таблиць (таблиці 2.3 та 2.4), а також рис. 2.5. Так у таблиці 2.3 представлені розрахункові значення напружень в шарах ґрунту від власної ваги та додаткового тиску під внутрішньою подушкою фундаменту; на рис. 2.5 – епюри природного тиску та додаткових напружень під фундаментом внутрішньої стіни будинку; у

таблиці 2.4 – результати пошарового осідання ґрунтів під фундаментною подушкою внутрішньої несучої стіни.

Таблиця 2.3 – Визначення напружень, в шарах ґрунту від власної ваги та додаткового тиску під внутрішньою подушкою фундаменту

№	Глибина точки від підшви	Відносна глибина	α	Напруж від власної ваги ґрунт	Додаткове напруж
	Z, м	$\xi=2*Z/b$		σ_{zg} , кПа	σ_{zp} , кПа
0	0,00	0,0	1	35,30	220,06
1	0,50	0,4	0,977	43,88	215,00
2	1,00	0,7	0,905	52,46	199,15
3	1,50	1,1	0,787	61,04	173,19
4	2,00	1,4	0,699	69,62	153,82
5	2,50	1,8	0,596	78,20	131,16
6	3,00	2,1	0,532	86,78	117,07
7	3,50	2,5	0,463	95,71	101,89
8	4,00	2,9	0,409	104,63	90,00
9	4,50	3,2	0,374	113,56	82,30
10	5,00	3,6	0,337	122,48	74,16
11	5,50	3,9	0,314	131,41	69,10
12	6,00	4,3	0,287	140,33	63,16
13	6,50	4,6	0,269	149,25	59,20
14	7,00	5,0	0,249	158,18	54,79
15	7,50	5,4	0,231	167,10	50,83
16	8,00	5,7	0,219	176,03	48,19
17	8,50	6,1	0,205	184,95	45,11
18	9,00	6,4	0,196	193,87	43,13
19	9,50	6,8	0,185	203,04	40,71
20	10,00	7,1	0,178	212,21	39,17

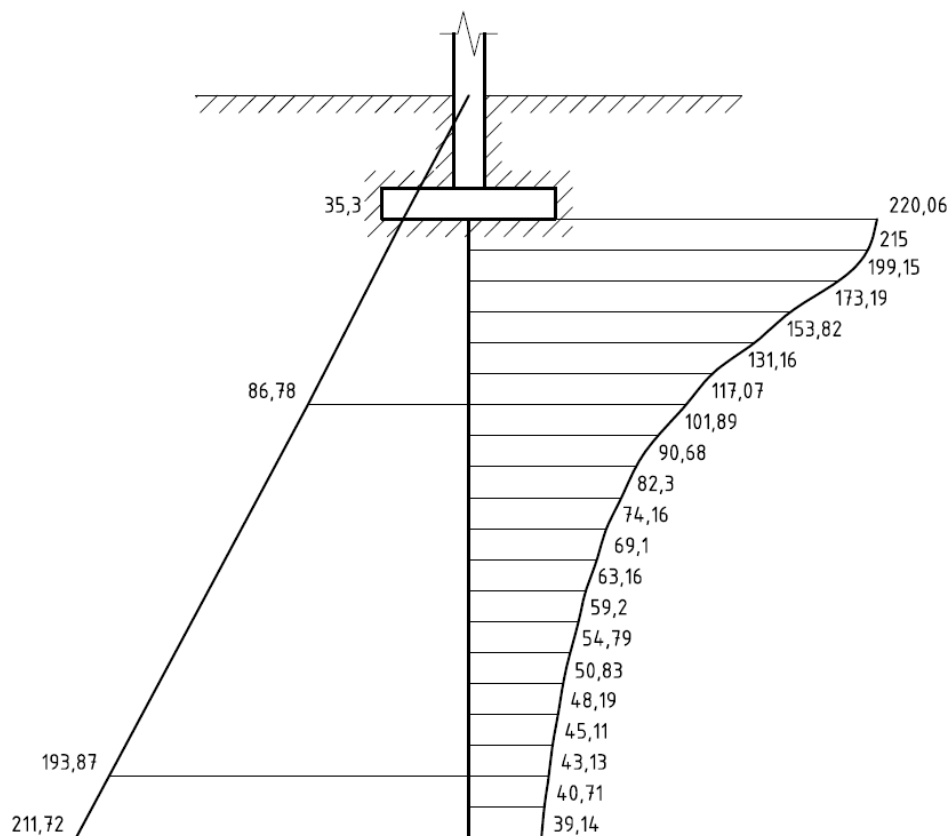


Рисунок 2.5. – Епюри природного тиску та додаткових напружень під фундаментом внутрішньої стіни будинку

Таблиця 2.4 – Визначення осідання основи під подошвою внутрішнього фундаменту

№ шару	Додаткове напруження			Модуль деформації	Товщина шару	Осідання шару
	На покрівлі шару	На подошві шару	Середнє значення			
	$\sigma_{zp,B}$, кПа	$\sigma_{zp,H}$, кПа	$\sigma_{zp,i}$, кПа			
1	220,06	215,00	217,53	17652	50	0,49
2	215,00	199,15	207,08	17652	50	0,47
3	199,15	173,19	186,17	17652	50	0,42
4	173,19	153,82	163,50	17652	50	0,37
5	153,82	131,16	142,49	17652	50	0,32

продовження таблиці 2.4

6	131,16	117,07	124,11	17652	50	0,28
7	117,07	101,89	109,48	19613	50	0,22
8	101,89	90,00	95,95	19613	50	0,20
9	90,00	82,30	86,15	19613	50	0,18
10	82,30	74,16	78,23	19613	50	0,16
11	74,16	69,10	71,63	19613	50	0,15
12	69,10	63,16	66,13	19613	50	0,13
13	63,16	59,20	61,18	19613	50	0,12
14	59,20	54,79	57,00	19613	50	0,12
15	54,79	50,83	52,81	19613	50	0,11
16	50,83	48,19	49,51	19613	50	0,10
17	48,19	45,11	46,65	19613	50	0,10
18	45,11	43,13	44,12	19613	50	0,09
19	43,13	40,71	41,92	17652	50	0,09
20	40,71	39,17	39,94	17652	50	0,09
Загальне осідання основи						4,21

Осідання основи під подушкою внутрішнього фундаменту становить $S = 4,21$ см, що менше граничного значення для багатопверхових житлових будівель $S_{ult} = 12$ см.

Внутрішня несуча стіна є найбільш навантаженою, тому осідання ($S = 4,21$ см) під подошвою фундаменту виявилось вищим, ніж під зовнішніми стінами ($S = 2,72$ см). Ці осідання не перевищують гранично допустимих значень для такого типу будівель ($S_{ult} = 12$ см).

Зазначимо, що отримані значення осідань основ під подошвою фундаментів як зовнішніх, так і внутрішніх несучих стін є досить близькими до результатів, отриманих за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ЛІРА-САПР (пункт 2.9).

2.9 Моделювання суцільних стрічкових фундаментів в програмному комплексі ЛІРА-САПР

У сучасній практиці проектування все частіше застосовують чисельні методи розрахунку конструкцій, які є досить зручними для математичного і комп'ютерного моделювання будівель і споруд. Особливо важливими і необхідними такі розрахунки виявились при проектуванні фундаментів. Це пояснюється тим, що фізико-механічні властивості ґрунтів є набагато складнішими, ніж властивості інших матеріалів, які використовуються в будівництві інших будівельних конструкцій. Для врахування спільної роботи “будівля-фундамент-основа” застосовують значну кількість математичних моделей, які описують цю сумісну роботу. Для їх реалізації застосовують сучасні програмні комплекси. Одним з таких обчислювальних комплексів є ЛІРА-САПР, у якому проведено розрахунок та моделювання фундаментів під будівлею. В основі обчислень лежить метод скінчених елементів. Виконано розрахунок стрічкового фундаменту для житлової багатоповерхової будівлі.

Стрічкові фундаменти застосовують у безкаркасних будівлях для передавання, як правило погонного навантаження. Вони поділяються на паралельні і перехресні стрічкові фундаменти і складаються з нижньої стрічки (подушки – збірної чи монолітної) і вертикальної стінки найчастіше – зі збірних фундаментних блоків.

Як показав аналітичний розрахунок для забезпечення міцності і жорсткості фундаментів запроєктовано фундаментні подушки ФЛ-28-12-5 (під внутрішню несучу стіну) та ФЛ-20-12-5 (під зовнішні несучі стіни), замінимо ці збірні залізобетонні подушки на монолітну подушку таких же розмірів і далі порівняємо результати досліджень суцільної стрічки з такою, яка виконана з розривами деякої ширини (розділ 3).

2.10 Дослідження монолітної подушки стрічкового фундаменту

Ширина фундаментної подушки під зовнішньою несучою стіною – 2 м, під внутрішньою несучою стіною – 2,8 м, під не несучими стінами – 1,2 м.

Ширина фундаментного блоку, через який передається на вантаження на подушку, для несучих стін – 0,6 м, для не несучих стін – 0,5 м.

Скінчено-елементна модель монолітної фундаментної подушки представлена на рис. 2.6. Середній розмір скінчених елементів становить 300 мм.

Навантаження приймаємо: для зовнішньої несучої стіни – 291,34 кН/м.п., для внутрішньої несучої стіни – 465,74 кН/м.п., для ненесучих стін – 58,2 кН/м.п (пункт 2.3). Розподіл навантаження представлений на рис. 2.7

Завантаження 1

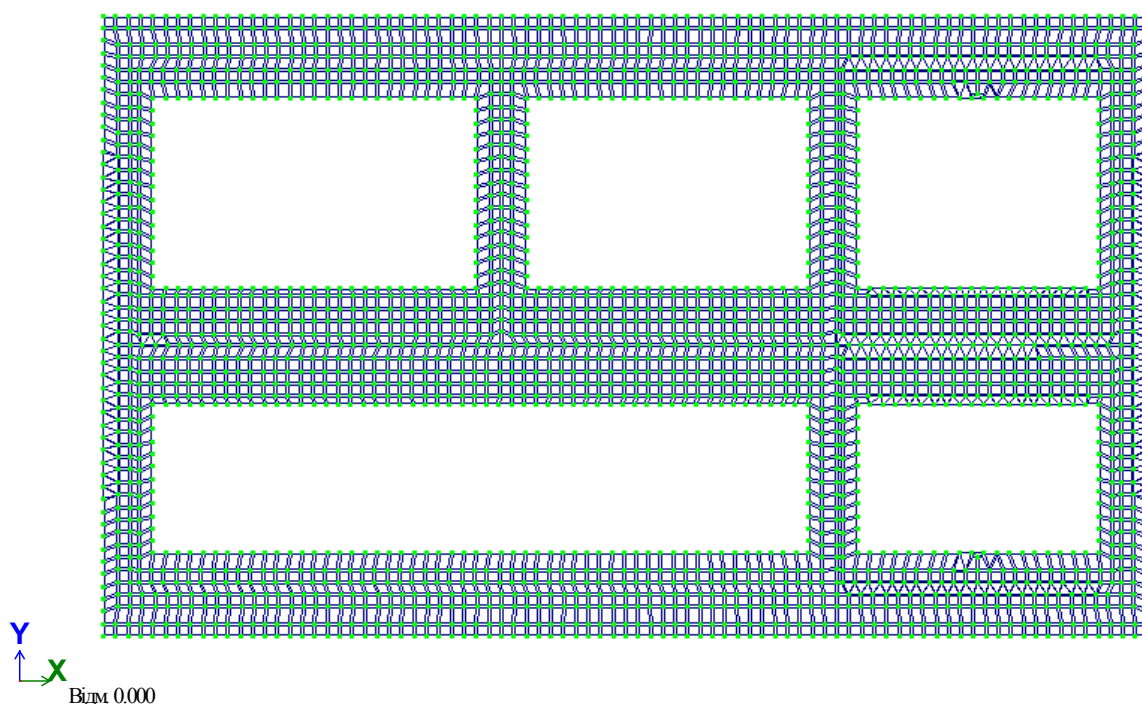


Рисунок 2.6 – Скінчено-елементна модель фундаментної подушки

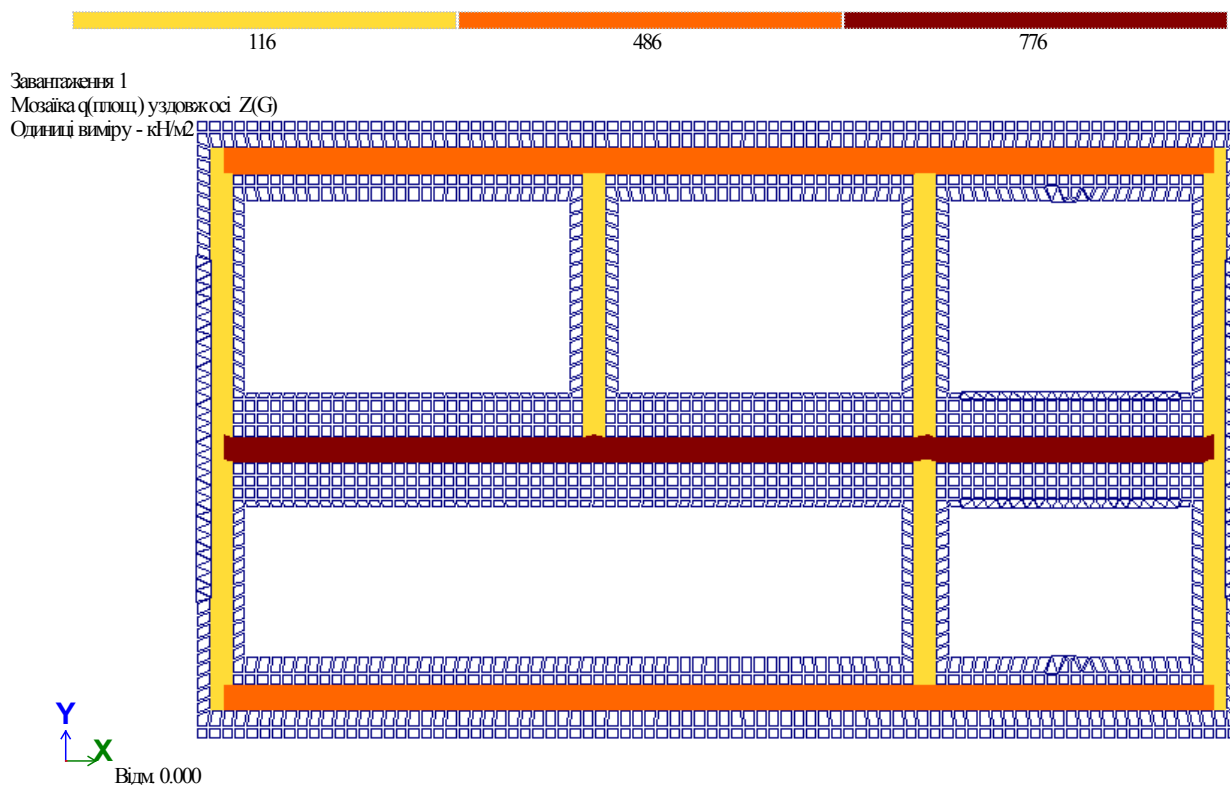


Рисунок 2.7 – Навантаження на фундаментну подушку, кН/м²

У програмному комплексі ЛІРА-САПР у взаємодії із системою ГРУНТ пропонуються декілька математичних моделей для розрахунку основи (визначення коефіцієнтів постелі, осідання, розрахункового опору, напруження в ґрунті та модуля деформації по глибині). Комп'ютерна модель основи у цьому випадку моделюється за допомогою коефіцієнтів жорсткості пружної основи (коефіцієнти постелі).

Для розрахунку гнучких стрічкових фундаментів застосовуємо модель Відклера. Модель Вінклера (метод місцевих пружних деформацій) базується на припущенні про прямо пропорціональну залежність між осіданням і усередненим тиском p під подошвою фундаменту [9, 10]:

$$p = C_1 \cdot S,$$

де C_1 – коефіцієнт постелі, який характеризує фізичні властивості ґрунтової основи (рис. 2.8).

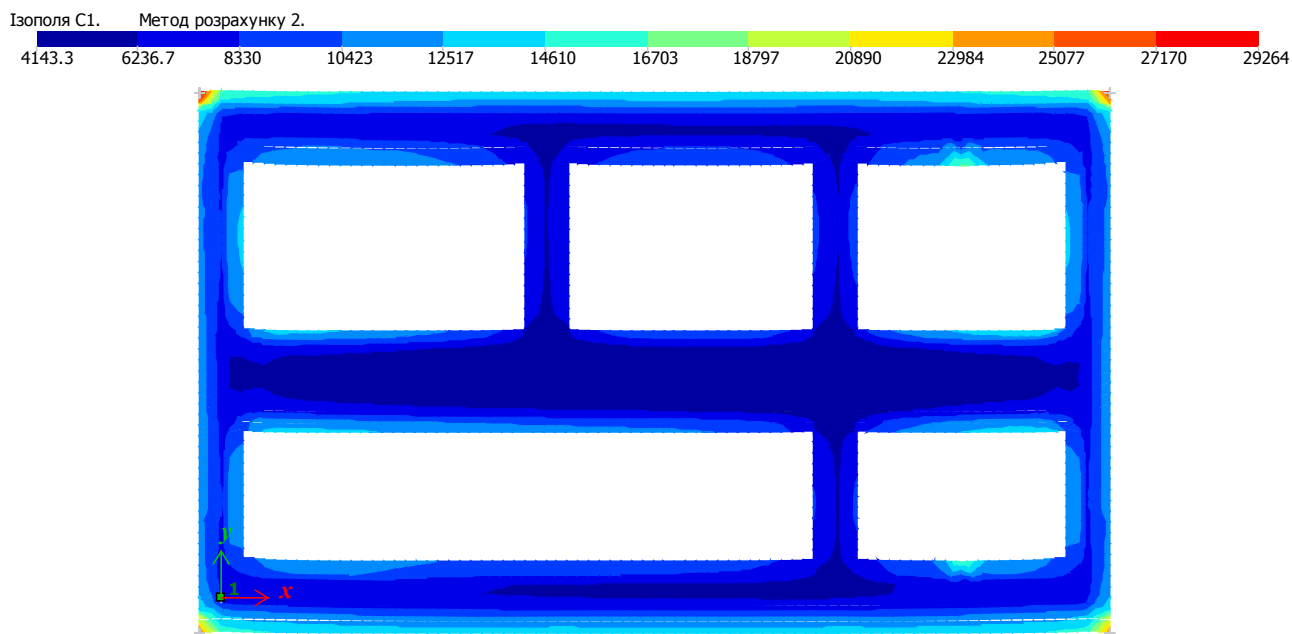


Рисунок 2.8 – Коефіцієнти постелі основи C_1 , кН/м^3

У результаті розрахунку сумісної роботи системи “основа-фундамент-будівля” отримана картина осідань масиву ґрунту під фундаментом (рис. 2.9), розраховано глибину стиснутої товщі основи (рис. 2.10) та прогини монолітної фундаментної подушки (рис. 2.11).

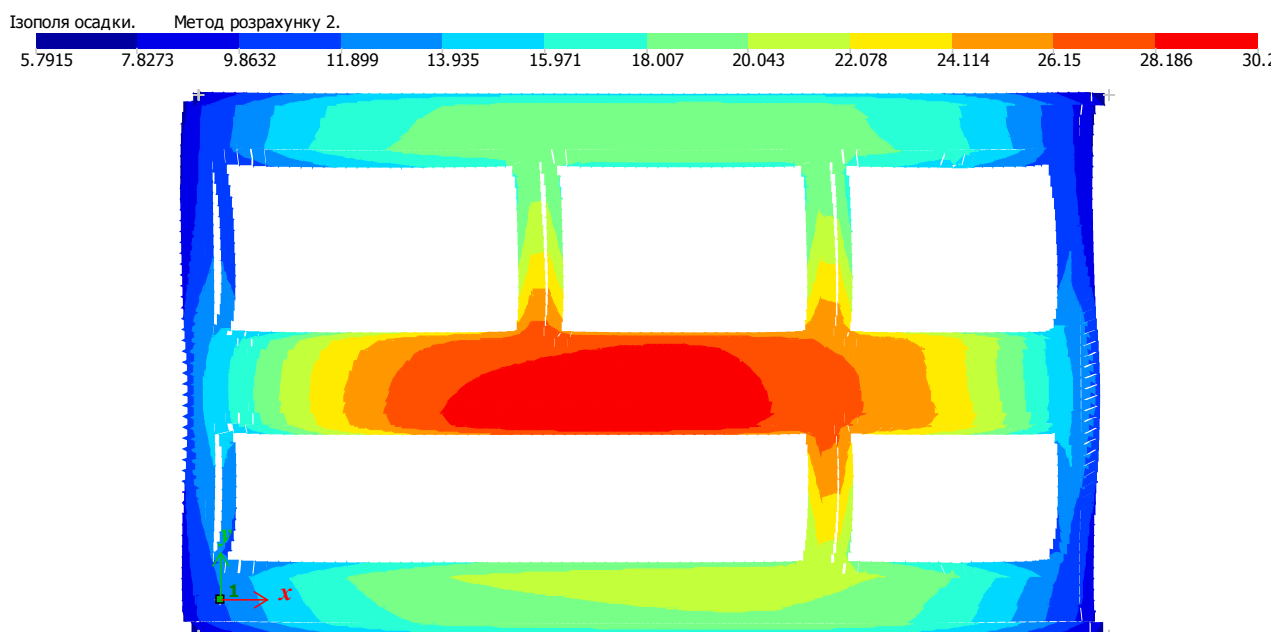


Рисунок 2.9 – Ізополя осідання основи під фундаментом, мм

Як бачимо, величини максимального осідання (30,22 мм) переміщення по вертикалі фундаментної плити під дією навантажень локалізуються в центральній зоні найбільш навантаженої середньої несучої стінки. Значення максимального осідання близьке до розрахованого аналітичного для середньої стіни.

На рис. 2.10 спостерігаємо, що значення глибини стиснутого ґрунту під фундаментною подушкою є різним: найменші значення отримуємо по контуру фундаменту (і ці значення 7,35-8,15 м є досить близькими до результатів, які отримані аналітично); максимальні значення (10,35 м) глибини стиснутого ґрунту спостерігаються в центральній частині фундаменту, яка є найбільш навантаженою.

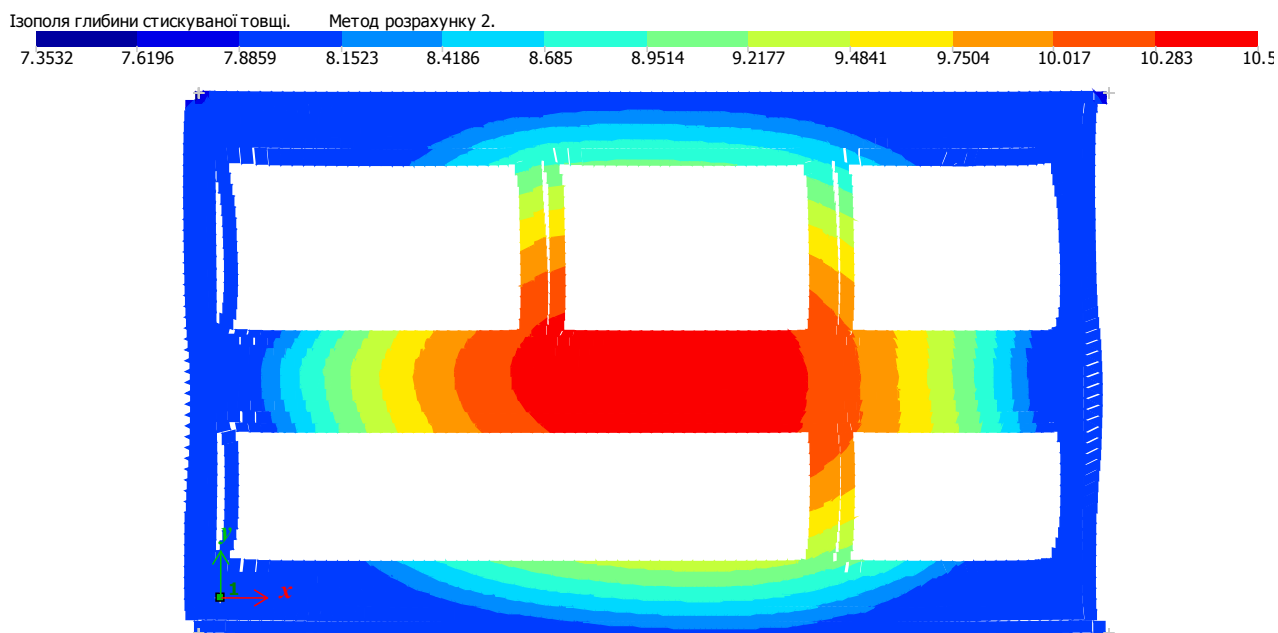


Рисунок 2.10 – Глибина стиснутої товщі основи, м

На рис. 2.12 та 2.13 представлено зони найбільших напружень (вздовж осей x та y) у фундаментній подушці, які знову ж таки локалізуються в фундаменті під середньою несучою стіною. Відповідно до розподілу напружень у фундаментній подушці на рис. 2.14 та 2.15 представлені картини армування монолітного стрічкового фундаменту вздовж осей x та y .

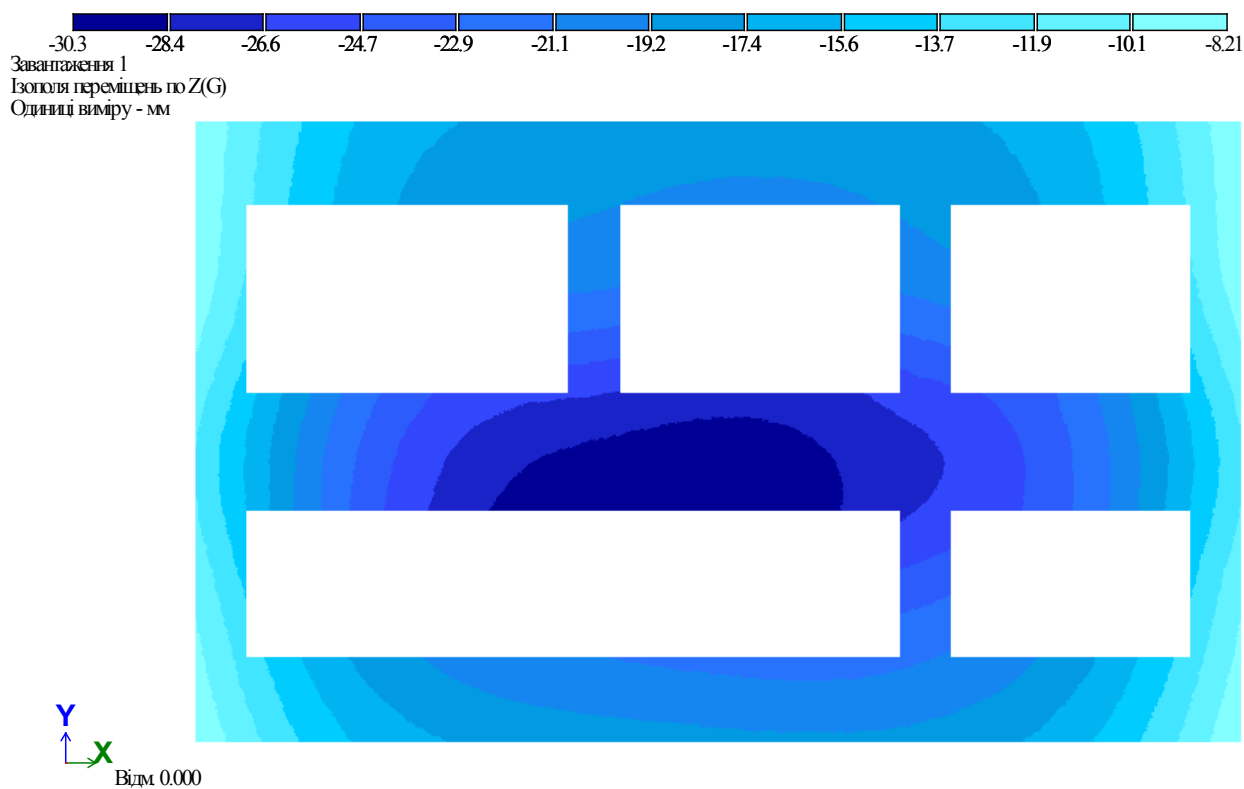


Рисунок 2.11 – Прогин фундаментної подушки, мм

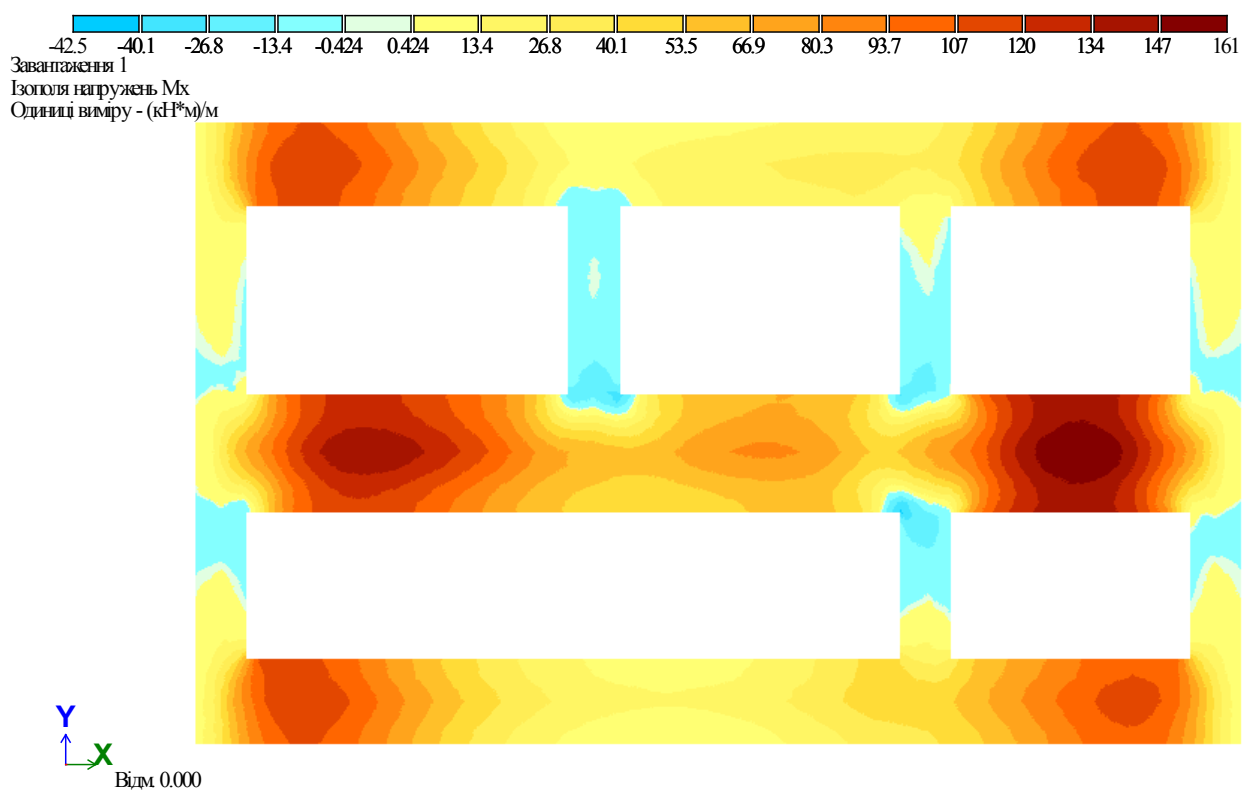


Рисунок 2.12 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі X

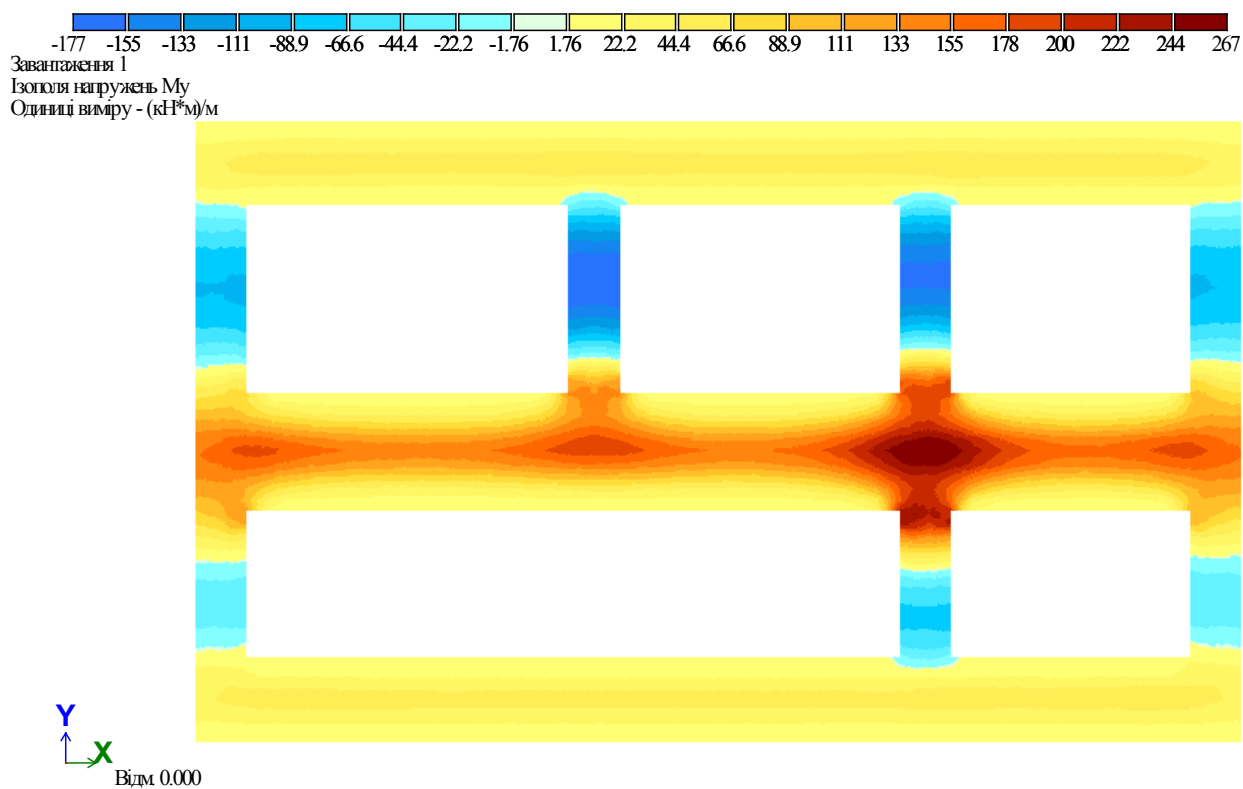


Рисунок 2.13 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі Y

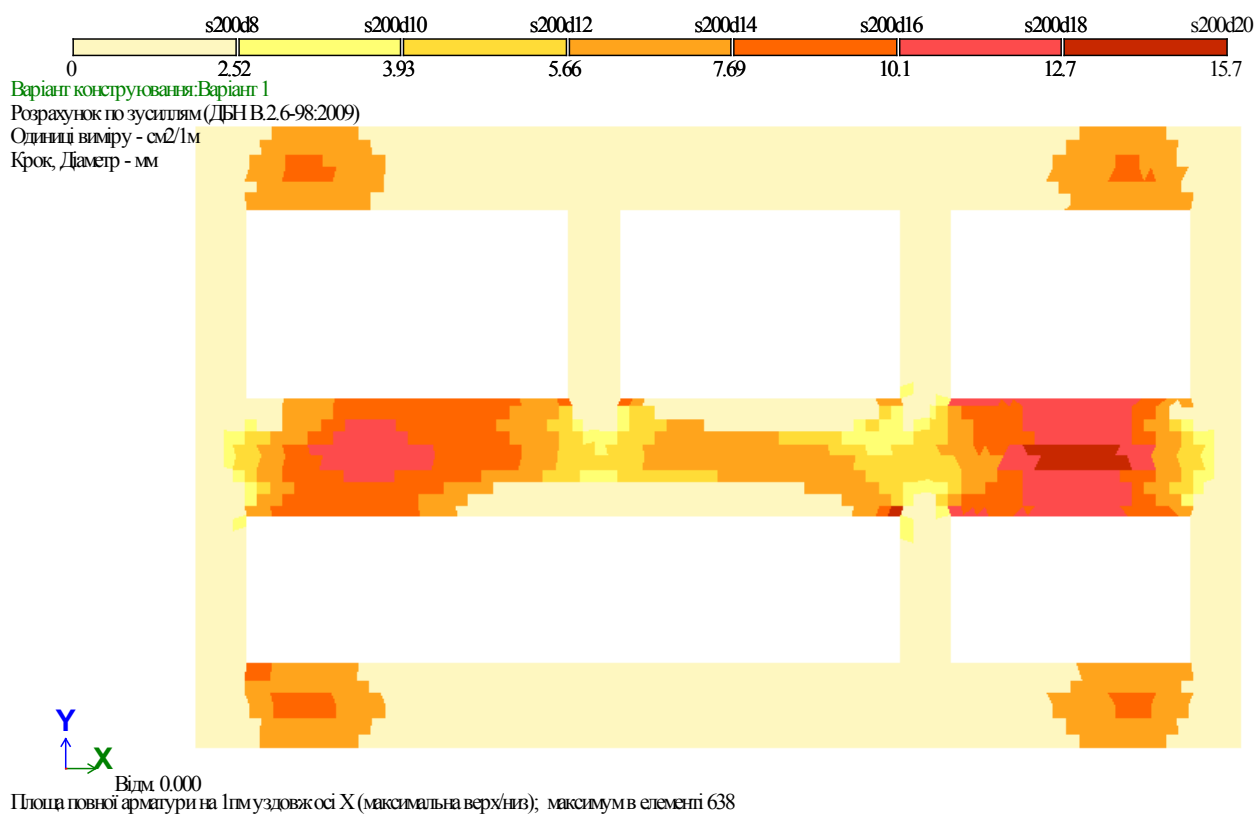


Рисунок 2.14 – Армування подушки вздовж осі X

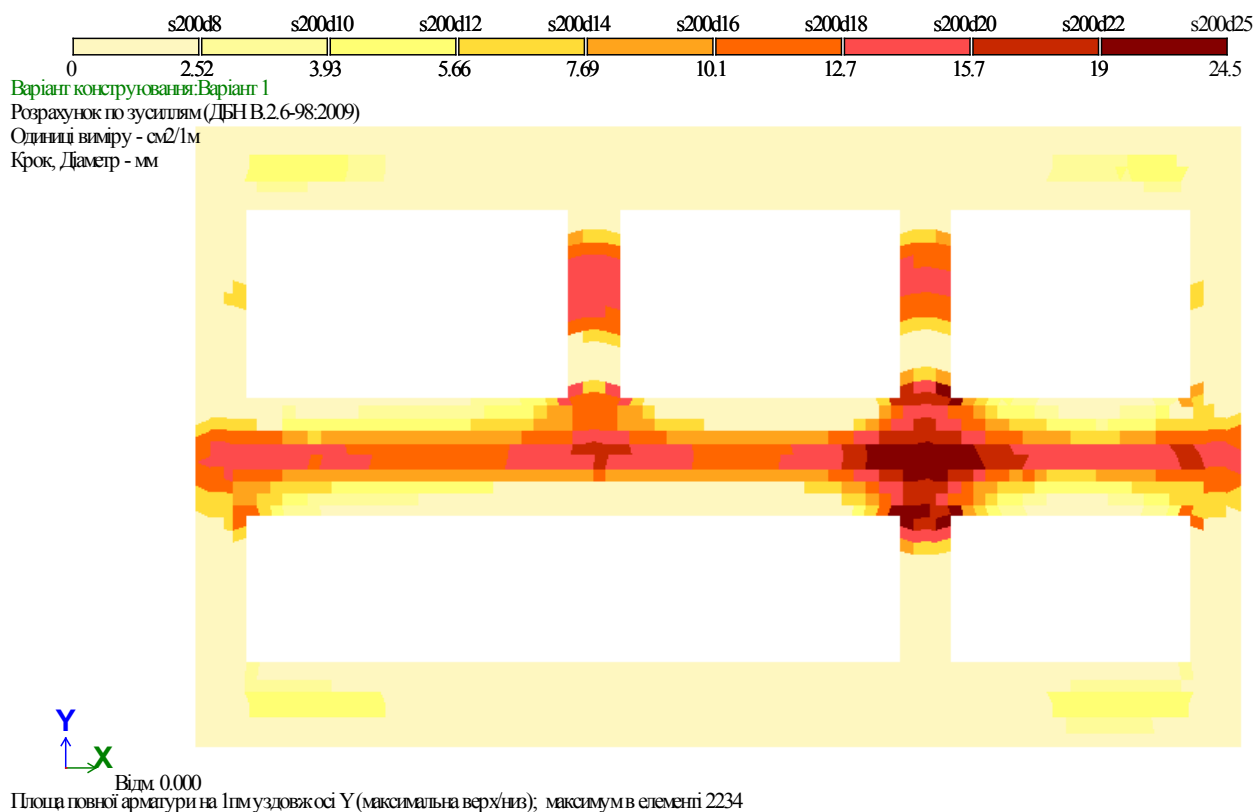


Рисунок 2.15 – Армуння подушки вздовж осі У

Аналіз результатів досліджень показує, що осідання та глибина стиснутої товщі ґрунтів, розраховані методом скінчених елементів, досить близькі до аналітичних значень, розрахованих за нормативними розрахунками. Ці дані відхиляються у той чи інший бік залежно від реальної жорсткості фундаменту. Варто зазначити, що розрахунок фундаментів чисельним методом дає цілісну картину роботи системи “основа-фундамент” на відміну від аналітичних розрахунків одного перетину.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Ефективні конструкції стрічкових фундаментів

Удосконалення конструкцій стрічкових фундаментів можна здійснювати багатьма способами. Один з таких способів полягає у вивченні спільної роботи системи “будівля-фундамент-основа”. Відомо, що навантаження від будівель чи споруд на основу передається або стрічковими фундаментами (при безкаркасній схемі будівлі) або окремими фундаментами (при каркасній схемі будівлі).

При застосуванні стрічкових фундаментів в ґрунтах основи реалізується плоскодеформівний стан, а при використанні стовпчастих фундаментів в ґрунтах основи реалізується плоский напружений стан. Встановлено, що перехід роботи від плоского в плоско-просторовий стан, дозволяє підвищувати граничне навантаження на ґрунти основи до 30% [10, 11]. У зв'язку з цим застосовують переривчасті стрічкові фундаменти.

3.2 Моделювання напружено-деформівного стану основи стрічкового фундаменту при кроці між фундаментними подушками 300 мм

Стрічкові фундаменти застосовують для передавання навантаження від будівлі (споруди) на ґрунти основи по периметру стін. Одним із видів стрічкових монолітних чи збірних фундаментів є переривчасті фундаменти. Технологія влаштування таких фундаментів є наступною. Фундаментні подушки розташовують чи заливають бетоном на певній відстані одна від іншої. Таким чином утворюються проміжки. Ці проміжки між фундаментними подушками перекриваються зверху фундаментними стіновими блоками.

Дослідження напружено-деформівного стану основ під переривчастим фундаментом виконано в програмному комплексі “ЛІРА-САПР” за методикою, описаною в розрахунково-конструктивному розділі 2. При моделюванні фундаментів приймемо проміжок між подушками розміром 300 мм.

Скінчено-елементна модель переривчастої фундаментної плити представлена на рис. 3.1, розподілене навантаження на фундаментну подушку – на рис. 3.2. Зазначимо, що величина прикладеного навантаження не змінилася (див. розділ 2), незважаючи на розриви у фундаменті.

Коефіцієнт постелі C_1 за моделлю Вінклера-Фуса представлено на рис. 3.3. Картина осідань під фундаментом показана на рис. 3.4, а глибина стиснутої товщі ґрунту – на рис. 3.5. Прогин, як і осідання є максимальним під фундаментом внутрішньої стіни і представлений на рис. 3.6.

Напруження у фундаментній осі вздовж координатних осей x та y наведено на рис. 3.7 та 3.8. Відповідно до розподілу напружень у фундаментній подушці на рис. 3.9 та 3.10 представлені картини армування переривчастого стрічкового фундаменту вздовж осей x та y .

Завантаження 1

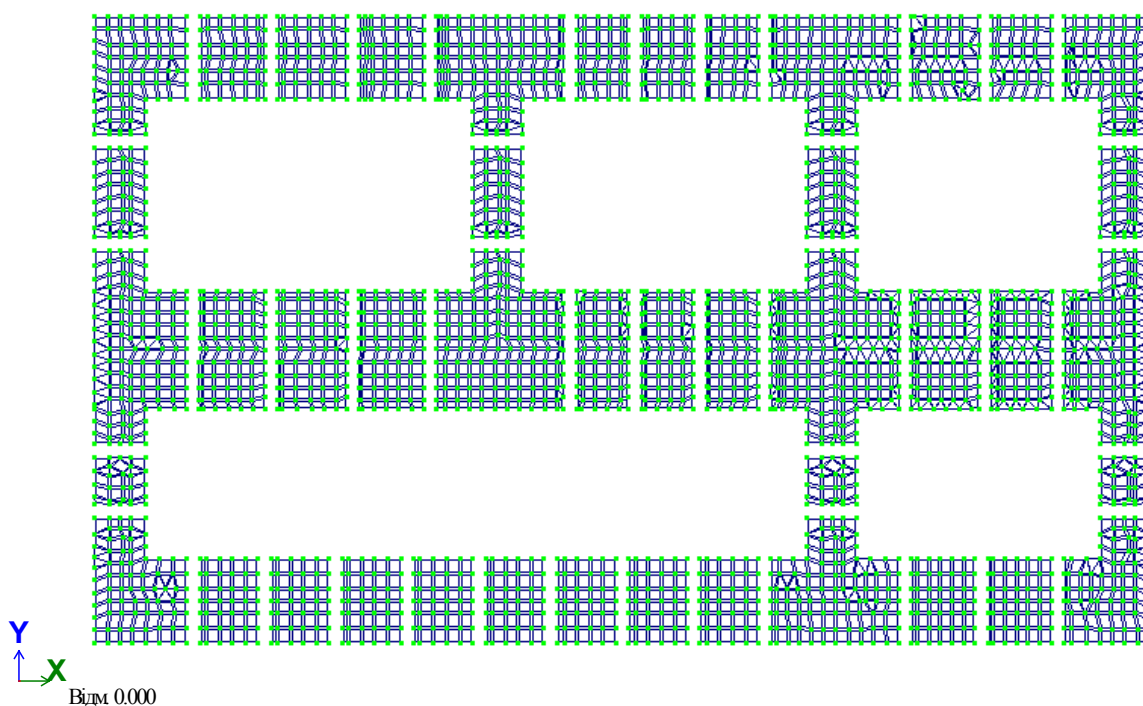


Рисунок 3.1 – Скінчено-елементна модель фундаментної подушки при моделюванні розривів шириною 300 мм

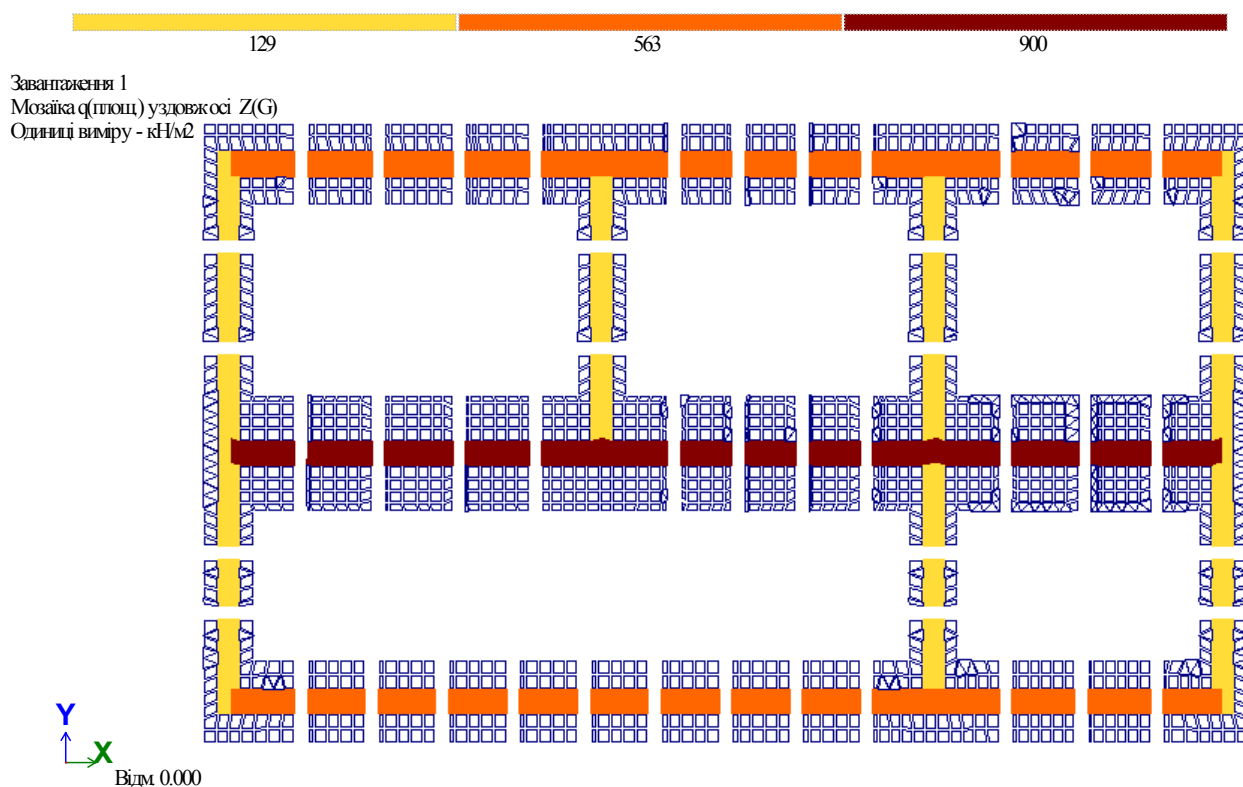


Рисунок 3.2 – Навантаження на фундаментну подушку при моделюванні розривів шириною 300 мм, кН/м²

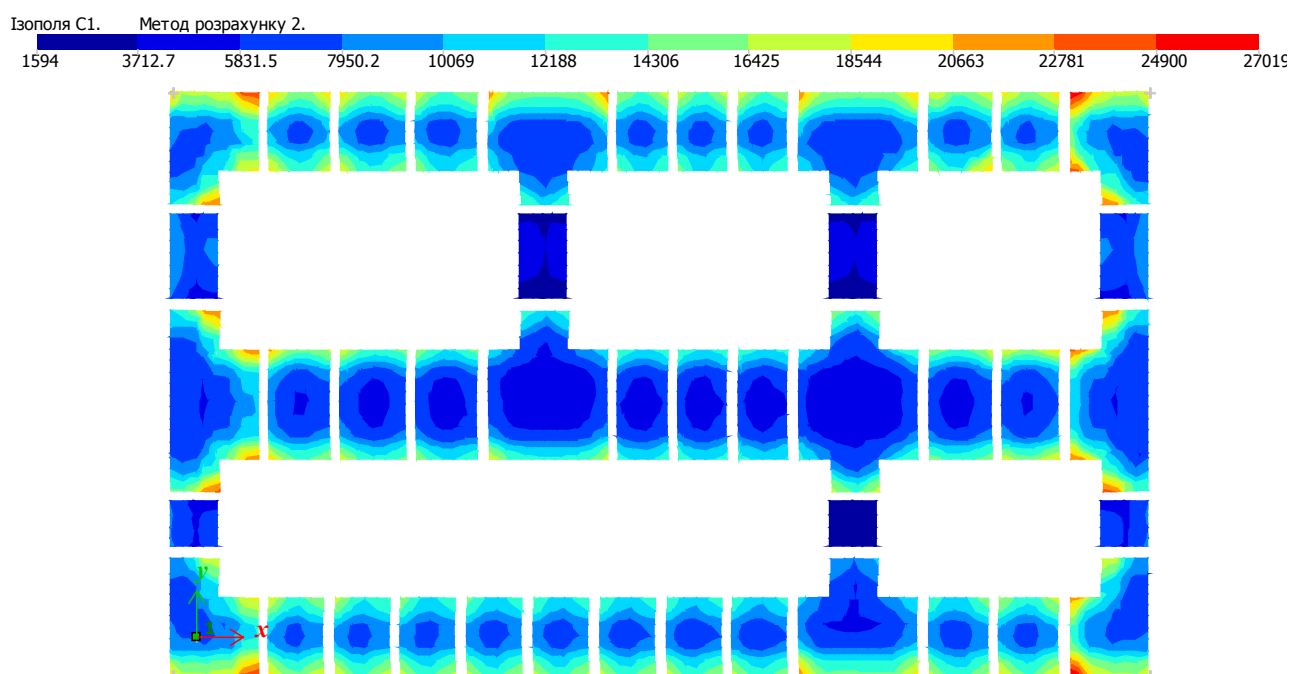


Рисунок 3.3 – Коефіцієнти постелі основи C₁ при моделюванні розривів шириною 300 мм, кН/м³

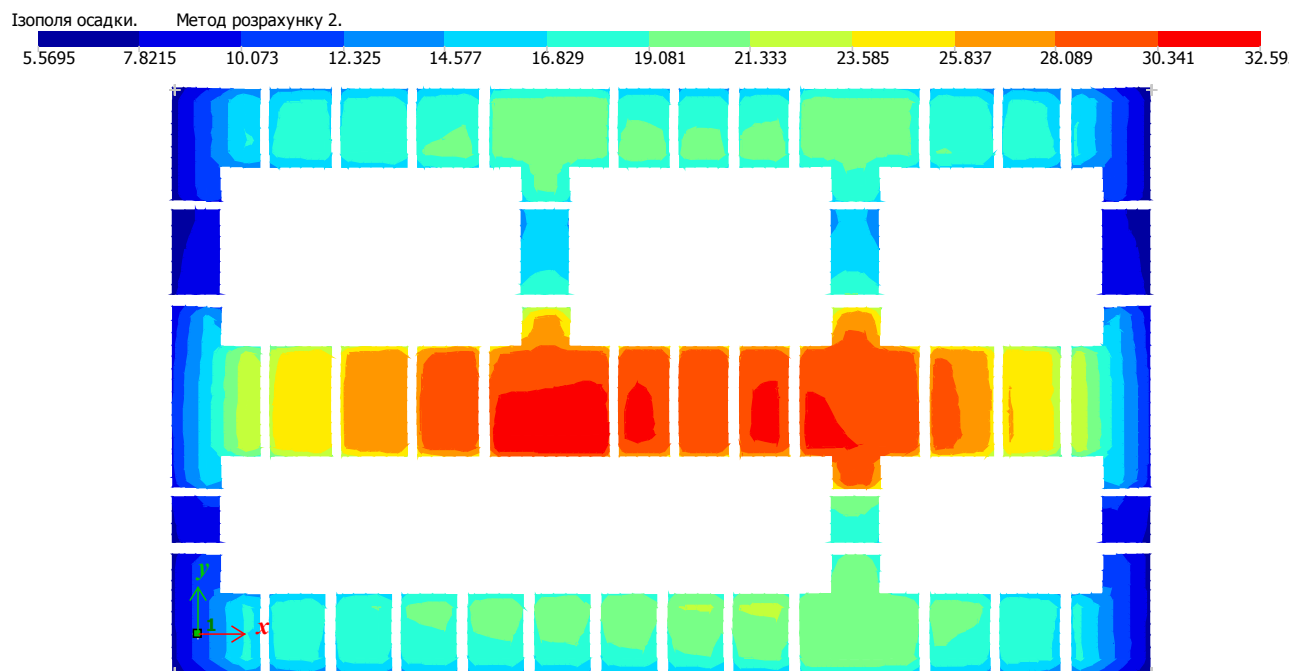


Рисунок 3.4 – Осідання основи під фундаментом при моделюванні розривів шириною 300 мм, мм

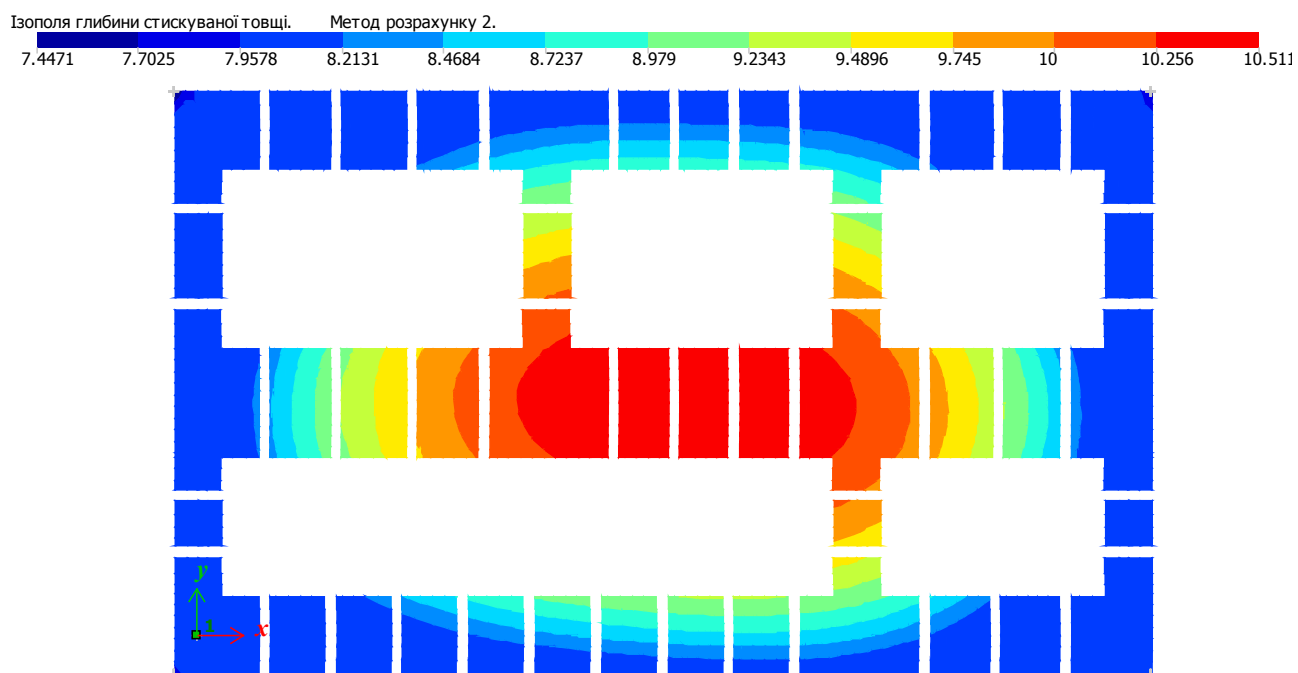


Рисунок 3.5 – Глибина стиснутої товщі основи при моделюванні розривів шириною 300 мм, м

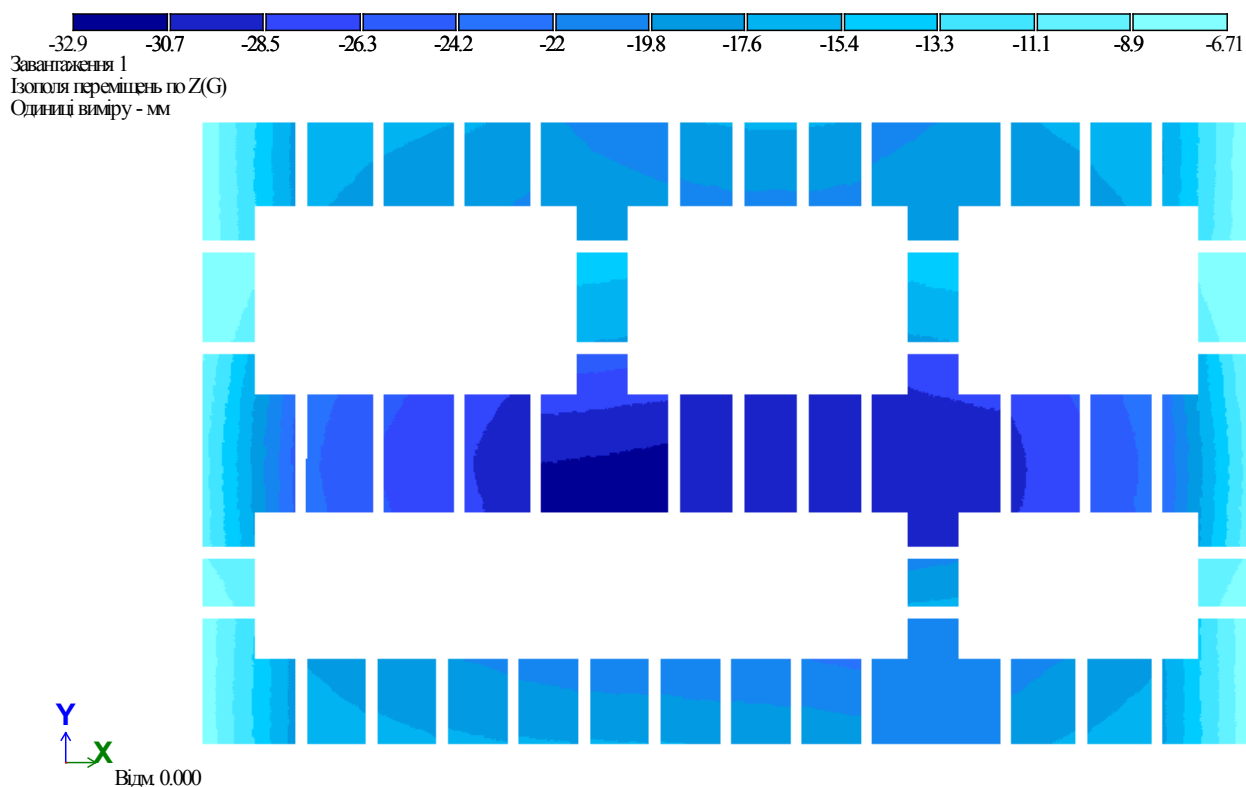


Рисунок 3.6 – Прогин фундаментної подушки при моделюванні розривів шириною 300 мм, мм

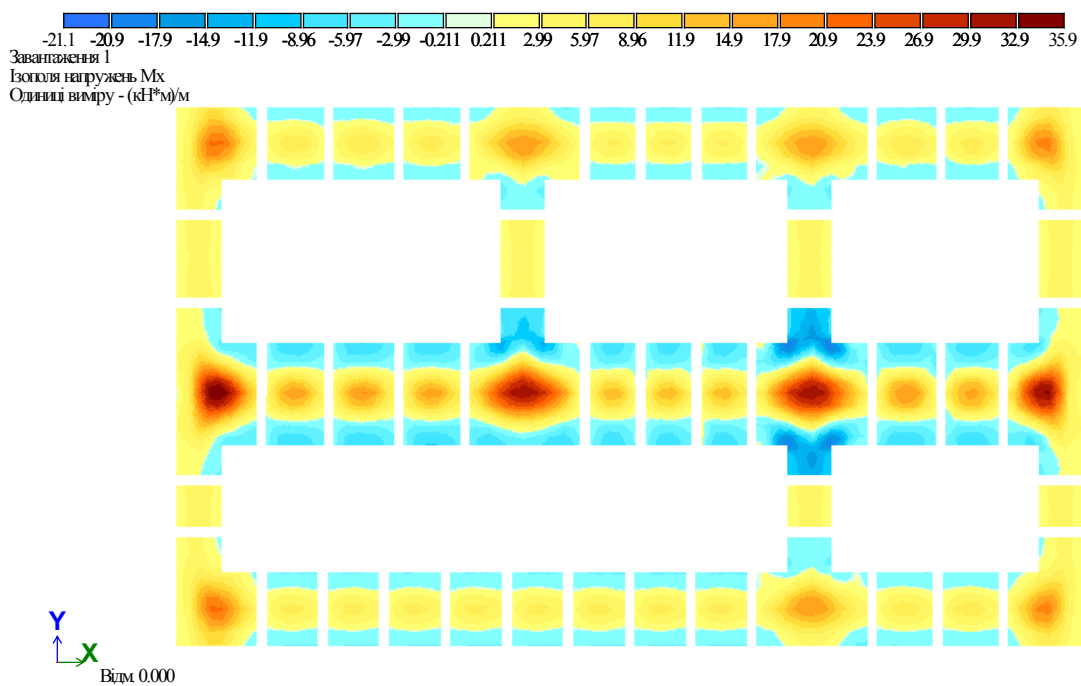


Рисунок 3.7 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі X при моделюванні розривів шириною 300 мм

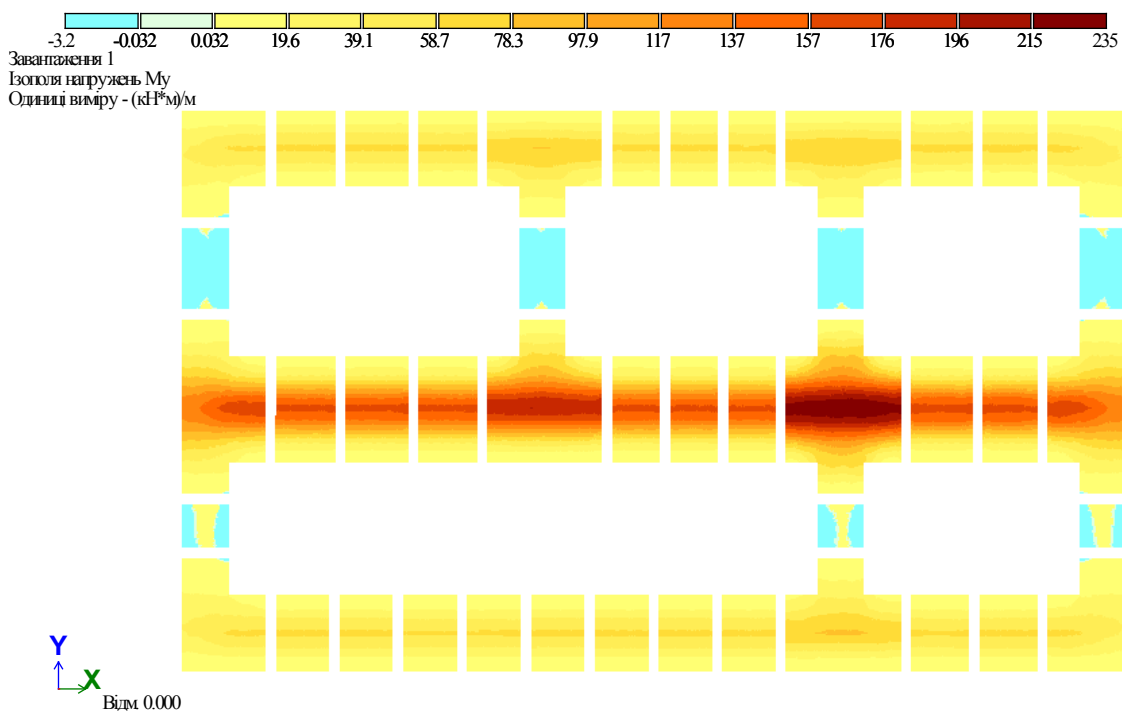


Рисунок 3.8 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі Y при моделюванні розривів шириною 300 мм

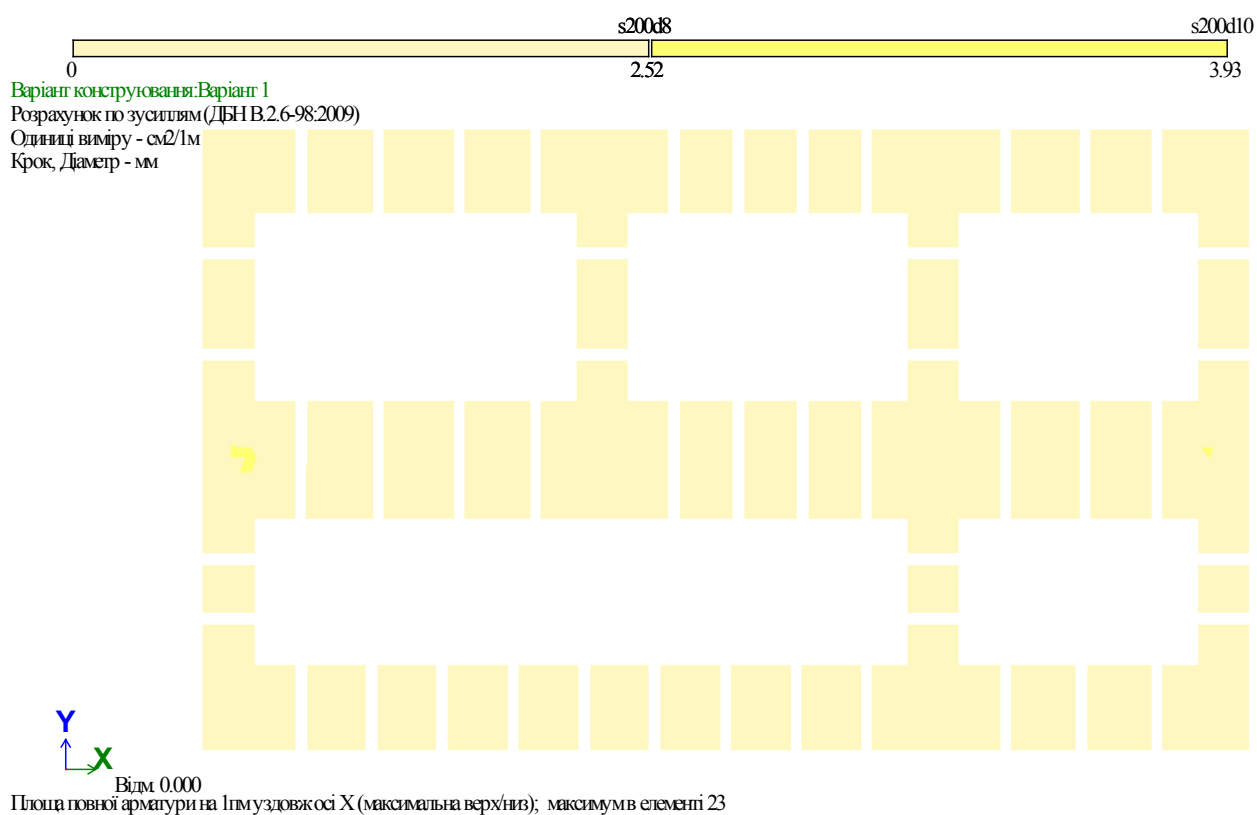


Рисунок 3.9 – Арматування подушки вздовж осі X при моделюванні розривів шириною 300 мм

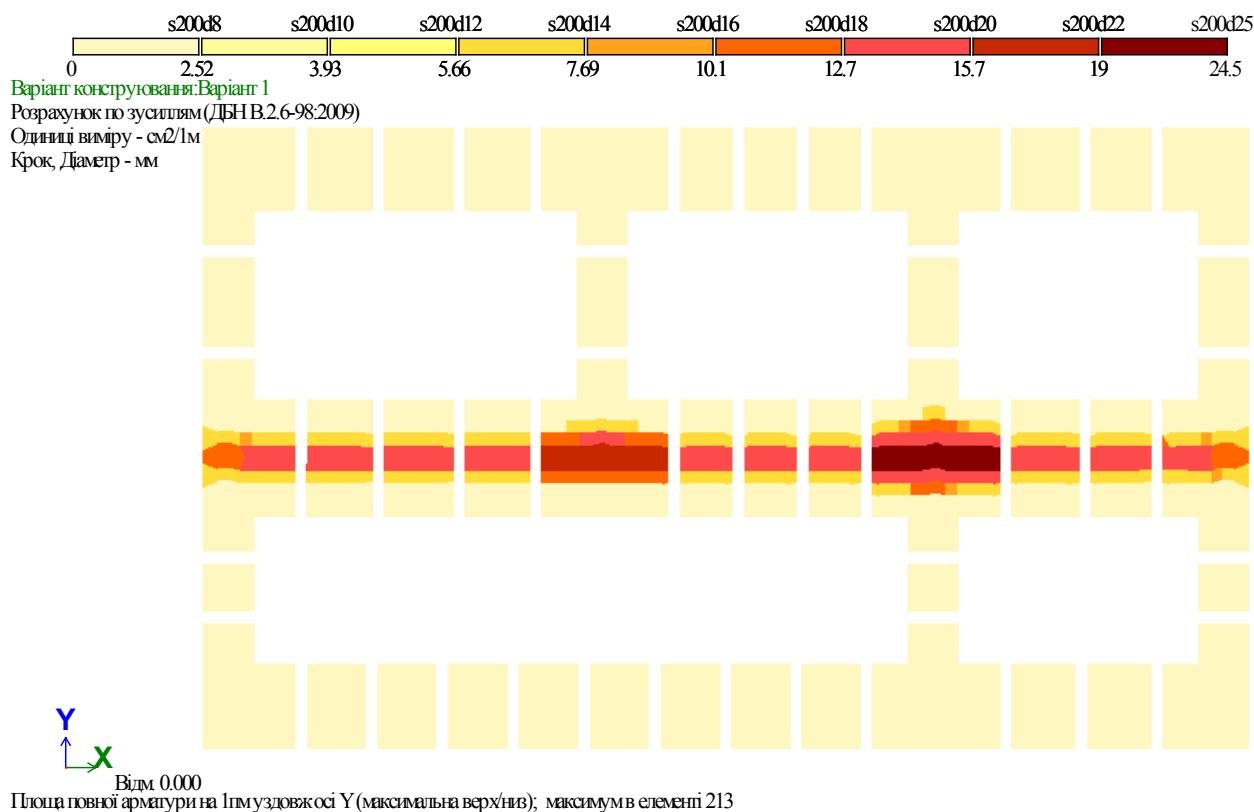


Рисунок 3.10 – Армуння подушки вздовж осі Y при моделюванні розривів шириною 300 мм

Результати досліджень зведені у таблиці 3.1 та 3.2.

3.3 Моделювання напружено-деформівного стану основи стрічкового фундаменту при кроці між фундаментними подушками 600 мм

Дослідження напружено-деформівного стану основ під переривчастим фундаментом виконано в програмному комплексі “ЛІРА-САПР” за методикою, описаною в розрахунково-конструктивному розділі 2. При моделюванні фундаментів приймемо проміжок між подушками розміром 600 мм.

Скінчено-елементна модель переривчастої фундаментної плити представлена на рис. 3.11, розподілене навантаження на фундаментну подушку – на рис. 3.12. Зазначимо, що величина прикладеного навантаження не змінилася (див. розділ 2), незважаючи на розриви у фундаменті.

Завантаження 1

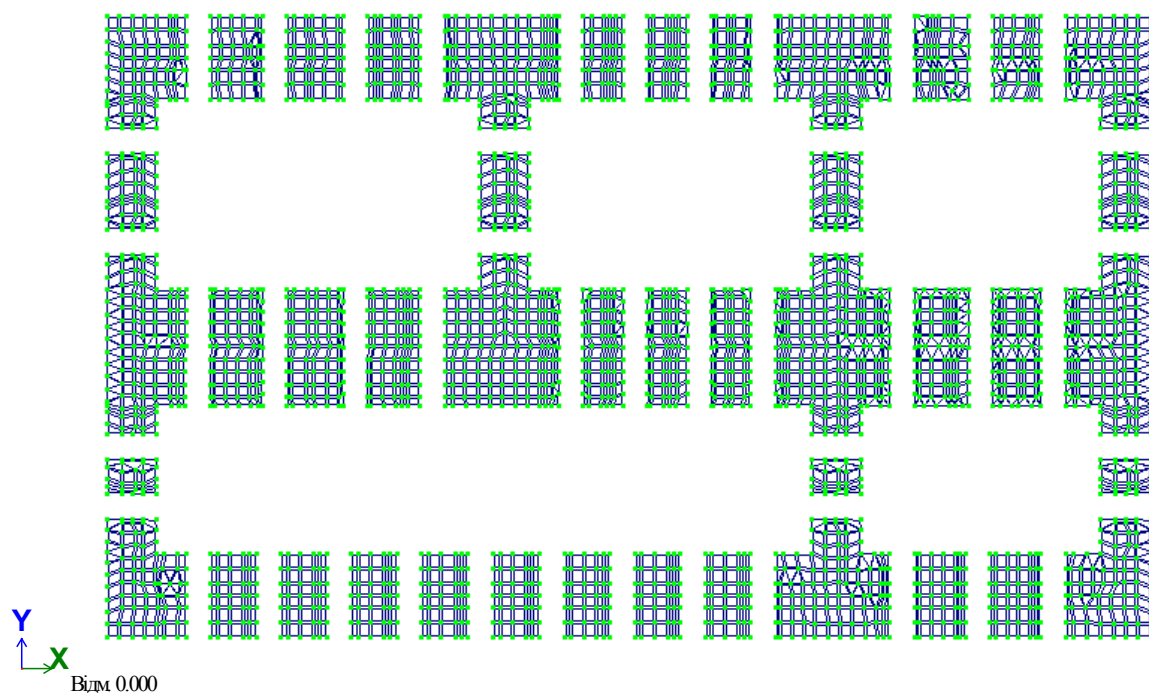


Рисунок 3.11 – Скінчено-елементна модель фундаментної подушки при моделюванні розривів шириною 600 мм

Коефіцієнт постелі C_1 за моделлю Вінклера-Фуса представлено на рис. 3.13. Картина осідань під фундаментом показана на рис. 3.14, а глибина стиснутої товщі ґрунту – на рис. 3.15.

Прогин, як і осідання є максимальним під фундаментом внутрішньої стіни і представлений на рис. 3.16. Напруження у фундаментній осі вздовж координатних осей x та y наведено на рис. 3.17 та 3.18.

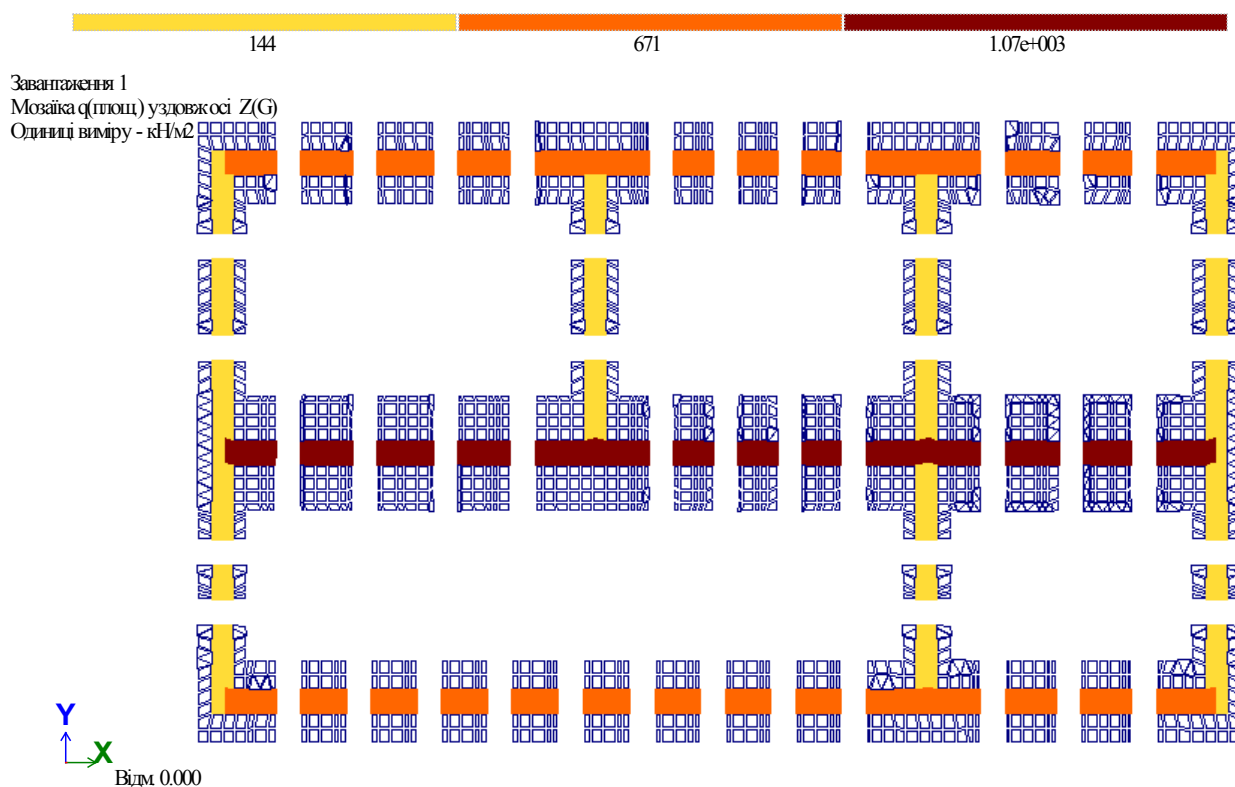


Рисунок 3.12 – Навантаження на фундаментну подушку при моделюванні розривів шириною 600 мм, кН/м²

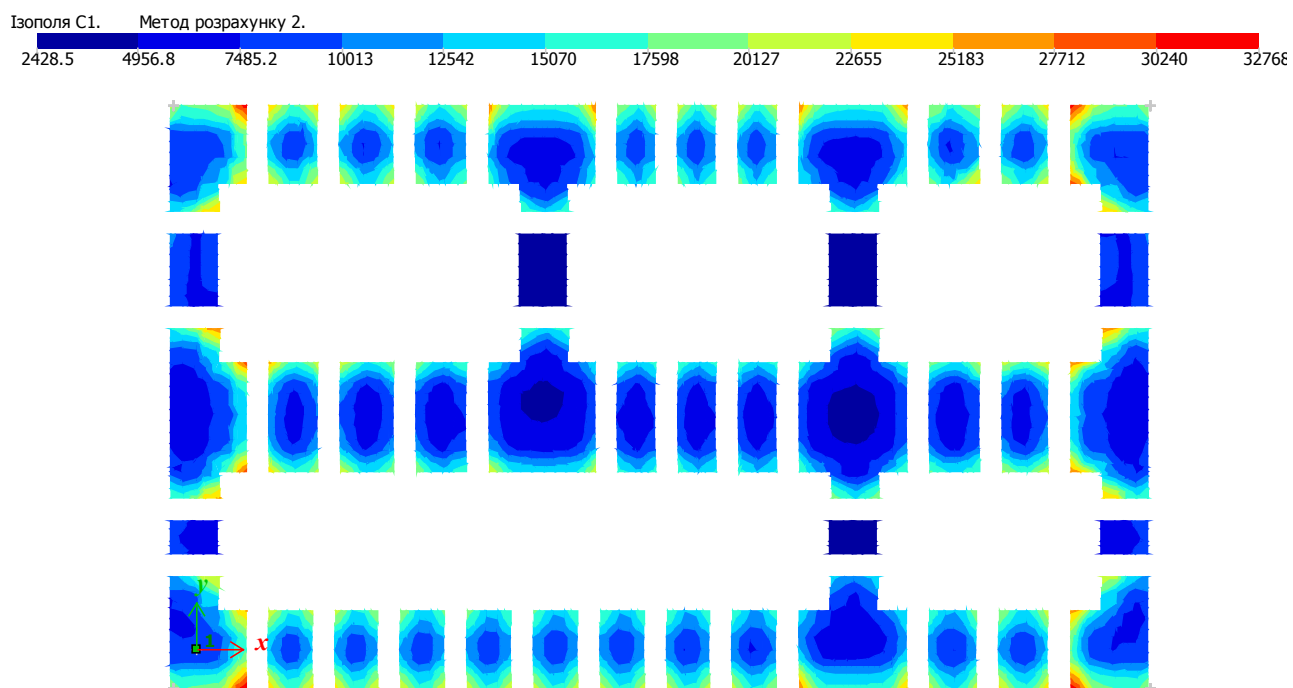


Рисунок 3.13 – Коефіцієнти постелі основи C₁ при моделюванні розривів шириною 600 мм, кН/м³

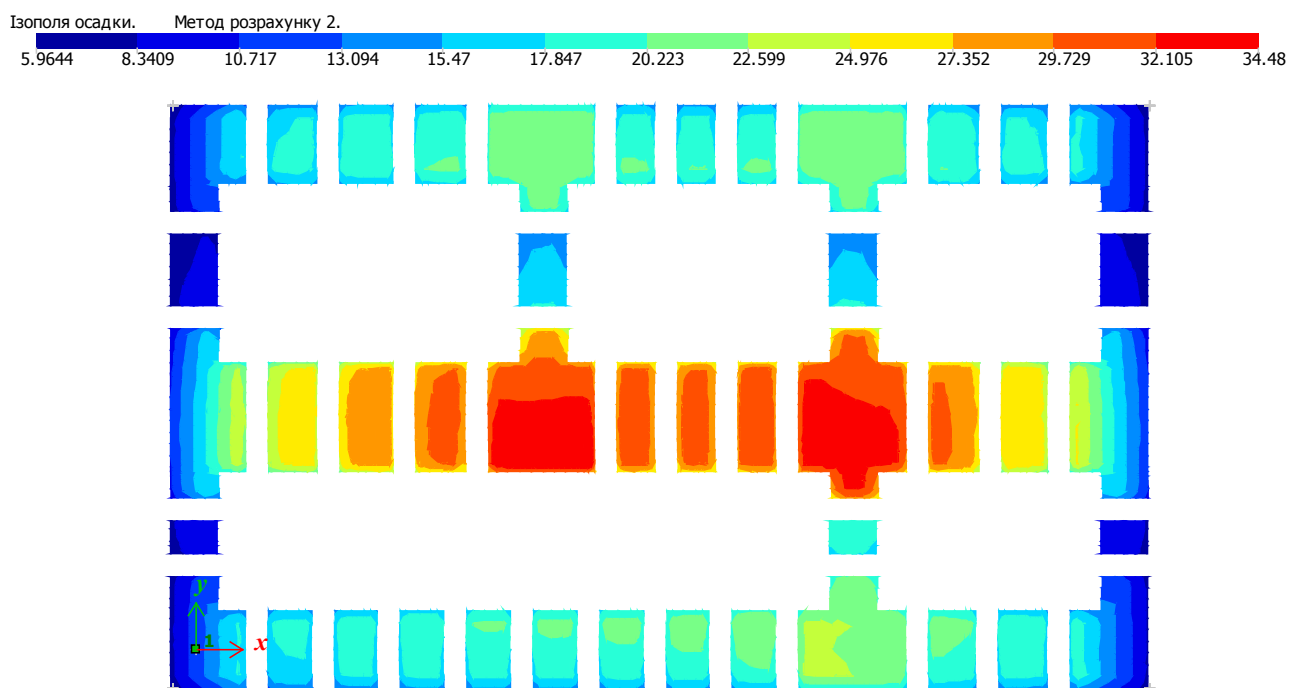


Рисунок 3.14 – Осідання основи під фундаментом при моделюванні розривів шириною 600 мм, мм

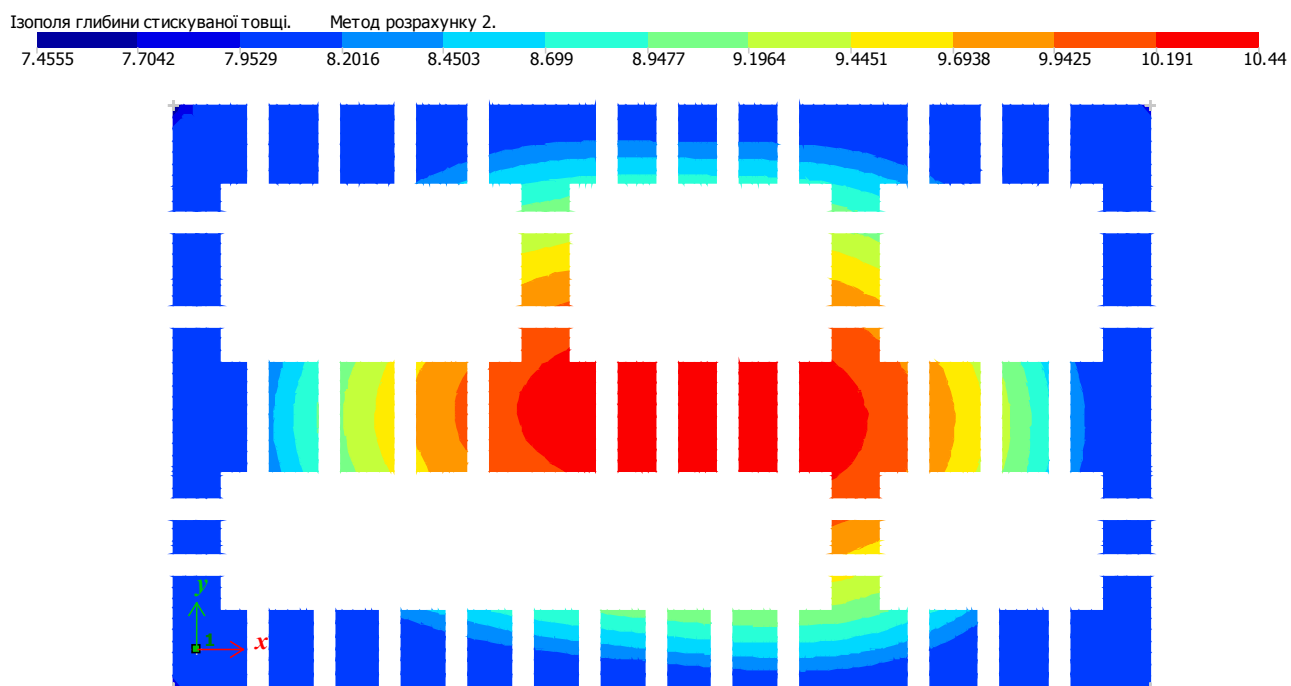


Рисунок 3.15 – Глибина стиснутої товщі основи при моделюванні розривів шириною 600 мм, м

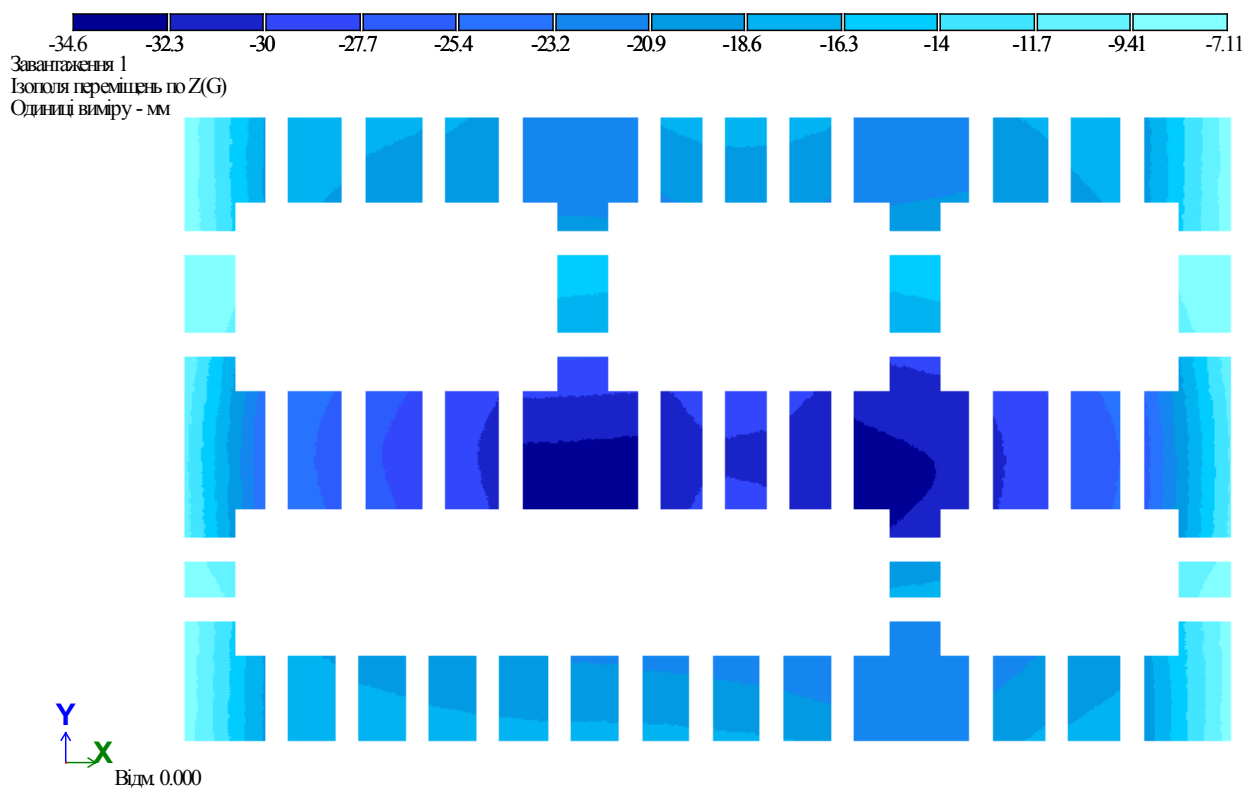


Рисунок 3.16 – Прогин фундаментної подушки при моделюванні розривів шириною 600 мм, мм

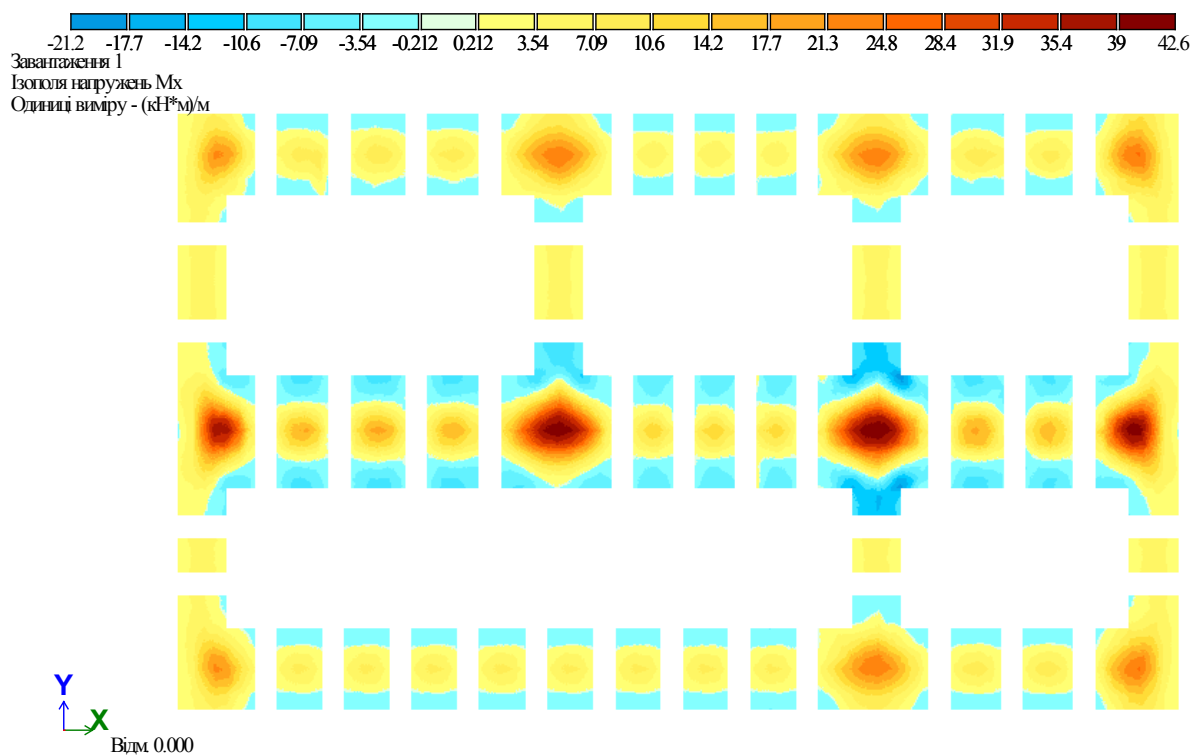


Рисунок 3.17 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі X при моделюванні розривів шириною 600 мм

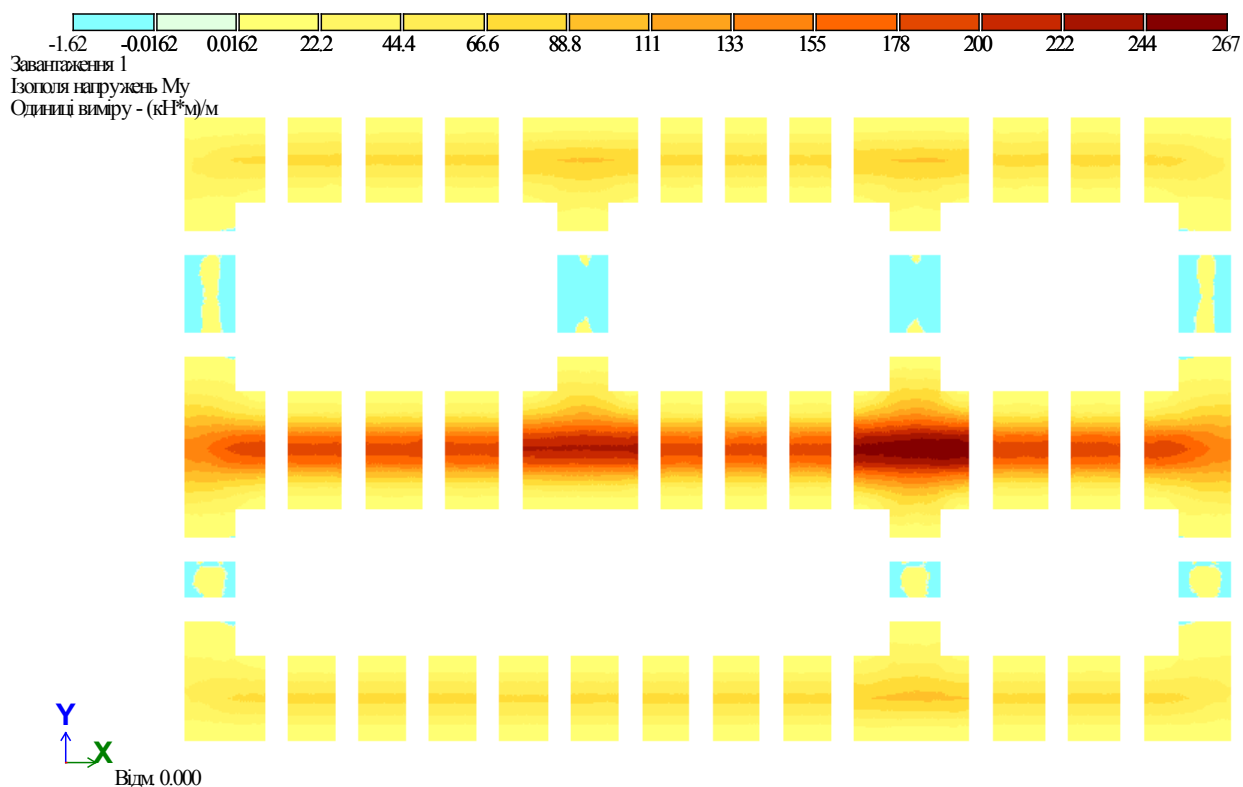


Рисунок 3.18 – Напруження в фундаментній подушці відносно осі Y при моделюванні розривів шириною 600 мм

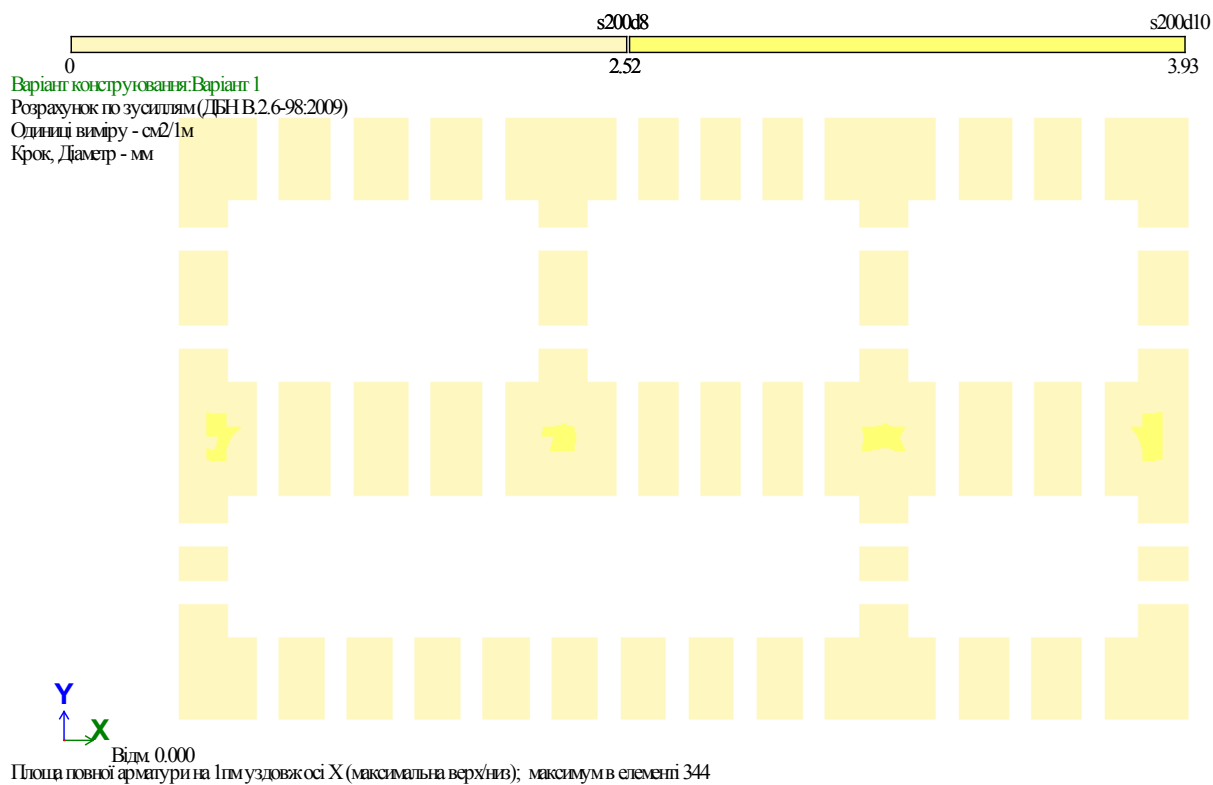


Рисунок 3.19 – Армування подушки вздовж осі X при моделюванні розривів шириною 600 мм

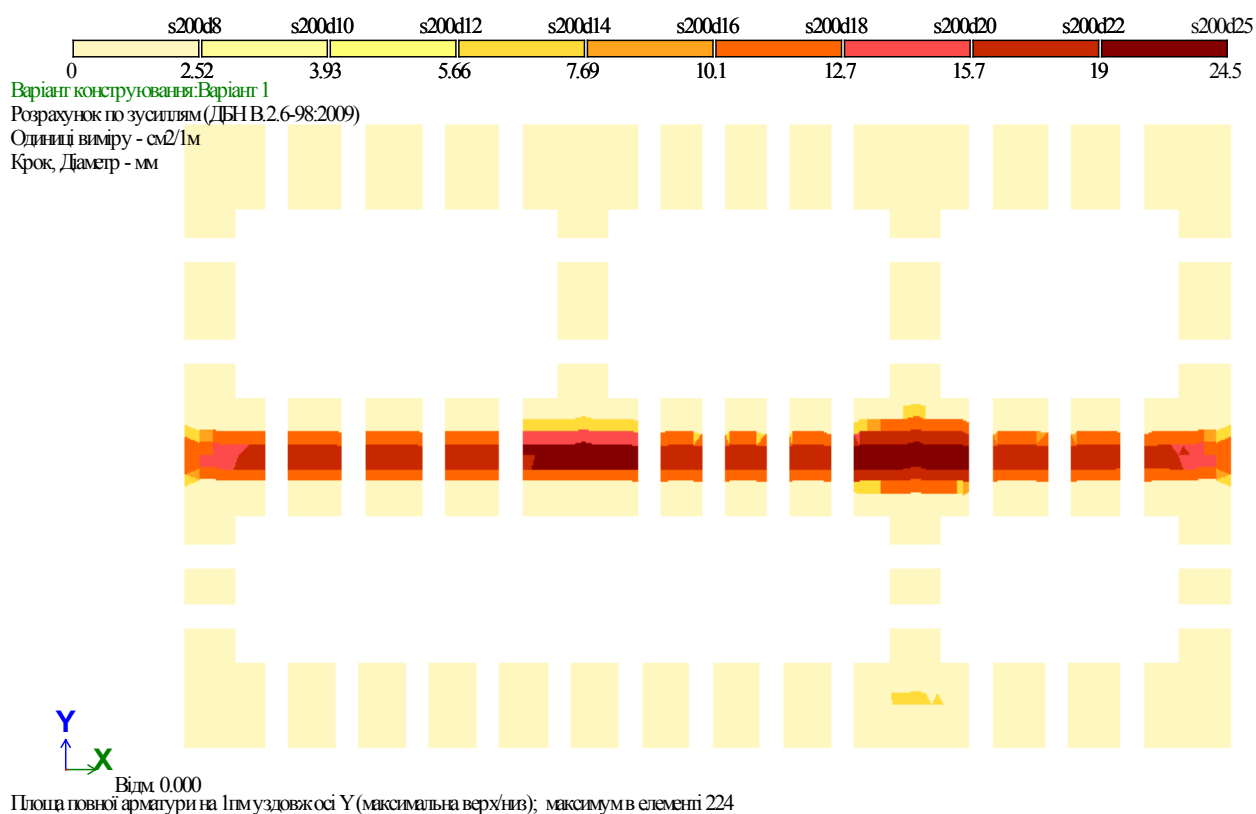


Рисунок 3.20 – Армування подушки вздовж осі Y при моделюванні розривів шириною 600 мм

Таблиця 3.1 – Результати дослідження фундаментної подушки.

Розрив, мм	Осідання, мм		Глибина стиснутої товщі, м		Напруження, M_x , (кН*м)/м		Напруження, M_y , (кН*м)/м	
	Внут.	Зовн.	Внут.	Зовн.	Внут.	Зовн.	Внут.	Зовн.
0	30,22	22,08	10,55	9,48	161	134	267	66,6
300	32,59	23,58	10,51	9,48	35,9	17,9	235	58,7
600	34,48	24,97	10,44	9,44	42,6	21,3	267	66,6

Результати моделювання показують, що при незмінному навантаженні від будівлі як на суцільну фундаментну подушку, так і на переривчасту фундаментну подушку (розриви 300 мм та 600 мм) осідання підошви фундаменту майже не змінюється (збільшується на 7,8 % при проміжку між подушками 300 мм та 14,1%

при проміжку між подушками 600 мм). Таке збільшення осідань не перевищує граничних значень, які для житлових будинків становлять 12 см.

Таблиця 3.2 – Загальна площа фундаментної подушки

Розрив, м	Під внутрішньою стіною		Під зовнішньою стіною	
	Площа, м ²	Осідання, мм	Площа, м ²	Осідання, мм
0	64,35	30,22	45,51	22,08
300	55,11	32,59	38,28	23,58
600	45,87	34,48	31,08	24,97

Також при влаштуванні розривів у стрічковому фундаменті спостерігається сприятливий перерозподіл напружень. Напруження зменшується на 12 % при моделюванні розриву 300 мм між подушками і наближається до напружень безрозривного (суцільна стрічка) фундаменту при розривах 600 мм. Такий сприятливий розподіл напружень пояснюється більш повним використанням несучої здатності ґрунтів основи за рахунок включення в роботу ґрунту, де є проміжки, а також за рахунок повнішого включення в роботу основи по периметру подушки. Така робота основ переривчастого стрічкового фундаменту подібна до ефекту підвищення несучої здатності паль при збільшенні відстані між палями [23].

Таким чином, у переривчастих фундаментах навантаження на основу передається у спосіб, при якому відбувається сприятлива зміна напружено-деформівного стану ґрунту: з плоско-деформованого в об'ємний напружений стан.

Якісно кращий перерозподіл напружень в переривчастому стрічковому фундаменті у порівнянні з аналогічним суцільним дозволяє зменшити витрати залізобетону. Так, площа фундаментної подушки під внутрішньою стіною зменшилась на 14,4 % при влаштуванні проміжків шириною 300 мм і на 28,8 % – при влаштуванні проміжків шириною 600 мм. Площа фундаментів під

зовнішньою стіною зменшилась на 15,9 % при розривах 300 мм і 31,8 % при розривах 600 мм.

Таким чином, за рахунок ефективнішої схеми стрічкового фундаменту, а саме застосування стрічкового переривчастого фундаменту, можна зменшити об'єм бетону у фундаментах і отримати економічний ефект.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги безпеки при роботі з даховими кранами

Крани малої вантажопідйомності, що використовуються для подання матеріалів при облаштуванні покрівель, встановлюються і експлуатуються відповідно до заводської інструкції (паспортом) заводу-виробника і інструкції по охороні праці машиніста дахового крану.

Робітники, що обслуговують крани, мають бути атестовані на знання пристрою і безпечної експлуатації крану, а також пройти навчання по охороні праці для стропальників і обслуговуючих вантажопідйомних машин, керовані з кабіни або з пульта управління.

Робітники (покрівельники), зайняті на навантажувально-розвантажувальних роботах, повинні пройти інструктаж по безпеці праці і пожежній безпеці.

ІТР, майстри, керівники робіт повинні пройти перевірку знань вимог по безпеці праці, знати технологічний процес, пристрій і експлуатацію підйомно-транспортного устаткування, пожежної безпеки і виробничої санітарії відповідно до їх посадових обов'язків.

Особи, допущені до самостійної роботи (вантажники, покрівельники, машиністи), мають бути навчені і атестовані на знання безпечного виконання робіт і проінструктовані по усіх видах виконуваних робіт.

Роботи по переміщенню вантажу на висоту повинні проводитися під керівництвом майстра.

Піднімати матеріали слід тільки засобами механізації. Покрівельні матеріали при їх підйомі слід укладати в спеціальну тару, що запобігає їх випадання.

Приймальний майданчик на покрівлі по периметру повинен мати міцне обгороджування заввишки 1,1 м і бортову дошку шириною не менше 150 мм.

Риштування мають бути інвентарними і виготовлені по типових проектах.

Машиніст дахового крану повинен постійно перевіряти правильність і повноту завантаження контрвантажу, бути ознайомлений з небезпечними і шкідливими виробничими чинниками, що діють на працюючого. Це такі чинники як небезпека отримання травм, можливість поразки електричним струмом, падіння з висоти вантажу, що піднімається, та ін.

Машиніст дахового крану забезпечується спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту.

Перед початком роботи машиніст дахового крану повинен перевірити:

- освітлення;
- технічну справність крану;
- надійність кріплення усіх елементів конструкцій;
- заземлення відповідно до «Правил облаштування електроустановок»;
- горизонтальність установки крану;
- наявність огорожень в робочій зоні підйому крану;
- справність пульта управління;
- справність вантажозахватного пристосування, крюка, тари і тросів;
- справність обмежувача висоти підйому крюка;
- правильність і повноту завантаження контрвантажу для уникнення перекидання крану;
- наявність схем стропування вантажів.

Установку крану робити так, щоб вантаж при підйомі не міг зачепитися за частини будівлі, що виступають.

Після монтажу кран має бути підданий динамічним випробуванням з перевантаженням в 10 % і статичним випробуванням з перевантаженням в 25 %, про що складається відповідний акт.

Піднімання і спуск вантажів слід робити тільки у вертикальному положенні без підтягування і ривків. Вантаж, що піднімається, повинен утримуватися від обертання і розгойдування. Кранівник і майстер повинні стежити за тим, щоб маса вантажу не перевищувала вантажопідйомність дахового крану.

Під час роботи машиніст і покрівельник повинні підготувати матеріал для підйому (відповідно до схеми укладання і стропування); загальна маса не повинна перевищувати вантажопідйомність крану, перевірити надійність закріплення вантажу.

Підійняти вантаж на висоту 200-300 мм, щоб переконатися в правильності закріплення і надійності гальм, при підйомі вантажу стежити за правильним укладанням вантажного троса.

Перед початком підйому вантажу машиніст крану повинен попередити робітників, обслуговуючих кран, про необхідність їх виходу з небезпечної зони і до тих пір, поки вони знаходяться в небезпечній зоні, не здійснювати підйом вантажу.

Підйом вантажу робити плавно, без ривків, не допускаючи різкого гальмування, а також перемикання електродвигуна з прямого ходу на зворотний без витримки в нейтральному положенні. Недотримання цього правила може привести до обриву троса, поломки якої-небудь частини крану або зриву вантажу.

Під час роботи крану машиніст не повинен:

- здійснювати очищення і змазування механізмів крану;
- залишати вантаж на вазі під час переривів в роботі;
- робити який-небудь ремонт або регулювання гальм;
- надівати трос, що зіскочив, на ролики направляючого блоку;
- допускати підняття вантажу на відтяжку, опускати і переміщати над людьми;
- піднімати людей; стежити за надійністю кріплення каретки пересування;
- поправляти трос, що нерівномірно намотується на барабан, рукою, гачком, палицею або дошкою; бути біля натягнутого троса, допускати присутність біля нього людей.

У разі виникнення несправностей крану роботу слід призупинити, опустити вантаж, ослабити натягнення троса і тільки після цього усунути несправність.

Роботу дахового крану слід зупинити: якщо відсутня або несправна кришка на пульті управління і є доступ до струмопровідних частин електроустаткування; при появі шуму, гуркоту, запаху гару, різких ривків і поштовхів, а також при несправності обмежувача висоти підйому крюка; при несправності електроустаткування, гальма, вантажного троса, тари, недостатньої маси контрвантажю.

Якщо при підйомі вантажу припинилося подання електроенергії, необхідно обережно і плавно опустити вантаж вниз, користуючись ручним гальмом. Не робити різке гальмування, оскільки в результаті цього може зламатися опора, на якій укріплений блок.

Після закінчення роботи машиніст зобов'язаний опустити вантажозахватні пристосування і тару вниз.

Вимкнути електроживлення дахового крану і закрити шафу пульта управління на замок, оглянути усі вузли крану, знімні вантажозахватні пристосування та тару і про виявлені недоліки повідомити керівника робіт або особу, відповідальну за справний стан крану.

4.2 Захисні споруди цивільного захисту

Громадяни України зараз потребують сучасного типу бомбосховищ, де кожен може безпечно перечекати повітряну загрозу.

Верховною Радою України було прийнято Закон України “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови території”, у якому головним чином запроваджено обов’язкову надійність бомбосховищ у новобудовах.

З 1 листопада набув чинності ДБН В.2.2-5: 2023 “Захисні споруди цивільного захисту”, у якому встановлені обов’язкові вимоги до проектування та будівництва захисних споруд цивільного захисту та споруд подвійного призначення. Вимоги є обов’язковими при проектуванні і будівництві нових об’єктів, вимоги до реконструкції існуючих споруд та при капітальному ремонті

існуючих об'єктів (за наявної технічної можливості їх реалізації). При будівництві, проектуванні та реконструкції враховано не лише реалії воєнного часу, а й міжнародний досвід з облаштування споруд цивільного захисту.

Споруди цивільного захисту поділяють на сховища та протирадіаційні укриття. Також вони можуть мати статус споруд подвійного призначення (СПП) із захисними властивостями сховищ і протирадіаційних укриттів.

Сховища та СПП із захисними властивостями сховищ поділяють на класи від А-I до А-IV із розрахунковими параметрами захисних властивостей надмірного тиску повітряної ударної хвилі від 100 кПа до 500 кПа і протирадіаційні укриття (ПРУ) та СПП із захисними властивостями ПРУ поділяються на групи від П-1 до П-6 із розрахунковими параметрами захисних властивостей надмірного тиску повітряної ударної хвилі для всіх груп не менше 100 кПа.

Захисні споруди поділяють на окремо розташовані, які поділяють на напівзаглиблені, заглиблені та окремо розташовані з поєднанням з будівлею тунелем; прибудовані та вбудовані. Вбудовані захисні споруди можуть розташовуватись у підземних поверхах, цокольних поверхах підвальних поверхах.

Сховища, СПП із захисними властивостями сховищ повинні забезпечувати відповідний ступінь захисту від:

- дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження;
- дії повітряної ударної хвилі звичайних засобів ураження;
- дій небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних, отруйних речовин;
- дії проникаючої радіації та іонізуючого випромінювання;
- катастрофічного затоплення в зонах можливого затоплення;
- дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.

Протирадіаційні укриття (ПРУ), сховища подвійного призначення (СПП) із захисними властивостями ПРУ мають забезпечити відповідний ступінь захисту від:

- дії іонізуючого випромінювання від радіоактивного забруднення;

- дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження;
- дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження;
- проникнення уламками засобів звичайного ураження;
- дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.

У ДБН В.2.2-5: 2023 визначено перелік обов'язкових приміщень, захисних споруд, до яких входять:

- основне приміщення для укриття;
- зона санітарного посту;
- приміщення медичного пункту (від 601 особи);
- приміщення пункту керування (від 301 особи);
- буфет та приміщення з обладнанням для підтримання нормативної температури їжі (при новому будівництві);
- для зберігання води;
- для зберігання відходів;
- приміщення призначені для автономного інженерного обслуговування захисної споруди (щитові, дизельні електростанції, вентиляційні, тощо).

Проекти рішень укриття мають забезпечувати дотримання вимог доступності до них осіб з обмеженими фізичними можливостями та інших маломобільних груп населення.

Зазначимо, що захисні споруди повинні бути запроєктовані у всіх нових будівлях з класом наслідків не нижче СС-2. Клас наслідків (відповідальності) будівель і споруд – це характеристика рівня можливої небезпеки для здоров'я і життя людей, які постійно або періодично перебувають на об'єкті або які знаходяться зовні такого об'єкту, матеріальних збитків чи соціальних витрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або втратою цілісності об'єкта.

У Законі “Про містобудівну діяльність” виділено три класи відповідальності об'єктів:

- СС-1 – новобудови з незначними наслідками;
- СС-2 – будівлі і споруди з середнім рівнем наслідків;

– СС-3 – будівлі і споруди зі значними наслідками.

Встановлено 6 критеріїв, за якими визначаються класи відповідальності:

1. Загроза людям, які постійно перебувають у будинку. Під постійним перебуванням мається на увазі знаходження у будівлі від 8 годин на добу протягом 150 днів на рік або більше.
2. Загроза життю, здоров'ю людей, які періодично перебувають в будинку (від 8 годин на добу до максимуму 149 днів у році).
3. Загроза життю, здоров'ю та життєдіяльності людей, що перебувають поруч з будинком. Беруться до уваги ті, хто перебуває, проживає, працює біля будинку та в сусідніх будівлях.
4. Ймовірний матеріальний збиток, який розраховується з урахуванням мінімальної заробітної плати.
5. Пошкодження комунікацій (транспортні мережі, інженерія місцевого, регіонального, державного масштабу).
6. Руйнування об'єктів культури, які відносять до спадщини регіонального або державного значення.

Розглядаючи ці критерії визначено, що проєктована будівля відноситься до класу наслідків СС-2.

4.3 Заходи цивільного захисту з вибухопожежної та пожежної безпеки

Проєктом витримані протипожежні відстані від існуючих і запроєктованих будівель згідно ДБН В 1.1-7:2016. Для під'їзду пожежних автомобілів передбачено асфальтове покриття шириною не менше 3.5м. на віддалі 8 метрів від стін будинку. Під'їзд пожежних машин можливий з усіх сторін будинку.

Зовнішнє пожежогасіння запроєктоване від запроєктованих пожежних гідрантів міського водогону.

В будинку прийнято конструкції, що забезпечують II ступінь вогнестійкості.

Для захисту від проникнення газів і вологи в підвал передбачено ущільнення вводів інженерних мереж згідно типових деталей (комплекс 7373-3).

Внутрішнє пожежогасіння запроєктоване вогнегасниками розміщеними в кожній квартирі і легкодоступних місцях типу ВП-5. В гаражах передбачена пожежна сигналізація.

Будівельні конструкції, матеріали та протипожежне устаткування, що застосовується для запобігання виникнення пожежі повинні мати нормативні значення меж вогнестійкості і розповсюдження вогню, підтверджені відповідальними сертифікатами та протоколами:

- несучі стіни REI 120; MO;
- елементи сходових кліток - R60; MO;
- міжповерхові перекриття – REI 45; MO, REI 180 MO.

Евакуаційні виходи, шляхи евакуації обладнуються вказівниками, які мають позначення з використання знаків пожежної безпеки у відповідності з ДСТУ EN ISO 7010:2019 “Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки”.

Мережі евакуаційного освітлення виконуються кабелем з межею вогнестійкості більше 15 хв.

Відповідно до ДБН В 1.2-4-2006 на розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту у складі проєктної документації проєкту чого об’єкту. Проєктування здійснюється з урахуванням вимог ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». Так як розрахункова інтенсивність сейсмічних поштовхів і коливань на ділянці проєктування складає 6 балів за шкалою М 8К-64 карта ЗСР-2004-С.

В проєкті передбачені заходи по забезпеченню міцності будівель з врахуванням вимог ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво у сейсмічних районах України» для 6 балів.

Також мають місце небезпечні зовнішні впливи: високі температури навколишнього середовища; низькі температури; блискавки. Ймовірне проходження ураганів, бур, смерчів.

До основних заходів для попередження надзвичайних ситуацій, джерелами яких є небезпечні природні процеси відносяться:

- стеження за справним станом покриттів і пристроїв для відведення атмосферних і талих вод з покрівлі будівель і споруд, навісів;
- стеження за щільністю прилягання покрівлі будівлі до парапетів;
- своєчасно прибирання снігу від стін і з покриттів будівель і споруд;
- при очищенні покриттів забороняється застосовувати інструменти ударної дії, які можуть пошкодити покриття;
- недопустимим є розповсюдження в будівлях і спорудах вологи, що утворюється унаслідок пошкодження гідроізоляції фундаментів;
- стеження за нормальною роботою систем вентиляції;
- у разі появи в цегляних стінах тріщин, негайно встановити на них маяки і проводити ретельний нагляд за поведінкою тріщин і конструкції в цілому;
- не допускати перевантаження будівельних конструкцій.

Конструкції будівель і споруд розраховані на сприйняття снігових і вітрових навантажень, встановлених ДБН В. 1.2-2:2006 "Навантаження і впливи".

Захисне заземлення виконується в відповідності з п. 1-7 ПУЕ. Для заземлення використовується захисний РЕ - провід. Зв'язок з нульовими точками трансформаторів і контуром заземлення підстанції здійснюється через нульову жилу кабелів і провода живлення.

Металеві корпуси ванн з'єднати металічним провідником до контуру заземлення.

Захисні РЕ-шину ВРУ з'єднати з трубами у підвалі та із зовнішніми контурами заземлення.

Згідно ДСТУ EN 62305-1:2012 для захисту будівель від прямих ударів блискавки металічні елементи покрівлі, телеантени та радіотрубостійки, необхідно з'єднати з контуром заземлення при допомозі круглої сталі $d=8\text{мм}$.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У проєкті розроблено архітектурно-планувальні та конструктивні рішення дев'ятиповерхового житлового будинку.

2. На основі нормативних розрахунків, які враховують інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, навантажень і конструктивних рішень надземної частини будинку підібрано стрічковий фундамент з подушкою, яка є неперервною за довжиною.

3. Проаналізовано ефективні конструктивні рішення стрічкових фундаментів. Одним з таких видів є стрічковий фундамент з переривчастою фундаментною подушкою, для якого проведено моделювання напружено-деформівного стану за допомогою спеціалізованого пакету прикладних програм "ЛІРА-САПР".

4. Встановлено, що при незмінному навантаженні від будівлі як на суцільну фундаментну подушку, так і на переривчасту фундаментну подушку (розриви 300 мм та 600 мм) осідання підошви фундаменту майже не змінюється (збільшується на 7,8 % при проміжку між подушками 300 мм та 14,1 % при проміжку між подушками 600 мм). Таке збільшення осідань не перевищує граничних значень, які для житлових будинків становлять 12 см.

5. На основі моделювання методом скінчених елементів показано, що площа фундаментної подушки під внутрішньою стіною зменшилась на 14,4 % при влаштуванні проміжків шириною 300 мм і на 28,8 % – при влаштуванні проміжків шириною 600 мм. Площа фундаментів під зовнішньою стіною зменшилась на 15,9 % при розривах 300 мм і 31,8 % при розривах 600 мм.

6. За рахунок ефективнішої схеми стрічкового фундаменту, а саме застосування стрічкового переривчастого фундаменту, можна зменшити об'єм бетону у фундаментах і отримати економічний ефект.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. І. М. Підгурський, к.т.н., доцент, Д. З. Биків, А. М. Топільчук, В. А. Давідчук Дослідження напружено-деформівного стану конструкцій сталевого каркасу // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – 81-82 с
2. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності) [Чинний від 24.06.2019]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 14 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.) [Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ: МІНБУД УКРАЇНИ, 2006. 75 с.
4. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ЛІРА-САПР® Приклади розрахунку і проектування. LIRALAND Group. Електронне видання, 2022 – 635 с.
5. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. [Недіючий від 01.01.2019]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд, 2011. 86 с.
6. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення [На заміну ДБН В.2.1-10-2009, Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд, 2018. 36 с.
7. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 01.06.2020]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2011. 71 с.
8. ДСТУ 8773:2018 Склад та зміст розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту в складі проєктної документації на будівництво об'єктів. Основні положення [Чинний від 01.07.2019]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 18 с.
9. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та

конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 30 с.

10. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять [Чинний від 01.05.2015]. Вид. офіц. Київ: МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2015. 18 с.

11. Про охорону праці : Закон України від 14.10.92 р. № 2695-ХІІ. Вид. офіц. Голос України 1992. 24 лист. № 49, ст.669.

12. ДБН В.2.2-5: 2023 “Захисні споруди цивільного захисту” [Чинний від 01.11.2023]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2023. 123 с.

13. ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT) [Чинний від 01.08.2012]. 99 с.

14. ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [Чинний від 01.10.2014]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014, 110 с.;

15. ДСТУ EN ISO 7010:2019 “Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки” [Чинний від 01.07.2020] ДП «УкрНДНЦ», 2020. 131 с.

16. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.

17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [На заміну СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2011, 123 с.

18. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [На заміну ДБН Б.2.2-12:2018; чинний від 2019-04-26]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2019, 117 с.

19. ДБН А.2.2-3-2014 «Склад, та зміст проектної документації на будівництво» [На заміну ДБН А.2.2-3-2012; чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2014, 40 с.;

20. Бабич Є. М. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Є. М. Бабич, Ю. О. Крусь. - Рівне : Вид-во РДТУ, 2001. - 367 с.

21. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.: іл.

22. Жупаненко І.В. Чисельний аналіз методів розрахунку ґрунтової основи та методів визначення коефіцієнтів постелі. / І.В. Жупаненко // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 64-71.

23. Підгурський М. І., Підгурський І. М., Підвисоцький О. І., Биків Д. З. Дослідження впливу конструктивних рішень пальово-плитного фундаменту металевого силосу на особливості деформування фундаментної плити / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2023. - Вип. 43. - С. 244-254.