

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Проект двоповерхового торговельного центру в Тернополі

Виконав(ла): студент(ка)

4

 курсу, групи

МБ-41

спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Дяків В.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Сорочак А.П. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мещерякова О.М. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Ясній В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Дяків Владислав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект двоповерхового торговельного центру в Тернополі

Керівник роботи к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-48

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – місто Тернопіль.

Вітровий район – 4. Сніговий район – 4. Висота першого і другого поверхів – 4,0 м.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Теоретичний розділ (аналіз аналогів, вимоги до будівлі торговельного центру). Архітектурно-будівельний розділ. Розрахунково-конструктивна частина. Розрахунково-конструктивний розділ. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
План першого поверху. План другого поверху. План укриття. План покрівлі. Фасади. Розрізи. Вузли. План фундаменту. Армування плити перекриття. Армування колони середнього ряду.

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Дяків В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сорочак А.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ.....	6
1.1 Аналіз існуючих аналогів.....	6
1.2 Вимоги до влаштування безбар'єрного середовища у торгових центрах.....	10
1.2.1 Вимоги до проходів.....	10
1.2.2 Вимоги до пандусів.....	10
1.2.3 Вимоги до ліфтів.....	11
1.3 Вимоги до протипожежної безпеки.....	11
1.4 Вимоги до планування і забудова територій.....	12
1.4.1 Вимоги до автостоянки.....	12
1.4.2 Вимоги до транспортного доступу.....	12
1.5 Вимоги до захисних споруд цивільного захисту.....	12
1.5.1 Місткість укриття в громадських будівлях.....	13
1.5.2 Об'ємно-планувальні рішення.....	13
1.5.3 Вимоги до опорядження приміщень захисних споруд.....	13
1.5.4. Конструктивні рішення.....	14
1.5.5. Інженерне обладнання та системи життєзабезпечення.....	14
1.5.6 Вимоги до евакуаційних виходів.....	14
1.6 Висновки до розділу 1.....	14
РОЗДІЛ 2 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	15
2.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	15
2.1.1 Відомості про кліматологічні умови.....	15
2.1.2 Відомості про інженерно-геологічні умови.....	16
2.2 Генеральний план.....	17
2.2.1 Техніко-економічні показники генерального плану.....	18
2.3 Архітектурно-планувальні рішення.....	19
2.3.1 Загальні відомості про будівлю.....	19
2.3.2. Характеристика технологічного чи функціонального процесу.....	20
2.3.3 Врахування вимог до захисних споруд.....	21
2.3.4 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування.....	22
2.4 Відомості про опорядження торгового центру.....	22
2.5 Відомості про енергоефективність будівлі.....	23
2.6 Інженерні мережі і обладнання.....	25
2.7 Доступність для маломобільних груп населення.....	25
2.8 Висновки до розділу 2.....	27
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ.....	28

3.1 Основні параметри та конструктивні рішення будівлі.....	28
3.2 Створення розрахункової схеми.....	29
3.3 Визначення та прикладання навантажень.....	33
3.4 Сполучення розрахункових навантажень.....	34
3.5 Розрахунок і аналіз розрахункової схеми.....	35
3.6 Підбір арматури плити перекриття і колони середнього ряду.....	37
3.7 Розрахунок фундаментів та основи.....	42
3.8 Висновок до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	49
4.1 Заходи з охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт.....	49
4.1.1 Аналіз умов праці на будівельному майданчику.....	49
4.1.2 Обґрунтування заходів безпеки.....	49
4.1.3 Організаційно-технічні заходи безпеки.....	50
4.1.4 Охорона навколишнього середовища.....	52
4.1.5 Заходи пожежної безпеки під час будівельно-монтажних робіт.....	53
4.1.6 Висновки до підрозділу 4.1.....	54
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях для торгового центру.....	54
4.2.1 Забезпечення пожежної безпеки у будівлі торгового центру.....	55
4.2.2 Розрахунок укриття цивільного захисту.....	55
4.3 Висновки до розділу 4.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
БІБЛІОГРАФІЯ.....	58

ВСТУП

Актуальність теми. Зростання підприємницького сектору зумовлює потребу у сучасних та зручних торговельних комплексах. Зважаючи на особливості Тернополя - його компактність та розмірений ритм життя - особливого значення набуває розробка проектів малих за розміром, проте ефективних торговельних центрів. Такі споруди мають комплексно задовольняти запити городян та органічно доповнювати міське середовище.

Метою кваліфікаційної роботи є створення проекту торгового центру в межах міста Тернопіль.

Для досягнення цієї мети необхідно реалізувати наступні завдання:

1. Проаналізувати вибрану територію для будівництва;
2. Визначити оптимальні габарити та конфігурацію будівлі;
3. Виконати моделювання та розрахунки основних конструктивних елементів;
4. Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Методи виконання. У роботі виконано моделювання конструкцій будівлі у програмному середовищі Autodesk Revit, а розрахунок несучих конструкцій проведено за допомогою програмного комплексу ЛІРА.

Практичне значення одержаних результатів. Наявні результати є релевантними для подальших проектних робіт.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Аналіз існуючих аналогів

Торговий центр "Новус" у Тернополі, розташований на вулиці Перля, 3, був збудований у 2011 році. Це двоповерхова будівля загальною площею понад 10000 кв. метрів.

Архітектура ТЦ "Новус" побудована за принципом компактного планування. На першому поверсі знаходиться супермаркет і кілька магазинів з окремими входами. На другому поверсі розташовані фудкорт і торгові приміщення. Також передбачені зони для відпочинку, які добре освітлюються природним світлом.

Будівлю виконано з монолітного залізобетонного каркасу. Фасади зроблені зі склопакетів і вентильованих панелей. Дах - плоский, утеплений.

Для зниження енергоспоживання використовується система рекуперації повітря. У будівлі встановлені енергоефективні вікна та LED-освітлення. Протипожежна система оснащена автоматичними датчиками диму.

На території є наземний паркінг приблизно на 150 місць, а вхідні зони обладнані технічними ухилами. Для завантаження товарів передбачено окремий вантажний в'їзд позаду торгового центру [1].

Головні особливості ТЦ "Новус" - це компактне планування та сучасні енергоефективні технології.

На рисунку 1.1 зображено головний фасад торгового центру "Новус".



Рисунок 1.1 – Торговий центр “Новус”

Торговий центр "Подoliaни" у Тернополі, розташований на вулиці Текстильній, 28ч, відкритий у 2007 році. Це один із найбільших торгово-розважальних центрів у Західній Україні, загальною площею 50 000 кв. метрів [2].

Архітектура ТРЦ "Подoliaни" орієнтована на багатофункціональність. На першому поверсі розташовані супермаркет, концертний зал і понад 100 магазинів відомих брендів. Другий поверх включає кінотеатр, боулінг-клуб, ковзанку та дитячі зони [3].

Будівля виконана із залізобетонних конструкцій. Фасади оформлені за допомогою склопакетів і сендвіч панелей. Дах плоский, із сучасною теплоізоляцією.

Для забезпечення комфорту у ТРЦ використовуються енергоефективні технології, зокрема LED-освітлення та системи вентиляції з кондиціонуванням. Також передбачена протипожежна система з автоматичними датчиками.

ТРЦ має відкритий паркінг, а всі входи обладнані пандусами та технічними ухилами для людей з інвалідністю.

Головною особливістю ТРЦ "Подольани" є його багатофункціональність і великий вибір розважальних та торговельних послуг, які роблять центр популярним серед жителів Тернополя і туристів.

На рисунку 1.2 зображено головний фасад торгового центру "Подольани".



Рисунок 1.2 – Торговий центр "Подольани"

Галерея Лодзька у Лодзі (Польща) відкритий у 2002 році. Це сучасний триповерховий торговельний центр із загальною площею 45 000 кв. метрів, який вміщує 155 магазинів, бутиків, кав'ярень та ресторанів [4].

Архітектура цього торгового центру поєднує сучасний дизайн із елементами постіндустріального стилю, що відображає архітектурну спадщину Лодзі.

Фасади будівлі оздоблені великими скляними панелями та вентиляльованими фасадними системами, що забезпечує природне освітлення внутрішніх просторів.

Для забезпечення енергоефективності в центрі використовуються сучасні технології, зокрема системи рекуперації повітря та LED-освітлення. Протипожежна

безпека забезпечується автоматичними системами виявлення диму та пожежогасіння [5].

На території є чотирирівневий критий паркінг на 1 400 місць, що забезпечує зручний доступ для відвідувачів.

Вхідні зони обладнані пандусами та ліфтами для забезпечення безбар'єрного доступу маломобільних груп населення.

Головні особливості торгового центру - це сучасний дизайн, інтеграція з архітектурною спадщиною міста та використання енергоефективних технологій, що робить цей центр привабливим для мешканців Лодзі та туристів.

На рисунку 1.3 зображено головний фасад торгового центру “Galeria Lodska”.



Рисунок 1.3 – “Galeria Lodska”

1.2 Вимоги до влаштування безбар'єрного середовища у торгових центрах

Влаштування безбар'єрного середовища в торгових центрах є обов'язковою умовою для забезпечення доступу категорій населення, включаючи маломобільні групи. Відповідно до ДБН В.2.2-40:2018 [6], усі приміщення загального користування повинні бути доступними для осіб з інвалідністю, а планування внутрішнього простору має сприяти безперешкодному пересуванню відвідувачів.

1.2.1 Вимоги до проходів

Для забезпечення вільного руху відвідувачів, у тому числі осіб з обмеженими можливостями, мінімальні розміри проходів у торгових центрах мають відповідати таким параметрам:

Основні комунікаційні проходи - не менше 1,2 м. Підходи до обладнання та меблів - не менше 0,9 м. Зона для самостійного розвороту особи на кріслі колісному - діаметр не менше 1,5 м. Ширина провітрів дверей приміщень - не менше 0,9 м (за глибини відкритого прорізу понад 1,0 м - не менше 1,2 м). Прогоди повинні бути безперешкодними, без виступаючих конструкцій та бар'єрів, а також забезпечувати зручний доступ до всіх функціональних зон.

1.2.2 Вимоги до пандусів

Для забезпечення доступу до будівлі та внутрішніх приміщень передбачено встановлення пандусів, які повинні відповідати наступним параметрам: максимальний ухил - не більше 8% (1:12). Максимальна висота одного підйому - 0,8 м. Мінімальна ширина пандуса - 1,2 м (для двостороннього руху - 1,8 м). Горизонтальні площадки після кожного підйому - не менше 1,5 м завглибшки. Наявність поручнів на висоті 0,7 м та 0,9 м. Шорстка поверхня для запобігання ковзанню.

1.2.3 Вимоги до ліфтів

Торгові центри повинні бути обладнані пасажирськими ліфтами, які забезпечують вертикальне переміщення маломобільних груп населення.

Основні вимоги до ліфтів: мінімальна ширина дверного прорізу - 0,9 м, рекомендовані розміри кабіни - ширина 2,1 м, глибина 1,1 м.

1.3 Вимоги до протипожежної безпеки

До торгових центрів висуваються численні вимоги, що охоплюють різні аспекти безпеки, проектування, експлуатації та функціональності згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [7].

Основні з них включають: протипожежне водопостачання, тобто забезпечення зовнішнього та внутрішнього пожежогасіння.

Протипожежні перешкоди: використання протипожежних стін, перекриттів і перегородок залежно від призначення та ступеня вогнестійкості будівлі.

Евакуаційні шляхи: висота дверей не менше 2,0 м, ширина - 0,8 м. Двері повинні відкриватися у напрямку евакуації. Пожежні ліфти: обов'язкові для будівель понад 26,5 м висоти.

Забезпечення безбар'єрного доступу: наявність пандусів, ліфтів, зручних входів для маломобільних груп населення.

Зони загального користування: чітке зонування простору для торгівлі, рекреаційних зон, обслуговування та технічних приміщень.

Автостоянки: мають бути обладнані згідно з нормами для торгового центру, враховуючи кількість відвідувачів.

Торгового розважальні центри повинні мати I ступінь вогнестійкості та не перевищувати 5 поверхів

Внутрішні перегородки повинні бути протипожежного типу.

1.4 Вимоги до планування і забудова територій

1.4.1 Вимоги до автостоянки

Місткість стоянки визначається в залежності від площі торгового центру та очікуваного потоку відвідувачів відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 [8]. Мінімальна площа для одного машино-місця: відкриті автостоянки - 13,25 метрів квадратних на 1 авто. Для інвалідів слід виділяти не менше 10 відсотків машино-місць, із шириною не менш як 3,5 м на місце.

Відстань від перехресть магістральних вулиць загальноміського значення - не менше 100 м. Від перехресть вулиць місцевого значення - не менше 35 м. Від зупинок громадського транспорту - не менше 30 м. Від житлової забудови не менше 15 м.

Ширина одного машино-місця: $2,5 \times 5,3$ м (або $2,3 \times 5,0$ м для тимчасових парковок). Ширина проїздів: з двостороннім рухом - не менше 6 м. З одностороннім рухом - 3,5 м. Мінімальні радіуси заокруглення - 6 м. Розташування авто: паралельно або перпендикулярно проїздам. Під кутом $45-60^\circ$ допускається для кращого використання простору.

1.4.2 Вимоги до транспортного доступу

Під'їзд до торгових центрів - обов'язково двосмугові проїзди шириною не менше 5,5 м, для окремо розташованих будівель - односмугові проїзди 3,5 м з розворотними майданчиками 12×12 м або Т-подібними - 12×4 м.

1.5 Вимоги до захисних споруд цивільного захисту

В умовах сучасних загроз, зокрема військових дій та ракетних ударів, наявність захисних споруд у торгових центрах є критично важливою. Вони забезпечують безпеку відвідувачів і персоналу під час надзвичайних ситуацій, створюючи укриття від обстрілів, вибухової хвилі та інших небезпек. Інтеграція

таких споруд у ТЦ не лише відповідає вимогам державних будівельних норм, а й підвищує довіру людей до громадських просторів, забезпечуючи безперервну роботу бізнесу навіть у кризових умовах.

1.5.1 Місткість укриття в громадських будівлях

Загальна місткість захисних споруд та споруд подвійного призначення (СПП) у громадських будівлях визначається можливістю укриття 100% розрахункової кількості осіб, що періодично перебувають на об'єкті, згідно з ДБН В.2.2-5:2023 [9].

1.5.2 Об'ємно-планувальні рішення

Усі шляхи руху до захисних споруд повинні відповідати вимогам доступності для осіб з інвалідністю згідно з ДБН В.2.2-40:2018 [6].

Вхідні групи, пандуси, сходи, коридори, тамбури та основні приміщення укриттів мають бути доступними для маломобільних груп населення.

Ширина евакуаційних коридорів у ТЦ повинна бути не менше: 1,8 м при новому будівництві.

1.5.3 Вимоги до опорядження приміщень захисних споруд

Заборонено використовувати скляні та керамічні матеріали для оздоблення евакуаційних коридорів та приміщень для укриття.

Не допускається встановлення підвісних стель та фальшпідлог.

Внутрішнє оздоблення стін, перегородок, підлоги та стелі має відповідати загальним вимогам будівельних норм.

1.5.4. Конструктивні рішення

Будівельні матеріали та конструкції повинні забезпечувати належний рівень захисту від ударної хвилі та радіації.

Для громадських будівель, зокрема торгових центрів, використовуються залізобетонні, цегляні або армокам'яні конструкції з відповідною товщиною стін для забезпечення міцності та герметичності.

1.5.5. Інженерне обладнання та системи життєзабезпечення

Захисні споруди мають бути обладнані: системами вентиляції, опалення, кондиціонування. Автономними системами водопостачання та каналізації. Джерелами резервного електропостачання.

1.5.6 Вимоги до евакуаційних виходів

Захисні споруди мають передбачати не менше двох виходів, які повинні бути захищеними.

Вхідні двері повинні бути герметичними, вибухостійкими, з можливістю дистанційного відкривання

1.6 Висновки до розділу 1

У теоретичному розділі проведено аналіз аналогічних торгових центрів, визначено вимоги до їхнього проєктування, безбар'єрного середовища, пожежної безпеки та захисних споруд цивільного захисту. Окреслено ключові параметри планування, інженерних рішень та конструктивних особливостей, що забезпечують ефективність, безпеку та доступність об'єкта.

РОЗДІЛ 2

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Дані про район і ділянку будівництва

Будівельна ділянка розташована в житловому районі «Східний». З заходу та сходу вона межує з існуючою житловою забудовою, а із півдня та півночі обмежена проїзною частиною, що забезпечує зручний транспортний доступ до торгового центру.

Територія ділянки характеризується рівнинним рельєфом, що створює сприятливі умови для розташування торгового центру та облаштування прилеглих зон. Завдяки відсутності значних перепадів висот мінімізуються обсяги земляних робіт, що дозволяє зменшити витрати на підготовку основи під забудову. Крім того, природний ухил ґрунту не ускладнює процес планування території та забезпечує ефективну організацію системи водовідведення.

Інженерні мережі та комунікації торгового центру передбачають підключення до міських систем забезпечення.

Водопостачання та каналізація здійснюватимуться від центральної міської мережі, що гарантує стабільне водозабезпечення та ефективне водовідведення.

Електропостачання надходитиме від міської трансформаторної підстанції. На випадок аварійних ситуацій передбачено резервне джерело живлення.

Опалення та вентиляція будуть організовані за допомогою автономної системи, що забезпечить оптимальний мікроклімат у приміщеннях.

Протипожежні заходи включають встановлення пожежних гідрантів по периметру будівлі, а також автоматичну систему пожежогасіння для підвищення рівня безпеки.

2.1.1 Відомості про кліматологічні умови

Проектування торгового центру виконано з урахуванням кліматичних особливостей регіону. Будівельна ділянка розташована у I будівельно-кліматичній

зоні, що визначає основні параметри впливу зовнішнього середовища на конструкції будівлі, відповідно до ДБН В.1.1-12:2014 [10].

1. Глибина промерзання ґрунту – 140 см.
2. Розрахунковий швидкісний тиск вітру – 520 Па.
3. Снігове навантаження на покрівлю – 1390 Па.
4. Середня швидкість вітру у січні – 5,1 м/с.
5. Найхолодніша доба – -25°C .
6. Середня температура за п'ять найхолодніших діб – -21°C .
7. Середня температура в опалювальний період – $-0,5^{\circ}\text{C}$.
8. Розрахункова температура для вентиляційних систем – -9°C .
9. Опалювальний сезон триває 184 доби.
10. Літня розрахункова температура – $24,1^{\circ}\text{C}$.
11. Середньомісячна температура липня – $18...20^{\circ}\text{C}$.
12. Середній рівень вологості повітря – 79%.

2.1.2 Відомості про інженерно-геологічні умови

У межах проєктованої забудови було виконано чотири інженерно-геологічні свердловини.

1. Рослинний шар потужністю 0,6–0,9 м, з питомою вагою $16,2 \text{ кН/м}^3$ та коефіцієнтом пористості 0,13. Цей шар є нестабільним і підлягає видаленню при влаштуванні основи.

2. Супісок залягає на глибинах 3,9–4,5 м. Його середня щільність становить $17,5 \text{ кН/м}^3$, модуль деформації - 18,0 МПа, коефіцієнт пористості - 0,20. Для цього шару прийнято умовний коефіцієнт постелі $80\text{--}100 \text{ кН/м}^3$, коефіцієнт фільтрації - $0,0015 \text{ м/с}$.

3. Суглинок виявлений у межах глибин 6,7–7,2 м. Має питому вагу $16,8 \text{ кН/м}^3$ та модуль деформації 26,4 МПа. Пористість - 0,18. Орієнтовно прийнято коефіцієнт постелі $200\text{--}300 \text{ кН/м}^3$ (залежно від глибини) та коефіцієнт фільтрації в межах $0,008\text{--}0,012 \text{ м/с}$.

4. Глина четвертинна залягає на глибинах від 12 до 14 м. Її середня щільність становить $19,7 \text{ кН/м}^3$, модуль деформації - $27,4 \text{ МПа}$, коефіцієнт пористості - $0,25$. Показник пластичності - $0,44$, коефіцієнт фільтрації - $0,00005 \text{ м/с}$.

За результатами інженерно-геологічних вишукувань, у межах виконаних свердловин підземні води не виявлені. Ґрунти, що залягають у межах будівельного майданчика, не схильні до розвитку небезпечних фізико-геологічних процесів. Територія характеризується як непідтоплювана, а ґрунти - непросідні, що дозволяє вважати основу стабільною для влаштування плитного фундаменту.

2.2 Генеральний план

Вертикальна відмітка будівлі прийнята на основі аналізу рельєфу ділянки та рівня підключення до мереж. Позначка ± 0.000 відповідає висоті 324.30 м . Це дозволяє забезпечити ефективне самопливне водовідведення та зручний вхід до будівлі з боку тротуару.

Будівля орієнтована головним фасадом на південь.

Генеральний план передбачає розподіл території на функціональні зони:

1. Головна будівля - торговий центр площею 1728 м^2 , розташований у центральній частині ділянки.
2. Паркінг - організований по всьому периметру території, включає місця для осіб з інвалідністю.
3. Пішохідна зона - передбачає тротуари та безбар'єрний доступ для маломобільних груп населення.
4. Зона озеленення - передбачає висадку декоративних дерев, кущів, газонів та встановлення лавок.
5. Зона завантаження товарів - розташована в задньому дворі торгового центру, забезпечує окремий під'їзд для транспорту постачальників.

Доступ громадського транспорту: неподалік передбачені зупинки маршрутних таксі та автобусів.

Під'їзні дороги: забезпечують двосторонній рух транспорту та безпечний під'їзд до торгового центру.

Для комфортного перебування відвідувачів на території запроектовані наступні озеленені зони: декоративні дерева та кущі вздовж головних проходів і парковки, газонні покриття між пішохідними зонами, лавки та урни вздовж тротуарів для відпочинку.

Для забезпечення безпечного водовідведення передбачено мінімальний ухил поверхні території (2–3%). Вертикальна відмітка будівлі прийнята з урахуванням природного ухилу та позначок прилеглих доріг. Улаштування підпірних стін не передбачається. Знятий рослинний шар передбачено відновити у зоні озеленення.

2.2.1 Техніко-економічні показники генерального плану

Техніко-економічні показники генерального плану визначено відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 [8] та ДБН В.2.3-15:2007 [11]. У таблиці 2.1 наведено обґрунтування площ майданчиків, виходячи з загальної території та кількості паркомісць.

Таблиця 2.1 – Розрахунок площ майданчиків для функціонування будівлі

Назва	Розрахунок площі, м ²	Прийнято, м ²
Озеленення території	8343 (Загальна площа) - 80% = 1669 м ²	1670 м ²
Автостоянки	81 паркомісць x 13,25 = 1073,25 м ²	1073,25 м ²

Проектні рішення забезпечують ефективне використання території, відповідність нормативним вимогам та комфортні умови для відвідувачів і персоналу. Розташування будівлі в центральній частині ділянки дозволяє оптимально організувати функціональні зони - зони відпочинку, паркінг, пішохідні проходи та озеленення. Такий підхід сприяє раціональному використанню площі та забезпечує зручну логістику для транспорту й пішоходів.

Основні техніко-економічні показники щодо земельної ділянки та благоустрою території зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні техніко-економічні показники по генплану

№ п/п	Назва	Кількість
1	Площа земельної ділянки	8343 м ²
2	Площа забудови торгового центру	1728 м ²
3	Відсоток забудови земельної ділянки при розміщенні торгового центру	20.71%
4	Площа мощення тротуарною плиткою	4709 м ²
5	Площа майданчиків благоустрою	1637.4 м ²
6	Асфальтоване покриття	-
7	Дерева, що висаджуються	26 шт.

2.3 Архітектурно-планувальні рішення

2.3.1 Загальні відомості про будівлю

Проектована будівля - це двоповерховий торговий центр з підвальним приміщенням, розташований у місті Тернопіль. Загальні габарити в плані складають 48×36 м. Висота поверху - 4,2 м, висота підвалу - 3,0 м, загальна висота будівлі від планувальної відмітки землі до покрівлі - близько 11,5 м. Конструктивна схема — монолітний залізобетонний каркас з перекриттями у вигляді монолітних плит. Сітка колон з кроком 6м.

У будівлі передбачено дві сходові клітки, розміщені з урахуванням нормованих шляхів евакуації. Також запроєктовано один пасажирський ліфт та два вантажних, доступний для всіх категорій населення, включно з маломобільними групами. Системи водопостачання, каналізації, вентиляції та опалення організовані централізовано з урахуванням функціонального зонування будівлі.

2.3.2 Характеристика технологічного чи функціонального процесу

Функціональний процес - торгівля, обслуговування клієнтів, відпочинок. Визначив необхідність створення відкритих просторів без проміжних несучих стін. Це зумовило вибір монолітного залізобетонного каркаса як основної конструктивної системи. Всі перегородки виконані з гіпсокартону, що дає змогу змінювати конфігурацію при необхідності. Підвальне приміщення використовується як цивільне укриття, тому стіни мають підвищену жорсткість.

Основні функціональні зони:

1. Вхідна зона - передбачає основний вхід для відвідувачів, тамбури, зону очікування.
2. Торгові приміщення - включають супермаркет, магазини, фуд-корт та зону обслуговування клієнтів.
3. Зона відпочинку - містить кафе швидкого харчування, місця для сидіння та відпочинку.
4. Санітарно-побутові приміщення - передбачені окремі санвузли для чоловіків, жінок, осіб з інвалідністю та кімната матері й дитини.
5. Технічні приміщення - охоплюють електрощитову, серверну, складські приміщення та підсобні кімнати.
6. Зона завантаження товарів - окремий в'їзд для постачання продукції, склади, приміщення для підготовки товарів до продажу.
7. Адміністративні приміщення - містять кабінети адміністрації, кімнати персоналу, службові коридори.

Організація пересування всередині будівлі:

1. Для зручності переміщення передбачено широкі коридори, ескалатори, ліфти та сходові клітки.
2. Забезпечено безбар'єрний доступ: пандуси, ліфти та спеціальні проходи для маломобільних груп населення.
3. Для евакуації у разі надзвичайних ситуацій передбачено чотири евакуаційні виходи.

Логістика та обслуговування:

1. Доставка товарів здійснюється через окремий в'їзд у задній частині будівлі.
2. Внутрішні склади забезпечують тимчасове зберігання продукції та її підготовку до реалізації.
3. Для персоналу передбачено окремі службові приміщення, санітарні кімнати та кімнату приймання їжі.

Проектне рішення гарантує зручність для відвідувачів, ефективну організацію торгових процесів та відповідність сучасним вимогам безпеки.

2.3.3 Врахування вимог до захисних споруд

У підвальному поверсі торгового центру передбачено облаштування захисної споруди подвійного призначення. Укриття розраховане на перебування всіх працівників та відвідувачів будівлі, виходячи із максимальної одночасної заповненості. Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 [9], об'єм приміщень укриття та розміщення санітарно-побутових зон забезпечують комфортні та безпечні умови перебування у надзвичайних ситуаціях.

Об'ємно-планувальне рішення укриття включає основне приміщення для укриття людей, санвузол, допоміжне приміщення для зберігання запасів води, продуктів та засобів першої допомоги. Всі шляхи евакуації до укриття відповідають вимогам безбар'єрного доступу для маломобільних груп населення - передбачений пандус, який веде на парковку, сходи з поручнями, ширина проходів не менше 1,2 м, два вантажних ліфти, якими в разі необхідності можуть користатися маломобільні групи населення. Конструкції стін, перекриття та перегородок укриття виконані із залізобетону. Система вентиляції, аварійне освітлення та резервне електроживлення.

2.3.4 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування

Проект торгового центру розроблено з урахуванням сучасних вимог до функціональності, комфорту та безпеки. Основна мета - створення зручного та доступного простору для відвідувачів, забезпечення ефективного руху людей і транспорту, а також відповідність чинним будівельним нормам.

Будівля торгового центру має двоповерхову структуру з оптимальним зонуванням, що дозволяє ефективно використовувати площу. Основний вхід розташований з боку головної проїзної частини, що забезпечує зручний доступ для відвідувачів.

Торгові приміщення згруповані за принципом логічного розміщення товарів і послуг, що сприяє зручності для покупців.

Передбачено широкі коридори та зони відпочинку, що покращує навігацію та комфортність перебування у приміщенні.

У проекті враховано безбар'єрний доступ: пандуси, ліфти та спеціально облаштовані проходи для маломобільних груп населення.

2.4 Відомості про опорядження торгового центру

Проектом передбачено сучасне опорядження екстер'єрів і інтер'єрів торгового центру з урахуванням архітектурно-естетичних, функціональних та експлуатаційних вимог.

Фасади виконані з використанням сендвіч-панелей чорного кольору, які створюють стриманий, модерністський образ будівлі, відповідний до загальної концепції проекту. Чорний колір надає торговому центру виразності, гармонійно контрастує з озелененням території та візуально підкреслює геометричну простоту форм. Фактура панелей - гладка матова, що зменшує відблиски та підвищує стійкість до забруднення. Для акцентів на вхідних зонах передбачено скління з тонованим триплексом та елементи алюмінієвих касет у сірому кольорі.

Цокольна частина будівлі виконує функцію захисту нижньої частини фасаду від вологи, механічних пошкоджень та бруду. З урахуванням експлуатаційних умов та архітектурного стилю торгового центру, обрано надійне й довговічне оздоблення, яке поєднується з фасадною системою із сендвіч-панелей.

Для декоративного та захисного опорядження застосовується мінеральна штукатурка на армованій сітці, нанесена по цементно-піщаному шару. Штукатурка виконується у темно-сірому кольорі (графіт), що контрастує з основним облицюванням фасаду та візуально підкреслює лінію цоколя. Такий колір дозволяє приховувати сліди забруднень, які виникають у зоні контакту з відмосткою та снігом.

Поверхня виконується зі шорсткою фактурою типу “короїд”, яка стійка до механічного зносу та добре витримує атмосферні впливи. Додатково передбачено гідрофобне просочення для підвищення водовідштовхувальних властивостей. Місце стику цоколя з фасадними сендвіч-панелями захищене сталевим відливом, що запобігає потраплянню дощової води за облицювання.

Інтер'єри виконані в нейтральній сіро-білій кольоровій гамі, що сприяє візуальному розширенню простору та не відволікає увагу від комерційних вітрин. Стіни у торгових приміщеннях оздоблюються вологостійкими гіпсокартонними панелями з фарбуванням латексною фарбою, підлога - з керамограніту сірого кольору з неслизькою текстурою, що забезпечує зносостійкість і безпеку пересування. У санвузлах використовуються керамічні плити зі світлою глянцевою поверхнею, що спрощує догляд і відповідає санітарним нормам.

2.5 Відомості про енергоефективність будівлі

Зовнішні стіни торгового центру запроектовано з використанням сендвіч-панелей заводського виготовлення, що кріпляться до монолітного залізобетонного каркасу. Конструкція панелі складається з двох сталевих облицювальних листів, 1 мм кожен, та теплоізоляційного шару товщиною 118 мм, виготовленого з пінополіізоціанурату.

Згідно з технічними характеристиками виробника, панель має коефіцієнт теплопередачі $U = 0.17 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, що відповідає приведену опору теплопередачі $R = 1/U = 5.88 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [12] для І кліматичної зони (м. Тернопіль) мінімальне значення приведеного опору теплопередачі для зовнішніх стін громадських будівель повинно бути не менше $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Таким чином, обрана сендвіч-панель повністю відповідає нормативним вимогам з достатнім запасом теплоефективності.

Для цокольної частини та підземних стін використано додаткове зовнішнє утеплення плитами екструдованого пінополістиролу товщиною 100 мм. Цей матеріал має низьку теплопровідність і високу стійкість до вологи, що забезпечує збереження теплоізоляційних властивостей у зоні контакту з ґрунтом.

Приведений опір теплопередачі цоколя при товщині утеплювача 100 мм становить $R \approx 4.52 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Це відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 [12] для зовнішніх огорожувальних конструкцій у І кліматичній зоні (норма: $R \geq 4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

Проектом передбачено влаштування експлуатованого плоского даху з багат шаровою тепло- та гідроізоляційною конструкцією, яка забезпечує високі експлуатаційні характеристики, енергоефективність та герметичність. Опорядження покрівлі виконується згідно з принципами інверсійного даху.

Верхнім опоряджувальним шаром є цементно-піщана стяжка по ухилу (60 мм), яка формує поверхню для подальшого фінішного настилу (наприклад, тротуарної плитки або бетонних плит на суху основу), забезпечує відведення води та захист підстильних шарів. Ухил становить 2-5%, що спрямовує дощові та талі води до водоприймачів.

Гідроізоляція представлена двома шарами рулонного матеріалу:

1. Техноеласт ЕКП - верхній шар з посипкою, що виконує захисну і опоряджувальну функцію.
2. Техноеласт ЕПП - нижній шар, що забезпечує герметичність і стійкість до механічних пошкоджень.

Під гідроізоляцією влаштовано роздільний поліетиленовий шар, що запобігає прилипанню до утеплювача, а також шар теплоізоляції з мінераловатних плит ТЕХНОРУФ 45 товщиною 200 мм, який має низьку теплопровідність та підвищену жорсткість. У нижній частині конструкції розміщується пароізоляційний шар, що виконує функцію захисту утеплювача від зволоження з боку приміщення.

Несучою основою є залізобетонна плита перекриття, що сприймає навантаження від людей, обладнання та опадів.

Опір теплопередачі покриття (експлуатованого даху) становить $R = 7.28 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що перевищує мінімальну вимогу ДБН В.2.6-31:2016 [12] (для покрівель у I кліматичній зоні - $R \geq 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

2.6 Інженерні мережі і обладнання

Обладнання для приміщень громадського призначення не передбачається в межах даного проєкту, оскільки його добір здійснюється індивідуально - відповідно до вимог орендарів.

З огляду на розташування об'єкта в межах сформованої міської забудови, передбачається підключення будівлі до існуючих інженерних мереж. Зокрема, запроектовано приєднання до централізованих систем водопостачання, водовідведення, газо- та електропостачання для забезпечення усіх побутових і технологічних потреб.

На експлуатованому даху розміщено модульну котельню та вентиляційну камеру, які забезпечують теплозабезпечення та повітрообмін у будівлі. Крім того, на першому та другому поверхах передбачено електрощитові для внутрішнього розподілу електроенергії.

2.7 Доступність для маломобільних груп населення

Проєктом передбачено створення безбар'єрного середовища відповідно до вимог ДБН В.2.2-40:2018 [6]. Архітектурні рішення забезпечують комфортне та

безпечне пересування маломобільних груп населення по території ділянки, у межах будівлі та до ключових функціональних зон.

Зовнішнє середовище:

1. Пішохідні зони на території торгового центру спроектовані з урахуванням нормативної ширини (не менше 1,5 м), без бордюрних перепадів.
2. Основний вхід обладнано пандусом із нахилом до 8%, поручнями на двох рівнях (0,7 і 0,9 м), з шорсткою протиковзкою поверхнею.
3. Передбачено спеціальні паркомісця для осіб з інвалідністю, розташовані поблизу головного входу.

Внутрішній простір:

1. Ширина основних проходів - не менше 1,5 м, що дозволяє безперешкодно пересуватись на кріслах колісних.
2. Дверні прорізи мають ширину не менше 0,9 м, що відповідає нормативам доступності.
3. У будівлі передбачено ліфт, придатний для користування маломобільними особами (ширина кабіни не менше 1,1 м, дверний отвір - 0,9 м), а також ескалатори та сходові клітки, оснащені візуальним та тактильним маркуванням.

Санітарно-побутові приміщення:

1. Санвузли обладнані інклюзивними кабінами з поручнями та достатнім простором для маневрування.
2. У проєкті також передбачено кімнату матері й дитини, розташовану на першому поверсі.

Для безперешкодного доступу до цивільного укриття в підвалі передбачено два вантажні ліфти, які можуть використовуватись маломобільними групами населення.

З боку парковки влаштовано окремий пандус, що веде безпосередньо до входу в укриття, з відповідним нахилом та поручнями.

Завдяки цим рішенням будівля торгового центру забезпечує повну доступність для всіх категорій населення, включаючи осіб з інвалідністю, людей літнього віку, батьків із дитячими візками тощо.

2.8 Висновки до розділу 2

У розділі наведено архітектурно-планувальні рішення торгового центру, обґрунтовано вибір ділянки, конструктивної схеми та інженерного забезпечення. Запроєктовано функціональні зони, забезпечено безбар'єрний доступ, дотримано вимог енергоефективності та безпеки. Будівля відповідає сучасним нормам і забезпечує комфортне користування всіма категоріями населення.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

У даному розділі виконано конструктивну перевірку окремих відповідальних елементів каркаса проєктованої будівлі торгового центру. Об'єкт проєктування запроєктований за монолітно-каркасною схемою, що включає систему залізобетонних колон, перекриттів та покриття.

Для детального конструктивного аналізу було обрано:

1. Одну з колон середнього ряду, яка бере на себе основне вертикальне навантаження від перекриттів і покрівлі;
2. Пливу перекриття, яка працює в умовах розподіленого навантаження від експлуатаційних впливів.

Розрахунок конструкцій виконано на основі результатів просторової розрахункової схеми, побудованої в програмному комплексі ЛІРА-САПР. Для кожного з елементів проведено розрахунок зусиль (поздовжніх, згинальних, зсувних), визначено розрахункові комбінації навантажень, після чого здійснено підбір необхідного армування згідно з вимогами ДБН В.2.6-98:2009 [13].

Отримані результати дозволяють оцінити надійність і несучу здатність обраних конструктивних елементів та їхню відповідність вимогам сучасних норм проєктування.

3.1 Основні параметри та конструктивні рішення будівлі

Будівля торгового центру запроєктована за монолітно-каркасною конструктивною схемою. Просторова жорсткість конструкції забезпечується за рахунок монолітного з'єднання вертикальних і горизонтальних несучих елементів, а також влаштуванням жорстких ліфтових шахт і сходових кліток.

Вертикальні несучі елементи - це монолітні залізобетонні колони, які забезпечують сприйняття вертикальних навантажень та передачу їх на фундамент.

Розміри та розташування колон визначені на основі розрахунків навантажень і конструктивних вимог.

Перекрыття між поверхами, а також покриття будівлі виконані у вигляді монолітних залізобетонних плит. Такий тип конструкції забезпечує високу жорсткість і дозволяє реалізувати експлуатований дах, який використовується для розміщення інженерного обладнання.

Зовнішні стіни виконано із сучасних сендвіч-панелей, що мають хороші теплоізоляційні властивості та дозволяють швидко монтувати огорожувальні конструкції без суттєвого збільшення навантаження на каркас.

Внутрішні перегородки запроєктовано з гіпсокартонних конструкцій на металевому каркасі, що забезпечує гнучкість у плануванні внутрішніх приміщень і дає змогу швидко змінювати конфігурацію за потреби.

Сходові клітки виконано у вигляді монолітних залізобетонних конструкцій із маршів та площадок. Монолітна конструкція також застосована для ліфтового шахтного каналу, що забезпечує додаткову жорсткість і просторову стійкість будівлі.

3.2 Створення розрахункової схеми

Для проведення розрахунків конструкцій торгового центру була створена розрахункова схема будівлі в програмному комплексі ЛІРА САПР.

Будівля запроєктована за монолітно-каркасною схемою: основні навантаження сприймають монолітні залізобетонні колони, на які спираються монолітні плити перекрыттів та покриття. У підвальному поверсі передбачене цивільне укриття, тому стіни тут мають підвищену жорсткість.

У якості фундаменту використана монолітна залізобетонна плита, яка рівномірно передає навантаження на ґрунт. Колони розміщені по сітці з кроком, що відповідає планувальним рішенням. Перекрыття та покриття мають товщину 200 мм і працюють як плоскі елементи.

При побудові розрахункової схеми враховувались: два надземні поверхи; підвал з укриттям; просторове з'єднання колон і плит; жорсткість сходових кліток і ліфтового каналу, умови опирання плит на колони - жорстке з'єднання.

Сама модель створена з використанням стержневих елементів для колон і пластинчастих (поверхневих) елементів для плит. Основна розрахункова схема - це просторова конструкція, що враховує всі навантаження та передачу зусиль по елементах каркаса.

Спочатку було змодельовано фундаментні плити цивільного укриття та першого поверху, а також плити перекриття першого, другого поверхів і покриття даху, використовуючи пластинчасті елементи.

Після цього були сформовані стержневі елементи колон, які з'єднували всі рівні від фундаменту до покриття.

Після формування стержневих елементів колон, були сформовані також стіни укриття, вони змодельовані як пластинчасті вертикальні елементи, що працюють у просторі разом із плитами перекриття та колонним каркасом.

Усі пластини були побудовані з урахуванням реального контуру поверхів, отворів та навантажень. Мережа є суцільною та з'єднана з колонами, що забезпечує правильну передачу навантаження у розрахунковій моделі.

Така деталізація дозволяє точно проаналізувати напружено-деформований стан у всіх горизонтальних елементах будівлі (рис 3.1).

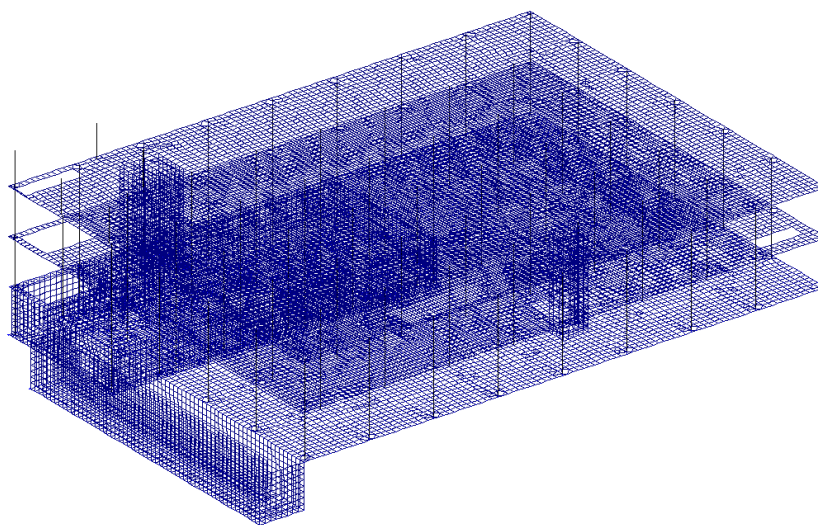
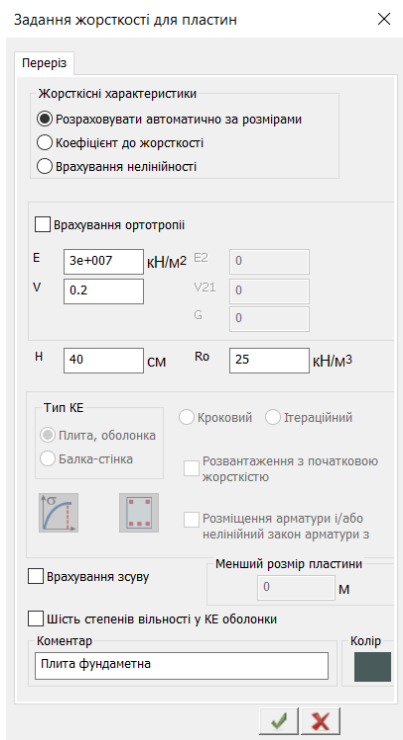
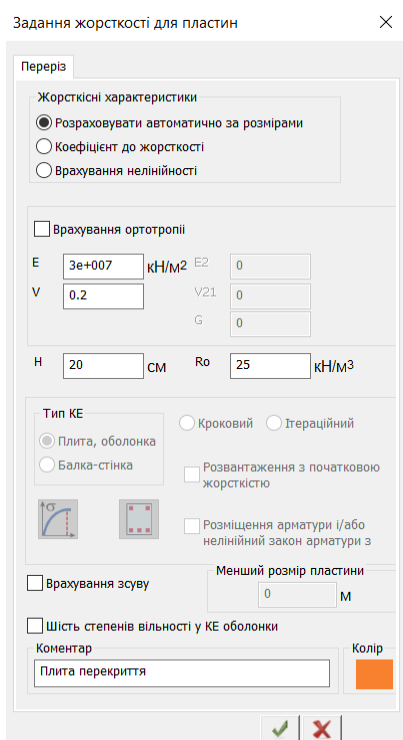


Рисунок 3.1 – Скінченноелементна модель

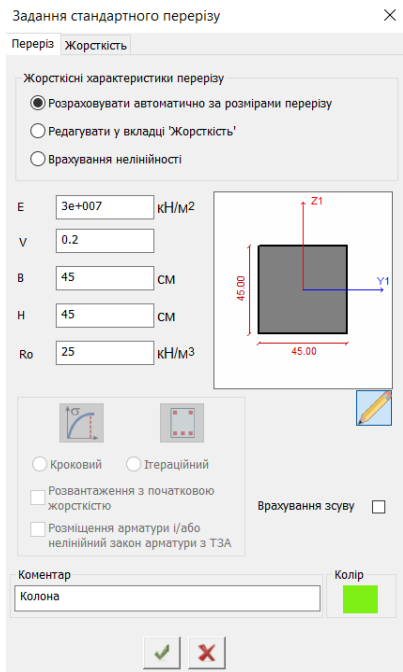
Параметри матеріалів (рис. 3.3), жорсткість елементів (рис. 3.2) та тип опор задаються відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 [13] та згідно з конструктивними рішеннями, прийнятими на попередньому етапі проєкту.



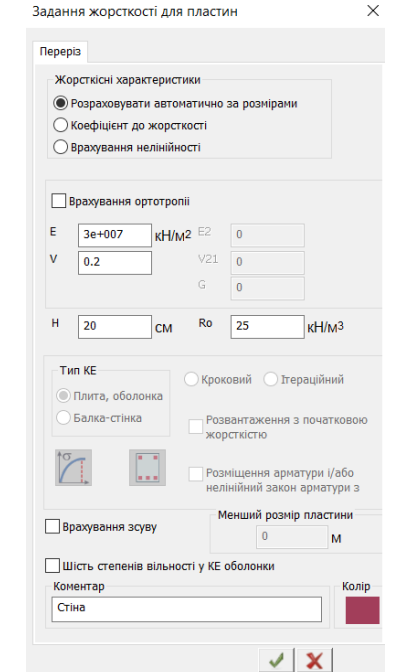
а)



б)



в)



г)

а) плита фундаментна; б) плита перекриття; в) колона; г) стіни.

Рисунок 3.2 – Жорсткості елементів

ДБН В.2.6-98:2009 Матеріали для розрахунків З/Б конструкцій

ТИП СТЕРЖЕНЬ

Редаговані таблиці

#	Назва	Вид розр...	Симе...	Низ (...)	Верх ...	Бік (ц...	II гра...	Трив...	Нетр...	Крок/...	Довж...	Розр...	Ly	Lz	Урах...	Вид...	Бічн...	Макс...
1 (1)	Колона	Колона	С	3.00	3.00	3.00	+	0.30	0.40	Д 10 мм	0.00	КРД	0.70	0.70	+	+	-	10.00

ПЛАСТИНА

#	Назва	Вид розр...	Теорія...	Низ X ...	Верх X...	Низ Y ...	Верх Y...	1 кв.м...	II гран...	Трива...	Нетри...	Крок/...	Урах...	Висо...	Розр...	Мін. ...	Макс...
3 (1)	Плита пер...	Оболонка	Вуд	3.00	3.00	3.00	3.00	+	+	0.30	0.40	К 100...	-	-	-	0.050	10.000

БЕТОН

#	Назва	Клас б...	f _{ck} ...	f _{ctk} ...	E _c ...	Діагра...	Віднос...	Acc ...	Act K...	G _{c2} ...	G _{c3} ...	G Гр...	SEY ...	SEZ ...
1 (1)		C30/35	35.0	2.0	3450...	2-ліній...	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00

АРМАТУРА

#	Назва	RX П...	k=ftk...	E _{uk} ...	RY П...	k=ftk...	E _{uk} ...	RT П...	k=ftk...	E _{uk} ...	Карк...	S1, K...	S2, K...	D ...	N _y ...	Ро...	Жо...	Стал...	Ry, ...	Ru, ...
1 (1)		A400...	1.05	2.50	A400...	1.05	2.50	A240...	1.08	2.50	В'яз...	1.00	1.00	32	1	-	-	-	-	-

Назва Колона

Вид розрахунку Колона

Армування Симетричне

Система Статично невизначена

☒ Ураховувати конструктивні вимоги

☒ Виділяти кутові арматурні стрижні

☒ Розташовувати бічну арматуру в полиці

☐ Ураховувати багатоконтурність

☒ Ураховувати спільну дію зусиль

☐ Пункт 3.52 Посібника до СП 52-101-2003

☐ Нормативні характеристики матеріалів для особливого/аварійного сполучення

☐ Використовувати модифікований алгоритм

☐ Ураховувати 3-вісну роботу бетону на стиск

☐ Ураховувати вогнестійкість

Кількість проміжних площінок 0

☐ Враховувати дані для режиму Стіна

Точність розрахунку, %

Попередн. 20 Основного 1

% МАХ Коef. використання несної здатності

10 МІН 0.9 МАХ 1.5

Відстань до ц.в. арматури, см

a1 3 a2 3 a3 3

☒ Розрахунки по граничних станах II групи

Тріщини тривалі, мм 0.3

Тріщини нетривалі, мм 0.4

☐ Крок арматурних стрижнів, мм

☒ Діаметр арматурних стрижнів 10

Довжина елемента, Розрахункові довжини

Довжина елемента 0 м

☐ Розрахункова довжина LY 0.7

☒ Коefіцієнт LZ 0.7

При Ly=Lz=0 ігнорується N<0.

Рисунок 3.3 – Матеріали для розрахунку З/Б конструкцій

Несучі елементи каркасу (колони та плити перекриття) моделювались із використанням бетону класу C30/35. Для армування застосовано стрижневу арматуру класу A400.

Колони мають переріз 450x450 мм та армуються симетрично. Для них враховано роботу при спільній дії згину та стиску, а також обмеження по II граничному стану (тріщиностійкість). Поперечна арматура - хомути з кроком 200 мм.

Плита перекриття моделюється як оболонка товщиною 200 мм, фундаментні плити 400 мм, армовані в двох напрямках з урахуванням тріщин та мінімального відсотка армування.

Залізобетонні стіни виконані товщиною 200 мм, із урахуванням просторової жорсткості та впливу ґрунтового тиску.

Просторову розрахункову модель зі створеною схемою жорсткостей, заданими перерізами та матеріалами елементів показано на рисунку 3.4.

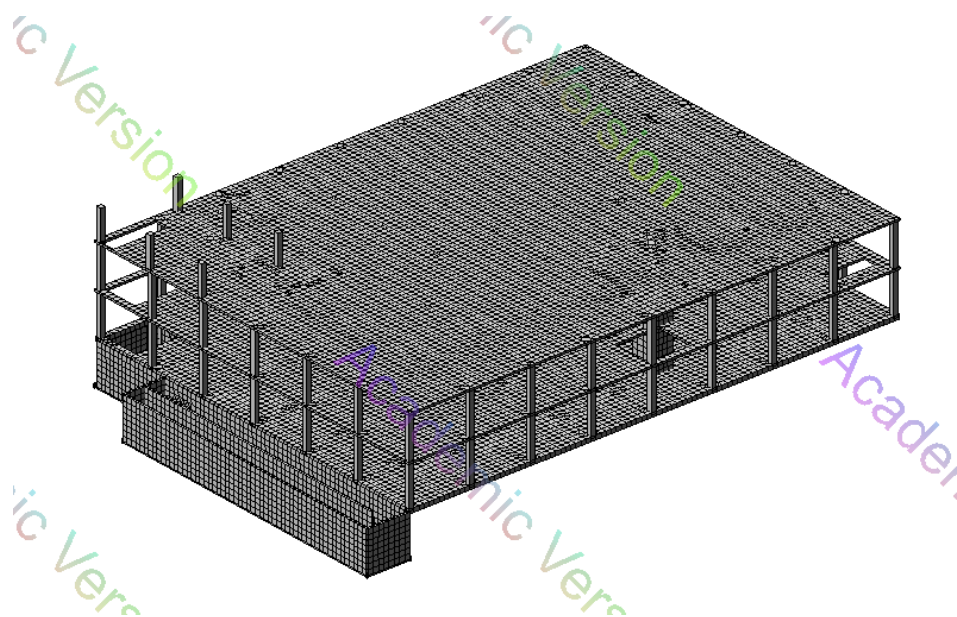


Рисунок 3.4 – Просторова модель

3.3 Визначення та прикладання навантажень

У рамках створення розрахункової моделі були визначені всі основні види навантажень, які діють на несучі елементи будівлі. Навантаження враховані згідно з чинними нормами, з урахуванням функціонального призначення об'єкта.

До постійних навантажень було віднесено власну вагу конструкцій, а також навантаження від покрівельного пирога, оздоблення і інженерного обладнання.

Тимчасові тривалі навантаження враховувалися залежно від функції приміщень: окремо для торгових залів, адміністративних, технічних і підсобних зон.

Короткочасні навантаження включали дію снігу та вітру. Їхні параметри визначалися згідно з відповідним розташуванням об'єкта в сніговому та вітровому районах.

Прикладання навантажень до елементів конструкції виконувалось у середовищі ЛІРА-САПР: вертикальні навантаження - до плит перекриття та покриття; горизонтальні - до стін укриття та фасадних панелей; навантаження від ґрунту - як розподілене тиск до вертикальних пластинних елементів. Усі

навантаження були згруповані в окремі навантажувальні етапи з подальшим формуванням розрахункових комбінацій згідно з нормативними вимогами.

Перелік постійних та тимчасових навантажень, що враховувались при моделюванні конструкцій у програмному середовищі ЛПА-САПР, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Навантаження на будівлю

Вид навантаження	Характерист. значення, кПа	Коеф. надійності (експл.)	Розрах. експл. навантаження, кПа	Коеф. надійності (граничне)	Розрах. граничне навантаження, кПа
Власна вага конструкцій	авто	1,0	авто	1,1	авто
Вага перекриття	2,5	1,0	2,5	1,2	3,0
Вага покрівлі	2,0	1,0	2,0	1,2	2,4
Вага зовнішніх стін (сендвіч-панель)	0,8	1,0	0,8	1,2	0,96
Вага перегородок	0,5	1,0	0,5	1,3	0,65
Вага інженерного обладнання	0,3	1,0	0,3	1,3	0,39
Торгові приміщення	4,0	1,0	4,0	1,2	4,8
Укриття в підвалі	2,0	1,0	2,0	1,2	2,4
Снігове	1,39	0,49	0,681	1,14	1,584
Вітрове	0,52	0,21	0,109	1,14	0,593

3.4 Сполучення розрахункових навантажень

У розрахунку несучих елементів будівлі враховано не лише окремі навантаження, але й їх спільну дію в найгірших можливих комбінаціях. Такі поєднання називають сполученнями навантажень, і вони дозволяють точно оцінити вплив усіх можливих навантажень одночасно - з урахуванням коефіцієнтів надійності та ймовірності їх виникнення.

Згідно з нормами ДБН В.1.2-2:2006 [14], при складанні сполучень враховуються постійні, тривалі, короточасні та особливі навантаження з відповідними понижуючими коефіцієнтами ψ . Це дозволяє виключити надмірний консерватизм і забезпечити економічну доцільність при збереженні надійності.

Постійні навантаження, як-от вага конструкцій, враховуються з повною величиною ($\psi = 1$). Тривалі (наприклад, навантаження від обладнання або перегородок) беруться із коефіцієнтом $\psi_1 = 1$ для визначного та $\psi = 0,95$ для інших. Короточасні (наприклад, корисне навантаження, сніг, вітер) включаються в сполучення з коефіцієнтами: $\psi_1 = 1$ (головне), $\psi_2 = 0,9$ (друге за важливістю), $\psi = 0,7$ (усі інші). Це дозволяє реалістично врахувати їхню ймовірність одночасної дії.

Особливу увагу приділено елементам, які перебувають на нижчих поверхах (колони, фундаменти), адже вони акумулюють навантаження з усіх вище розташованих конструкцій. У таких випадках для корисного навантаження використовуються додаткові понижуючі коефіцієнти, відповідно до кількості вище розміщених поверхів.

Для кожного поверху було сформовано окрему таблицю сполучень зусиль, де для всіх типів навантажень встановлено коефіцієнти впливу відповідно до їх значущості.

На основі цих сполучень в подальшому виконано розрахунок зусиль у конструктивних елементах, які стали підґрунтям для підбору перерізів і армування.

3.5 Розрахунок і аналіз розрахункової схеми

Після виконання розрахунку у програмному середовищі ЛІРА-САПР відкривається вкладка «Аналіз», яка дозволяє візуально оцінити поведінку конструкцій під дією різних навантажень та їх сполучень. Зокрема, доступна графіка переміщень, прогинів та обертання окремих елементів каркаса у відповідних напрямках.

Також можна проаналізувати максимальні деформації будівлі за кожним навантажувальним етапом або в межах розрахункового сполучення.

Такий підхід дає змогу перевірити адекватність розрахункової моделі, а також виявити можливі геометричні помилки - наприклад, некоректне закріплення, відрив плит, перевищення граничних прогинів або перекосів.

На рисунках 3.5-3.6 показані згинальні моменти в плиті перекриття першого поверху в двох осях координат.

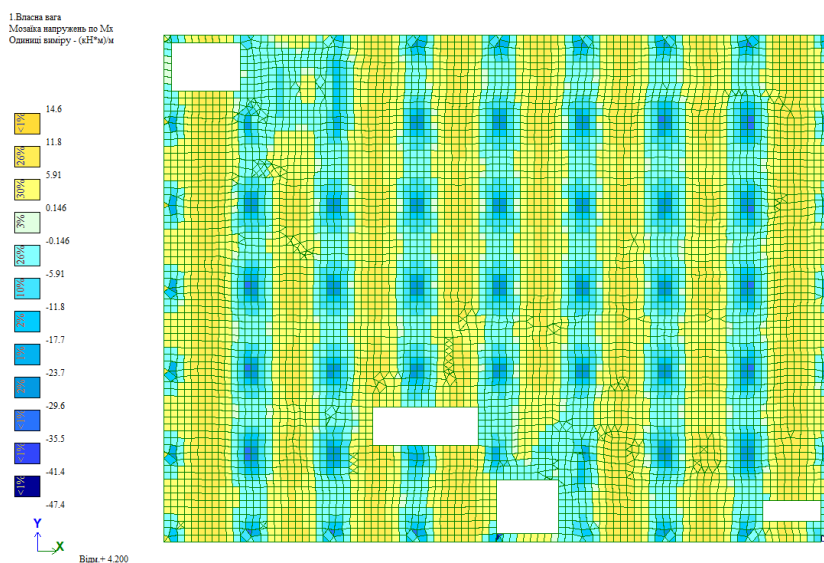


Рисунок 3.5 – Ізополя згинальних моментів навколо осі X в плиті перекриття першого поверху

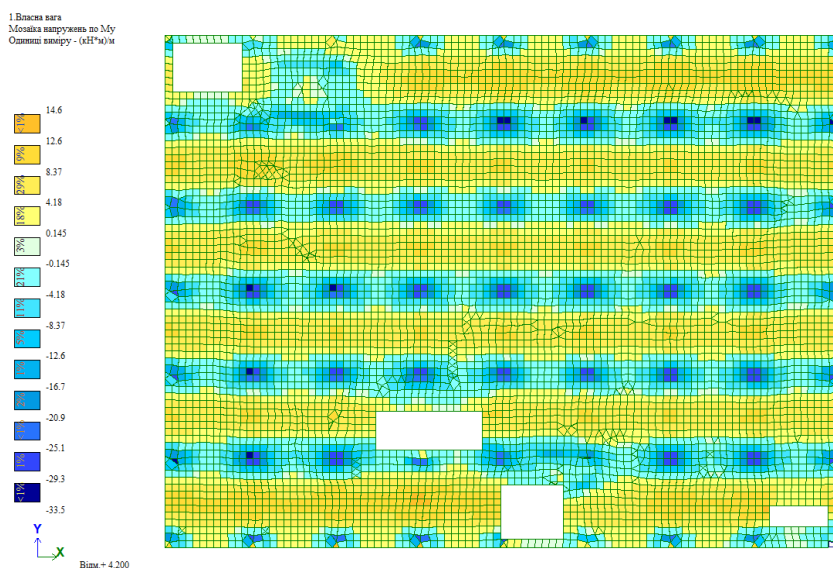


Рисунок 3.6 – Ізополя згинальних моментів навколо осі Y в плиті перекриття першого поверху

Розрахунок конструкцій, підбір їхніх поперечних перерізів та необхідного армування виконується на основі зусиль, отриманих із розрахункових сполучень навантажень.

На рисунку 3.7 показана мозаїка повздовжніх зусиль в стержневих елементах середнього ряду першого поверху.

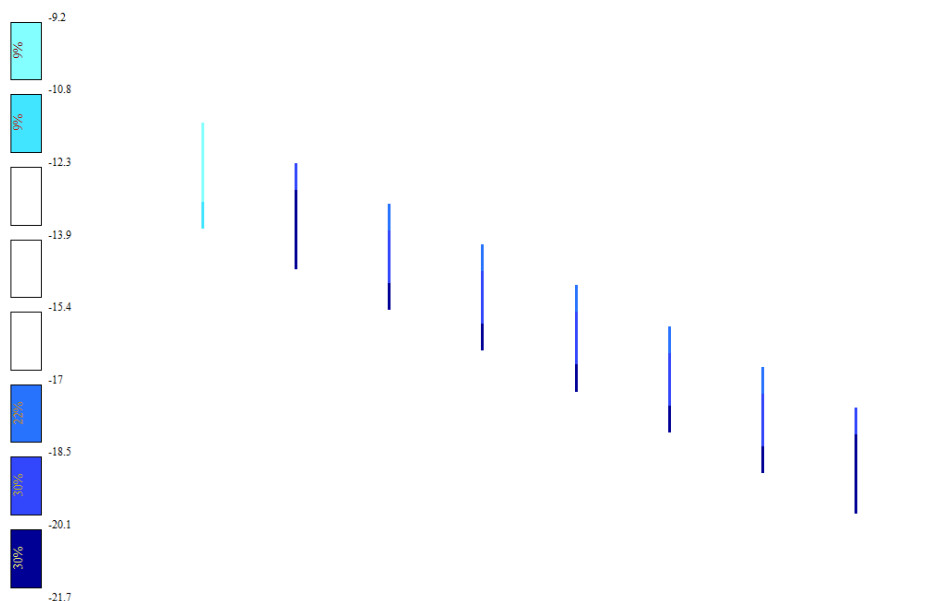


Рисунок 3.7 – Мозаїка повздовжніх зусиль в стержневих елементах середнього ряду (кН)

3.6 Підбір арматури плити перекриття і колони середнього ряду

Для виконання підбору арматури в елементах конструкцій у програмному комплексі ЛІРА-САПР передбачено спеціалізований модуль ЛАРМ-САПР.

У стержневих елементах (колонах, балках) арматура автоматично підбирається в кутах поперечного перерізу або в його полицях. Крім того, визначаються параметри поперечної арматури - зокрема, крок і діаметр хомутів у двох місцевих напрямках.

Для перекриття першого поверху, система забезпечує підбір робочої арматури у напрямках X та Y, з поділом на верхній та нижній шари армування. Також

доступне врахування поперечної арматури, що необхідна для сприйняття зсувних зусиль.

Підбір площі робочої арматури для плити перекриття виконується через вкладку «Залізобетон», де можна переглянути мозаїку розподілу арматури по напрямках X і Y (рис. 3.8-3.9).

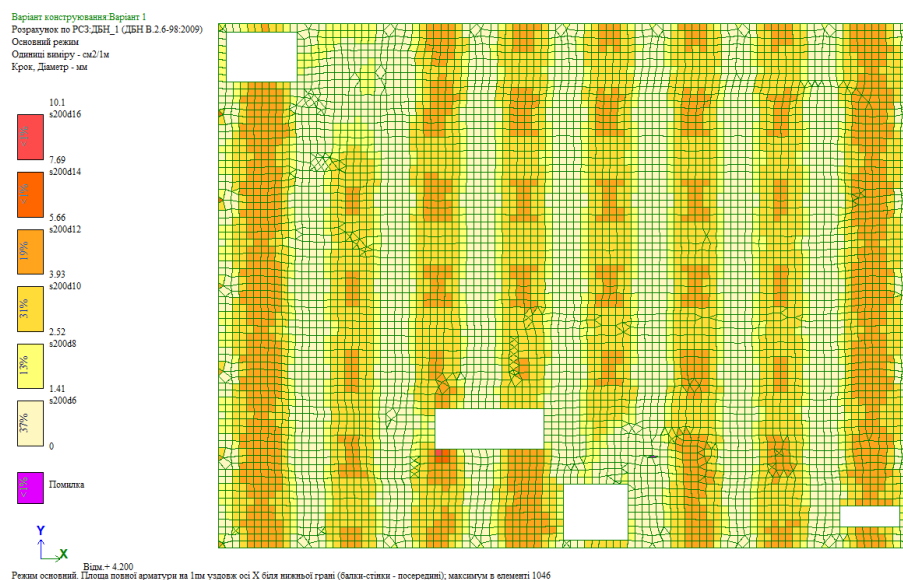


Рисунок 3.8 – Мозаїка армування плити перекриття в напрямку X

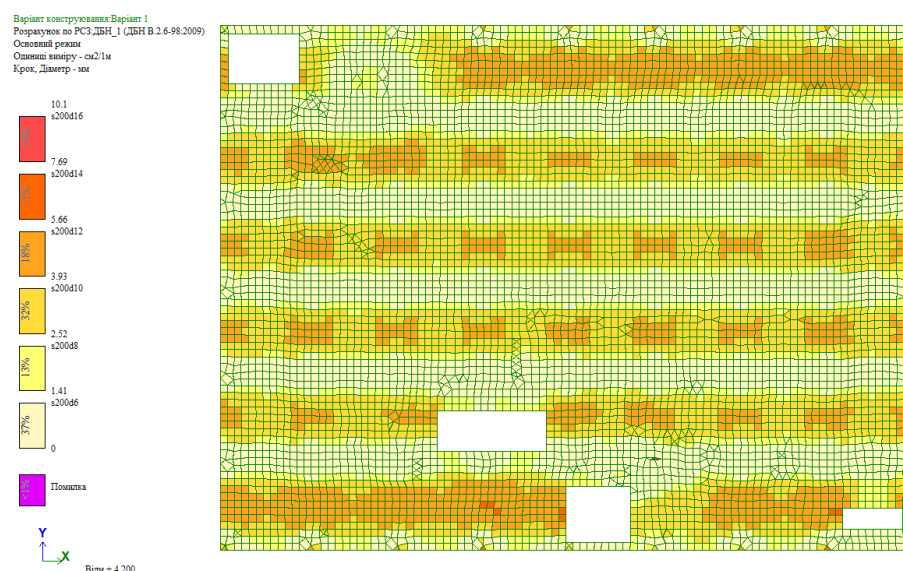


Рисунок 3.9 – Мозаїка армування плити перекриття в напрямку Y

Крім підбору армування, важливо також оцінити розкриття тріщин у залізобетонних елементах, особливо в плитах перекриття, що працюють в умовах нормальної експлуатації (рис. 3.10).

Для таких конструкцій допускається, щоб ширина тріщин тривалої дії не перевищувала 0,3 мм, а короткочасної - до 0,4 мм, що враховується при розрахунках на тріщиностійкість.

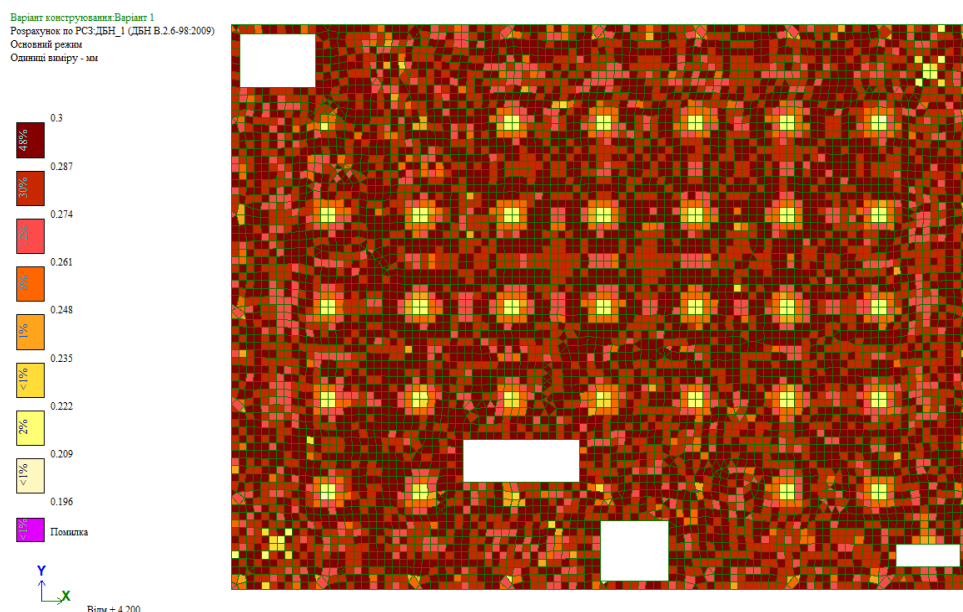


Рисунок 3.10 – Ширина тривалого розкриття тріщин в плиті перекриття

Для підбору арматури в колоні застосовується локальний режим армування в модулі ЛАРМ-САПР (рис. 3.11-3.13). У рамках даного дослідження розглянуто одну з колон середнього ряду першого поверху, що бере участь у сприйнятті основних вертикальних навантажень у центральній частині каркаса торгового центру.

Дата: 28 May 2025; ЛАРМ-САПР 2024; ПРОЕКТ: диплом_85; ЕЛЕМЕНТ: 1; ПРОЕКТ ЛІРА-САПР: диплом; ЕЛЕМЕНТ ЛІРА-САПР: 85
ДБН В.2.6-98:2009 Індекси матеріалів: загальні 1, бетон 1, арматура 1 ACADEMIC VERSION

РОЗМІРИ, ТИП

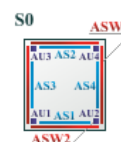
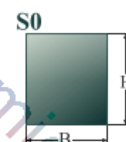
B = 45.0 H = 45.0 см
B1= 0.0 H1= 0.0 см
B2= 0.0 H2= 0.0 см
Довжина = 4.20 м
Розрахункова $L_y=2.94$, $L_z=2.94$ м
Відстань до ц.в. арматури:
знизу: 3; зверху: 3; збоку: 3 см
Вид елемента: Колона
Діаметр арматурних стрижнів 10 мм

БЕТОН

C35
C30/35
fck=30.0
fck_cube=35.0
fck_prizm=25.5
fctk005=2.0
fctk095=3.6
Ecm=34500.0

АРМАТУРА

Поздовжня Поперечна
A400C A240C
fyk = 400.0 240.0
fyd = 364.0 230.0
ftk = 420.0 259.2
fywd = 285.0 170.0
Es = 2e+005 2e+005
Максимальний діаметр 32.00 мм
[Одиниці виміру = МПа]



Коефіцієнти роботи бетону

Коеф. ALFAcc урахування тривалості дії навантажень (стиск)	1.00
Коеф. ALFAct урахування тривалості дії навантажень (розтяг)	1.00
Коеф. Yc2 для БК урахування руйнування бетонних конструкцій	1.00
Коеф. Yc3 для БК та ЗБК, що бетонуються у вертикальному положенні	1.00

Коефіцієнти роботи арматури

Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.2 ДБН В.1.1-12:2014	1.00
Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.3 (похилий переріз) ДБН В.1.1-12:2014	1.00

Рисунок 3.11 – Вихідні дані для армування колони

СПОЛУЧЕННЯ (PC3 (розрахункові сполучення зусиль)) ACADEMIC VERSION

Переріз	PC	Сейсміка	N (т)	Mx (т*м)	My (т*м)	Qz (т)	Mz (т*м)	Qy (т)
1	1 A1		-49.5241	0	0.1638	-0.1454	-0.4222	-0.1841
	2 A1		-46.3738	0	0.1546	-0.1370	-0.4309	-0.1827
	3 B1		-49.5240	0	0.1650	-0.1458	-0.4237	-0.1846
2	1 A1		-48.4401	0	-0.1415	-0.1454	-0.0356	-0.1841
	2 A1		-45.2897	0	-0.1330	-0.1370	-0.0473	-0.1827
	3 B1		-48.4400	0	-0.1412	-0.1458	-0.0361	-0.1846
3	1 A1		-43.5504	0	-0.1276	-0.1321	-0.0462	-0.1762
	2 B1		-47.3560	0	-0.4467	-0.1454	0.3511	-0.1841
	3 B1		-47.3559	0	-0.4475	-0.1458	0.3515	-0.1846

Нормативні значення ACADEMIC VERSION

Переріз	PC	Сейсміка	N (т)	Mx (т*м)	My (т*м)	Qz (т)	Mz (т*м)	Qy (т)
1	1 A2		-26.3472	0	0.0847	-0.0754	-0.2436	-0.1025
	2 B2		-46.8894	0	0.1553	-0.1378	-0.3979	-0.1739
	3 C2		-46.8894	0	0.1556	-0.1379	-0.3982	-0.1740
2	1 A2		-25.3616	0	-0.0736	-0.0754	-0.0284	-0.1025
	2 B2		-45.9039	0	-0.1341	-0.1378	-0.0327	-0.1739
	3 B2		-41.0143	0	-0.1205	-0.1240	-0.0429	-0.1654
3	1 A2		-45.9039	0	-0.1341	-0.1379	-0.0329	-0.1740
	2 B2		-41.0143	0	-0.1204	-0.1241	-0.0430	-0.1655
	3 C2		-24.3761	0	-0.2319	-0.0754	0.1869	-0.1025
3	1 A2		-44.9184	0	-0.4235	-0.1378	0.3324	-0.1739
	2 B2		-44.9183	0	-0.4237	-0.1379	0.3325	-0.1740
	3 C2		-44.9183	0	-0.4237	-0.1379	0.3325	-0.1740

АРМАТУРА (Підбір арматури) ACADEMIC VERSION

Пер	Сим	Поздовжня								Поперечна		Тріщини	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	коротк. тривал.
1	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	
		0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	
2	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	
		0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	
3	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	
		0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03	

Рисунок 3.12 – Сполучення розрахункових граничних і експлуатаційних зусиль
КОЛОНИ

Пер	Сим	Поздовжня									Поперечна		Тріщини	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	коротк.	тривал.
1	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03		
2	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03		
		0.50	0.50	0.50	0.50					0.10				
3	C	0.50	0.50	0.50	0.50					0.10	0.03	0.03		
		0.50	0.50	0.50	0.50					0.10				

У таблиці результати армування

AU1 - арматура кутова нижня (ліворуч) [см2];

AU2 - арматура кутова нижня (праворуч) [см2];

AU3 - арматура кутова верхня (ліворуч) [см2];

AU4 - арматура кутова верхня (праворуч) [см2];

AS1 - арматура нижня [см2];

AS2 - арматура верхня [см2];

AS3 - арматура бічна (ліворуч) [см2];

AS4 - арматура бічна (праворуч) [см2];

% - відсоток армування;

Asw1 - арматура поперечна вертикальна [см2/м];

Asw2 - арматура поперечна горизонтальна [см2/м];

T.kr - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];

T.dл - ширина тривалого розкриття тріщин [мм].

* (1*, 2*, 3*) - арматури від кручення.

+ - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

* (1*, 2*, 3*) Поперечна арматура від кручення - площа перерізу замкненого зовнішнього контуру.

- Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура від кручення видається для кожної грані перерізу.

- (Підібрана арматура від кручення не входить у результати повної арматури.)

Рядок 1 - повна арматура, підібрана з урахуванням тріщиностійкості

Рядок 2 - арматура підібрана по граничних станах першої групи

Рядок * - арматура обумовлена крученням.

Рядок - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

У таблиці комбінації:

PC - розрахункові сполучення

B - сполучення, що враховують усі завантаження

A - сполучення, що враховують завантаження, які мають тривалість

Сейсміка - C - позначається комбінація, в якій є сейсмічне завантаження

Рисунок 3.13 – Результат підбору площі арматури колони

Отже, відповідно до розрахунку:

Колони виконані з монолітного залізобетону класу C30/35 з симетричним армуванням поздовжніми стрижнями класу A400C. Переріз кожної колони становить 450×450 мм.

Поздовжнє армування прийнято у вигляді 8 стрижнів Ø12 мм (4 у кутах, 4 вздовж сторін), що забезпечує площу поперечного перерізу арматури 9.04 см² та відповідає вимогам щодо мінімального армування за ДБН В.2.6-98:2009 [13].

Поперечне армування виконано хомутами з арматури Ø6 мм класу A240C з кроком 200 мм по висоті колони. Армування забезпечує сприйняття поперечних зусиль та запобігання крихкому зламу.

Плита перекриття товщиною 200 мм армована стрижнями класу A400C: 5Ø12 мм/м (X, нижній шар), 5Ø12 мм/м (Y, нижній шар), 5Ø10 мм/м (X і Y, верхній шар), із захисним шаром 30 мм.

3.7 Розрахунок фундаментів та основи

У рамках даного проєкту фундамент запроєктовано у вигляді двох монолітних залізобетонних плит, що сприймає навантаження від колон, плит перекриттів, покриття, а також дії з боку ґрунту та підвального приміщення (укриття). Такий тип фундаменту є раціональним для громадських будівель з великою площею забудови, зокрема торгових центрів.

Для коректного визначення роботи фундаментної плити та її взаємодії з основою, виконано розрахунок конструкції на пружно-деформованій основі за допомогою спеціалізованого модуля ГРУНТ у середовищі ЛІРА-САПР. У моделі враховано багатошарову структуру ґрунтів, згідно з результатами інженерно-геологічних вишукувань, та проведено визначення коефіцієнтів постелі для кожної з ділянок основи.

Вихідні дані по геологічним умовам наведені у пункті 2.1.2

На початковому етапі роботи використовується наявна розрахункова модель. Для подальшого моделювання взаємодії з ґрунтом плитам фундаменту призначаються нові умови зв'язку: переміщення по вертикальній осі Z залишають вільними, що дозволяє врахувати пружну реакцію основи, тоді як переміщення у горизонтальних напрямках (X та Y) жорстко фіксуються для уникнення ковзання.

Далі пластинчастим елементам плити задаються коефіцієнти пружної основи $C1$ та $C2$, які визначаються на основі геологічної моделі. Після цього запускається модуль «Модель ґрунту», в якому формується обчислювальна сітка ґрунтового масиву.

Наступним етапом є задання параметрів свердловин відповідно до інженерно-геологічних умов ділянки будівництва (рис. 3.14-3.16). Це дозволяє деталізувати будову ґрунтових шарів та виконати розрахунок моделі на багатошаровій основі з урахуванням змін жорсткості по глибині.

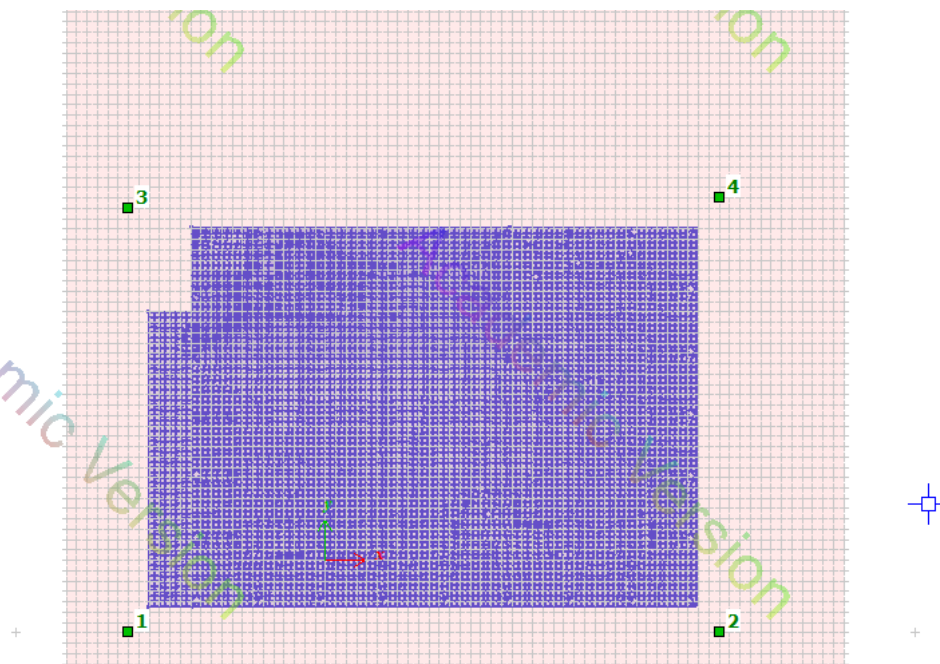


Рисунок 3.14 – Розташування свердловин у сітці моделі «ГРУНТ»

Характеристики ґрунтів

ДБН В 2.1-10:2018

№ ґЕ	Умовне позначення	Найменування ґрунту	Колір	Модуль деформації, кН/м ²	Коефіцієнт Пуассона	Питона вага ґрунту, кН/м ³		Коефіцієнт переходу до 2-го модуля деформації	Природна вологість, частки	Показник текучості І _L	Число пластичності І _P	Вода Насип. Органо-Слабоде	Коефіцієнт пористості е	Вміст рослинних залишків, q	Питона зчеплення с, кН/м ²		Кут внутрішнього тертя Ф _i , °	Граничне напруження розтягнення R _s , кН/м ²	Коефіцієнт Савінова Со	Скельні Межа міцності R _c =R _{cл} /γ _g кН/м ²	Коеф. зменшення міцності K _s	Коефіцієнт пропорційності K _φ тс/м ² *4	Код ґрунту
						I	II								I	II							
1		Насипний		9806.65	0.3	17.652	15.8868	5	0.05	0.2		0.7			4.90332	4.41299	16	14.4	0.980665	9806.65		235	Cf
2		Пісок пілуватий		17652	0.3	17.1616	15.6906	5	0.25			W	0.54		0.980665	0.882595	31	27.9	0.196133	8825.98		400	S0
3		Супісок		19613.3	0.3	17.8481	15.6906	5	0.26	1.1		W	0.72		7.84532	6.86465	22	19.8	1.56906	14710		235	Sp
4		Суглинок тугоп'лястий		17652	0.35	18.3384	16.6713	5	0.17	0.26	0.4		0.68		19.6133	17.652	18	16.2	3.92266	19613.3		496	Ls
5		Глина напівтверда		21574.6	0.42	18.8288	16.6713	5	0.02	0.15	0.45		0.8		49.0332	44.1299	16	14.4	9.80665	24516.6		540	Cs

Примітки: значення с, Ф_i R_s в розрахунок коефіцієнтів постелі не використовуються, але задаються для наступного експорту в жорсткості ПІРА-САПР. Значення І_L, R_c, K_s та K використовуються для розрахунок жорсткості паль (KE 57)

Рисунок 3.15 – Характеристика ґрунтів у моделі «ГРУНТ»

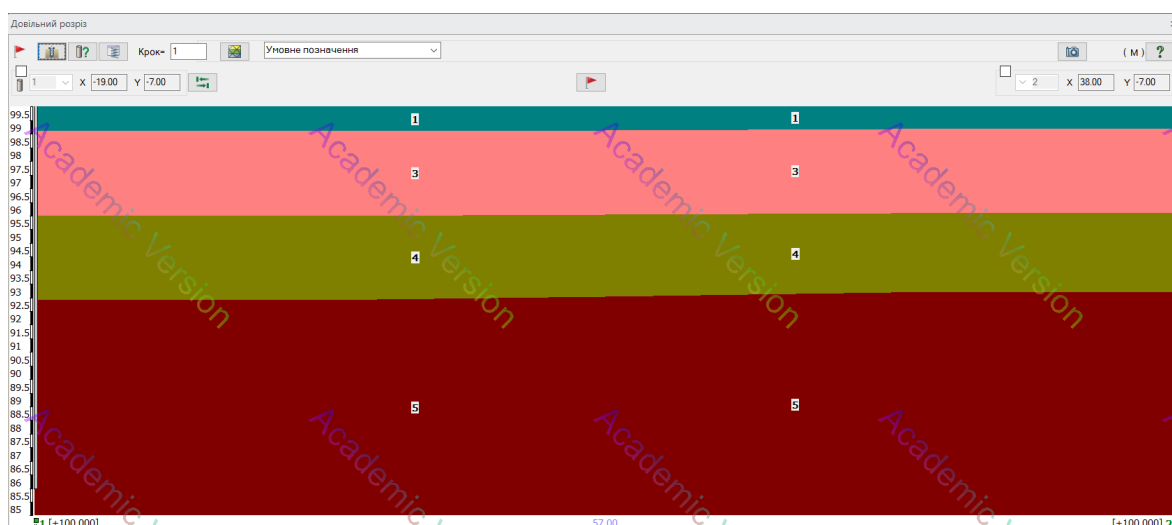


Рисунок 3.16 – Довільний розріз у моделі «ГРУНТ»

Після формування моделі ґрунтової основи та задання параметрів свердловин, виконується призначення групи імпортованих навантажень, що надходять із розрахункової моделі будівлі для подальшої передачі їх на ґрунтову основу.

Після завершення задання всіх необхідних параметрів та навантажень, виконується розрахунок моделі ґрунтової основи.

Отримані результати дозволяють проаналізувати роботу основи під дією прикладених навантажень, оцінити розподіл напружень, визначити зони найбільших деформацій та скоригувати коефіцієнти пружної основи для подальшого використання в основній розрахунковій схемі будівлі.

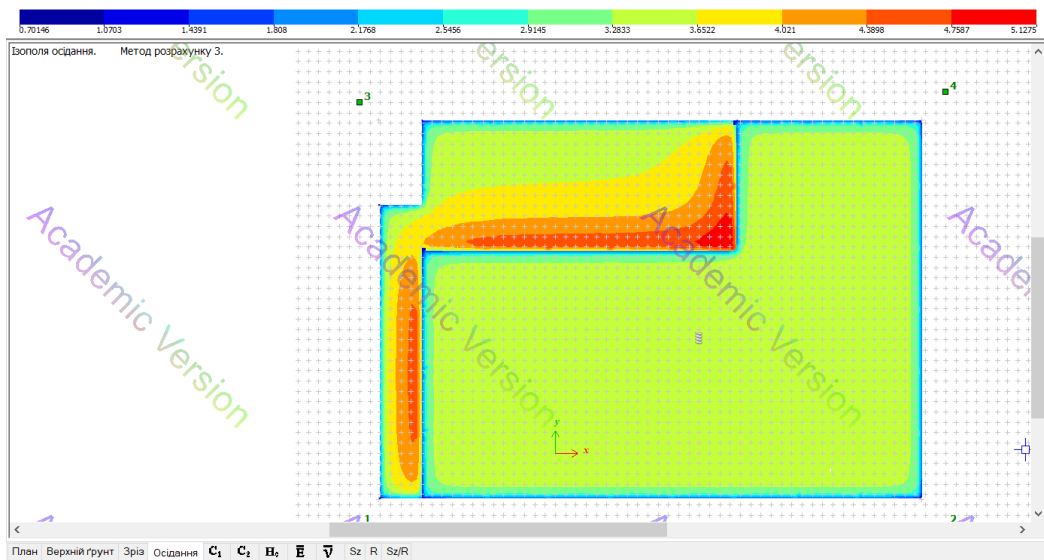


Рисунок 3.17 – Осідання фундаментних плит

За результатами розрахунку максимальне осідання фундаментної плити становить 5.12 мм (рис. 3.17), що не перевищує допустиме значення для даного типу будівлі - 80 мм відповідно до ДБН В.2.1-10-2018 [15].

Для визначення необхідної площі робочої арматури в фундаментних плит використано модуль ЛАРМ-САПР у складі програмного комплексу ЛІРА-САПР.

На рисунках 3.18–3.20 показано вихідні дані, сполучення розрахункових зусиль та результати підбору площі арматури для фундаментної плити укриття.

На рисунках 3.21–3.23 наведено аналогічні дані для фундаментної плити першого поверху.

Дата: 28 May 2025; ЛАРМ-САПР 2024; ПРОЕКТ: Грунт_15559; ЕЛЕМЕНТ: 1; ПРОЕКТ ЛІРА-САПР: Грунт; ЕЛЕМЕНТ ЛІРА-САПР: 15559
 Модуль армування: Оболонка ДБН В.2.6.-98:2009 Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 ACADEMIC VERSION

РОЗМІРИ, ТИП	БЕТОН	АРМАТУРА			ПЛИТА ОБОЛОНКА
Товщина: H = 40.00 см	C35	Поздовжня X	Поздовжня Y	Поперечна	AS2
Відстані до ц.в. арматури:	C30/35	A400C	A400C	A240C	AS4
знизу: 3; зверху: 3 см	fck=30.0	fyk = 400.0	400.0	240.0	AS1
знизу: 3; зверху: 3 см (Y)	fck_cube=35.0	fkd = 364.0	364.0	230.0	
Крок арматурних стрижнів 100 мм	fck_prizm=25.5	ftk = 420.0	420.0	259.2	
Розрахунок по теорії Вуда	fctk005=2.0	fywd = 285.0	285.0	170.0	
	fctk095=3.6	Es = 2e+005	2e+005	2e+005	
	Ecm=34500.0	Максимальний діаметр 32.00 мм			
		[Одиниці виміру = МПа]			

Коефіцієнти роботи бетону

Коеф. ALFA _{acc} урахування тривалості дії навантажень (стиск)	1.00
Коеф. ALFA _{act} урахування тривалості дії навантажень (розтяг)	1.00
Коеф. γ _{c2} для БК урахування руйнування бетонних конструкцій	1.00
Коеф. γ _{c3} для БК та ЗБК, що бетонуються у вертикальному положенні	1.00

Коефіцієнти роботи арматури

Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.2 ДБН В.1.1-12:2014	1.00
Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.3 (похилий переріз) ДБН В.1.1-12:2014	1.00

Рисунок 3.18 – Вихідні дані для армування фундаментної плити укриття

СПОЛУЧЕННЯ (PC3 (розрахункові сполучення зусиль)) ACADEMIC VERSION

PC	Сейсміка	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
1 A1	0	0	0	0	-0.0511	-0.7178	0.7011	1.2197	-0.6426
2 A1	0	0	0	0	-0.1156	-0.4743	0.4803	0.8584	-0.4803
3 B1	0	0	0	0	-0.0490	-0.7181	0.7031	1.2241	-0.6443
4 B1	0	0	0	0	-0.1132	-0.4747	0.4825	0.8633	-0.4822

Nx, Ny, Txy - т/м²; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.

Нормативні значення ACADEMIC VERSION

PC	Сейсміка	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
1 A2	0	0	0	0	-0.1051	-0.4312	0.4366	0.7803	-0.4366
2 B2	0	0	0	0	-0.0406	-0.6747	0.6574	1.1417	-0.5989
3 C2	0	0	0	0	-0.0402	-0.6748	0.6578	1.1426	-0.5993
4 C2	0	0	0	0	-0.1046	-0.4312	0.4371	0.7814	-0.4370

Nx, Ny, Txy - т/м²; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.

Рисунок 3.19 – Сполучення розрахункових граничних і експлуатаційних зусиль фундаментної плити укриття

АРМАТУРА (Підбір арматури) ACADEMIC VERSION

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	ASW1	ASW2	Т.нетрив	Т.трив.
2.00	2.00	2.00	2.40	0.10	0.11	0.21	0.07	-		0.29
2.00	2.00	2.00	2.00							

У таблиці результатів армування:

AS1 - площа нижньої арматури в напрямку X [см2/м];
 AS2 - площа верхньої арматури в напрямку X [см2/м];
 AS3 - площа нижньої арматури в напрямку Y [см2/м];
 AS4 - площа верхньої арматури в напрямку Y [см2/м];
 % X - відсоток поздовжньої арматури (AS1, AS2) в напрямку X;
 % Y - відсоток поздовжньої арматури (AS3, AS4) в напрямку Y;
 % X+Y - сумарний відсоток поздовжньої арматури в напрямках X та Y;
 ASW1 - арматура поперечна в напрямку X [см2/м];
 ASW2 - арматура поперечна в напрямку Y [см2/м];
 Т.нетрив - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];
 Т.трив - ширина тривалого розкриття тріщин [мм];
 + - арматура підбрана з урахуванням вогнестійкості
 ^ - арматура підбрана по сполученням прогресуючого руйнування
 Рядок 1 - поена арматура, підбрана з урахуванням тріщиностійкості
 Рядок 2 - арматура підбрана по граничних станах першої групи
 Рядок + - арматура підбрана з урахуванням вогнестійкості
 Рядок ^ - арматура підбрана по сполученням прогресуючого руйнування
 У таблиці комбінацій:
 РС - розрахункові сполучення
 В - сполучення, що враховують усі завантаження
 А - сполучення, що враховують завантаження, які мають тривалість
 Сейсміка - С - позначається комбінація, в якій є сейсмічне завантаження

Рисунок 3.20 – Результат підбору площі арматури фундаментної плити укриття

Робимо аналогічний розрахунок для фундаментної плити першого поверху.

Дата: 28 May 2025; ЛАРМ-САПР 2024; ПРОЕКТ: Грунт_11501; ЕЛЕМЕНТ: 1; ПРОЕКТ ЛІРА-САПР: Грунт; ЕЛЕМЕНТ ЛІРА-САПР: 11501
 Модуль армування: Оболонка ДБН В.2.6.-98:2009 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 ACADEMIC VERSION

РОЗМІРИ, ТИП	БЕТОН	АРМАТУРА	ПЛИТА
Товщина: Н = 40.00 см	C35	Поздовжня X Поздовжня Y Поперечна	ОБОЛОНКА AS2
Відстані до ц.в. арматури:	C30/35	A400C A400C A240C	AS4
знизу: 3; зверху: 3 см	fck=30.0	fyk = 400.0 400.0 240.0	AS3
знизу: 3; зверху: 3 см (Y)	fck_cube=35.0	fyd = 364.0 364.0 230.0	AS1
Крок арматурних стрижнів 100 мм	fck_prizm=25.5	ftk = 420.0 420.0 259.2	
Розрахунок по теорії Вуда	fctk005=2.0	fywd = 285.0 285.0 170.0	
	fctk095=3.6	Es = 2e+005 2e+005 2e+005	
	Ecm=34500.0	Максимальний діаметр 32.00 мм	
		[Одиниці виміру = МПа]	

Коефіцієнти роботи бетону

Коеф. ALFAcc урахування тривалості дії навантажень (стиск)	1.00
Коеф. ALFAct урахування тривалості дії навантажень (розтяг)	1.00
Коеф. Yc2 для БК урахування руйнування бетонних конструкцій	1.00
Коеф. Yc3 для БК та ЗБК, що бетонуються у вертикальному положенні	1.00

Коефіцієнти роботи арматури

Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.2 ДБН В.1.1-12:2014	1.00
Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.3 (похилий переріз) ДБН В.1.1-12:2014	1.00

Рисунок 3.21 – Вихідні дані для армування фундаментної плити першого поверху

Коефіцієнти роботи бетону

Коеф. ALFAcc урахування тривалості дії навантажень (стиск)	1.00
Коеф. ALFAct урахування тривалості дії навантажень (розтяг)	1.00
Коеф. Yc2 для БК урахування руйнування бетонних конструкцій	1.00
Коеф. Yc3 для БК та ЗБК, що бетонуються у вертикальному положенні	1.00

Коефіцієнти роботи арматури

Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.2 ДБН В.1.1-12:2014	1.00
Сейсмічний вплив. Коефіцієнт з таблиці 6.13 п.3 (похилий переріз) ДБН В.1.1-12:2014	1.00

СПОЛУЧЕННЯ (РС3 (розрахункові сполучення зусиль)) ACADEMIC VERSION

PC	Сейсміка	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
1 A1		0	0	0	5.0112	-0.0492	0.8096	-2.8563	5.8839
2 B1		0	0	0	5.0111	-0.0492	0.8098	-2.8569	5.8839

Nx, Ny, Txy - т/м²; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.

Нормативні значення ACADEMIC VERSION

PC	Сейсміка	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
1 A2		0	0	0	2.8398	-0.0259	0.4587	-1.6036	3.3454
2 B2		0	0	0	4.7273	-0.0466	0.7638	-2.6959	5.5494
3 C2		0	0	0	4.7272	-0.0466	0.7638	-2.6961	5.5494

Nx, Ny, Txy - т/м²; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.

Рисунок 3.22 – Сполучення розрахункових граничних і експлуатаційних зусиль фундаментної плити першого поверху

АРМАТУРА (Підбір арматури) ACADEMIC VERSION

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	ASW1	ASW2	Т.нетрив.	Т.трив.
5.20	2.00	2.00	2.00	0.18	0.10	0.28	0.07	-		0.27
4.40	2.00	2.00	2.00							

У таблиці результатів армування:

AS1 - площа нижньої арматури в напрямку X [см²/м];AS2 - площа верхньої арматури в напрямку X [см²/м];AS3 - площа нижньої арматури в напрямку Y [см²/м];AS4 - площа верхньої арматури в напрямку Y [см²/м];

% X - відсоток поздовжньої арматури (AS1, AS2) в напрямку X;

% Y - відсоток поздовжньої арматури (AS3, AS4) в напрямку Y;

% X+Y - сумарний відсоток поздовжньої арматури в напрямках X та Y;

ASW1 - арматура поперечна в напрямку X [см²/м];ASW2 - арматура поперечна в напрямку Y [см²/м];

Т.нетрив. - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];

Т.трив. - ширина тривалого розкриття тріщин [мм];

+ - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

Рядок 1 - повна арматура, підібрана з урахуванням тріщиностійкості

Рядок 2 - арматура підібрана по граничних станах першої групи

Рядок + - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

Рядок ^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

У таблиці комбінацій:

PC - розрахункові сполучення

B - сполучення, що враховують усі завантаження

A - сполучення, що враховують завантаження, які мають тривалість

Сейсміка - C - позначається комбінація, в якій є сейсмічне завантаження

Рисунок 3.23 – Результат підбору площі арматури фундаментної плити першого поверху

Отже, на основі розрахунку, приймаємо арматуру:

Фундаментна плита цивільного укриття завтовшки 400 мм армована стрижнями Ø14 мм (5 шт./м) у всіх напрямках, крім верхнього шару по Y, де передбачено Ø16 мм (5 шт./м), при захисному шарі 30 мм та ширині тріщин до 0.29 мм.

Фундаментна плита першого поверху товщиною 400 мм армована стрижнями $\varnothing 16$ мм (5 шт./м) у нижньому шарі по напрямку X та $\varnothing 14$ мм (5 шт./м) в інших напрямках, із захисним шаром 30 мм; ширина тріщин не перевищує допустимі значення [16].

3.8 Висновок до розділу 3

У розділі виконано розрахунок основних несучих конструкцій будівлі торгового центру: колон, плит перекриття та фундаментних плит. Створено просторову модель у ЛІРА-САПР, змодельовано дію навантажень і проведено підбір армування згідно з вимогами нормативів. Результати підтверджують несучу здатність конструкцій і їх відповідність умовам експлуатації та безпеки.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи з охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт

4.1.1 Аналіз умов праці на будівельному майданчику

Під час виконання будівельно-монтажних робіт на об'єкті торгового центру у місті Тернопіль необхідно здійснити наступні роботи:

1. Земляні та бетонні роботи.
2. Монтаж монолітного каркасу (колони, балки, перекриття).
3. Монтаж інженерних мереж.
4. Встановлення сендвіч-панелей фасаду.
5. Виконання оздоблювальних робіт.
6. Монтаж покрівельного покриття (експлуатований дах).

У результаті аналізу умов праці, в межах необхідних робіт, встановлено наступні основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Робота будівельної техніки (крани, автосамоскиди, бетонозмішувачі).
2. Висотні роботи (монтаж покриття, фасадні роботи).
3. Робота з електроінструментами та обладнанням під напругою.
4. Ризик обвалу матеріалів під час навантаження/розвантаження.
5. Запиленість повітря, шум, вібрація.
6. Вплив токсичних або хімічно активних речовин (лаки, фарби, клеї).

Ці фактори можуть спричинити загрозу життю та здоров'ю працівників, тому потребують впровадження комплексу заходів безпеки згідно з ДБН А.3.2-2-2009 [17].

4.1.2 Обґрунтування заходів безпеки

Розробка заходів з охорони праці на даному об'єкті потрібно здійснювати на основі виявлених небезпечних факторів та аналізу технологічних процесів, які відбуватимуться на будівельному майданчику. Кожен вид робіт супроводжується

відповідними ризиками, тому заходи безпеки підбираються з урахуванням специфіки виконання робіт, використовуваного обладнання та середовища [18].

Забезпечення безпечних умов праці полягає у впровадженні організаційних і технічних рішень, спрямованих на:

1. Попередження нещасних випадків.
2. Захист працівників від шкідливих впливів.
3. Створення умов, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам.
4. Контроль і нагляд за дотриманням вимог охорони праці.

Під час організації робіт передбачено:

1. Розробку інструкцій з охорони праці для всіх професій, які залучаються до будівництва.
2. Проведення попереднього та періодичного медичного огляду працівників.
3. Навчання і перевірку знань правил безпеки праці перед допуском до роботи.
4. Оснащення робочих місць необхідними знаками безпеки та попереджувальним маркуванням.
5. Призначення відповідальних осіб за дотримання вимог охорони праці.

Таким чином, система охорони праці на об'єкті в межах даного проєкту є обґрунтованою, багаторівневою та базується на діючих нормативних документах і аналізі реальних умов праці [19].

4.1.3 Організаційно-технічні заходи безпеки

З метою попередження виробничого травматизму та забезпечення безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт на майданчику потрібно впроваджувати організаційні та технічні заходи.

Організаційні заходи полягають у наступному:

1. Проведення вступного, первинного, повторного та цільового інструктажів.

2. Оформлення нарядів-допусків для виконання робіт підвищеної небезпеки (висотні роботи, електромонтаж тощо).

3. До виконання спеціальних робіт допускаються лише особи, які пройшли навчання з охорони праці та мають відповідне посвідчення. Усі інші працівники можуть бути допущені до робіт після проходження навчання та інструктажів з охорони праці.

4. Розміщення на території будівництва стендів, схем евакуації та засобів наочного інформування.

5. Встановлення графіків чергування відповідальних осіб з охорони праці;

6. Забезпечення постійного контролю за дотриманням вимог безпеки з боку майстрів, виконробів та служби охорони праці.

Технічні заходи зводяться до:

1. Оснащення працівників індивідуальними засобами захисту (каска, рукавиці, спецвзуття, жилети зі світловідбивними елементами, страхувальні пояси при висотних роботах).

2. Використання справного електроінструменту та будівельної техніки з перевіреними сертифікатами.

3. Обов'язкове заземлення електроустановок та інструменту.

4. Огородження небезпечних зон, зокрема місць роботи вантажопідіймальної техніки.

5. Встановлення надійних риштувань та тимчасових сходів для безпечного переміщення працівників.

6. Організація безпечних проходів та проїздів із відповідним освітленням.

7. Встановлення контейнерів для збору сміття та регулярне прибирання робочої зони.

Зазначені заходи мають на меті зниження ризику нещасних випадків та підвищення рівня безпеки праці під час усіх етапів підготовки будівництва об'єкту.

4.1.4 Охорона навколишнього середовища

Передбачено впровадження комплексу заходів, спрямованих на зниження негативного впливу на довкілля відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 [20].

Основні напрями екологічного захисту полягають у:

1. Захисті атмосферного повітря. Здійснюється регулярне зволоження робочих зон під час земляних і бетонних робіт для зменшення запиленості. Відбувається контроль за справністю техніки з метою обмеження викидів від двигунів внутрішнього згоряння. Установлено заборону спалювання відходів будівництва на майданчику.

2. Пило- та золовидаленні. Для запобігання поширенню пилу, особливо під час різання та шліфування матеріалів, використовуються інструменти з пилозбірниками. Місця складування сипучих матеріалів накриваються плівкою або обмежуються щитами.

3. Захисту ґрунтів та водного середовища. Забезпечено технічне облаштування місць зливу води з будівельної техніки з попереднім очищенням. Улаштовано тимчасову побутову та технічну каналізацію для запобігання скиду стічних вод у навколишнє середовище. Матеріали з високою токсичністю (фарби, клеї, лаки) зберігаються в спеціальних герметичних ємностях із маркуванням.

4. Утилізації та поводженні з відходами. Встановлено контейнери для сортування будівельного сміття (бетон, деревина, метали, пластик). Вивезення відходів здійснюється спеціалізованими компаніями, які мають відповідні ліцензії на поводження з відходами.

5. Захисті існуючих зелених насаджень. Територія з наявними деревами та кущами огорожується захисними екранами. Заборонено складування будматеріалів та техніки в радіусі 1,5 м від стовбура дерев. Після завершення будівництва передбачено відновлення озеленення з урахуванням благоустрою території.

6. Заходи для запобігання шумового забруднення. Будівельні роботи проводяться в денний час (з 8:00 до 20:00) відповідно до санітарних норм. При

використанні шумної техніки потрібно дотримуватися заходів щодо шумоізоляції та використання приглушувальних кожухів.

4.1.5 Заходи пожежної безпеки під час будівельно-монтажних робіт

На період виконання будівельно-монтажних робіт на об'єкті торгового центру необхідно впровадити комплекс заходів пожежної безпеки, спрямованих на запобігання виникненню пожежі, зменшенню наслідків у разі її виникнення та забезпечення безпечної евакуації працівників. Заходи розроблені відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 [18] та ДБН А.3.2-2-2009 [19].

Основні положення пожежної безпеки полягають у:

1. Організаційні заходи: Паління дозволяється лише у спеціально відведених і обладнаних місцях, поза межами небезпечних зон. Призначено відповідальних осіб за пожежну безпеку на кожній ділянці будівництва. Розміщено тимчасові пожежні щити з вогнегасниками, ящиками з піском, відрами, баграми тощо. На території будмайданчика вивішено схеми евакуації та інструкції з дій у разі пожежі. Проведено інструктаж з пожежної безпеки для всіх працівників перед початком робіт.

2. Технічні заходи. Об'єкт необхідно забезпечити первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками (типу ВП-5, ВП-9), ємностями з водою та піском. Заборонено використання несправного електрообладнання. Всі прилади проходять регулярний контроль технічного стану. Підключення електроінструментів здійснюється через пристрої захисного відключення (ПЗВ). Тимчасові електромережі захищені, ізоляція перевірена, кабелі прокладаються із дотриманням протипожежних норм.

Додаткові вимоги для забезпечення заходів пожежної безпеки:

1. У зонах зберігання легкозаймистих речовин (фарб, розчинників) забезпечено спеціальні металеві шафи з вентиляцією.

2. У разі проведення зварювальних або інших вогнебезпечних робіт - оформлюються наряди-допуски, із застосуванням протипожежних килимків, екранів та нагляду відповідальної особи.

Реалізація зазначених заходів значно знижує ймовірність виникнення пожежі та забезпечує оперативну реакцію на надзвичайну ситуацію в разі її виникнення.

4.1.6 Висновки до підрозділу 4.1

У підрозділі наведено комплекс необхідних заходів з охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт в межах даного проєкту. Визначено основні виробничі фактори, що впливають на безпеку працівників, та запропоновано відповідні організаційно-технічні рішення. Заходи охоплюють інструктажі, використання ЗІЗ, контроль стану обладнання, пожежну безпеку та охорону довкілля. Всі рішення відповідають вимогам чинних ДБН і спрямовані на створення безпечних умов праці.

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях для торгового центру

Надзвичайні ситуації у громадських будівлях із масовим перебуванням людей становлять значну загрозу для життя, здоров'я та безпеки відвідувачів і персоналу. У зв'язку з цим, у проєкті торгового центру передбачено комплекс технічних та організаційних заходів, спрямованих на запобігання НС та ефективне реагування у випадку їх виникнення [22].

Найбільш ймовірним типом надзвичайної ситуації в торговому центрі є пожежа, тому основну увагу приділено заходам пожежної безпеки, евакуації людей, а також виявленню та локалізації загоряння.

4.2.1 Забезпечення пожежної безпеки у будівлі торгового центру

Приміщення торгового центру відносяться до категорії Ф2 за функціональним призначенням (будівлі з постійним перебуванням людей). Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [7], передбачено:

1. Два евакуаційних виходи з кожного поверху;
2. Ширина основних евакуаційних шляхів - не менше 1,2 м, дверей - не менше 1,0 м;
3. На кожному поверсі розміщено плани евакуації;
4. Встановлено вогнегасники типу ВП-5 у кількості 1 шт. на кожні 100 м²;
5. В приміщеннях передбачено вбудовану систему оповіщення та пожежогасіння.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 [7], у громадських будівлях встановлюється щонайменше 1 вогнегасник типу ВП-5 на кожні 100 м² площі. Загальна площа торгового центру становить 3456 м² (2 поверхи по 48×36 м), тому прийнято встановити по 35 вогнегасників ВП-5 на кожному поверсі, з рівномірним розміщенням у торгових залах, коридорах, технічних приміщеннях та біля евакуаційних виходів. Це забезпечує відповідність протипожежним вимогам та підвищує безпеку для відвідувачів і персоналу.

4.2.2 Розрахунок укриття цивільного захисту

У підвальному приміщенні торгового центру на відмітці -4.000 мм передбачено захисну споруду подвійного призначення (цивільне укриття) для тимчасового перебування персоналу та відвідувачів у разі загрози надзвичайної ситуації (обстріл, хімічне зараження, терористичний акт тощо). Укриття відповідає вимогам ДБН В.2.2-5:2023 [6] щодо громадських будівель.

План укриття передбачає:

1. Основне укриття, розраховане на повну одночасну заповненість торгового центру;

2. Три типи виходи: сходами, пандусом, ліфтом;
3. Систему тамбурів і тамбур-шлюзів для обмеження проникнення повітря;
4. Пандус для доступу маломобільних груп із зовнішнього боку будівлі;
5. Санітарний вузол, технічне приміщення, складські та підсобні кімнати.

Конструктивні характеристики:

1. Стіни та перекриття виконані з монолітного залізобетону товщиною 200 та 400 мм із підвищеною жорсткістю (згідно з розділом 3.2);

2. Плита фундаменту укриття має товщину 400 мм;

Інженерне обладнання, в межах даного проєкту, включає:

1. Система вентиляції з аварійним фільтруванням повітря;
2. Аварійне освітлення та резервне електроживлення від генератора;
3. Наявність запасів води, медичних засобів і сухих пайків у підсобному приміщенні;
4. Автономна каналізація на базі біотуалетів.

Інклюзивність:

1. Ширина евакуаційних проходів - не менше 1,2 м;
2. Наявність пандуса з нахилом до 10%, шириною 1,5 м, з поручнями на двох рівнях;
3. Для евакуації передбачено два вантажні ліфти, які за потреби використовуються як альтернативний засіб переміщення осіб з інвалідністю.

4.3 Висновки до розділу 4

У розділі розглянуто основні заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності в умовах експлуатації торгового центру. Забезпечено дотримання норм пожежної безпеки, організовано ефективну евакуацію та розміщено необхідні засоби пожежогасіння. У підвальному приміщенні передбачено цивільне укриття, яке відповідає вимогам ДБН щодо захисних споруд. Вжиті інженерні та організаційні рішення гарантують безпечні умови перебування для всіх категорій користувачів у штатних і надзвичайних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи розроблено проєкт двоповерхового торгового центру з підвальним приміщенням, що виконує функцію цивільного укриття. На основі аналізу інженерно-геологічних умов обґрунтовано вибір плитного фундаменту та конструктивної схеми будівлі. Проведено архітектурно-планувальне та конструктивне проєктування з урахуванням вимог нормативних документів і сучасних принципів забудови.

Для перевірки надійності конструкцій виконано просторове моделювання будівлі в програмному комплексі ЛІРА-САПР. Здійснено розрахунок навантажень, визначено зусилля у несучих елементах та підібрано армування згідно з вимогами міцності, жорсткості та тріщиностійкості. Результати підтвердили відповідність конструкцій проєктним та експлуатаційним вимогам.

Проєкт забезпечує функціональність, безпечну експлуатацію будівлі та дотримання вимог до інженерного захисту населення у надзвичайних ситуаціях.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ТЦ Новус, Тернопіль. *Енциклопедія новобудов*. URL: <https://novobudovy.com/torhovi-tsentry-ternopolia/torgovij-centr-novus-novus-m-ternopil> (дата звернення: 10.04.2025).
2. Торговельно-розважальний центр «Подільяни». *Подільяни Центр*. URL: <https://podolyany.com.ua/about-us/>.
3. Зростання як необхідна умова розвитку – кейс ТРЦ Подільяни. *RAU*. 07.01.2025. URL: <https://rau.ua/novyni/novini-partneriv/rozvitku-kejs-trc-podoljani/>.
4. Centrum. *Galeria Lodzka*. URL: <https://www.galeria-lodzka.pl/o-centrum/>.
5. Galeria Łódzka. *Lodz Travel*. URL: <https://lodz.travel/turystyka/porady-turystyczne/zakupy-w-lodzi/galeria-lodzka/>.
6. ДБН В.2.2-40:2018. "Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення". На заміну ДБН В.2.2-17:2006 ; чинний від 01.04.2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3626580502787392825?doc_type=2.
7. ДБН В.1.1-7:2016. "Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги". На заміну ДБН В.1.1-7-2002; чинний від 01.06.2017. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619.
8. ДБН Б.2.2-12:2019. "Планування та забудова територій". На заміну ДБН Б.2.2-12:2018 ; чинний від 01.12.2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046.
9. ДБН В.2.2-5:2023. "Захисні споруди цивільного захисту". Чинний від 01.11.2023. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3530699073772324792?doc_type=2.
10. ДБН В.1.1-12:2014. "Будівництво в сейсмічних районах України". На заміну ДБН В.1.1-12:2006 ; чинний від 01.12.2014. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3038077155897509804?doc_type=2.
11. ДБН В.2.3-15:2007. "Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів". На заміну ВСН 01-89 в частині обладнання стоянок і гаражів для легкових автомобілів ;

чинний від 01.08.2007.

URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200360843703224166?doc_type=2.

12. ДБН В.2.6-31:2021. "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель". На заміну ДБН В.2.6-31:2016 ; чинний від 01.09.2019. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996?doc_type=2.

13. ДБН В.2.6-98:2009. "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення". На заміну СНиП 2.03.01-84 ; чинний від 01.06.2011. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200410998024438840.

14. ДБН В.1.2-2:2006. "Навантаження і впливи. Норми проектування". Чинний від 01.01.2007. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233.

15. ДБН В.2.1-10-2018. "Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення". На заміну ДБН В.2.1-10-2009 ; чинний від 01.01.2019. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074244333172426323.

16. ДБН В.2.2-9:2018. "Громадські будинки та споруди. Основні положення". На заміну ДБН В.2.2-9-2009 ; чинний від 01.06.2019. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199648113669179181?doc_type=2.

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

18. ДБН А.3.2-2-2009. "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення". На заміну СНиП III-4-80* ; чинний від 01.04.2012. URL:

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610.

19. Каспрук В. Б. Методичні вказівки до написання розділу з охорони праці в будівництві для спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" – Тернопіль : ТНТУ ім.І.Пулля, 2024 – 15 с.

20. Гурик О. Я., Окіпний І. Б. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. 20 с.

21. Конончук О. П., Лучко Й. Й. Конспект лекцій з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. Частина 1. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. 221 с.

22. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / В. Ясній та ін. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 59 с.

23. Програмний комплекс ЛІРА-САПР. Приклади розрахунку і проектування. LIRALAND Group. Електронне видання. 2022. 635 с.

24. Основи комп'ютерного моделювання / М. Барабаш та ін. НАУ, 2019. 500 с..