

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

Факультет інженерії машин, споруд і технологій

(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Проект підземного паркінгу з моделюванням роботи
основних несучих залізобетонних конструкцій**

Виконав: студент VI курсу, групи МБмд-61
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

Студентка		Баліцька Т. А.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Гудь М. І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Мещерякова О. М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Ясній В. П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		Качка О. І.
	(підпис)	(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)

« »

2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студентці Баліцькій Тетяні Анатоліївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект підземного паркінгу з моделюванням роботи основних несучих залізобетонних конструкцій»

Керівник роботи Гудь Михайло Іванович, к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 14 » 11 2025 року № 4/7-974

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Геолокація об'єкту

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Об'ємно-планувальні та архітектурні рішення, розрахунково- конструкторський,

Науково-дослідницький, Охорона праці, Висновки

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б. доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М. ст.викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Об'ємно-планувальні та архітектурні рішення		
2	Розрахунково-конструкторський		
3	Науково-дослідницький		
4	Охорона праці		
5	Загальні висновки		

Студентка

(підпис)

Баліцька Т. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гудь М. І.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ.....	8
1.1 Опис зовнішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, опис та обґрунтування просторової, планувальної та функціональної організації об'єкта капітального будівництва	8
1.1.1 Рівень доступності об'єктів	8
1.1.2 Ідентифікаційні ознаки.....	8
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва, реконструкції об'єкта капітального будівництва	11
1.2.1 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва.....	11
1.2.2 Опис та обґрунтування рішень щодо оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення	12
1.2.3 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу.....	13
1.3 Висновки до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	15
2.1 Характеристики району будівництва.....	15
2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівлі, включаючи її просторову схему, прийняту при виконанні розрахунків будівельних конструкцій..	16
2.3 Збір навантажень.....	16
2.4 Розрахунок моделі будівлі в ПК ЛІРА	21
2.5 Результати розрахунку	23
2.5.1 Проектування елементів каркасу будівлі	25
2.5.2 Проектування діафрагми жорсткості.....	28
2.5.3 Проектування колони КМ-1 і КМ-2.....	30

2.6 Перевірка підібраних перерізів	32
2.7 Проектування фундаментів.....	32
2.8 Збір навантажень на фундамент	34
2.9 Проектування плитного фундаменту	34
2.10 Розрахунок плитного фундаменту	35
2.11 Результати розрахунку фундаментної плити	35
2.12 Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	40
3.1 Варіант №1 - Металеві колони	40
3.2 Варіант №2 - Залізобетонні колони	43
3.3 Порівняння варіантів конструктивних схем	45
3.4 Висновки до розділу 3	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	47
4.1 Охорона праці.....	47
4.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві	47
4.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій	48
4.1.3 Висновки до підрозділу 4.1	51
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	52
4.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості	52
4.2.2 Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкту в НС	54
4.2.3 Висновки до підрозділу 4.2.....	56
4.3 Висновки до розділу 4	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ	60

ВСТУП

Сучасний розвиток житлової забудови великих і середніх міст супроводжується зростанням рівня автомобілізації населення, що зумовлює необхідність вирішення проблеми зберігання автотранспорту в умовах обмежених міських територій. Одним із найбільш ефективних рішень цієї проблеми є влаштування підземних паркінгів, інтегрованих у структуру житлових комплексів. Такі об'єкти дозволяють раціонально використовувати територію забудови, підвищити комфорт проживання та забезпечити належний рівень транспортного обслуговування мешканців.

Проектування підземних паркінгів характеризується підвищеною складністю, що обумовлено значними навантаженнями від транспортних засобів, впливом ґрунтового тиску, підземних вод, а також вимогами до забезпечення просторової жорсткості, водонепроникності та довговічності несучих конструкцій. Особливу увагу при цьому необхідно приділяти вибору конструктивної схеми будівлі, матеріалу несучих елементів та обґрунтуванню їх роботи в складі просторової системи.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності науково обґрунтованого проектування підземних паркінгів як складових житлових комплексів із урахуванням сучасних нормативних вимог, інженерно-геологічних умов будівництва та експлуатаційних навантажень. Застосування чисельних методів розрахунку та програмних комплексів дає змогу детально дослідити напружено-деформований стан конструкцій, оцінити ефективність різних конструктивних рішень і забезпечити надійність та безпеку об'єкта впродовж усього терміну експлуатації.

Окрему наукову та практичну цінність становить варіантний аналіз конструктивних схем підземного паркінгу з використанням різних типів колон — металевих та залізобетонних. Такий підхід дозволяє порівняти конструктивні рішення за показниками міцності, жорсткості, матеріалоємності та технологічності зведення і обґрунтувати вибір найбільш раціонального варіанта.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота виконана відповідно до науково-освітніх напрямів кафедри будівельної механіки і спрямована на вирішення актуальних завдань проєктування підземних споруд.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування вбудовано-прибудованого підземного паркінгу та обґрунтування раціональних конструктивних рішень його несучої системи на основі розрахунків і варіантного аналізу.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- розробити об'ємно-планувальні та архітектурні рішення підземного паркінгу з урахуванням функціонального призначення;
- визначити конструктивну схему будівлі та основні геометричні параметри несучих елементів;
- виконати збір постійних, тимчасових і особливих навантажень відповідно до чинних нормативів;
- здійснити просторове моделювання будівлі методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛПРА;
- виконати розрахунок і проєктування елементів каркаса, діафрагм жорсткості та фундаментної плити;
- дослідити два варіанти конструктивних рішень з використанням металевих і залізобетонних колон;
- провести порівняльний аналіз варіантів і обґрунтувати вибір оптимального рішення;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є підземний паркінг у складі житлового комплексу.

Предметом дослідження є конструктивні схеми та несучі елементи підземного паркінгу, їх робота під дією експлуатаційних і ґрунтових навантажень.

Методи дослідження. У роботі застосовано нормативні методи розрахунку будівельних конструкцій, метод скінченних елементів, чисельне моделювання в програмному комплексі ЛПРА, а також методи порівняльного інженерного аналізу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання прийнятих конструктивних рішень і результатів варіантного аналізу при проектуванні підземних паркінгів у складі житлових комплексів.

Ключові слова: підземний паркінг, залізобетонний каркас, металеві колони, фундаментна плита, метод скінченних елементів, ПК ЛПРА.

РОЗДІЛ 1

ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ

1.1 Опис зовнішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, опис та обґрунтування просторової, планувальної та функціональної організації об'єкта капітального будівництва

Територія проектування має такі територіальні обмеження:

- з північного боку - існуючий проїзд;
- зі східного боку - бізнес-центр ;
- зі західного боку - територія, вільна від забудови.

Під'їзд до території здійснюється з північного боку через існуючий проїзд. В'їзд на підземну автостоянку здійснюється з південного боку через проєктований проїзд.

Архітектурно-планувальне рішення підземного паркінгу обґрунтовано його функціональною та конструктивною схемами.

1.1.1 Рівень доступності об'єктів

У підземному паркінгу не передбачено спеціалізованих машиномісць для груп мобільності 4. Доступ забезпечено для груп мобільності 1-3.

1.1.2 Ідентифікаційні ознаки

Проектований об'єкт капітального будівництва - вбудовано-прибудований підземний паркінг. Згідно з класифікатором об'єктів капітального будівництва за їх призначенням і функціонально-технологічними особливостями є об'єктом для зберігання автотранспорту.

Належність до небезпечних виробничих об'єктів: не належить;

Пожежна та вибухопожежна небезпека: Ступінь вогнестійкості будівлі - І [3]. Будівля складної форми, розділена деформаційними швами. Розміри будівлі підземного паркінгу в плані в осях 139,1 м × 50,4 м.

Висота рівня паркінгу –3,6 м. Будівля підземного паркінгу розташована на території, вільній від забудови, під дворовою частиною, прибудована до комплексу житлових будинків. Житловий будинок має зв'язок з підземним паркінгом за допомогою ліфта і сходів. Зв'язок з приміщеннями паркінгу здійснюється по підземних переходах з пристроєм на виході в приміщення парковки тамбур-шлюзу 1-го типу.

Будівля паркінгу опалюється, розрахункова температура +5 °С (за завданням). Паркінг призначений для постійного зберігання автомобілів мешканців житлового будинку на закріплених за власниками місцях.

Спосіб зберігання автомобілів прийнятий манежного типу з установкою автомобілів на паркувальні місця заднім ходом, під кутом 90° до осі проїзду. Проектом передбачені місця з незалежним в'їздом-виїздом з кількістю місць зберігання - для 636 паркувальних місць.

Паркувальних місць, призначених для МГН в будівлі підземного паркінгу проектом не передбачено, всі необхідні місця розміщені на території житлових будинків. Паркінг призначений для постійного зберігання автомобілів мешканців комплексу житлових будинків на закріплених за власниками місцях.

Евакуаційні виходи підземного паркінгу передбачені на 4 сходи типу НЗ, через тамбур-шлюзи з підпором повітря при пожежі. Сходи розташовані розрізнено. Доступ до приміщення паркінгу передбачений по сходових клітках з дворової території житлового комплексу.

Будівля підземного паркінгу ділиться на 2 пожежні відсіки. Зв'язок між суміжними пожежними відсіками для зберігання автомобілів передбачений через

отвори 3 заповненням протипожежними воротами 1-го типу 3 межею вогнестійкості не менше EI 60.

На кожному рівні паркінгу передбачено в'їзд-виїзд по двох двоколійних рампах з кожного відсіку. Рампи паркінгу виконані з тротуаром шириною не менше 0,8 м.

Зберігання автомобілів, що працюють на природному або зрідженому нафтовому газі, не передбачено, ремонтні роботи, мийка та діагностика на місцях зберігання автомобілів не проводяться.

Допустима відстань від найбільш віддаленого місця зберігання до найближчого евакуаційного виходу при розташуванні місця зберігання між евакуаційними виходами не більше 40м, в тупиковій частині не більше 20м.

Будівля підземного паркінгу має таку конструкцію покриття:

- тротуарна плитка (бруківка)/газон/гумове покриття;
- розподільна залізобетонна плита бетон В20 армована сіткою 8АІ-150/8АІ-150 - 100 мм;
- поліетиленова плівка ПЕТ;
- екструзійний полістирол 100 мм;
- геотекстиль голкопробивний термооброблений 300 г/кв.м;
- гідроізоляція 1 шар;
- гідроізоляція 1 шар;
- праймер бітумний;
- стяжка з цементно-піщаного розчину армована;
- розділювальний шар - поліетиленова плівка ПЕТ;
- разуклонка з керамзиту;
- пароізоляція 1 шар;
- ґрунтовка - праймер бітумний;
- залізобетонна плита.

1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва, реконструкції об'єкта капітального будівництва

Основні об'ємно-планувальні показники наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Об'ємно-планувальні показники

Найменування	Показник
1	2
Площа забудови надземної частини паркінгу, м ² :	62,1
Будівельний об'єм паркінгу, м ³ , у тому числі:	93197,3
надземної частини	186,3
підземної частини	93011
Площа підземного паркінгу	6459,1
Кількість підземних поверхів автопаркінгу	4
Кількість машино-місць	636

Будівля підземного паркінгу спроектована відповідно до [4]. Висота приміщень для зберігання автомобілів і висота над рампами та проїздами становить не менше 2 м. Поздовжній ухил прямолінійних рамп по осі смуги руху становить не більше 18%.

1.2.1 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва

Архітектурний вигляд об'єкта запроектований виходячи з функціонального призначення будівлі.

Зовнішнє оздоблення надземної частини виконано в бежевих тонах, які добре поєднуються з навколишньою архітектурою та середовищем. Елементи оздоблення будівлі, деталі фасаду виконані з сучасних матеріалів, які відповідають стилю будівлі.

1.2.2 Опис та обґрунтування рішень щодо оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення

У внутрішньому оздобленні приміщень використовуються сучасні матеріали.

Для оздоблення стін, стель та інших поверхонь, у тому числі внутрішніх будівельних конструкцій, передбачаються матеріали, що допускають систематичне очищення.

Стелі:

- затирка шпаклівкою , фарбування фарбою за 1 раз - технічні приміщення, тамбур-шлюзи.
- затирання шпаклівкою , фарбування фарбою за 2 рази - приміщення охоронця, санвузол.
- без оздоблення - приміщення для зберігання автомобілів, рампи.

Стіни, колони:

- штукатурка, затирка шпаклівкою, фарбування фарбою за 1 раз технічні приміщення, тамбур-шлюзи.
- без оздоблення - приміщення для зберігання автомобілів, рампи.
- покращена штукатурка, затирка шпаклівкою, фарбування фарбою за 2 рази (- приміщення охоронця, санвузол.

Підлога:

- бетонні - з бетону класу В 25 з зміцнюючими складами - приміщення для зберігання автомобілів, рампи.

– лінолеум (з теплозвукоізоляційним шаром - приміщення охорони плитка керамічна - с/в, тамбур-шлюзи, майданчики сходових кліток, технічні приміщення.

Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення з постійним перебуванням людей. Даним проектом не передбачено природне освітлення приміщень підземного паркінгу (не нормується).

1.2.3 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу

Захист приміщень житлових будівель від шуму підземного паркінгу забезпечується застосуванням огорожувальних конструкцій з необхідною звукоізоляцією: зовнішні стіни виконані зі звукоізоляцією з вогнетривких мінераловатних плит; перегородки - з повнотілої цегли, які забезпечують оптимальний рівень ізоляції повітряного шуму і служать ефективним бар'єром від можливих шумових і вібраційних впливів.

У проекті відсутні технічні приміщення, розташовані суміжно з житловими.

Опис рішень щодо світлообгородження об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден (за необхідності)

Заходи щодо світлозахисту об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден, не потрібні.

Опис та обґрунтування прийнятих об'ємно-планувальних рішень об'єкта капітального будівництва, що забезпечують, зокрема, дотримання санітарно-епідеміологічних вимог

Всі застосовувані матеріали відповідають гігієнічним вимогам і забезпечують безпеку об'єкта будівництва.

Проектні рішення відповідають нормативам та вимогам до забезпечення безпеки та (або) нешкідливості для людини факторів середовища проживання».

Відстань від в'їзду-виїзду в підземний паркінг до житлової будівлі не нормується.

1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи обґрунтовано архітектурно-планувальні та об'ємно-просторові рішення підземного паркінгу, вбудовано-прибудованого до житлового комплексу. Встановлено, що прийнята схема організації простору відповідає функціональному призначенню об'єкта та забезпечує ефективне розміщення 636 машино-місць з урахуванням нормативних вимог до проїздів, рамп і евакуаційних шляхів.

Архітектурно-художні рішення фасадів і інтер'єрів гармонійно поєднані з навколишньою забудовою та підпорядковані індустріальному характеру об'єкта. Застосування сучасних оздоблювальних матеріалів забезпечує довговічність конструкцій, можливість регулярного очищення поверхонь і відповідність санітарно-гігієнічним вимогам. Передбачені заходи з шумо- та віброізоляції дозволяють мінімізувати негативний вплив експлуатації паркінгу на житлові приміщення. Таким чином, архітектурні рішення є функціонально доцільними, нормативно обґрунтованими та експлуатаційно ефективними.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Характеристики району будівництва

Район будівництва згідно [2] характеризується такими природнокліматичними даними:

Місце будівництва: м. Чернівці

Будівельно-кліматичний район -І.

Нормативне значення снігового покриву: 1,5 кПа, III район [2].

Нормативне значення вітрового тиску: 0,38 кПа, III район [2].

Кліматичні параметри холодного періоду року:

Температура повітря найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,98: -29°C .

Температура повітря найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92: -27°C .

Абсолютна мінімальна температура повітря: -23°C .

Середня добова амплітуда температури повітря найхолоднішого місяця: $-8,4^{\circ}\text{C}$.

Середня місячна відносна вологість повітря найхолоднішого місяця: 72%.

Кількість опадів за листопад-березень: 112 мм.

Кліматичні параметри теплого періоду року:

Температура повітря із забезпеченістю 0,95: 23°C .

Температура повітря із забезпеченістю 0,98: 26°C .

Середня максимальна температура повітря найтеплішого місяця: $25,1^{\circ}\text{C}$.

Абсолютна максимальна температура повітря: 28°C .

Середня добова амплітуда повітря найтеплішого місяця: $11,8^{\circ}\text{C}$.

Середня місячна відносна вологість повітря найтеплішого місяця: 69%.

2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівлі, включаючи її просторову схему, прийняту при виконанні розрахунків будівельних конструкцій

Конструктивна система підземного паркінгу складається з фундаментної плити товщиною 1200 мм і 900 мм з бетону класу B30, F150, W6 [6], на яку спирається залізобетонний каркас і діафрагми жорсткості.

Вертикальними несучими елементами є колони круглого перетину діаметром 800 мм і 600 мм з бетону класу B35, F150, W6, [6].

Горизонтальними несучими конструкціями є монолітні залізобетонні плити перекриття з бетону класу B25, F150, W6 [6], товщиною 250 мм.

Тиск від ґрунту сприймають монолітні зовнішні стіни з бетону класу B25, F150, W6 [6], товщиною 600 мм. Для забезпечення їх стійкості запроєктовані діафрагми жорсткості з бетону класу B25, F150, W6 [6], товщиною 250 мм.

Внутрішні перегородки цегляні товщиною 120 мм.

Сходи - монолітні залізобетонні з бетону класу B25, F150, W6.

Будівля I ступеня вогнестійкості [3]. Межа вогнестійкості основних несучих конструкцій будівлі R240 [3].

2.3 Збір навантажень

Навантаження, що діють на розрахункову схему, представлені в таблицях 2.1-2.4.

Таблиця 2.1 - Постійні навантаження

Найменування	Товщина шару, м	Об'ємна вага, т/м.куб.	Нормативне навантаження, т/м.кв.	Коефіцієнт за навантаженням	Розрахункове навантаження, т/м.кв.
1	2	3	4	5	6
Власна вага конструкцій (задається автоматично в ПК ЛІРА 10)					
Пиріг АР					
Розуклонка з керамзиту	0,27	0,6	0,16	1,3	0,211
Власна вага конструкцій (задається автоматично в ПК ЛІРА 10)					
Стяжка з цементнопіщаного розчину М150	0,05	1,8	0,09	1,3	0,1
Екструзійний пінополістирол	0,1	0,035	0,0035	1	0,004
Розподільна залізобетонна плита бетон В20 армована сіткою	0,1	2,5	0,25	1	0,2
Проїзна частина					
Піщано-гравійна суміш	0,3	1,8	0,5	1,3	0,7
Щебінь фр. 5-40 мм	0,15	1,8	0,27	1,3	0,35
Асфальтобетон 2 шари	0,12	2	0,24	1,3	0,31
Разом (АР і проїжджа частина)			1,55		2

Продовження таблиці 2.1

Підлога автостоянки					
Розгалуження стяжка з цементно- піщаного розчину М150	0,2	1,8	0,36..0,09	1	0,47..0,12
Перекриття першого поверху житлового будинку					
Екструзійний пінополістирол	0,08	0,035	0,00	1,3	0,004
Стяжка з цементнопіщаного розчину	0,05	1,8	0,09	1,3	0,1
Керамічна плитка на клейовій основі	0,02	2	0,04	1,3	0,05
Разом			0,133		0,173
Перекриття типового поверху житлового будинку					
Стяжка з цементнопіщаного розчину	0,09	1,8	0,16	1,3	0,2
Керамічна плитка на клейовій основі	0,02	2	0,04	1,3	0,05
Разом			0,166		0,216
Перекриття технічного поверху житлового будинку					
Стяжка з цементнопіщаного розчину	0,06	1,8	0,108	1,3	0,14
Екструзійний пінополістирол	0,05	0,035	0,002	1,3	0,003
Разом			0,11		0,143

Таблиця 2.2 - Тимчасові навантаження

Вид навантаження	Нормативне значення, т/кв.м	Коефіцієнт за навантаженням	Розрахункове значення, т/кв.м
1	2	3	4
Покриття автостоянки			
Пандуси та під'їзні шляхи	0,5	1,2	0,6
Покриття з можливим скупченням людей	0,4	1,2	0,4
Підлога автостоянки			
Пандуси та під'їзні шляхи	0,5	1,2	0,6
Площі паркування	0,35	1,2	0,4
Рампа в'їзду на парковку			
Пандуси та під'їзні шляхи	0,5	1,2	0,6
Перший поверх житлового будинку			
Торгові площі	0,4	1,2	0,4
Перекриття типового поверху			
Житлові приміщення	0,15	1,3	0,195
Коридори та сходи	0,3	1,2	0,3
Перекриття технічного поверху			
Технічні поверхи житлових будівель	0,2	1,2	0,2
Покриття будинку			
Снігове навантаження	0,145	1,4	0,203

Таблиця 2.3 - Вітрові навантаження

Поверх	Висота Z_e , м	$k(Z_e)$	W_m , т/м ²			q_w , кН/м		
			$c = 1$	$c = 0,8$	$c = -0,5$	$c = 1$	$c = 0,8$	$c = -0,5$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,05	0,45	0,017	0,014	-0,009	0	0	-0
2	7,20	0,57	0,022	0	-0	0	0	-0
3	10,35	0,66	0,025	0	-0,013	0,07	0	-0,03
4	13,50	0,73	0,028	0	-0,014	0,07	0	-0
5	16,65	0,80	0,030	0	-0,015	0,08	0	-0
6	19,80	0,85	0,032	0,026	-0,016	0,09	0	-0
7	22,95	0,91	0,034	0,028	-0,017	0,09	0,07	-0,05
8	26,10	0,95	0,036	0,029	-0	0	0	-0
9	29,25	1,00	0,038	0	-0,019	0,10	0,08	-0
10	32,400	1,04	0,040	0	-0	0,11	0,08	-0
11	35,55	1,08	0,041	0	-0,021	0,11	0,09	-0
12	38,70	1,12	0,042	0	-0,021	0,11	0,09	-0,06
13	41,85	1,15	0,044	0,035	-0,022	0,12	0,09	-0,06
14	45	1,19	0,045	0,036	-0,023	0,12	0,10	-0,06
15	48,15	1,22	0,046	0	-0,023	0,12	0,10	-0,06
16	51,30	1,25	0,048	0	-0,024	0,13	0,10	-0,06
17	54,45	1,28	0,049	0	-0,024	0,13	0,10	-0
18	57,60	1,31	0,050	0	-0	0,13	0,11	-0,07
19	60,75	1,34	0,051	0,041	-0,025	0,14	0,11	-0,07
20	63,90	1,36	0,052	0	-0,026	0,14	0,11	-0

Таблиця 2.4 - Особливі навантаження

Найменування	Клас навантаження	Розрахункове значення
1	2	3
Виїзд пожежного автомобіля на покриття автостоянки	Особливе	3,6 т/кв.м

Тиск ґрунту на стіну підземного паркінгу визначаємо за ґрунтом, що має найбільшу потужність залягання.

Приймаємо такі вихідні дані:

- висота стіни в ґрунті: 15,5 м;
- кут внутрішнього тертя: $\varphi = 25,3^\circ$;
- питома вага ґрунту: $\gamma = 1,89 \text{ т/м}^3$.

Визначаємо активний тиск ґрунту на підпірну стіну на глибині H за формулою

$$\sigma = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,89 \cdot 15,5 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{25,3}{2} \right) = 11,75 \text{ т/м}^2.$$

На рисунку 3.22 представлені результати підбору поздовжньої арматури ПК ЛПРА 10.

2.4 Розрахунок моделі будівлі в ПК ЛПРА

Розрахунок будівлі проводиться в програмному комплексі ЛПРА методом кінцевих елементів.

У розрахункову схему будівлі включена фізична модель будівлі та дані про навантаження.

Фізична модель будівлі являє собою тривимірну систему з несучих вертикальних і горизонтальних конструкцій, а також дані про фізико-механічних властивостях матеріалів.

Розрахункова схема будівлі представлена на рисунках 2.1-2.3.

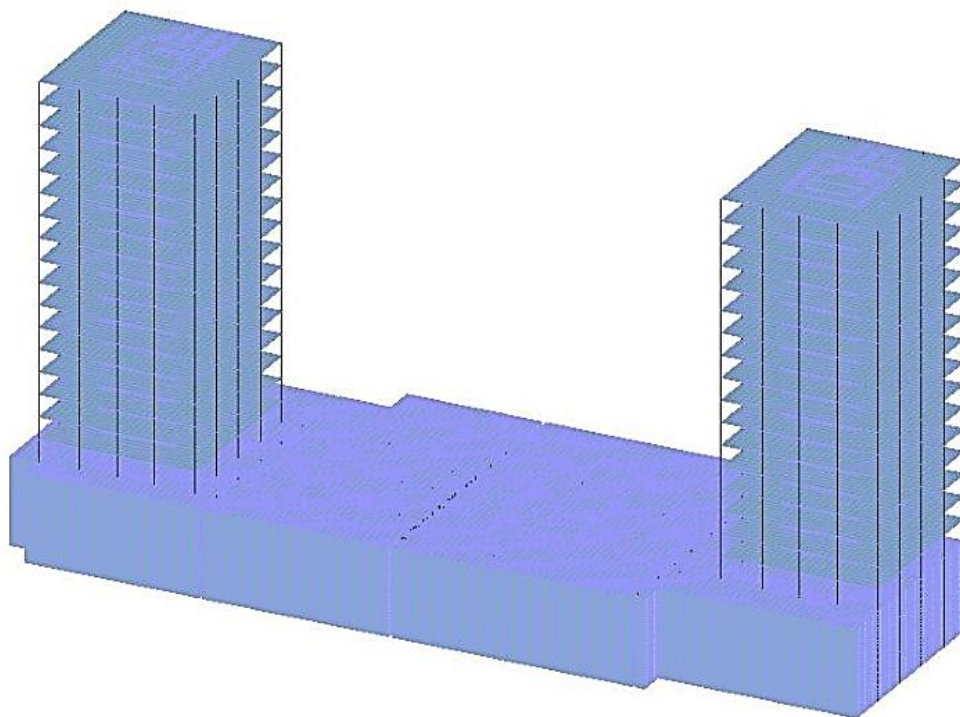


Рисунок 2.1 - Розрахункова модель будівлі в ПК ЛІРА 10

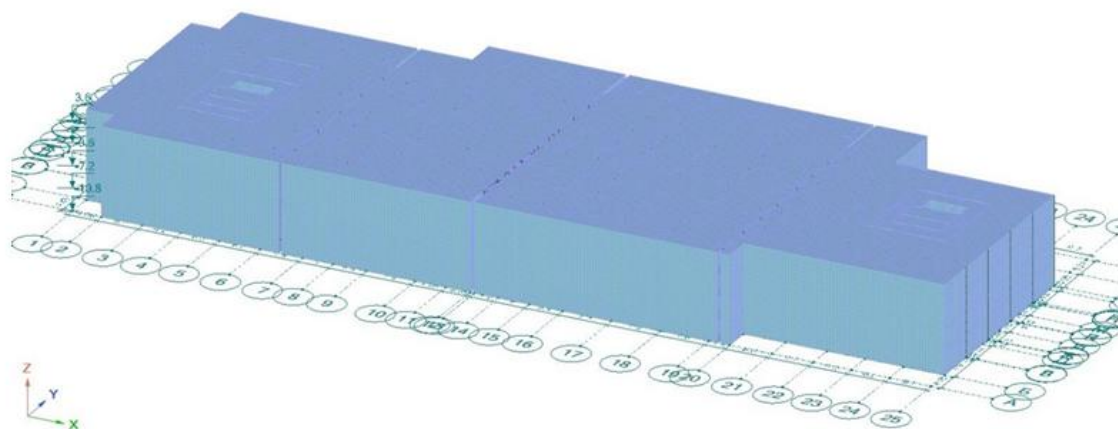


Рисунок 2.2 - Розрахункова модель підземного паркінгу в ПК ЛІРА 10

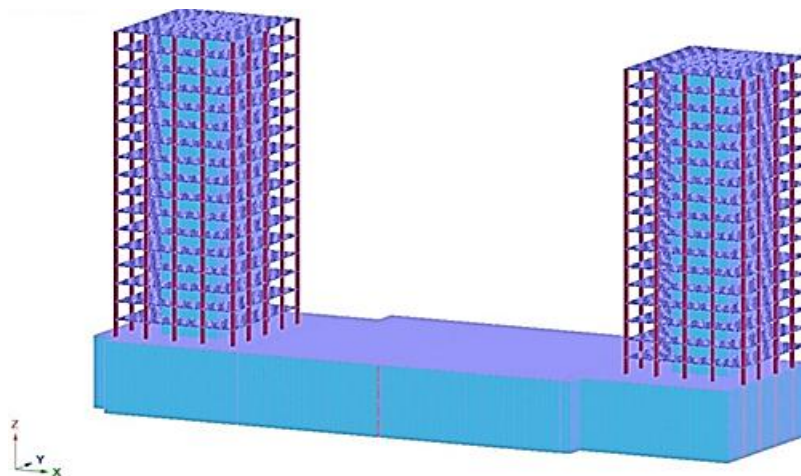


Рисунок 2.3 - Характеристики жорсткості елементів у ПК ЛІРА

Колони представлені у вигляді просторових стрижневих кінцевих елементів. Плити перекриття і стіни змодельовані пластинчастими кінцевими елементами.

Вертикальні несучі елементи жорстко закріплені з фундаментом. Матеріал несучих конструкцій - монолітний залізобетон.

2.5 Результати розрахунку

Результати розрахунку представлені у вигляді графічного аналізу величин переміщень уздовж осей X, Y, Z (рис.2.4-2.6) від найбільш несприятливого поєднання зусиль (розрахункове поєднання №6).

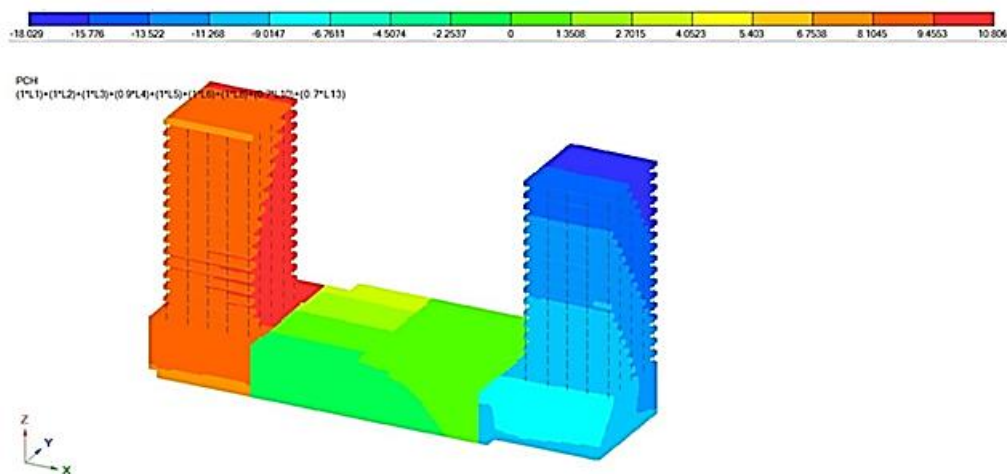


Рисунок 2.4 - Переміщення по осі X, мм

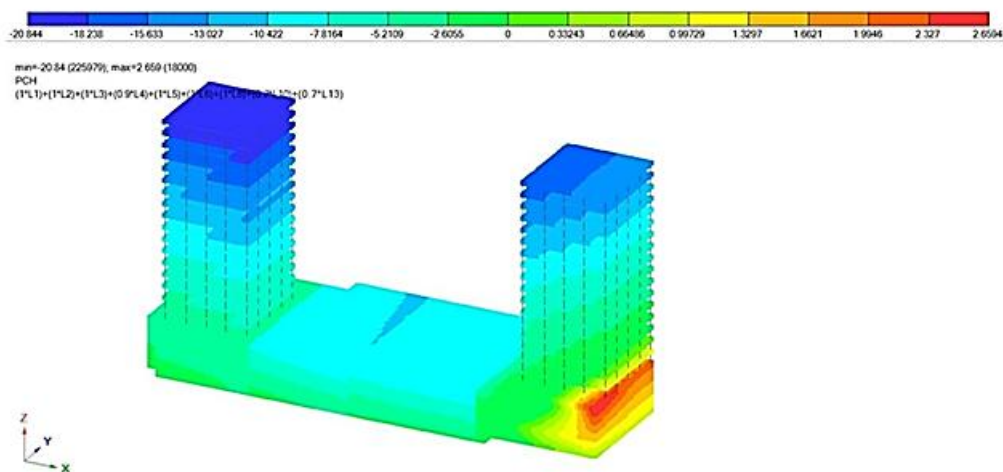


Рисунок 2.5 - Переміщення по осі Y, мм

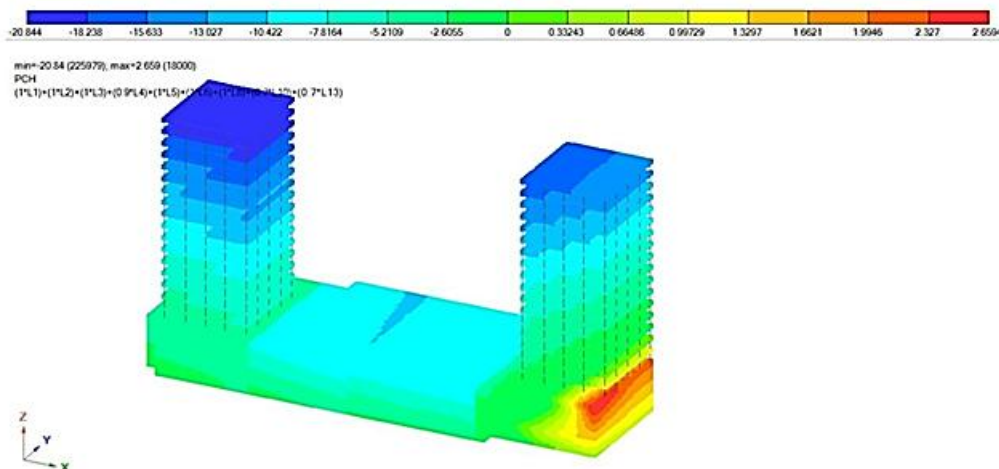


Рисунок 2.6 - Переміщення по осі Z, мм

Максимальне горизонтальне переміщення верху будівлі становить 20.8 мм, що не перевищує граничного значення, рівного $h/500 = 60000/500 = 120$ мм.

2.5.1 Проектування елементів каркасу будівлі

Проектування плити перекриття на відмітці -11.900.

Плита перекриття підземного паркінгу розраховується на основне навантаження від ваги автомобільного транспорту.

Матеріал плити перекриття: бетон класу B25, F150, W6. Клас поздовжньої арматури: A500C.

Клас поперечної арматури: A240. Товщина плити перекриття: 250 мм.

Захисний шар верхньої та нижньої арматури приймаємо 30 мм [6]. На рисунку 2.7 представлені параметри перетину плити перекриття.

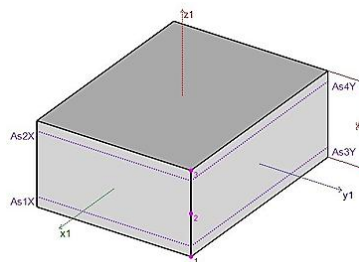


Рисунок 2.7 - Параметри перерізу плити перекриття

На рисунках 2.8-2.11 представлені результати підбору поздовжньої арматури ПК ЛПА 10.

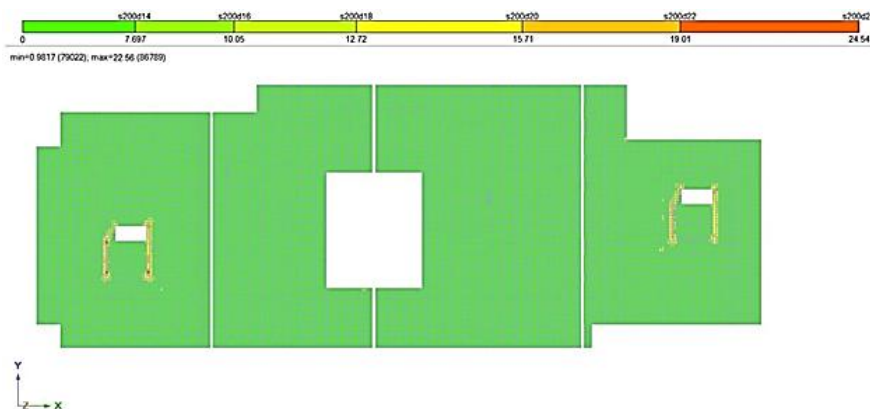


Рисунок 2.8 - Підбір нижньої поздовжньої арматури вздовж осі X



Рисунок 2.9 - Підбір нижньої поздовжньої арматури вздовж осі Y

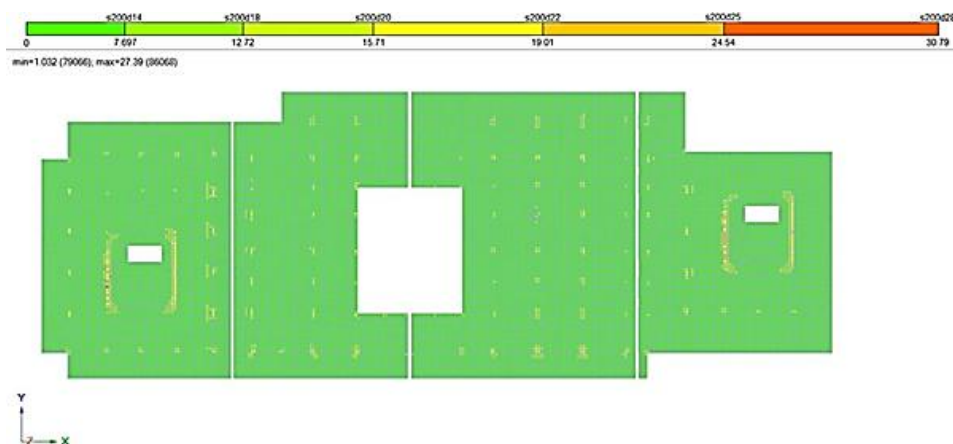


Рисунок 2.10 - Підбір верхньої поздовжньої арматури вздовж осі X

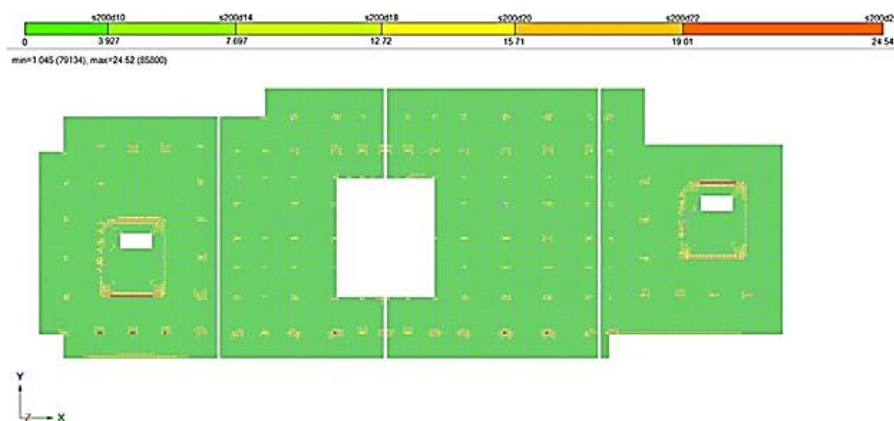


Рисунок 2.11 - Підбір верхньої поздовжньої арматури вздовж осі Y

Приймаємо нижню і верхню поздовжню арматуру $\varnothing 14$ A500C з кроком 200 мм. На ділянках в місцях опори на колони приймаємо верхню поздовжню арматуру $\varnothing 20$ A500C з кроком 150 мм, в місцях опори на ядро жорсткості $\varnothing 28$ A500C з кроком 150 мм. Поперечну арматуру приймаємо $\varnothing 8$ A240 з кроком 200 мм.

2.5.2 Проектування діафрагми жорсткості

Матеріал діафрагми жорсткості: бетон класу B25, F150, W6. Клас поздовжньої арматури: A 500 C .

Клас поперечної арматури: A240. Товщина діафрагми жорсткості: 250 мм.

Захисний шар верхньої та нижньої арматури приймаємо 30 мм [6].

На рисунку 2.12 представлені параметри перерізу діафрагм жорсткості.

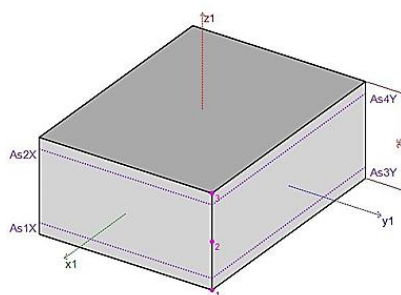


Рисунок 2.12 - Параметри перерізу діафрагми жорсткості

На рисунках 2.13-2.16 представлені результати підбору поздовжньої арматури ПК ЛПА 10.



Рисунок 2.13 - Підбір нижньої поздовжньої арматури вздовж осі X

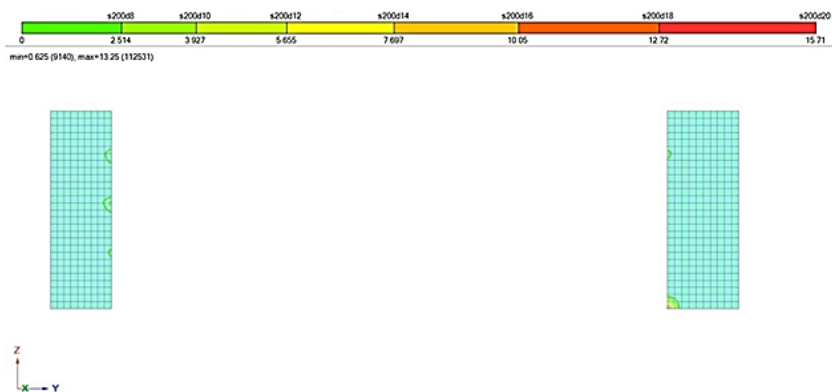


Рисунок 2.14 - Підбір нижньої поздовжньої арматури вздовж осі Y

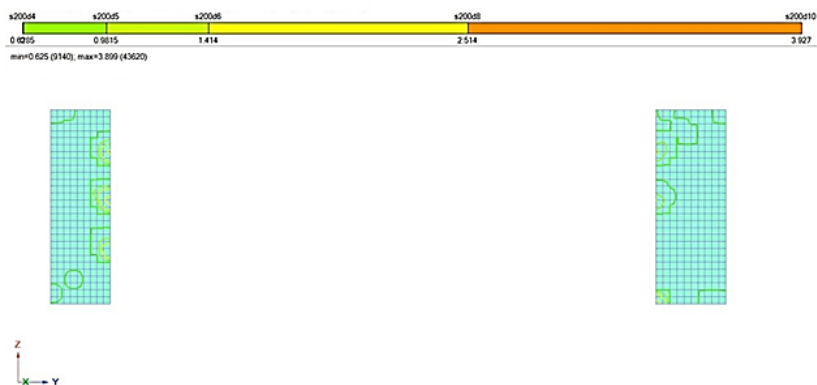


Рисунок 2.15 - Підбір верхньої поздовжньої арматури вздовж осі X



Рисунок 2.16 - Підбір верхньої поздовжньої арматури вздовж осі Y

Приймаємо поздовжню верхню і нижню арматуру $\varnothing 18$ A500C з кроком 200 мм.
Поперечну арматуру призначаємо $\varnothing 8$ A240.

2.5.3 Проектування колони КМ-1 і КМ-2

Матеріал колони: бетон класу В35, F150, W6. Клас поздовжньої арматури: А500С.

Клас поперечної арматури: А240.

Діаметр колони: КМ-1 - 600 мм; КМ-2 - 800 мм. Коефіцієнт розрахункової довжини: 0,5 .

Захисний шар поздовжньої арматури приймаємо 50 мм [6]. На рисунку 2.17 представлені параметри перерізу колон.

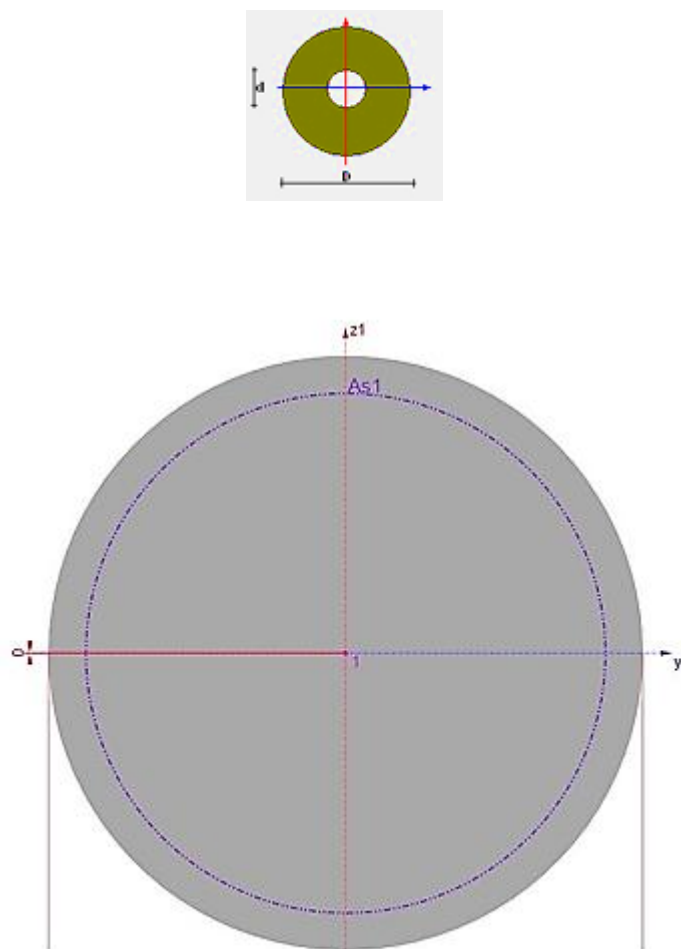


Рисунок 2.17 - Параметри перерізу колон КМ-1 і КМ-2 відповідно

На рисунку 2.18 представлені результати підбору поздовжньої арматури ПК ЛІРА.

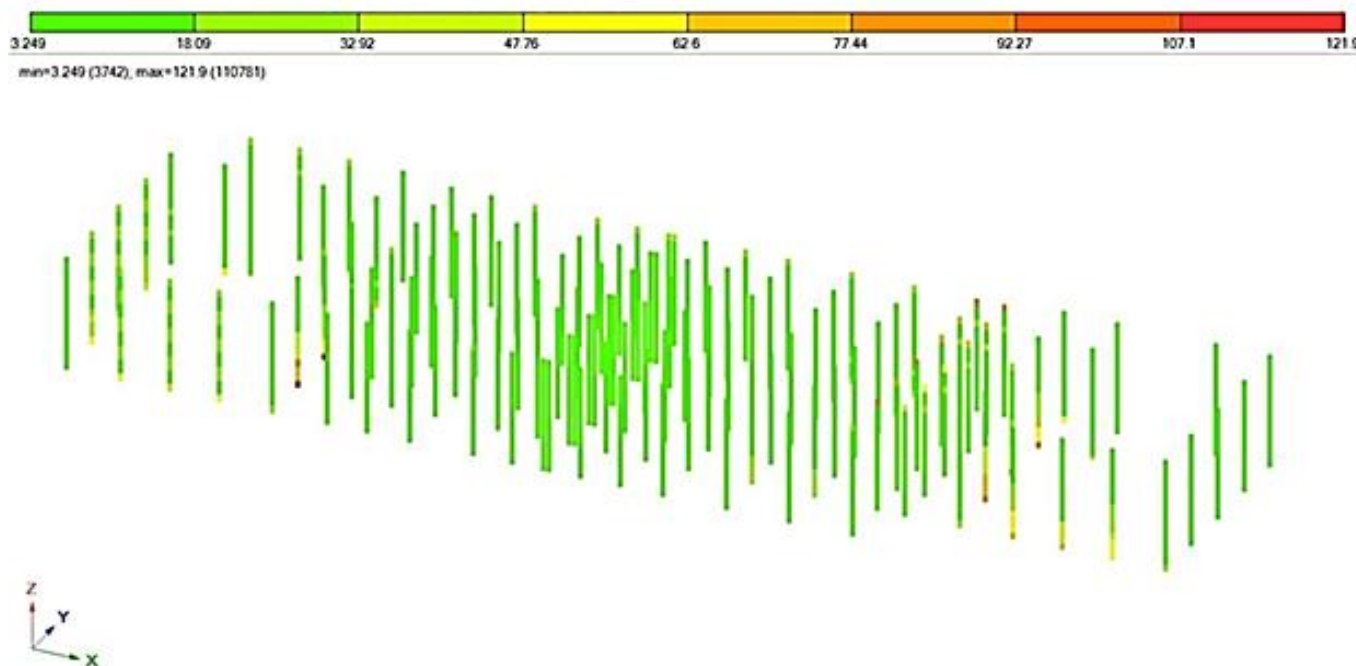


Рисунок 2.18 - Підбір поздовжньої арматури

Приймаємо поздовжню арматуру для колони КМ-1 Ø36A500С з кроком 130 мм, кількість стрижнів становить 11 шт., сумарна площа поперечного перерізу робочої арматури $A_{s,tot} = 111,98 \text{ см}^2$.

Приймаємо поздовжню арматуру для колони КМ-2 Ø36 A500С з кроком 155 мм, кількість стрижнів становить 13 шт., сумарна площа поперечного перерізу робочої арматури $A_{s,tot} = 132,34 \text{ см}^2$.

2.6 Перевірка підібраних перерізів

У таблиці 2.5 представлені результати перевірки підібраних перерізів колон.

Таблиця 2.5 - Коефіцієнти використання

Параметр	Коефіцієнт використання, %
Міцність при стисненні	87,1
Міцність при згині	94
Переміщення	76
Розкриття тріщин	7
Міцність по похилому перетину	0,1

Коефіцієнт використання несучої здатності конструкцій становить 94,1%.
Міцність забезпечена.

2.7 Проектування фундаментів

За позначку 0.000 умовно прийнята позначка чистої підлоги першого поверху житлового будинку, що відповідає абсолютній позначці 174,20 м. Інженерно-геологічна колонка представлена на рисунку 2.19, фізико-механічні характеристики ґрунту представлені в таблиці 2.6.

Підземні води приховані на глибині 25,9 м, що відповідає абсолютній

Підземні води не агресивні до бетонів марок W4, W6, W8, W10, W12 за водонепроникністю.

Таблиця 2.6 - Фізико-механічні характеристики ґрунту

№ ПЕ	Повне найменування ґрунту	h , м	W , д.о.	e , д.о.	Щільність, т/м ³			γ (γ_{sb}) т/м ³	I_L д.о.	S_r д.о.	Механічні характеристики ґрунтів			R_o , кПа
					ρ	ρ_s	ρ_d				E , МПа	φ , град	c , кПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПЕ-1	Насипний ґрунт (злежаний): гравій і пісок	0,40	0,134	0,67	1,84	2,71	1,62	1,84	< 0	0,54	13,0	24,0	0,021	180
ПЕ-3	Суглинок твердий, слабо-просадочний	1,4	0,18	0,93	1,66	2,71	1,40	1,66	< 0	0,54	11,0	21,7	0,031	212
ПЕ-2	Супіщаний ґрунт твердий, слабо- та середньо-осідаючий	2,10	0,10	0,83	1,63	2,70	1,48	1,63	0,4	0,34	7,0	23,4	0,025	332
ПЕ-4	Супіщаний ґрунт твердий, непросапний з прошарками піску	2,6	0,12	0,61	1,89	2,7	1,68	1,89	< 0	0,57	19,0	25,5	0,032	273
ПЕ-5	Суглинок твердий, непросадочний	5,40	0,20	0,68	1,94	2,71	1,62	1,94	< 0	0,80	19,5	24,9	0,040	260
ПЕ-4	Супісок твердий, непросачувальний з прошарками піску	4,30	0,125	0,61	1,89	2,7	1,68	1,89	< 0	0,57	19,0	25,5	0,032	273
ПЕ-8	Гальковий ґрунт з піщаним заповнювачем до 25%, з прошарками піску гравійного, маловологий і вологий	9,7		0,63	2,10	2,78		2,10			50,0	37,0	0,00	400
ПЕ-9	Суглинок елювіальний, твердий, непросадочний	12,30	0	0,49	2,04	2,7	1,83	2,04	< 0	0,66	20,0	26,6	0,070	300
ПЕ-10	Мергель середньої міцності, нерозм'якшуваний	10,90			2,32			2,32						

Оскільки основою для фундаменту є гальковий ґрунт, необхідно запроектувати плитковий фундамент.

2.8 Збір навантажень на фундамент

На фундамент передається таке навантаження:

- постійні навантаження: власна вага конструкцій будівлі;
- тимчасові тривалі навантаження: вага перегородок, підлог, покрівлі;
- короточасні: експлуатаційне навантаження від людей, машин, снігове.

При зборі навантажень враховується основне поєднання, що включає в розрахунок постійні навантаження з коефіцієнтом 1 , тривалі $-0,95$ і короточасні $-0,9$.

2.9 Проектування плитного фундаменту

Приймаємо плитний фундамент змінної товщини. Під житловим будинком в осях 1 – А, 8 – П фундаментна плита ФМ-1, з бетону класу В30, товщиною 1200 мм, армована поздовжньою арматурою класу у двох напрямках з кроком 200мм.

В осях 8-А, 20-Р фундаментні плити ФМ-2, 3, з бетону класу В30, товщиною 900 мм, армовані поздовжньою арматурою класу А500С у двох напрямках з кроком 200мм.

Під житловим будинком в осях 20-Б, 25-Н фундаментна плита ФМ-4, з бетону класу В30, товщиною 1200 мм, армована поздовжньою арматурою класу А500С у двох напрямках з кроком 200 мм.

Відмітка підлоги фундаменту ФМ-1,4 становить $-16,700$ м; ФМ-2,3- $16,400$ м.

2.10 Розрахунок плитного фундаменту

Фундаментну плиту підземного паркінгу розраховуємо за допомогою ПК ЛІРА 10. Плита задається на пружній основі, вертикальними зв'язками по осі z будуть служити коефіцієнти постелі.

2.11 Результати розрахунку фундаментної плити

Результатом розрахунку програми є коефіцієнт постелі та осідання фундаменту.

Згідно з результатами розрахунку, мінімальне значення коефіцієнта постелі становить $1617,6 \text{ т/м}^3$, максимальне - 20524 т/м^3 (рис.2.19).

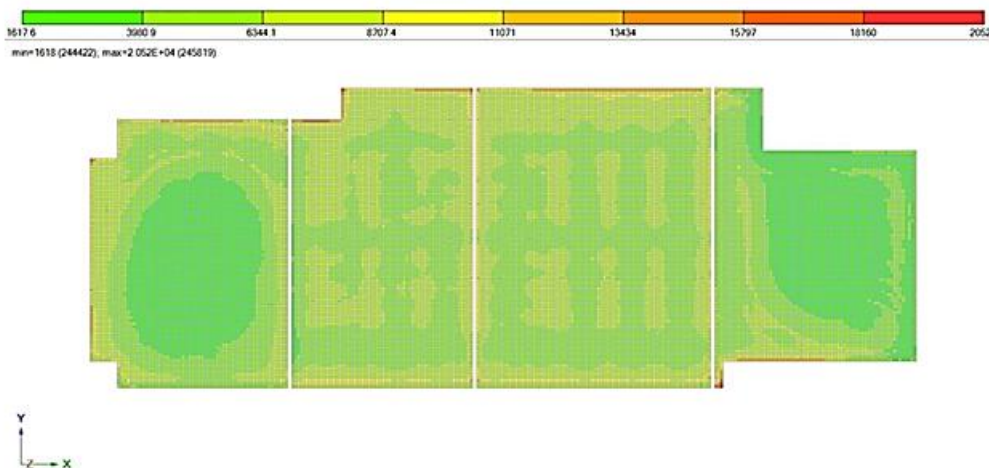


Рисунок 2.19 - Результати розрахунку коефіцієнтів постелі, т/м^3

Максимальне осідання фундаментної плити спостерігається під багатоповерховими житловими будинками і становить 14,63 мм, що не перевищує нормативного значення 18 см, згідно з [4] (рис.2.20).

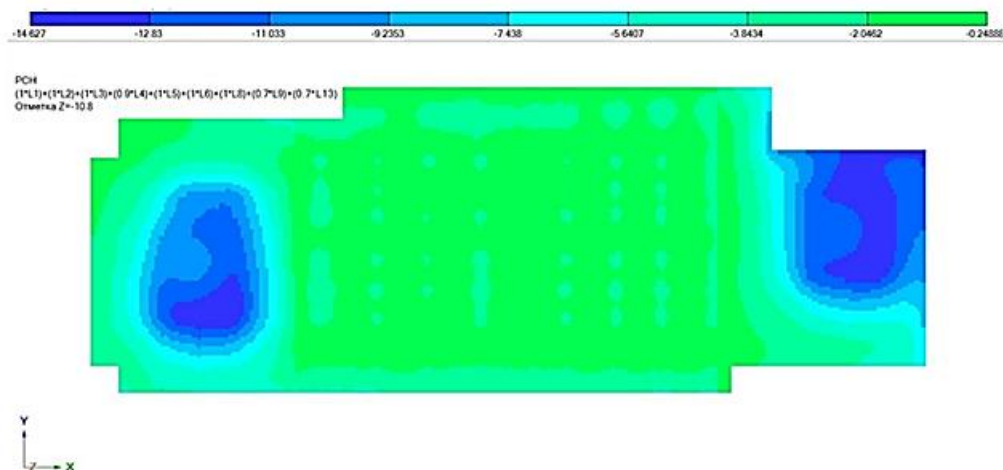


Рисунок 2.20 - Результати розрахунку осідання фундамента, мм

За заданими параметрами конструювання виконуємо підбір арматури в програмному комплексі. Результати представлені на рисунках 2.21-2.22.

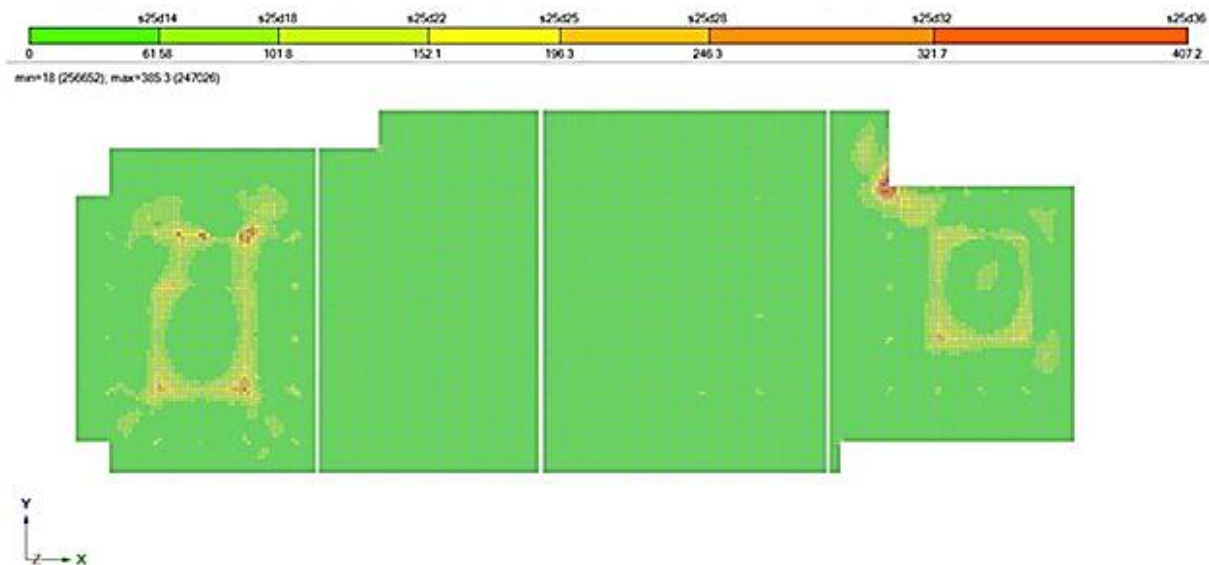


Рисунок 2.21 - Результати підбору поздовжньої арматури в фундаментній плиті

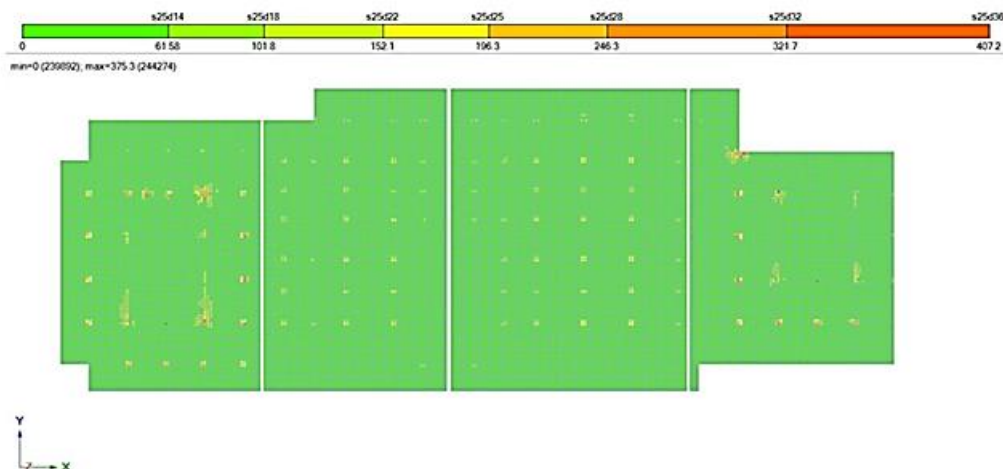


Рисунок 2.22 - Результати підбору поперечної арматури в фундаментах плиті

За результатами розрахунку приймаємо поздовжню арматуру класу А500С діаметром 18, 25 і 36 мм.

Поперечну арматуру приймаємо класу А500С на ділянці 2×2 м під колонами діаметром 36 мм, 25 мм, 18 мм; 22 мм. Решта поперечної арматури прийнята класу А240 діаметром 14 мм.

Для підібраних перерізів виконаємо перевірку. Результати представлені на рисунках 2.23-2.24.

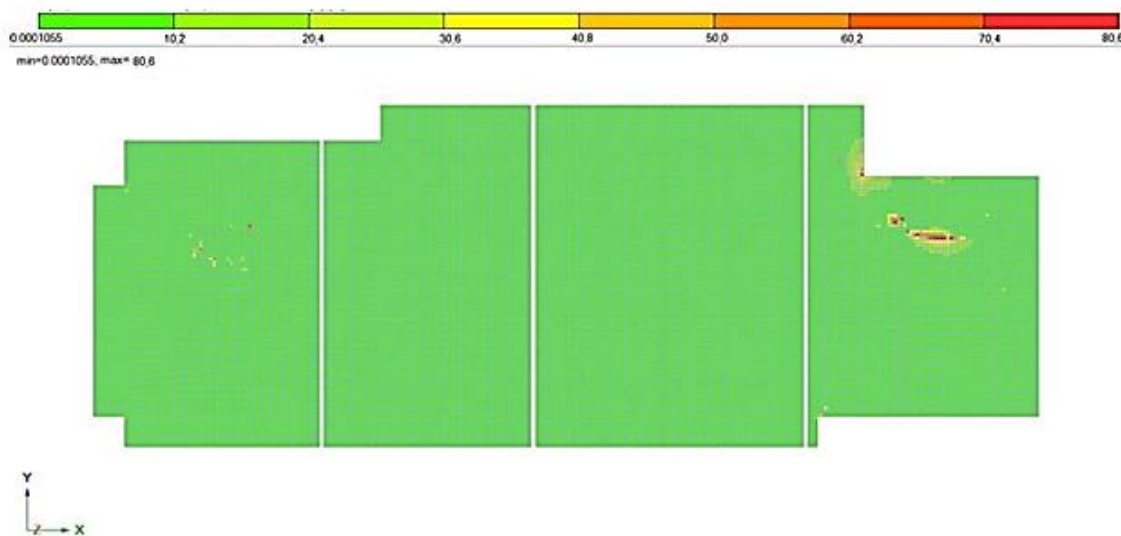


Рисунок 2.23 - Результат перевірки міцності при стисненні, %

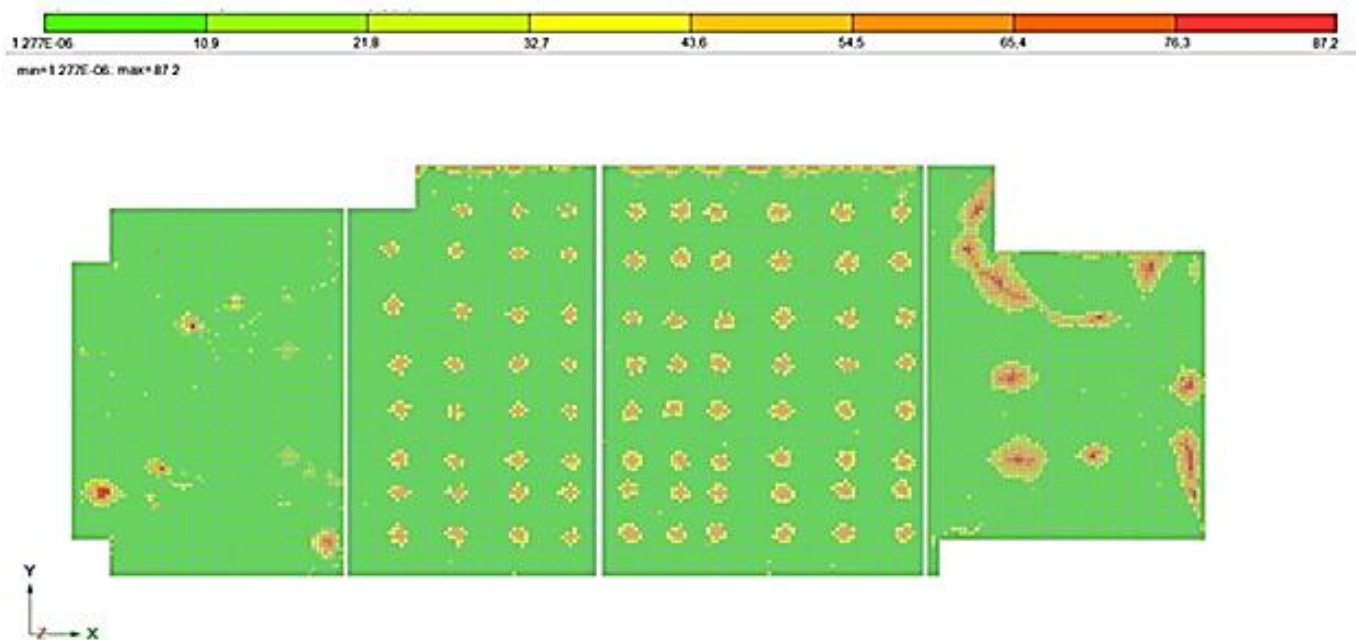


Рисунок 2.24 - Результат перевірки міцності при згині, %

Як видно з результатів розрахунку, максимальний відсоток використання несучої здатності конструкції при стисненні становить 80,6%, запас міцності 19,4%; максимальний відсоток використання несучої здатності конструкції при згині становить 87,2%, запас міцності 12,8%.

Таким чином, міцність фундаментної плити забезпечена.

2.12 Висновки до розділу 2

У другому розділі виконано розрахунково-конструкторське обґрунтування несучих конструкцій підземного паркінгу. Визначено основні кліматичні та інженерно-геологічні характеристики району будівництва м. Чернівці, що дало змогу коректно сформулювати розрахункові навантаження.

На основі просторової розрахункової моделі, створеної в програмному комплексі ЛІРА, встановлено, що прийнята конструктивна схема з монолітного

залізобетону забезпечує необхідну жорсткість, міцність і стійкість споруди. Результати розрахунків переміщень і напружень не перевищують гранично допустимих значень. Проектування плит перекриття, колон, діафрагм жорсткості та фундаментної плити підтвердило достатній запас несучої здатності конструкцій. Прийняте рішення щодо плитного фундаменту є доцільним з огляду на інженерно-геологічні умови та забезпечує допустимі осідання основи.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

Проектований об'єкт - підземний паркінг, що з'єднує дві будівлі.

Розглянемо два варіанти конструктивних рішень підземного паркінгу: монолітні залізобетонні колони і металеві колони.

Дані варіанти відрізняються не тільки матеріалом несучих конструкцій, але і конструктивною схемою. Так при металевих колонах горизонтальними несучими конструкціями будуть монолітні плити перекриття по металевих балках. При залізобетонних колонах балки відсутні.

Крім того, ці варіанти відрізняються технологіями зведення. При влаштуванні металевого каркаса потрібне влаштування тимчасових розпірок у міру заглиблення, тоді як при влаштуванні залізобетонного каркаса роль розпірок виконуватимуть самі перекриття.

3.1 Варіант №1 - Металеві колони

Міцність і стійкість будівлі забезпечується спільною роботою каркаса, ядра жорсткості, діафрагм і горизонтальних дисків монолітних залізобетонних перекриттів по металевих балках.

Сполучення вертикальних несучих конструкцій з фундаментом - жорстке. Колони - металеві, сталь класу С345, двотаврового перетину 35 К1 і 40К1; балки - металеві, сталь класу С345, двотаврового перетину 25Б1 і 35Б1; перекриття - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 250 мм; стіни зовнішні - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 600 мм; діафрагми жорсткості - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 250 мм.

Переваги металевих колон:

- менша трудомісткість і час зведення;
- менші витрати на механізацію;
- вартість монтажних робіт;
- відсутність мокрих процесів. Недоліки металевих колон:
- низька вогнестійкість конструкцій, необхідність додаткових протипожежних заходів;
- зовнішній вигляд;
- вартість матеріалів;
- більш схильний до корозії.

Розглянемо комірку в осях Е-9, І-10 (рис.3.1). Виконаємо підбір перерізів за максимальними зусиллями в конструкціях. Розрахунок проводимо в ПК ЛІРА.

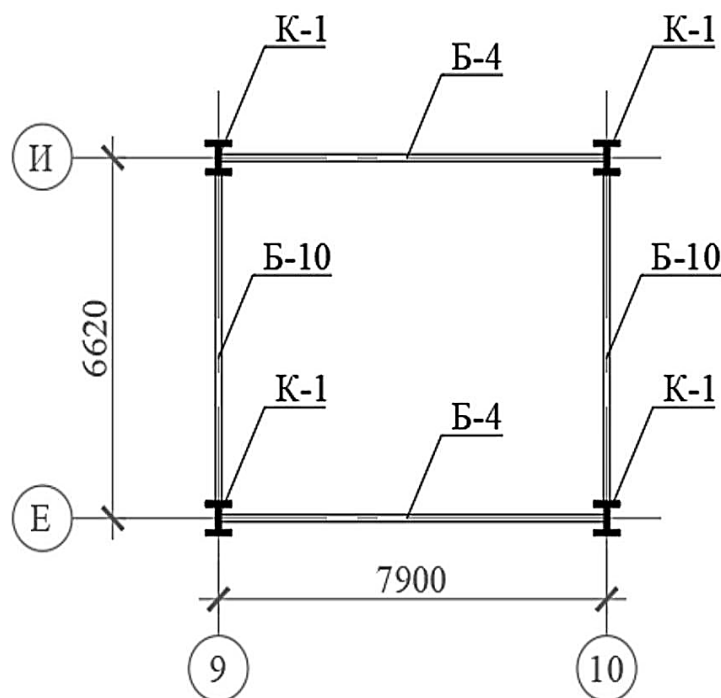


Рисунок 3.1 - Схема розташування металевих колон і балок в осях Е9, І-10

Максимальне поздовжнє зусилля становить $N_{\max} = 388,37$ т.

Максимальний згинальний момент $M_{\max} = 57,8$ тм.

Розрахунковий опір сталі С345 розтягуванню, стиску становить

$$R_y = 34000 \text{ т/м}^2.$$

Розрахунковий опір сталі С345 розтягуванню, стиску становить $R_{yn} = 34500 \text{ т/м}^2$.

У першому наближенні визначаємо розмір поперечного перерізу колон з умови міцності при згині та стисненні за формулами (3.1) і (3.2), відповідно

$$W_K = \frac{M_{\max}}{R_y} = \frac{57,8}{34000} = 0,0017 \text{ м}^3;$$

$$A_K = \frac{N_{\max}}{R_{yn}} = \frac{388,37}{34500} = 0,0113 \text{ м}^2.$$

Розміри поперечного перерізу балки визначаємо за формулою (3.1)

$$W_{b-4} = \frac{M_{\max}}{R_y} = \frac{8,84}{34000} = 0,00026 \text{ м}^3$$

$$W_{b-10} = \frac{M_{\max}}{R_v} = \frac{6,46}{34000} = 0,00019 \text{ м}^3.$$

Приймаємо колони К-1 перерізом з двотавра №35К1, балки Б-4 перерізом з двотавра №25Б1, балки Б-10-з двотавра №25Б1.

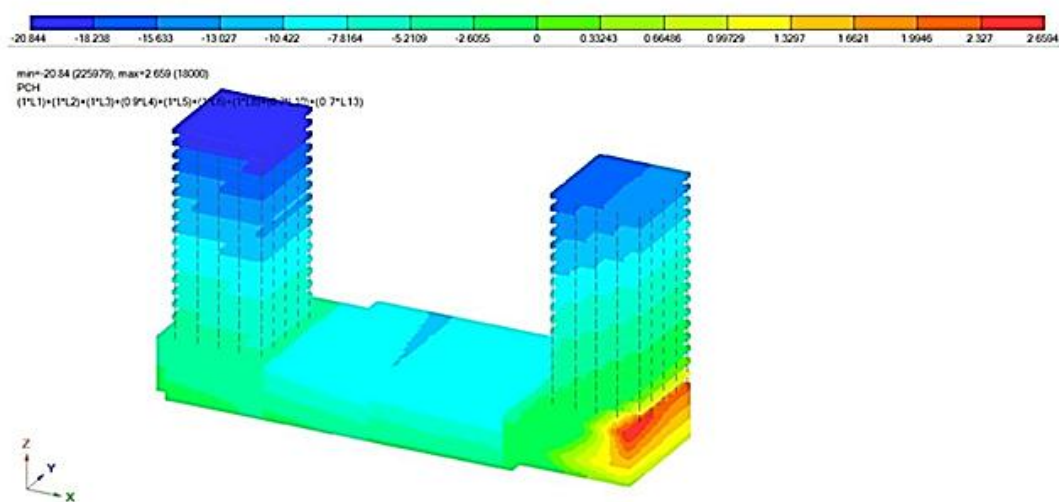


Рисунок 3.2 Деформації каркасу при застосуванні металевих колон

3.2 Варіант №2 - Залізобетонні колони

Міцність і стійкість будівлі забезпечується спільною роботою каркаса, ядра жорсткості, діафрагм і горизонтальних дисків безбалкових монолітних залізобетонних перекриттів.

Сполучення вертикальних несучих конструкцій з фундаментом - жорстке. Колони - залізобетонні монолітні, бетон класу В35, перетин круглий діаметром 600 mm ; перекриття - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 250 mm ; стіни зовнішні - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 600 mm; діафрагми жорсткості - монолітні залізобетонні з бетону класу В25, товщиною 250 mm.

Переваги залізобетонних колон:

- висока корозійна стійкість;
- менша вартість;
- високий рівень вогнестійкості. Недоліки залізобетонних колон:
- наявність мокрих процесів, що ускладнює проведення робіт в зимовий період;
- складність обстеження конструкцій;
- більш високі терміни зведення будівлі, оскільки потрібен час для набору міцності.

Розглянемо комірку в осях Е-9, І-10 (рис.3.3). Виконаємо підбір перерізів за максимальними зусиллями в конструкціях. Розрахунок проводимо в ПК ЛІРА.

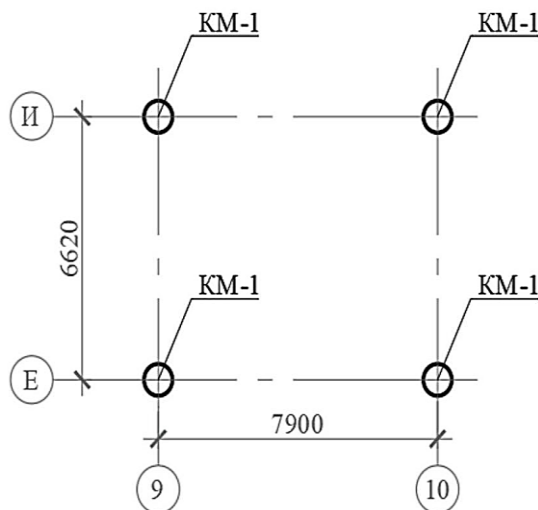


Рисунок 3.3 - Схема розташування залізобетонних колон в осях Е-9, І-10

Максимальне поздовжнє зусилля становить $N_{\max} = 547,6$ т. Максимальний згинальний момент $M_{\max} = 28,2$ т. Розрахунковий опір бетону класу В35 стиску становить $R_b = 1950$ т/м². Розрахунковий опір бетону класу В35 осьовому розтягуванню становить $R_{bt} = 130$ т/м².

Розрахунковий опір арматури розтягуванню, стиску становить $R_{s,sc} = 43500$ т/м².

У першому наближенні приймаємо переріз залізобетонної колони діаметром 600 mm, армовану арматурою класу А500С, діаметром 25 mm з кроком 150 mm.

Згідно з [6] максимальний момент не повинен перевищувати гранично допустимого, який визначається за формулою

$$M_{ult} = \frac{2}{3} R_b A r \frac{\sin^3 \pi \varepsilon_{cir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} \left(\frac{\sin \pi \varepsilon_{sir}}{\pi} + \varphi \right) r_3,$$

де A - площа поперечного перерізу колони, м²;

r - радіус поперечного перерізу, м;

ε_{cir} - відносна площа стиснутої зони, що визначається за формулою

$$\varepsilon_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot} + R_b A \frac{\sin 2\pi \varepsilon_{sir}}{2\pi}}{R_b A + R_s A_{s,tot}} =$$

$$= \frac{547,6 + 43500 \cdot 0,0054 + 1950 \cdot 0,2826 \frac{\sin 2\pi \cdot 0,66}{2\pi}}{1950 \cdot 0,2826 + 43500 \cdot 0,0054} = 0,616, (3.4)$$

$A_{s,tot}$ - площа перерізу всієї поздовжньої арматури, м²;

φ - коефіцієнт, що враховує роботу розтягнутої арматури і приймається за формулою

$$\varphi = 1,6(1 - 1,55\varepsilon_{cir})\varepsilon_{cir} = 1,6 \cdot (1 - 1,55 \cdot 0,616) \cdot 0,616 = 0,04, (3.5)$$

r_3 - радіус кола, що проходить через центри ваги поздовжньої арматури, м.

Гранично допустимий момент за формулою (1.3) дорівнює

$$M_{ult} = \frac{2}{3} \cdot 1950 \cdot 0,2826 \cdot 0,3 \cdot \frac{\sin^3 \pi \cdot 0,616}{\pi} +$$

$$+ 43500 \cdot 0,0054 \left(\frac{\sin \pi \cdot 0,616}{\pi} + 0,04 \right) 0,25 = 48,5 \text{ тм} > 28,2 \text{ тм}$$

Умова виконується, міцність забезпечена. Приймаємо колони круглого перерізу діаметром 600 мм. Арматуру приймаємо класу А 500 С діаметром 25 мм з кроком 150 мм.

3.3 Порівняння варіантів конструктивних схем

Аналізуючи переваги та недоліки розглянутих варіантів, а також розрахунки, можна провести їх порівняння. Результати представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняльний аналіз варіантів

Найменування параметра	Варіант №1	Варіант №2
1	2	3
Тривале зусилля $N_{\max}$, т	547,60	388,37
Момент $M_{\max}$, тм	28,20	90,24
Об'єм	1,13 м ³	1,97 т

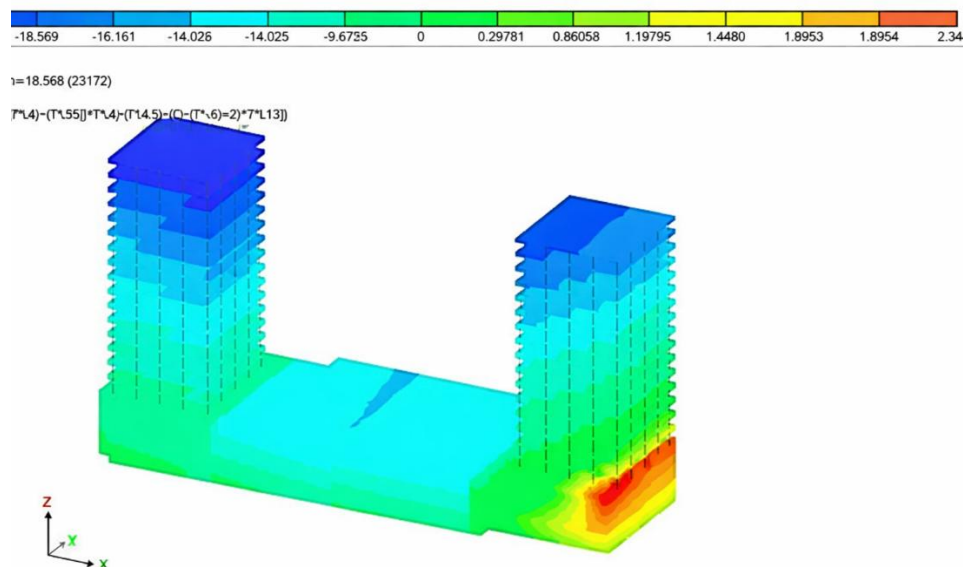


Рисунок 3.2 - Деформації каркасу при застосуванні з/б колон

Таким чином, можна зробити висновок, що залізобетонний каркас економічно доцільніший, ніж металевий. Тому приймаємо перший варіант конструювання.

3.4 Висновки до розділу 3

У науково-дослідному розділі виконано порівняльний аналіз двох варіантів конструктивних схем підземного паркінгу: з металевими та залізобетонними колонами. Аналіз показав, що металеві колони мають переваги з точки зору швидкості монтажу та зменшення трудомісткості, проте поступаються за показниками вогнестійкості, довговічності та вартості експлуатації.

Залізобетонні колони характеризуються більшою масивністю та тривалішими строками зведення, однак забезпечують вищу вогнестійкість, корозійну стійкість і економічну доцільність. На підставі порівняльних розрахунків обґрунтовано вибір залізобетонного каркаса як раціонального варіанта для даного об'єкта.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Охорона праці

4.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві

З метою забезпечення сприятливих для здоров'я умов праці, високого рівня працездатності, профілактики травматизму і професійних захворювань, отруєнь та відвернення іншої можливої шкоди для здоров'я на підприємствах, в установах і організаціях різних форм власності повинні встановлюватися єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, обладнання, будівель та інших об'єктів, які можуть мати шкідливий вплив на здоров'я. Всі державні стандарти, технічні умови і промислові зразки обов'язково погоджуються з органами охорони здоров'я в порядку, встановленому законодавством. Власники і керівники підприємств, установ та організацій зобов'язані забезпечити в їхній діяльності виконання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших вимог щодо охорони здоров'я, передбачених законодавством, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей (ст. 28 Основ законодавства України про охорону здоров'я).

Власник зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі й на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих чинним законодавством.

Типове положення про службу охорони праці затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 р. № 255. Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб. На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати у порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання

функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають виробничий стаж роботи не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.[80]

У разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001, опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника; забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань; організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників; вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників; контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень (у разі наявності) галузевої угоди, розділу "Охорона праці", колективного договору та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства; інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

4.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій

Під час монтажу будівельних конструкцій, крім погодженого і затвердженого у встановленому порядку ПВР, необхідно виконувати вимоги дійсного документа, ДБН "Техніка безпеки в будівництві", ДНАОП 0.00-1.03-93 "Правила будови і безпечної

експлуатації вантажопідіймальних кранів, а також інших державних і відомчих нормативних актів і документів з урахуванням змін, які публікуються у журналі "Охорона праці"

Під час монтажу будівельних конструкцій основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

- машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;
- переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;
- втрату стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних майданчиків;
- розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;
- недостатню освітленість робочої зони;
- дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;
- фізичні перевантаження при перенесенні вантажів вручну;
- підвищену чи знижену температуру повітря робочої зони;
- небезпечну і шкідливу дію на людей електричного струму, електричної дуги, електромагнітного випромінювання і статичної електрики;
- вплив підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань при виконанні електрозварювальних робіт, а також іонізуючих випромінювань при контролі якості зварених швів;
- токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються при зварювальних роботах;
- токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;

- використання порохового монтажного інструмента.

Попередження чи зниження впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, повинно забезпечуватися при:

- пересуванні і роботі машин, механізмів і літальних апаратів - шляхом позначення знаками безпеки небезпечних зон, інженерної підготовки шляхів їх переміщення, а також дотримання правил безпечної їх експлуатації;

- переміщенні конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також при втраті стійкості монтуючих чи змонтованих будівельних конструкцій - шляхом дотримання технології виконання робіт, а також прийняття в необхідних випадках інженерно-технічних рішень, що забезпечують несучу здатність цих конструктивних елементів;

- розташуванні робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень, використання прогресивних засобів підмашування: автомобільних гідравлічних підйомників (АГП), телескопічних підйомників, колисок, навішених на гак вантажопідіймальних кранів, і т.д., а також застосуванням страхувальних пристроїв і пристосувань;

- недостатній освітленості робочої зони - забезпеченням освітленості площадок складування, будмайданчиків, монтажних площадок і робочих місць за спеціально розробленим проектом відповідно до "Норми освітлення будівельних майданчиків";

- дії вітру на вантажопідіймальні механізми, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції (ферми, колони і ін.), частини будинків і споруд - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень на підставі перевірочних розрахунків на вітрові навантаження: для вантажів, що піднімаються кранами;

- фізичних перевантаженнях - шляхом максимальної механізації ручної праці і дотримання допустимих норм навантажень при підйомі і переміщенні

одиначних вантажів вручну, які не повинні перевищувати для жінок 10 кг при сумісництві з іншою роботою і 7 кг постійно на протязі робочої зміни; для чоловіків - максимум 50 кг.

4.1.3 Висновки до підрозділу 4.1

У підрозділі 4.1 детально розглянуто систему організації охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт та експлуатації підземного паркінгу. Встановлено, що ефективне управління охороною праці є необхідною умовою забезпечення безпечних і здорових умов праці для персоналу. Особливу увагу приділено нормативно-правовому регулюванню охорони праці, обов'язкам роботодавця та ролі служби охорони праці на підприємстві.

Проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для монтажу металевих і залізобетонних конструкцій, зокрема роботи на висоті, використання вантажопідіймальних механізмів, електрозварювальні процеси та вплив фізичних навантажень. Обґрунтовано необхідність застосування засобів індивідуального та колективного захисту, дотримання технологічної послідовності виконання робіт і проведення регулярних інструктажів з охорони праці. Запропоновані заходи сприяють зниженню виробничого травматизму, підвищенню рівня безпеки та забезпечують відповідність умов праці вимогам чинного законодавства України.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості

Шляхи та методи підвищення стійкості функціонування об'єкту (цеху) в умовах надзвичайної ситуації в мирний та воєнний час, доволі різноманітні і визначаються конкретними специфічними особливостями кожного окремого підприємства.

Вибір найбільш ефективних (в тому числі і з економічної точки зору) шляхів і способів підвищення стійкості функціонування об'єкту, можливий тільки на основі всебічної ретельної оцінки кожного підприємства, як об'єкту громадянської оборони.

За критерій стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі ,беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження). При оцінці стійкості визначають наступне:

- максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\Phi \max}$ очікуване на об'єкті;
- виділяють основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність;
- визначають надлишковий тиск, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування;
- визначають межі стійкості кожного виділеного елементу до ударної хвилі щодо надлишковому тиску $\Delta P_{\Phi \lim}$, при якому елементи одержують слабкі руйнування;
- визначають межі стійкості об'єкту в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів.

Все це буде залежати від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції й розмірів елементів об'єкта, орієнтації відносно вибуху, розміщення будівель і споруд, рельєфу місцевості, характеру аварії, сили землетрусу чи бурі.

Врахувати їх разом для кожного об'єкта неможливо. Тому опір конструкцій дії вибухової хвилі прийнято характеризувати надмірним тиском у фронті ударної хвилі який призводить до слабких, середніх і сильних руйнувань.

Послідовність проведення оцінювання:

- визначення максимального надмірного тиску ударної хвилі, сейсмічної хвилі чи сили бурі, яка очікується на об'єкті;
- виділення основних елементів на об'єкті (тваринницькі ферми, склади, майстерні, комбикормовий цех, цехи переробки та ін.), від яких залежатиме функціонування об'єкта і виробництво продукції;
- оцінка стійкості кожного елемента об'єкта;
- порівняння розрахованої межі стійкості об'єкта з очікуваним максимальним надмірним тиском ударної хвилі сейсмічної хвилі чи сили бурі.
- визначення ступеня можливих руйнувань за таблицею результатів оцінки для елементів об'єкта при можливому і максимальному значенні надмірного тиску, тиску сейсмічної хвилі чи сили бурі і можливі при цьому втрати (відсотки).

На основі результатів оцінки стійкості об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і об'єкту в цілому: межа стійкості об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надмірному тиску, сильному землетрусі і урагані, можливі збитки; межа доцільного підвищення стійкості найбільш вразливих елементів об'єкта і пропозиції (заходи) для підвищення межі стійкості об'єкта.

Такими заходами можуть бути:

- укріплення несучих конструкцій та перекрить будівель установкою додаткових колон, ферм, контрфорсів або підкосів;

- розміщення обладнання на нижніх поверхах будівель або в підвалах, надійне закріплення на фундаменті.

4.2.2 Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкту в НС

Оцінювання стійкості роботи об'єкту – це всебічне вивчення підприємства з погляду здатності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, відновлення виробництва при одержанні середніх і слабких руйнувань.

Мета дослідження складається в тому, щоб виявити уразливі місця в роботі об'єкту у воєнний час і виробити найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, спрямовані на підвищення його стійкості. Надалі ці рекомендації включаються в план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкту, що і реалізується.

Дослідження стійкості підприємств проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних із даним підприємством. Організатором і керівником дослідження є керівник підприємства – начальник ЦО об'єкту.

Весь процес планування і проведення дослідження можна розділити на три етапи: перший – підготовчий, другий – оцінка стійкості роботи об'єкту в умовах воєнного часу, третій – розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкту.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження й організується їхня підготовка.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження; план проведення дослідження.

Наказ директора підприємства (керівника дослідження) розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням особливостей і конкретних умов, пов'язаних із виробничою діяльністю об'єкту. У наказі вказуються: мета і задачі

майбутнього дослідження, час проведення робіт, склад учасників і задачі дослідницьких груп, терміни готовності звітної документації.

Календарний план підготовки до проведення дослідження визначає основні заходи і терміни їхнього проведення, відповідальних виконавців, сили і засоби, які беруть участь у поставлених задачах.

План проведення дослідження стійкості роботи об'єкту є основним документом, що визначає зміст роботи керівника дослідження і дослідницьких груп головних фахівців. У плані вказуються: тема, мета і тривалість дослідження, склад слідчих груп і зміст їхньої роботи, порядок дослідження. Тривалість дослідження встановлюється в залежності від обсягу робіт і підготовленості учасників, залучених до виконання задач, і може складати два – три місяці.

Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті можуть створюватися такі дослідницькі групи:

- начальника відділу капітального будівництва;
- головного енергетика;
- головного технолога;
- головного механіка;
- відділу матеріально-технічного постачання та ін.

Крім того, створюється група штабу ЦО об'єкту, в яку входять начальники служб оповіщення і зв'язку, протирадіаційного і протихімічного захисту сховищ і ПРУ, медична, охорони суспільного порядку, матеріально-технічного постачання.

Для узагальнення отриманих результатів і подання загальних пропозицій створюється група керівника дослідження на чолі з головним інженером чи начальником виробничого відділу. Чисельність дослідницьких груп залежить від обсягу розв'язуваних задач, специфіки виробництва і може складати 5 – 10 чоловік.

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному ОНГ завчасно на

основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкту. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві у процесі проектування.

4.2.3 Висновки до підрозділу 4.2

У підрозділі 4.2 виконано оцінку стійкості об'єкта до впливу надзвичайних ситуацій техногенного та воєнного характеру, зокрема дії ударної хвилі. Встановлено, що рівень стійкості будівлі визначається міцністю та просторовою жорсткістю несучих конструкцій, якістю інженерних рішень і організацією заходів цивільного захисту. Аналіз дозволив виявити найбільш уразливі елементи споруди та оцінити можливі наслідки їх пошкодження для функціонування об'єкта в цілому.

Запропоновано комплекс інженерних і організаційних заходів, спрямованих на підвищення стійкості об'єкта, зокрема посилення несучих конструкцій, раціональне розміщення обладнання та забезпечення надійного його закріплення. Окрему увагу приділено необхідності планування та проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій, що дозволяє своєчасно розробляти заходи реагування та мінімізувати можливі людські й матеріальні втрати. Реалізація запропонованих рішень підвищує рівень безпеки та забезпечує готовність об'єкта до функціонування в екстремальних умовах.

4.3 Висновки до розділу 4

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи комплексно розглянуто питання охорони праці та забезпечення безпеки об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій. Аналіз виконано з урахуванням специфіки проєктованого підземного паркінгу, особливостей будівельно-монтажних робіт і подальшої експлуатації споруди.

У частині охорони праці встановлено, що безпечні умови праці можуть бути забезпечені лише за умови системного підходу до організації виробничих процесів, дотримання вимог чинних нормативно-правових актів та впровадження ефективної системи управління охороною праці. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для монтажу будівельних конструкцій, зокрема роботи на висоті, використання вантажопідіймальних механізмів, зварювальні процеси та вплив несприятливих метеорологічних умов. Запропоновані організаційні та технічні заходи, включаючи застосування засобів індивідуального захисту, дотримання технологічної послідовності робіт і належний контроль з боку служби охорони праці, дозволяють мінімізувати ризик травматизму та професійних захворювань.

У частині безпеки в надзвичайних ситуаціях виконано оцінку стійкості об'єкта до дії ударної хвилі техногенного або воєнного походження. Визначено критерії стійкості конструктивних елементів та встановлено, що здатність об'єкта зберігати працездатність залежить від міцності несучих конструкцій, характеру забудови та організації інженерних систем. Запропоновано заходи щодо підвищення стійкості об'єкта, зокрема посилення конструкцій, раціональне розміщення обладнання та організацію заходів з цивільного захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та обґрунтовано проєкт підземного паркінгу, з урахуванням сучасних архітектурних, конструктивних, інженерних і безпекових вимог. Робота виконана комплексно та охоплює всі основні етапи проєктування об'єктів підвищеного рівня відповідальності.

У першому розділі сформовано об'ємно-планувальні та архітектурні рішення об'єкта. Встановлено, що прийнята просторово-планувальна схема забезпечує ефективне функціональне зонування, зручну організацію руху автотранспорту та відповідність нормативним вимогам щодо евакуації, пожежної безпеки та санітарно-гігієнічних умов. Архітектурно-художні рішення фасадів і внутрішніх приміщень гармонійно поєднуються з навколишньою забудовою та відповідають характеру споруди. Передбачені заходи з шумо- та віброізоляції забезпечують комфортні умови проживання у прилеглих житлових будинках.

У другому розділі виконано розрахунково-конструкторське обґрунтування несучих конструкцій будівлі. На основі інженерно-геологічних та кліматичних умов району будівництва зібрано повний комплекс навантажень і створено просторову розрахункову модель у програмному комплексі ЛІРА. Результати розрахунків підтвердили, що прийнята монолітна залізобетонна конструктивна схема забезпечує необхідну міцність, жорсткість і стійкість будівлі. Переміщення та напруження в елементах не перевищують гранично допустимих значень. Проєктування плит перекриття, колон, діафрагм жорсткості та плитного фундаменту показало достатній запас несучої здатності та допустимі осідання основи.

У науково-дослідному розділі виконано порівняльний аналіз альтернативних варіантів конструктивних схем підземного паркінгу з використанням металевих та залізобетонних колон. Проведений аналіз дозволив оцінити їхні технічні, економічні та експлуатаційні показники. Встановлено, що залізобетонний каркас є більш

доцільним з точки зору вогнестійкості, довговічності та економічної ефективності, що обґрунтовує його прийняття як основного конструктивного рішення.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Запропоновані організаційні й технічні заходи забезпечують безпечні умови праці під час будівництва та експлуатації об'єкта. Оцінка стійкості споруди до дії надзвичайних факторів показала можливість збереження працездатності об'єкта за умови реалізації запропонованих заходів цивільного захисту.

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута, а всі завдання вирішені в повному обсязі. Запропоновані проєктні рішення є технічно обґрунтованими, економічно доцільними та такими, що відповідають чинним нормативним документам. Отримані результати можуть бути використані при подальшому проєктуванні підземних паркінгів у складі житлових комплексів, а також у навчальній та практичній діяльності в галузі будівництва.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. 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.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.1.17-2019 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2018.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2020.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
8. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
9. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258. (SCOPUS)
10. Pidgurskyi, Mykola & Rudyak, Yuri & Pidgurskyi, Ivan. (2019). Research and Modeling of Stress-Strain State and Fracture Strength of Triplexes at Temperatures 293–213K. // *Lecture Notes in Mechanical Engineering SerProceedings of the 7th International Conference on Fracture Fatigue and Wear.*, Belgium, Ghent University, 2018. – P.135-150.
11. Pidgurskyi I. Analysis of stress intensity factors obtained with the fem for surface semielliptical cracks in the zones of structural stress concentrators // *Scientific*

Journal of TNTU. - Ternopil: TNTU, 2018. - Vol. 90. - No 2. - P. 92-104. (Index Copernicus, Google Scholar)

12. Вплив температури на мікромеханізми статичного деформування та руйнування теплостійких сталей / П.В. Ясній, В.Б. Гладьо, П.О. Марущак, Д.Я. Баран // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - 2007. - Т. 14. - № 3. – С. 7-16.

13. Maruschak P., Degradation and cyclic crack resistance of continuous casting machine roll material under operating temperatures / P. Maruschak, D. Baran // Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering. - 2011. - Vol. 35. - M2. - P. 159-165.

14. Ясній, В. П., & Подоляк, А. А. (2024). Дослідження деформацій основи при її спільній роботі із сталевим каркасом споруди. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 132-132.

15. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. Mater Sci 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>

16. Yasniy P., Pyndus Y., Hud M. Methodology for the experimental research of reinforced cylindrical shell forced oscillations. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2017. Vol. 86. №. 2. P. 7–13

17. Макара, Т.Я. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 93.

18. Очерклевич, А. І., В. М. Сенік, and Л. Г. Бодрова. "Конструктивні рішення каркасів промислових будівель." *Матеріали XI науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“* (2023): 235-235.

19. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // Наукові нотатки. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.

20. Розрахунки і проектування спеціальних будівель і споруд: Навчальний посібник/ Фомиця Л.М., Артеменко А.К., Мамін О.М., Височин І.А. // Під редак. Л.М.Фомиці.- К: Урожай.- 1994.
21. Залізобетонні конструкції. Навчальний посібник / Вахненко П.Ф., Павліков А.М., Горик О.В., Вахненко В.П.// К: Вища школа, 1999.
22. Зоценко М.Л.,Коваленко В.І., Хілобок В.Г. Яковлев А.В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.- 408 с.
23. Мельник І.В. Ефективність використання композитних матеріалів при підсиленні будівельних конструкцій / І.В. Мельник, Р.З. Добрянський, А.Я. Мурин // Збірник наукових праць третьої всеукраїнської науково-технічної конференції: науково-технічні проблеми сучасного залізобетону. – Львів, 2003. – С. 577-584.
24. Hud, M., Koval, I., & Frankiv, M. (2024). ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ. *SWorldJournal*, (25-02), 15-22..
25. Биків, Д. З., Підгурський, І. М., & Підгурський, М. І. (2025). Аналіз сортamentів двотаврових сталевих балок, які використовуються для виготовлення перфорованих балок. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “*, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 71-73.
26. Конончук, О. П., Поливаний, Т., & Вільчинський, П. (2025). Дослідження напружено-деформованого стану конструкцій покриття при дії навантаження від сонячних панелей. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “*, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 88-89.
27. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" [Чинний від 30.12.2011]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 112 с.
28. Про охорону праці: Закон України від 14.10.92 р. № 2695-ХІІ. Вид. офіц. Голос України 1992. 24 лист. № 49, ст.669.

29. ДСТУ-П OHSAS 18002: 2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).
30. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Норми освітлення будівельних майданчиків
31. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови
32. НПАОП 0.00-6.23–92 Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
33. НПАОП 0.00-4.12–05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
34. Конончук, О. П., Баб'як, Д. А., & Теслюк, Я. П. (2019). Дослідження підсилених згинальних залізобетонних елементів при дії одноразового статичного навантаження. *Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 1, 23-24.*
35. Конончук, О. П., Лещук, М. Р., Винницький, М. В., Лещишена, О. В., Бариш, С. В., & Антоняк, Я. В. (2023). Вивчення напружено-деформованого стану залізобетонних елементів таврового профілю. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 20-20.*
36. Каспрук В.Б. Методичні вказівки для написання розділу з Охорони праці в будівництві спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» - Тернопіль: ТНТУ, 2024. -15 с.
37. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2022. – 150 с.
38. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.