

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему:Проект дев'ятиповерхового будинку в м. Луцьку

Виконав: студент4 курсу, групи МБс-41

спеціальності192 «Будівництво та цивільна інженерія»

	(шифр і назва спеціальності)	
	(підпис)	Панасюк Ю.Б. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Ігнатська В.Б. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мещерякова О.М. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Ясній В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Качка О.І. (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 Панасюк Юлії Богданівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дев'ятиповерхового будинку в м. Луцьку

Керівник роботи Ігнат'єва Вікторія Борисівна, к.т.н., доц.
(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 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи житловий будинок, місто будівництва – Луцьк; безкаркасна
конструкція з несучими цегляними стінами; фундаменти стрічкового типу; перекриття
влаштоване зі збірних залізобетонних круглопустотних плит висотою 220 мм; дах – плоский;
утеплення фасаду здійснюється мінераловатними плитами товщиною 100 мм; висота кожного
поверху дорівнює 3,0 м, 2,72 м — висота чистих приміщень.

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

Сучасні підходи до проектування багатоповерхових житлових будинків

ВІМ технології в будівництві

Характеристика району будівництва. Архітектурно планувальне рішення ділянки.

Підбір та перевірка залізобетонної круглопустотної плити

Визначення навантаження на фундамент від багатоповерхової будівлі

Розрахунок деформації основ фундаментів

Охорона праці

Захисне заземлення

Безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Фасад, план фундаменту мілкого закладання, генеральний план, план типового поверху,
геологічний розріз, топографічна карта будівельної площадки, план перекриття, план покриття,
план покрівлі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Теоретичний розділ	Ігнат'єва В.Б., к.т.н., доцент		
Архітектурно-будівельний розділ	Ігнат'єва В.Б., к.т.н., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	Ігнат'єва В.Б., к.т.н., доцент		
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Барановський В.М., д.т.н., професор		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичний розділ	31.01.2025	
2	Архітектурно-будівельний розділ	09.02.2025	
3	Розрахунково-конструктивний розділ	08.06.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.06.2025	
5	Оформлення записки	22.06.2025	

Студент

(підпис)

Панасюк Ю.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігнат'єва В.Б.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ.....	8
1.1 Сучасні підходи до проєктування багатоповерхових житлових будинків.....	8
1.2 BIM технології в будівництві.....	11
1.3 Висновки розділом 1	17
РОЗДІЛ 2. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....	18
2.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	18
2.2 Генеральний план.....	19
2.3 Архітектурно-планувальні рішення.....	21
2.4 Опорядження будинку.....	22
2.5 Енергоефективність.....	24
2.6 Конструктивні рішення.....	27
2.7 Висновки за розділом 2.....	29
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ.....	31
3.1 Розрахунок залізобетонної круглопустотної плити.....	31
3.2 Основи та фундаменти.....	39
3.2.1 Оцінка інженерно-геологічних умов ділянки будівництва.....	39
3.2.2 Визначення навантаження на фундамент від багатоповерхової будівлі.....	40
3.2.3 Розрахунок фундаменту мілкового закладання.....	43
3.2.4 Розрахунок деформації основ фундаментів.....	47
3.2.5 Розрахунок деформації фундаменту під внутрішню стіну.....	51
3.3 Висновки за розділом 3.....	55
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	56
4.1 Охорона праці.....	56
4.1.1 Забезпечення безпеки та пожежної безпеки на будівельному майданчику...56	
4.1.2 Захисне заземлення.....	59
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	61

4.2.1 Оцінка стійкості будівельного об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху та заходи з її підвищення.....	61
4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків потенційної НС на будівельному об'єкті.....	63
4.3 Висновок за розділом 4.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	68
БІБЛІОГРАФІЯ.....	70

ВСТУП

Житлове будівництво належить до найбільш важливих та швидкозростаючих секторів будівельної галузі, що має суттєвий вплив на добробут населення, економічний розвиток країни та формування комфортного міського простору. У контексті інтенсивної урбанізації, зростаючих вимог до житлових стандартів і браку житлової площі у великих і середніх містах, а також необхідності оновлення застарілих житлових масивів, питання проєктування нових житлових будинків набуває все більшої значущості.

Історично житлова архітектура в Україні формувалася під впливом соціально-економічних та технологічних змін. Так, у різні епохи переважали різні типи забудови — від індивідуальних садиб у доіндустріальний період до масових багатоповерхівок радянської доби. Останні десятиліття відзначаються переходом до концепції житлового будівництва, орієнтованої на якість, комфорт, енергоефективність, сучасну архітектуру та гармонійне включення в міське середовище.

Місто Луцьк, що є адміністративним центром Волинської області, є важливим осередком регіонального розвитку. Протягом останніх років тут спостерігається стабільне збільшення чисельності населення, активне оновлення інфраструктури та житлового фонду. Виникає потреба у зведенні нових житлових об'єктів, які відповідатимуть вимогам безпеки, комфорту, доступності та екологічності. Особливий інтерес становлять багатоквартирні будинки середньої поверховості (8–10 поверхів), які забезпечують оптимальну щільність забудови, не створюючи надмірного навантаження на транспорт і інженерні мережі.

Сучасні проєкти житлових будинків повинні враховувати не лише архітектурні та конструктивні параметри, а й сучасні потреби мешканців. Це включає впровадження інноваційних рішень з енергозбереження, організації комфортного простору, природного освітлення, створення безбар'єрного середовища, озеленення території та інтеграції «розумних» технологій. Висока якість житлового середовища є не лише комфортом, а й основою соціальної стабільності та розвитку громади.

Проект дев'ятиповерхового житлового будинку у Луцьку, який розглядається в цій кваліфікаційній роботі, передбачає створення функціонального, архітектурно виразного й технічно досконалого об'єкта у сучасному міському контексті. Обрана поверховість оптимізує використання земельної ділянки, поєднуючи відносно високу щільність забудови з комфортними умовами інсоляції, вентиляції та проживання.

Практика житлового будівництва в Луцьку і в інших містах України свідчить про актуальність та доцільність будівництва саме багатоповерхівок середньої поверховості. Вони є економічно вигідними для забудовників і відповідають санітарним нормам. Крім того, вони простіші в обслуговуванні у порівнянні з висотними будинками, не вимагають складних систем пожежної безпеки та евакуації, а також більш адаптовані для мешканців з різними фізичними можливостями та віковими особливостями.

З урахуванням сучасних трендів сталого розвитку міських територій, проектування житла повинно базуватись на принципах раціонального використання ресурсів, мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та забезпеченні соціальної інклюзії. Це потребує застосування енергоефективних матеріалів, сучасних інженерних систем та гнучких планувальних рішень, що враховують різні способи використання житлових приміщень.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розроблення архітектурно-будівельного проєкту дев'ятиповерхового житлового будинку у Луцьку, який відповідатиме вимогам чинних державних будівельних норм України (ДБН), з урахуванням естетичних, функціональних, конструктивних і екологічних аспектів. У роботі здійснено аналіз містобудівних умов, обґрунтовано вибір ділянки та типу конструкції, а також розглянуто інженерні й санітарно-технічні рішення.

Отже, обрана тема є актуальною як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Проєкт дев'яти поверхівки в Луцьку демонструє ефективне вирішення житлової проблеми шляхом поєднання архітектурної виразності,

функціональності та доступності. Запропоноване рішення ілюструє раціональне використання міського простору, сприяючи покращенню якості життя мешканців і розвитку міського середовища.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Сучасні підходи до проєктування багатоповерхових житлових будинків

Проєктування багатоповерхових житлових будинків є складною міждисциплінарною задачею, що вимагає інтеграції архітектурно-планувальних, конструктивно-будівельних, інженерних, соціокультурних, економічних та екологічних аспектів. У сучасних умовах архітектура житла перестає бути лише технічним завданням, набуваючи функцій адаптації до глобальних викликів, таких як урбанізація, зміни клімату, демографічні трансформації та цифровізація галузі будівництва.

Житлові будинки сучасності мають задовольняти не лише базові функціональні потреби, а й бути пристосованими до динамічних соціальних умов, індивідуальних вимог користувачів, екологічних норм і технологічних інновацій. Сучасні урбаністичні концепції підкреслюють важливість формування середовища, орієнтованого на людину, яке гарантує комфорт, безпеку, доступність і сталий розвиток.

Основні критерії проєктування багатоповерхівок сьогодні включають:

- Функціональність і адаптивність планувальних рішень. Проєктування житлових приміщень передбачає застосування модульних або трансформованих квартир, які можна швидко адаптувати під різні стилі життя, змінений склад родини або потреби осіб з обмеженими можливостями. Такий підхід сприяє продовженню життєвого циклу будівлі без необхідності проведення значних капітальних ремонтів.

- Комфортність житлового простору це не тільки ергономічне планування інтер'єрів, а й оптимальний мікроклімат, освітлення, акустика, наявність зон для відпочинку, зелених дахів і вертикального озеленення. Комфорт у сучасній архітектурі — це комплекс фізичного, психологічного та соціального добробуту мешканців.

– Досягнення енергоощадності відбувається за рахунок впровадження пасивних енергетичних рішень (теплова інерція, орієнтація будівлі, якісна теплоізоляція), сучасних енергоефективних систем (теплові насоси, рекуперація, сонячні панелі) та дотримання екологічних стандартів, що враховують повний життєвий цикл будівлі (LifeCycleAssessment, LCA).

– Застосування збірно-монолітних, каркасно-заповнювальних та індустріальних конструктивних систем забезпечує високу міцність, швидкість монтажу, а також можливість перепланування чи реконструкції без порушення несучого каркасу — особливо важливо в умовах щільної міської забудови.

– Використання сучасних методів, таких як модульне домобудівництво, панельні системи, 3D-друк і префабрикація, дозволяє зменшити терміни зведення, знизити трудовитрати і підвищити якість виконання будівельних робіт.

– Зокрема, застосування BIM (BuildingInformationModeling) відкриває можливість комплексного управління будівельним процесом, об'єднуючи архітектуру, конструкції, інженерні системи, економіку і експлуатацію в єдиному цифровому середовищі. Це знижує ризик помилок, покращує координацію між учасниками проєкту і сприяє ефективному управлінню об'єктом упродовж усього життєвого циклу.

Сучасне проєктування все більше спрямоване на гуманізацію архітектурного середовища, що враховує різноманітність соціальних груп і формує інклюзивне середовище для всіх користувачів. Особливу увагу приділяють принципам безбар'єрності, забезпеченню візуальної та тактильної навігації, а також створенню психологічно комфортних умов, що особливо важливо для людей похилого віку та осіб з порушеннями зору чи слуху.

Значущою стає роль комплексних громадських просторів, дитячих і спортивних майданчиків, а також озелених внутрішніх дворів, які розглядаються як важливі елементи здорового урбаністичного середовища.

У розвинених країнах активно впроваджують концепції Mixed-Use Development – багатофункціональні житлові комплекси, які інтегрують житлові приміщення, торгові площі, офіси, освітні та медичні установи. Такі комплекси

створюють своєрідні урбаністичні мікросистеми, що сприяють пересуванню без використання автомобілів, стимулюють локальну економіку і підтримують формування спільнот.

У сучасному проектуванні набирають популярності гнучкі квартирні модулі, що дозволяють змінювати функціональне призначення приміщень без впливу на несучі конструкції. Перевагою є раціональні планування з мінімізацією площ, відведених під комунікації (коридори, сходи), а також оптимальна орієнтація квартир для забезпечення природної інсоляції та вентиляції. Водночас активно застосовуються принципи біофільного дизайну, які полягають у включенні природних елементів у житлове середовище.

У перспективі до основних тенденцій можна віднести наступні:

- Інтеграцію штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT) у процеси проектування та експлуатації будівель, що створює концепцію «розумних будинків»;
- Зниження вуглецевого сліду шляхом застосування екологічних матеріалів та використання локальних ресурсів;
- Розвиток вертикальних міст — багатофункціональних хмарочосів із автономною інфраструктурою;
- Адаптацію архітектурних рішень до викликів зміни клімату, зокрема захисту від перегріву, зливових опадів та підвищення рівня ґрунтових вод.

1.2 BIM технології в будівництві

BIM (BuildingInformationModeling) – це сучасний підхід до цифрового моделювання, який охоплює всі етапи життєвого циклу будівель та інфраструктурних об'єктів – від проєктування до експлуатації. Його суть полягає у створенні інтегрованої тривимірної моделі, що включає детальну інформацію про конструкції, матеріали, інженерні системи та інші елементи проєкту. Такий підхід забезпечує ефективніше планування, зменшення витрат і оптимізацію технічних рішень.

На сьогодні BIM активно впроваджується у проєктно-будівельну практику по всьому світу, стаючи невіддільною частиною сучасного будівництва. Без застосування цієї технології вже складно уявити реалізацію великих інженерно-будівельних проєктів. У цьому розділі буде розглянуто основні принципи функціонування BIM, його переваги та обмеження, а також потенційні напрями використання в різних сферах будівельної галузі.

BIM – це не лише інструмент, а ціла методологія організації процесу будівництва, яка базується на цифровому представленні будівлі з усіма її технічними та функціональними характеристиками. Цифрова модель створюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення і містить відомості про всі складові об'єкта – від несучих конструкцій до електричних мереж та систем водопостачання. Такий формат дозволяє всім учасникам проєкту працювати з єдиною, актуальною інформаційною базою на всіх етапах – від задуму до демонтажу або реконструкції.

Концепція BIM виникла у США наприкінці XX століття та згодом отримала широке поширення у світовій практиці. На сьогодні її розглядають як галузевий стандарт, що сприяє підвищенню ефективності процесів проєктування, зведення та подальшої експлуатації будівельних об'єктів.

Ключові принципи, що лежать в основі BIM-технології, можна визначити так:

- створення інтегрованої 3D-моделі, що містить повний обсяг технічної та функціональної інформації про об'єкт;

- робота у спільному цифровому середовищі, що забезпечує одночасний доступ до моделі всім учасникам проєкту;

- застосування інструментів автоматичного аналізу та оптимізації, які дозволяють знизити вартість реалізації проєкту та скоротити терміни будівництва.

Проєктний процес у середовищі BIM розпочинається зі створення цифрової тривимірної моделі майбутнього об'єкта. У цю модель поступово вносяться всі необхідні технічні параметри, властивості конструктивних елементів і інженерних систем. Робота в тривимірному середовищі дає змогу проєктувальникам детально візуалізувати об'єкт, оперативно виявляти та усувати потенційні помилки, а також забезпечити ефективну комунікацію між усіма учасниками проєкту. Це значно підвищує якість підготовки проєктної документації та скорочує строки виконання проєктних робіт.

Однією з важливих переваг BIM є розширені можливості візуалізації. Цифрова модель у тривимірному вигляді дозволяє не лише точніше уявити майбутній об'єкт, але й інтерактивно змінювати його параметри, переглядати різні варіанти рішень і прогнозувати результат ще на етапі проєктування. Візуалізація може мати різні форми – від фіксованих зображень до анімованих або інтерактивних 3D-сцен, доступних для перегляду замовниками та інженерами.

BIM передбачає використання єдиного інформаційного середовища, де всі учасники проєкту працюють з актуальною цифровою моделлю. Це дозволяє інтегрувати зусилля різних фахівців, уникнути дублювання задач і знизити ризики проєктних помилок. Такий підхід покращує координацію між командами, підвищує точність розрахунків і робить процес розробки та реалізації проєкту більш прозорим і керованим. цифровізація проєктної документації

Технології інформаційного моделювання будівель (BIM) охоплюють усі етапи життєвого циклу об'єкта – від початкової концепції до завершення експлуатації або реконструкції. Нижче наведено ключові напрями впровадження BIM у будівельній практиці.

У процесі проєктування BIM-технології дають змогу створити цифрову модель майбутньої споруди, що включає інформацію про всі архітектурні,

конструктивні та інженерні компоненти. Такий підхід забезпечує підвищення точності та ефективності розробки проєктної документації. Зокрема, використання BIM у проєктуванні дає можливість:

- моделювати будівельні конструкції та інженерні системи у тривимірному форматі;
- автоматично генерувати креслення, специфікації матеріалів, технічні звіти;
- використовувати інтерактивну візуалізацію для презентації об'єкта замовникам і стейкхолдерам;
- оцінювати попередню вартість реалізації проєкту, терміни виконання та сценарії розвитку ще на ранніх стадіях проєктування.

На стадії реалізації проєкту BIM відіграє важливу роль у координації будівельних робіт та управлінні ресурсами. Основні можливості використання BIM у процесі будівництва включають:

- здійснення контролю за відповідністю будівельних робіт проєктній документації;
- планування та раціоналізація логістичних операцій на будівельному майданчику;
- зниження ризиків, пов'язаних із помилками, неузгодженістю або дублюванням завдань;
- економію ресурсів шляхом зменшення матеріальних втрат та запобігання зайвим витратам.

Інформаційне моделювання будівель (BIM) ефективно застосовується не лише на етапах проєктування та будівництва, а й під час експлуатації об'єктів. Цифрова модель будівлі слугує основою для комплексного управління її функціонуванням, забезпечуючи актуальність даних і можливість моніторингу у реальному часі. Зокрема, BIM-технології дають змогу:

- формувати цифрові плани будівлі з докладною інформацією про кожен конструктивний елемент та інженерну систему;

- відслідковувати технічний стан об'єкта, проводити планове обслуговування та ремонтні роботи з урахуванням актуальних даних;
- підвищувати ефективність використання ресурсів, таких як електроенергія, вода, тепло;
- оптимізувати витрати, пов'язані з експлуатацією, та керувати термінами обслуговування.

Застосування BIM у сфері будівництва забезпечує низку суттєвих переваг, серед яких – підвищення точності проєктних рішень, скорочення витрат, зменшення термінів реалізації проєктів та ефективне управління експлуатаційними процесами. Застосування цифрових інформаційних моделей дозволяє налагодити ефективну взаємодію між усіма сторонами будівельного проєкту та забезпечити вищу якість кінцевого об'єкта.

Попри численні переваги, використання технології інформаційного моделювання будівель (BIM) супроводжується певними труднощами, які варто враховувати при її запровадженні в проєктно-будівельну діяльність.

Одним із головних бар'єрів є значні фінансові та часові витрати, пов'язані з оволодінням програмними засобами BIM. Освоєння таких систем вимагає від фахівців спеціальної підготовки, що потребує додаткових інвестицій у навчальні програми та підвищення кваліфікації. Крім того, запровадження BIM у виробничий процес компанії потребує закупівлі ліцензійного ПЗ, реорганізації внутрішніх процесів та адаптації до нових стандартів, що також впливає на бюджет підприємства.

Ще одним обмеженням є необхідність використання потужного комп'ютерного обладнання. Оскільки BIM-моделі характеризуються значними обсягами інформації та складною структурою, для їх ефективної обробки необхідно використовувати потужні комп'ютери, оснащені достатнім обсягом оперативної пам'яті та сучасними графічними прискорювачами. Це створює додаткові витрати на модернізацію або закупівлю відповідної техніки.

Іншим чинником, який ускладнює використання BIM, є обмежена сумісність між різними програмними продуктами. На практиці проєкт може

реалізовуватися із залученням різних фахівців, які використовують несумісні формати файлів або програми, що не підтримують однакові стандарти. Це ускладнює обмін даними та знижує ефективність командної роботи.

Сучасний ринок програмних засобів для інформаційного моделювання будівель (BIM) пропонує великий вибір інструментів, які охоплюють усі етапи життєвого циклу об'єкта – від проєктування до експлуатації. В Україні до найуживаніших платформ BIM-класу належать AutoCADArchitecture, Revit і AllplanArchitecture.

Одним із найпоширеніших рішень є AutoCADArchitecture – програмний продукт компанії Autodesk, який орієнтований на архітектурне проєктування. Дана система надає розширені можливості для формування елементів будівельної моделі, зокрема стін, вікон, дверей, сходів, балконів та інших конструктивних частин. Платформа підтримує як 3D-, так і 2D-проєктування, що забезпечує зручне комбінування графічних матеріалів різних форматів. Крім того, AutoCADArchitecture сумісний з іншими BIM-рішеннями, що забезпечує ефективний обмін даними в рамках одного проєкту.

Ще одним важливим представником BIM-середовища є Revit – комплексне рішення тієї ж компанії Autodesk, призначене для багатoproфільного моделювання будівельних об'єктів. Revit охоплює не лише архітектурні, а й конструктивні та інженерні аспекти проєктування. Серед функціональних можливостей платформи – створення повноцінної тривимірної моделі будівлі, формування специфікацій і проєктних документацій, розрахунки та координація дій між усіма учасниками процесу. Програма активно використовується в міждисциплінарних командах завдяки інтеграції даних і гнучкості налаштувань.

AllplanArchitecture, розроблений німецькою компанією Nemetschek, також є популярним BIM-рішенням, що дозволяє реалізовувати проєкти будь-якої складності. Програма має потужний інструментарій для побудови тривимірних цифрових моделей, генерації креслень і технічної документації. Вона забезпечує точне відображення геометрії об'єктів, високий рівень деталізації, а також зручність в управлінні технічними параметрами будівель. Крім архітектурного

проектування, Allplan дозволяє інтегрувати конструкторські рішення й підтримує колективну роботу.

Технологія інформаційного моделювання будівель (BIM) активно еволюціонує, відкриваючи нові можливості для оптимізації проєктних та будівельних процедур. Одним із головних векторів еволюції BIM-технологій є розширення функціональних можливостей систем на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Сучасні рішення BIM уже дозволяють ефективно реалізовувати управління проєктами, координувати дії учасників будівництва, здійснювати контроль відповідності стандартам і проводити оцінку ризиків. Проте подальший розвиток передбачає інтеграцію додаткових функцій, зокрема управління матеріально-технічними ресурсами, логістикою, якістю, плануванням термінів і бюджетів. Такий підхід дозволяє забезпечити вищу ефективність і прозорість усіх процесів будівництва.

Іншим важливим напрямом удосконалення BIM-середовища є уніфікація форматів даних і забезпечення взаємодії з іншими цифровими системами. На сьогодні зберігається проблема обмеженої сумісності BIM-платформ із деякими програмними продуктами, що використовуються у сфері проєктування, будівництва та експлуатації. Розвиток відкритих стандартів обміну інформацією (наприклад, IFC, COBie, BCF) та підтримка інтероперабельності програмного забезпечення сприятимуть формуванню єдиного інформаційного середовища для всіх учасників будівельного процесу.

1.3 Висновок за розділом 1

BIM-технології становлять собою інноваційний підхід до організації будівництва, який забезпечує високу точність проєктних рішень, зменшення витрат часу та ресурсів, підвищення рівня координації між усіма сторонами проєкту. Їхнє широке застосування дозволяє підвищити якість будівництва,

знизити ризики технічних помилок і забезпечити більш ефективне управління об'єктами на етапі експлуатації.

У майбутньому значення BIM-технологій у будівництві продовжуватиме зростати. Їх поєднання з доповненою (AR) та віртуальною реальністю (VR) дозволить формувати детальні візуалізації об'єктів вже на стадії проєктування, що сприятиме прийняттю більш виважених інженерних рішень. Використання таких технологій у поєднанні з BIM дозволить вивести будівництво на якісно новий рівень, де цифрові інструменти стануть основою для створення безпечного, економічного та екологічного середовища.

РОЗДІЛ 2

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

2.1 Дані про район і ділянку будівництва

Запроектований дев'ятиповерховий житловий будинок розташовується у місті Луцьк за адресою: вул. Рівненська, 25. Район будівництва характеризується помірно-континентальним кліматом з холодною зимою та помірно теплим літом. Кліматичні та геологічні умови ділянки враховані під час розробки проектних рішень відповідно до чинних будівельних норм України.

Згідно з додатком В ДБН В.2.6-31:2021. «Теплова ізоляція будівель», м. Луцьк належить до II температурної зони, що вимагає врахування нормативних значень температур зовнішнього повітря при проектуванні огорожувальних конструкцій та систем опалення. Це забезпечує відповідний рівень енергозбереження та комфортний мікроклімат в приміщеннях протягом усього року.

Згідно з «Картами районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску» (ДБН В.1.2-2:2018), Луцьк віднесено до 2-го вітрового району, де характеристичне значення вітрового навантаження становить 400 Па. Цей параметр визначає необхідні заходи для забезпечення вітростійкості будівельних конструкцій.

Відповідно до «Карти снігового районування» (ДБН В.1.2-2:2018), територія міста Луцьк входить до 3-ї снігової зони, для якої характеристичне значення снігового навантаження становить 1200 Па. Цей показник враховується при проектуванні покрівель та несівних елементів конструкцій, які піддаються дії снігового покриву.

На території ділянки запроєктованого будівництва було проведено комплекс інженерно-геологічних вишукувань, що включали буріння свердловин та лабораторний аналіз ґрунтів. Отримані результати свідчать про такі інженерно-геологічні умови:

- рослинний шар – потужність: 1,0 - 1,6 м;

- суглинок легкий – потужність: 5,5 - 6,0 м;
- супісок – потужність: 3,8 - 4,5 м;
- пісок середньозернистий – потужність: 9,8 - 10,2 м.

Глибина залягання ґрунтових вод – орієнтовно 4,5 м від поверхні.

Отримані дані є основою для вибору типу фундаменту, оцінки несучої здатності основи, розрахунку осідань, а також забезпечення заходів проти впливу ґрунтових вод на підземну частину будівлі.

2.2 Генеральний план

Для дев'яти поверхового житлового будинку, що планується зводити у місті Луцьк за адресою: вул. Рівненська, 25, було розроблено генеральний план забудови. Перед будівлею проходить автомобільна дорога, якою під час будівництва здійснюватиметься доставка будівельних матеріалів та під'їзд будівельної техніки.

Територія будівництва має невеликий рельєфний ухил із перепадом висоти приблизно 1 метр між горизонталями. Перед початком робіт необхідно провести очистку ділянки: прибрати будівельне сміття, викорчувати наявні дерева та інші перешкоди.

Інженерні мережі, такі як лінії зв'язку, електропостачання, газопровід, теплотраса, каналізація побутова та водопровід, розташовані на відстані близько 200 метрів від будинку.

Відведення поверхневих і ґрунтових вод від фундаменту забезпечується за рахунок природного ухилу рельєфу. Вода з дороги, запланованої перед будинком, відводитиметься у спеціальні кювети.

Головний фасад будівлі орієнтований на північний бік. Площа забудови становить 16 % від загальної площі ділянки, а коефіцієнт озеленення – 35 %.

Експлікація майданчиків наведена в табл. 2.1. Генеральний план зображено на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 - Експлікація майданчиків

№	Назва	Площа, м ²
1	Дитячий майданчик	130
2	Для відпочинку дорослого населення	530
3	Сушарка	166,23
4	Автостоянка	285
5	Площа забудови	830
6	Площа озеленення	1540
7	Площа твердого покриття	1150
8	Площа ділянки	3290

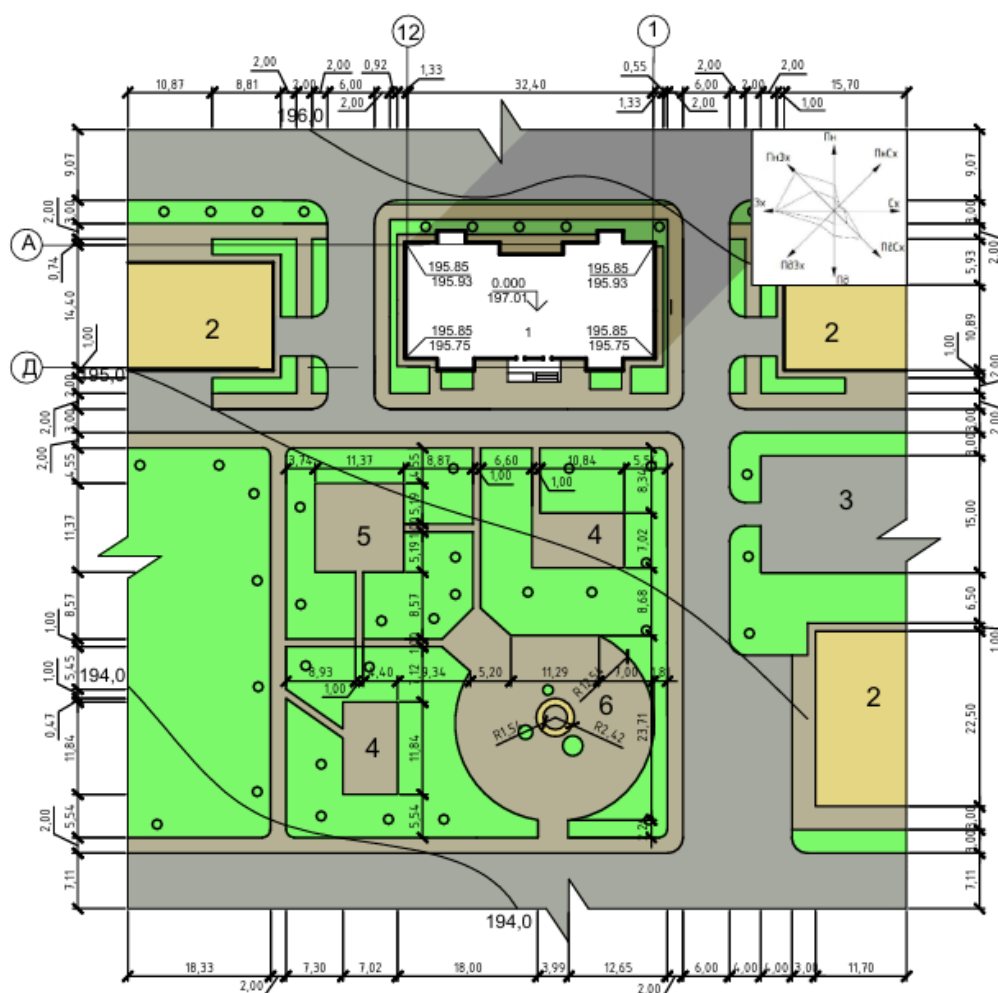


Рисунок 2.1 - Генеральний план

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27662010 «Будівельна кліматологія», табл. 5.6 визначаємо повторюваність напрямку вітру і будуємо розу вітрів для міста Луцьк в січні і липні (табл. 2.2, рис. 2.2).

Таблиця 2.2 - Повторюваність напрямку вітру для міста Луцьк в січні і липні

Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх
Січень	11,2	4,6	5,8	11,9	14,1	14,0	23,5
Липень	18,0	9,1	4,8	8,2	9,0	10,0	22,0

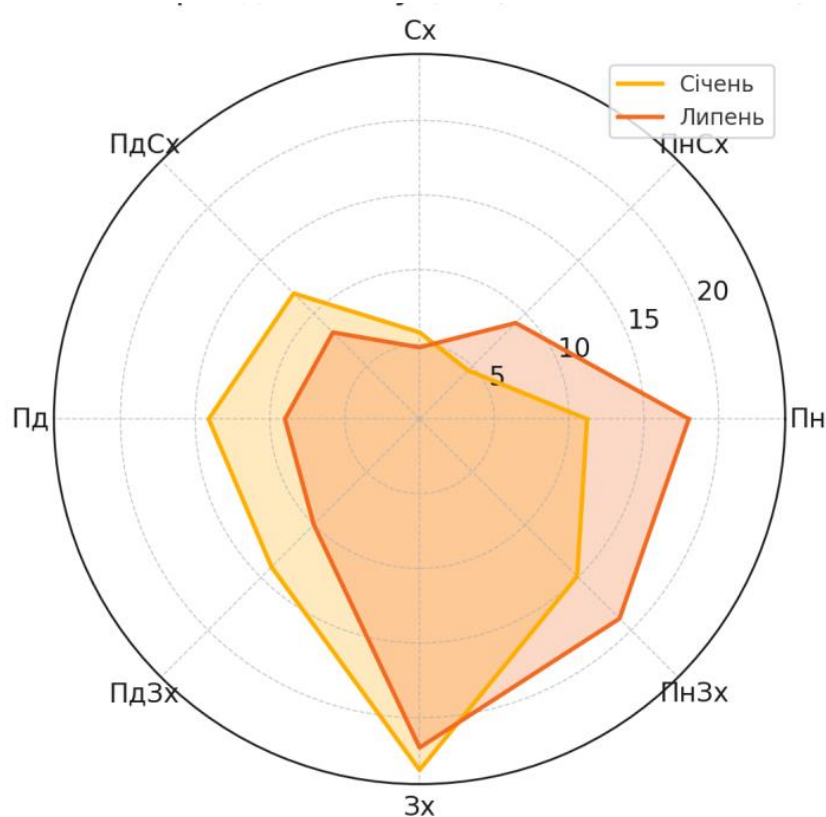


Рисунок 2.2 - Роза вітрів для м. Луцьк (січень, липень)

2.3 Архітектурно-планувальні рішення

Проектований дев'ятиповерховий житловий будинок призначений для постійного проживання мешканців. Основна функція будівлі – забезпечення комфортного та безпечного проживання в умовах щільної міської забудови. Будівля включає 72 квартири: 63 – однокімнатних і 9 – двокімнатних. Усі

квартири оснащені необхідними санітарно-побутовими приміщеннями (ванна, санвузол, кухня), мають балкони або лоджії, забезпечені природним освітленням та вентиляцією.

Житловий будинок має складну конфігурацію в плані, що сприяє максимально ефективному використанню земельної ділянки та покращенню природного освітлення приміщень. Будівля розрахована на дев'ять житлових поверхів і технічний поверх, при цьому цокольні приміщення відсутні.

Рівень чистої підлоги першого поверху прийнято за позначку 0,000, що відповідає абсолютній відмітці +197,01 м від рівня Балтійського моря. Загальна висота споруди до найвищої точки (комина) становить 31,57 м. Конструктивна висота кожного поверху дорівнює 3,0 м, з яких 2,72 м – це висота чистих приміщень від підлоги до стелі.

Архітектурно-планувальне рішення передбачає зручні вертикальні та горизонтальні комунікації – сходові клітки, ліфти, коридори. У проєкті враховані вимоги пожежної безпеки, інсоляції та вентиляції відповідно до чинних державних будівельних норм. У табл. 2.3 наведено дані опорядження будинку.

Таблиця 2.3 - Опорядження будинку

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Поверховість будівлі	поверхів	9 + технічний поверх
2	Площа забудови	м ²	355
3	Загальна площа будівлі	м ²	3550
4	Житлова площа	м ²	2745
5	Кількість квартир	од.	72
6	З них — однокімнатних	од.	63
7	З них — двокімнатних	од.	9
8	Висота будівлі до найвищої точки	м	31,57
9	Висота поверху	м	3,00
10	Висота від підлоги до стелі	м	2,72

Архітектурно-художнє оформлення фасадів будівлі розроблено як цілісне рішення, що враховує загальний вигляд споруди, колористику та психологічний

комфорт мешканців і міського середовища. Колір фасаду підібрано таким чином, щоб гармонійно вписуватись у навколишню забудову та підкреслювати сучасний вигляд будинку. Важливою особливістю зовнішнього вигляду є наявність панорамних вікон, що проходять вертикально через усі поверхи – це сприяє максимальному надходженню природного світла до внутрішніх приміщень.

Для облицювання фасадів застосовані сучасні матеріали з високими теплоізоляційними, механічними та експлуатаційними властивостями. Вони забезпечують тривалий термін служби, зносостійкість, опір до кліматичних впливів і стабільну естетику протягом усього строку експлуатації. Вибрані матеріали також мають прийнятне співвідношення вартості та якості, що є важливим чинником у сучасному будівництві.

Оздоблення внутрішніх приміщень здійснюється з урахуванням їх функціонального призначення. Стіни житлових зон та коридорів обшиваються гіпсокартонними плитами або вкриваються декоративною штукатуркою з наступним фарбуванням. Таке оздоблення забезпечує естетичність, практичність у догляді та сприяє створенню комфортного інтер'єру. У санвузлах та інших приміщеннях з підвищеною вологістю передбачене облицювання стін керамічною плиткою, яка відзначається гігієнічністю, вологостійкістю та легкістю очищення.

Поверхня стелі обробляється водоемульсійною фарбою після попередньої підготовки – шліфування і шпаклювання швів, що забезпечує рівність і довговічність покриття. Оздоблювальні роботи виконуються лише після завершення монтажу покрівельних конструкцій та прокладання всіх інженерних мереж, що дозволяє уникнути пошкодження фінішних матеріалів у процесі будівництва.

2.5 Енергоефективність

Будівельний об'єкт розташований у місті Луцьк, що належить до першої температурної зони згідно з кліматичним районуванням України. Для даного регіону характерні помірні кліматичні умови, що обов'язково враховуються при проектуванні огорожувальних конструкцій і виборі матеріалів.

Зовнішні стіни будинку запроєктовані як багатошарові конструкції: несучий шар виконаний із цегляної кладки товщиною 510 мм, що обґрунтовано вимогами до міцності та жорсткості. Теплоізоляційний шар розміщується з зовнішнього боку, що забезпечує відповідність стіни сучасним вимогам до енергоефективності. Такий конструктивний підхід дозволяє зменшити теплові втрати, уникнути появи конденсату в товщі стіни та підвищити загальну комфортність приміщень.

Приміщення житлового призначення мають нормальний вологісний режим. Розрахункова температура повітря в середині приміщень приймається на рівні +20 °С згідно з нормативами.

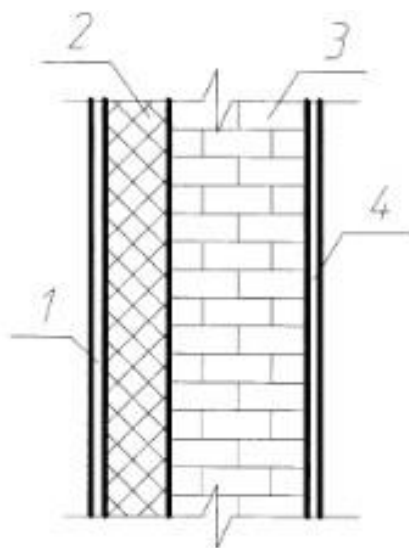
Розрахунок опору теплопередачі зовнішніх стін виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» із урахуванням «Зміни №1», які регламентують мінімально допустимі значення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій у житловому будівництві. Схематичне зображення теплоізоляційної структури представлено на рис. 2.3.

З метою забезпечення енергоефективності та дотримання вимог чинних будівельних норм, зовнішні огорожувальні конструкції опалюваних будівель мають відповідати наступній умові:

$$R_{\text{заг}} > R_{q.min}$$

де $R_{\text{заг}}$ - приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q.min}$ - мінімально допустимий опір теплопередачі відповідно до конкретної кліматичної зони.



1 – зовнішня штукатурка; 2 – утеплювач; 3 – цегляна кладка; 4 – внутрішня штукатурка.

Рисунок 2.3 - Розрахункова схема зовнішньої стіни

Згідно з «Зміною №1 до ДБН В.2.6-31:2021», для I температурної зони, до якої належить м. Луцьк, встановлено мінімальне значення опору теплопередачі для зовнішніх стін:

$$R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Загальна величина опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{заг} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

де $\alpha_{в}$, $\alpha_{з}$ - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції;

R_i - термічний опір і-го шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}$ - сума термічних опорів конструктивних шарів огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

δ_i - товщина і-го шару огороження, м;

λ_{ip} - коефіцієнт теплопровідності і-го шару конструкції, приймаємо залежно від виду матеріалу та умов його експлуатації, $\text{Вт /м}^2 \cdot \text{К}$.

Дані для розрахунку наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Теплотехнічні характеристики огорожувальної конструкції

№	Назва шару	Густина $\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина $\Delta, \text{м}$	Теплопровід- ність $\lambda_{ip}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$
1	Цементно-піщана штукатурка	1800	0,02	0,93
2	Мінеральна вата	135	x	0,039
3	Цегла	1800	0,51	0,81
4	Вап'яно-піщана штукатурка	1600	0,02	0,81

Записуємо формулу розрахунку опору теплопередачі для даної чотиришарової конструкції:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1\text{р}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2\text{р}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3\text{р}}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4\text{р}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

Приймаючи $R_{\text{заг}} = R_{q.\text{min}}$, знаходимо товщину утеплювача

$$\delta_3 = \left(R_{\text{заг}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1\text{р}}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2\text{р}}} - \frac{\delta_4}{\lambda_{4\text{р}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \right) \times \lambda_{3\text{р}},$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні;

$\alpha_{\text{з}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни.

Тоді підставивши значення з табл. 2.2 отримаємо:

$$\delta_3 = \left(4 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{0,51}{0,81} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \right) \times 0,039 = 0,0961 \text{ м.}$$

Так як такої товщини мінеральної вати в продажі немає, то ми підбираємо найблищу більшу товщину – 15 см.

Значення опору теплопередачі з урахуванням рекомендованої товщини утеплювача дорівнює:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{0,81} = 4,288 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Умова $R_{\text{заг}} > R_{q.\text{min}}$ виконана.

Таким чином, вибрана товщина утеплювача є коректною.

2.6 Конструктивні рішення

Будівля спроектована як безкаркасна конструкція з несучими цегляними стінами. Основними елементами, що забезпечують її міцність та стійкість, виступають цегляні стіни, збірні перекриття та стрічкові фундаменти. Просторова жорсткість досягається завдяки анкеруванню перекриттів із зовнішніми і внутрішніми поперечними стінами.

Глибина закладання фундаментів була визначена з урахуванням функціонального призначення будівлі, особливостей рельєфу ділянки, геологічних характеристик та глибини сезонного промерзання ґрунту і складає 2,7 метра.

Горизонтальна гідроізоляція виконана двошарово — із застосуванням гідроізолу на бітумній мастиці, нанесеному по обрізу фундаменту. Вертикальна гідроізоляція не передбачена через відсутність підвального приміщення.

Зовнішні та внутрішні стіни зводяться з рядової повнотілої керамічної цегли марки М125 за ДСТУ Б В.2.7-80:2008 на цементно-піщаному розчині М100 з ефективним зовнішнім утепленням. Зовнішні поздовжні та поперечні стіни виконують несучі та огорожувальні функції.

Товщина зовнішніх стін (без урахування утеплювача та розчину) становить 510 мм, внутрішніх – 380 мм. В якості утеплювача застосовуються мінераловатні плити товщиною 100 мм.

У місцях примикання стін передбачено армування горизонтальними сітками з вічком 40×40 мм, Ø4 Вр-1, довжиною по 120 см у кожен бік, що укладаються через кожні 12 рядів кладки.

Внутрішні перегородки виконуються з газобетонних блоків товщиною 120 мм і 250 мм відповідно до ДСТУ Б В.2.7-137:2008. Для кладки застосовуються спеціалізовані клейові суміші, рекомендовані виробником.

Для підвищення жорсткості через кожні чотири ряди кладки виконується армування двома стержнями Ø4 Вр-1, з фіксацією до закладних елементів несучих стін.

1. Підлога 1-9 поверхи

- Паркет – 20 мм;
- Клей паркетний – 3 мм;
- Цементно- піщана стяжка – 20 мм;
- Полістирольні плити – 50 мм;
- Гідроізоляція – 3 мм;
- Плита перекриття – 220 мм.

2. Підлога технічного поверху

- Мінеральна вата – 100 мм;
- Пароізоляція;
- Плита перекриття – 220.

Перекриття влаштоване зі збірних залізобетонних круглопустотних плит висотою 220 мм, виготовлених за ДСТУ Б В.2.6-53:2008. Плити спираються на цегляні стіни з мінімальним заходом 120 мм.

Після монтажу плити з'єднуються між собою та зі стінами за допомогою анкерних арматурних дротів, а шви та стики підлягають замонолічуванню бетонною сумішшю.

Сходова конструкція проектованої будівлі виконана у вигляді збірного залізобетонного маршу з майданчиками. Кут нахилу маршу становить 1:2, при цьому розмір проступу дорівнює 300 мм, висота присхідця - 150 мм. Ширина сходової клітки складає 2500 мм, а ширина маршу - 1200 мм.

Металопластикові енергозберігаючі двокамерні із склопакетами по ДСТУ Б В.2.6-15:2011. Розміри 1,51х1,51 , 2,2х0,75 м, 0,61х1,51 м.

Двері зовнішні металопластикові по ДСТУ Б В.2.6-15:2011 розмірами 2.1х1,3м, 2.1х1,03 м, внутрішні - дерев'яні по с. 1.136-10 розмірами 2,1х0,71 м.

Дах спроєктований із ребристих плит перекриття, поверхня яких вирівнюється з формуванням ухилів для відведення води в стічні лійки. Після цього на поверхню наклеюють два шари бікросту. Водовідвід організований як внутрішній.

- Водопостачання - господарсько-питне, з міської мережі.

- Каналізація - господарсько-побутова, підключена до міської системи.
- Вентиляція - природна та примусова (механічна).
- Гаряче водопостачання здійснюється централізовано та також може надходити від внутрішнього джерела.
- Електропостачання забезпечується від зовнішньої мережі з напругою 220 В.
- Освітлення виконане за допомогою ламп розжарювання.

Будинок за умовною висотою класифікується як багатоповерховий (від 9 м до 26,72 м). Умовна висота визначається як різниця між відміткою пожежного проїзду і підлогою верхнього поверху (технічний не враховується). Будівля має II ступінь вогнестійкості.

Протипожежні заходи:

- Евакуація забезпечена через основні сходи та пожежну драбину.
- Сходові клітки відокремлені протипожежними дверима.
- Ширина коридорів і маршів відповідає нормам.
- На кожному поверсі передбачено внутрішнє пожежогасіння - по два крани та первинні засоби гасіння.

2.7 Висновки за розділом 2

У результаті розробки архітектурно-будівельного розділу проєкту дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Луцьку було виконано всебічний аналіз і проєктування з урахуванням: природно-кліматичних умов регіону, містобудівних обмежень, функціональних потреб майбутніх мешканців, сучасних будівельних та санітарно-пожежних норм.

Будівельна ділянка відповідає всім нормативним вимогам для зведення багатоповерхового житла. Проведені інженерно-геологічні вишукування підтвердили придатність ґрунтів для забудови. Проєктування конструкцій враховувало кліматичні особливості Луцька: II температурна зона, II вітровий район, III сніговий район.

Генеральний план забезпечує раціональне функціональне зонування території із збереженням балансу між забудовою, озелененням (35%) та зонами загального користування. Запроектовано майданчики для дітей, відпочинку дорослих, побутові зони та автостоянку.

Архітектурно-планувальні рішення спрямовані на ефективне використання внутрішнього простору й забезпечення високої якості проживання. У будинку передбачено 72 квартири — 63 однокімнатних і 9 двокімнатних. Планування забезпечує відповідність вимогам щодо: інсоляції, природного освітлення, вентиляції, дотримання протипожежних і санітарних норм.

Техніко-економічні показники будівлі:

- загальна площа - 3550 м²;
- житлова площа - 2745 м²;
- площа забудови - 355 м²;
- загальна висота будинку - 31,57 м.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1 Розрахунок залізобетонної круглопустотної плити

У перекритті використано збірні залізобетонні круглопустотні плити типу ПК відповідно до ДСТУ Б В.2.6-53:2008. Розрахунок виконується згідно з вимогами ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення». Плити спираються по двох коротких сторонах на цегляні стіни з мінімальним заходом 120 мм. Шви між плитами заповнюються бетонною сумішшю, а плити з'єднуються анкерними арматурними зв'язками. Загальні дані для плит наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Загальні дані для плит

Параметр	ПК 60-15-8	ПК 48-15-8
Довжина, мм	5980	4.78
Ширина, мм	1490	990
Висота, мм	220	220
Вага 1 м ² , т	0.36...0.39	0.36...0.39
Розрахункове	8.0	8.0
Клас бетону	B30 ($f_{cd} = 17$ МПа)	B30
Армування	Попередньо напружене	Попередньо напружене

Визначаємо конструкцію підлоги та розраховуємо навантаження на 1 м² перекриття з урахуванням коефіцієнта надійності за відповідальністю $\gamma_n = 0,95$. Результати розрахунку наведені у табл. 3.2.

Погонне розрахункове навантаження на плиту з шириною $b = 1$ м дорівнює:

$$q_s = q \times b = 7.59 \times 1 = 7.59 \text{ кН/м.}$$

Експлуатаційні прольоти плити залежать від номінальної довжини плити та глибини опирання плити на стіни.

$$l_{роз} = l_{ном} = 2 \cdot \alpha$$

де $l_{роз}$ - розрахунковий проліт плити, мм;

$l_{ном}$ - оминальна (заводська) довжина плити, мм;

α - глибина опирання плити на стіни, мм.

Таблиця 3.2 - Збір навантажень на перекриття

№ з/п	Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кПа	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Експлуатаційне розрахункове з γ_p , кПа	Коеф. γ_{fm}	Розрахункове граничне навантаження, кПа
1	Постійні навантаження					
1.1	Власна вага плити ПК	3.6	1.0	3.42	1.1	3.76
1.2	Стяжка цементна (30 мм, 24 кН/м³)	0.72	1.0	0.68	1.3	0.89
1.3	Утеплювач (легкий бетон, 60 мм, 6 кН/м³)	0.36	1.0	0.34	1.3	0.44
	Разом постійні навантаження	4.68		4.44		5.09
2	Змінне (корисне) навантаження:					
2.1	Експлуатаційне навантаження (житлове)	2.0	1.0	1.92	1.3	2.50
	Разом повне навантаження q	6.68		6.36		7.59

ПК 60-15-8:

$$l_{роз} = 5980 - 2 \cdot 120 = 5980 - 240 = 5740 \text{ мм} = 5.74 \text{ м.}$$

ПК 48-15-8:

$$l_{роз} = 4780 - 2 \cdot 120 = 4780 - 240 = 4540 \text{ мм} = 4.54 \text{ м.}$$

Розрахунок згинаючого моменту для кожної плити:

ПК 60-15-8:

$$M_{60} = q_s \times l^2 / 8 = \frac{7.59 \cdot 5.98^2}{8} = 33.92 \text{ кНм.}$$

ПК 48-15-8:

$$M_{48} = q_s \times l^2 / 8 = \frac{7.59 \cdot 4.78^2}{8} = 21.67 \text{ кНм.}$$

Перевіримо міцність нормальних перерізів плити.

Залізобетонна плита заводського виготовлення типу ПК розраховується як балка, що працює на згин у площині, перпендикулярній порожнинам. Переріз для розрахунку виконаний у вигляді прямокутника з шириною, рівною ширині плити, з урахуванням попереднього напруження арматури.

Захисний шар бетону плити приймаємо товщиною $u=10$ мм. Задаємо попереднє значення діаметра робочої арматури плити $d=10$ мм.

Висота активної зони перерізу:

$$d = h_s - c = h_s - u - d/2 = 220 - 10 - 10/2 = 210 - 5 = 205 \text{ мм} = 20,5 \text{ см.}$$

Враховуючи клас бетону і тип арматури, приймаємо граничне значення відносної висоти стиснутої зони бетону з таблиці ДБН В.2.6-98:2009:

$$\xi_R = 0,537.$$

Визначення висоти ділянки бетону, що знаходиться під стисненням:

$$x = \xi_R \cdot b = 0,537 \cdot 205 = 110 \text{ мм} = 11 \text{ см}$$

Визначення плеча внутрішніх зусиль z :

$$z = d - 0.5 \cdot x = 205 - 0.5 \cdot 110 = 205 - 55 = 150 \text{ мм} = 15 \text{ см}$$

Визначення необхідної площі арматури

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot z}$$

де R_s - розрахунковий опір арматури ($R_s = 1400$ МПа);

M – розрахунковий момент, в нашому випадку для плит ПК 60-15-8 ($M = 33,92$ кН), ПК 48-15-8 ($M = 21.67$).

Плита ПК 60-15-8:

$$A_{s60} = \frac{33920}{1400 \cdot 10^6 \cdot 0.15} = \frac{33920}{1210 \cdot 10^6} = 162 \text{ мм}^2$$

Плита ПК 48-15-8:

$$A_{s60} = \frac{21670}{1400 \cdot 10^6 \cdot 0.15} = \frac{21670}{1210 \cdot 10^6} = 103 \text{ мм}^2$$

Таблиця 3.3 - Загальна площа поперечного перерізу арматури на один метр ширини плити

№ варіанту	Діаметр арматури, мм	Крок, мм	Площа арматури на 1 м ширини плити, см ²
1	8	150	3.35
2	10	200	3.93
3	10	150	5.23
4	12	200	5.65
5	10	125	6.28
6	8	200	2.51
7	10	250	3.14
8	12	250	4.52

Перевірка арматури в плитах.

Використовуючи дані з табл. 3.3 підбираємо потрібний діаметр арматури. Результати армування плити перекриття зведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Арматурне оснащення плити перекриття

Переріз плити	Розрахункова площа $A_{s,i}$ (см ²)	Прийняте армування	Робоча арматура А400СØ / кількість стержнів	Площа перерізу A_s (см ²)	Розподільча арматура Ø/крок, мм
ПК 60-15-8	1,62	2Ø10	2Ø10 (2 × 0,785)	1,57	4 / 350
ПК 48-15-8	1,03	1Ø12	1Ø12 (1 × 1,131)	1,13	4 / 350

Контроль міцності бетонної суміші (1-й граничний стан)

$$M_{Rd} = R_b \cdot b \cdot x \cdot z$$

де M_{Rd} - розрахунковий опір бетону при стиску;

R_b – розрахунковий опір бетону при стиску, МПа;

b — ширина перерізу плити, мм;

z — плече внутрішніх сил, мм;

$$M_{Rd} = 17 \cdot 1000 \cdot 110 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 280.5 \text{ кНм}$$

Порівняння з діючими моментами:

ПК 60-15-8:

$$M = 33.92 \text{ кНм} < M_{Rd} = 280.5 \text{ кНм}$$

ПК 48-15-8:

$$M = 21.67 \text{ кНм} < M_{Rd} = 280.5 \text{ кНм}$$

Міцність бетону забезпечена для обох типів плит.

Перевірка по 2-му граничному стану (прогин плити)

Перевіряємо за граничним прогином. Граничне відношення прольоту до прогину:

$$\frac{l}{f} \leq \frac{1}{250}$$

ПК 60-15-8:

$$l = 5.74 \text{ м} \rightarrow f_{lim} = \frac{5740}{250} = 22.96 \text{ мм}$$

$$\frac{l}{250} = \frac{5980}{250} = 23.92 \text{ мм}$$

$$22.96 < 23.92$$

Вимога дотримана

ПК 48-15-8:

$$l = 5.74 \text{ м} \rightarrow f_{lim} = \frac{4540}{250} = 18.16 \text{ мм}$$

$$\frac{l}{250} = \frac{4780}{250} = 19.12 \text{ мм}$$

$$18.16 < 19.12$$

Вимога дотримана.

Показники несучої здатності задовільні для обох плит. Прогини не перевищують допустимі, умови другого граничного стану виконані. Армування підібране правильно, конструкція відповідає вимогам нормативних документів.

Побудова епюри матеріалів.

Епюра матеріалів (епюра необхідної площі арматури) є інструментом раціонального конструювання залізобетонних елементів. Вона ґрунтується на епюрі згинального моменту та описує, як змінюється потреба в поздовжній робочій арматурі вздовж довжини елементу. Для побудови епюри матеріалів у

залізобетонній круглопустотній плиті (типу ПК) розглянемо класичний випадок рівномірно розподіленого навантаження на двопрогонову балку, що спирається по двох кінцях.

Формула для розрахунку площі арматури:

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot z}$$

де R_s - розрахунковий опір арматури ($R_s = 435$ МПа);

$z = 0.9 \cdot h_0$ - плече внутрішніх зусиль;

$$h_0 = h - a_s = 220 - 20 = 200 \text{ мм} \rightarrow z = 0.9 \cdot 200 = 180 \text{ мм.}$$

Розрахунок площі арматури в ключових точках прольоту для ПК 60-15-8

Максимальний згинальний момент (для шарнірно опертої балки):

$$M = \frac{q_{\text{розр}} \cdot l^2}{8}$$

$$M_1 = \frac{10 \cdot 5.98^2}{8} = \frac{357.6}{8} = 44.7 \text{ кНм}$$

$$A_{s1} = \frac{44.7 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{44.7 \cdot 10^6}{7830} = 570.88 \text{ мм}^2$$

На 1/4 прольоту:

$$\text{Момент у точці } x = \frac{l}{4}$$

$$M_2 = \frac{3}{4} \cdot M_{\text{max}} = \frac{3}{4} \cdot 44.7 = 33.52 \text{ кНм}$$

$$A_{s2} = \frac{33.52 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{33.52 \cdot 10^6}{7830} = 428.09 \text{ мм}^2$$

На 1/6 прольоту:

$$M_3 = \frac{5}{9} \cdot M_{\text{max}} = \frac{5}{9} \cdot 44.7 = 24.83 \text{ кНм}$$

$$A_{s3} = \frac{24.83 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{24.83 \cdot 10^6}{7830} = 317.11 \text{ мм}^2$$

На опорах:

$$M = 0 \rightarrow A_s = 0$$

На рис. 3.1 зображено епюру матеріалів для плити ПК 60-15-8.

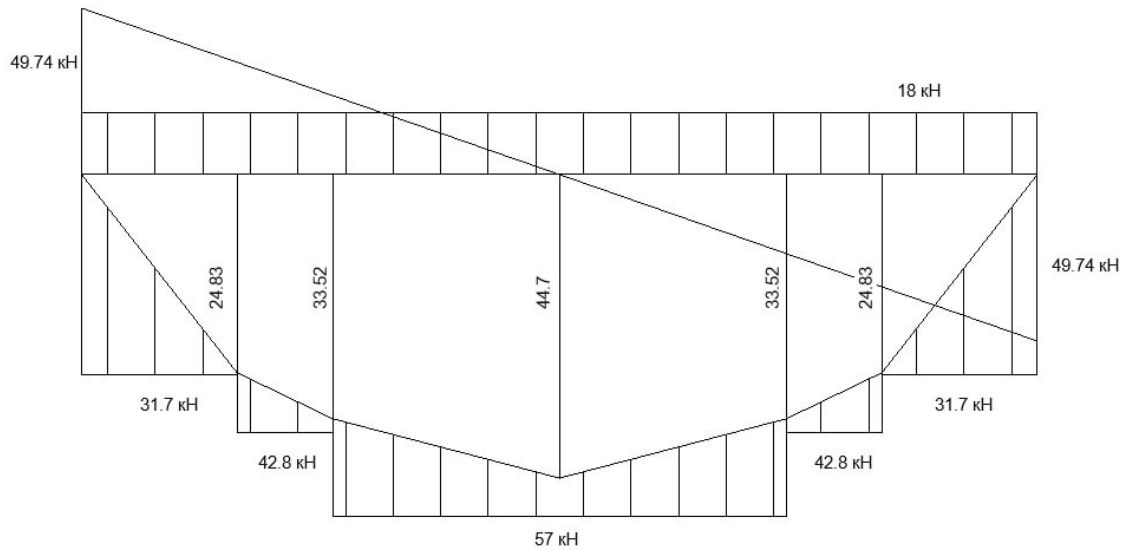


Рисунок 3.1 - Епюра матеріалів для плити ПК-60-15-8

Максимальний згинальний момент (для шарнірно опертої балки):

$$M = \frac{q_{\text{розр}} \cdot l^2}{8}$$

$$M_1 = \frac{10 \cdot 4.78^2}{8} = \frac{228.5}{8} = 28.56 \text{ кНм}$$

$$A_{s1} = \frac{28.56 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{28.56 \cdot 10^6}{7830} = 364.75 \text{ мм}^2$$

На 1/4 прольоту:

$$\text{Момент у точці } x = \frac{l}{4}$$

$$M_2 = \frac{3}{4} \cdot M_{\text{max}} = \frac{3}{4} \cdot 28.56 = 21.42 \text{ кНм}$$

$$A_{s2} = \frac{21.42 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{21.42 \cdot 10^6}{7830} = 273.56 \text{ мм}^2$$

На 1/6 прольоту:

$$M_3 = \frac{5}{9} \cdot M_{\text{max}} = \frac{5}{9} \cdot 28.56 = 15.86 \text{ кНм}$$

$$A_{s3} = \frac{15.86 \cdot 10^6}{435 \cdot 180} = \frac{15.86 \cdot 10^6}{7830} = 202.17 \text{ мм}^2$$

На опорах: $M = 0 \rightarrow A_s = 0$

Епюру матеріалів для плити ПК 48-15-8 зображено на рис.3.2.

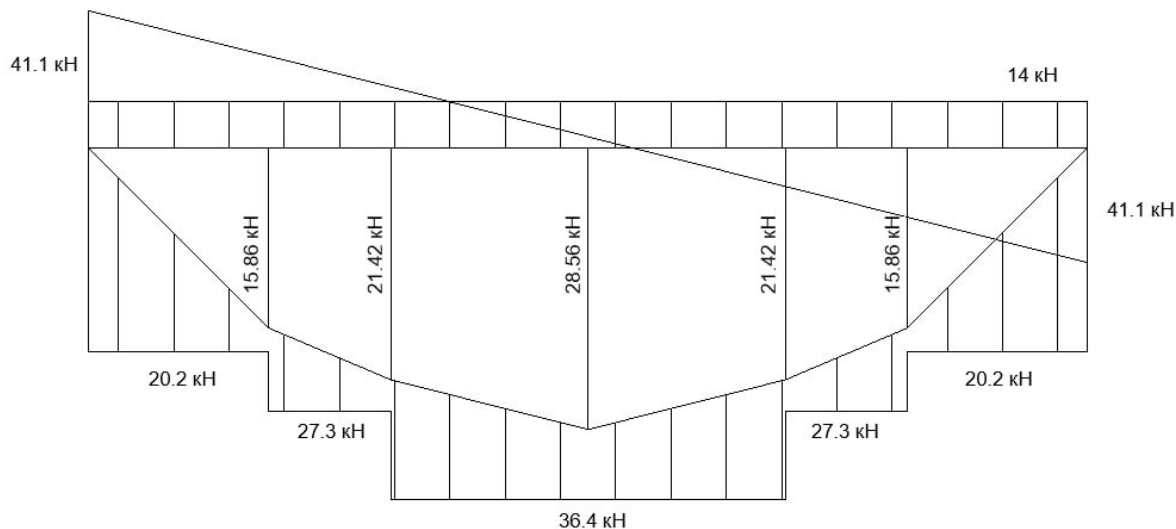


Рисунок 3.2 - Епюра матеріалів для плити ПК- 48 – 15 – 8

Висновок: за результатами статичного розрахунку збірних залізобетонних круглопустотних плит типу ПК 60-15-8 і ПК 48-15-8 встановлено:

- Розрахункові згинаючі моменти не перевищують допустимі граничні значення несучої здатності перерізів бетону.
- Арматура, підібрана згідно розрахункової необхідної площі, забезпечує міцність конструкції на згин.
- Прогини плит не перевищують гранично допустимі значення за другим граничним станом.
- Умова забезпечення міцності та жорсткості конструкцій виконана повністю.
- Плити відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.6-53:2008 та ДБН В.2.6-98:2009.
- Конструкція перекриття є надійною та експлуатаційно безпечною.

3.2 Основи та фундаменти

3.2.1 Оцінка інженерно-геологічних умов ділянки будівництва

1 - рослинний шар: потужність шару - 1,6 - 1,0 м.

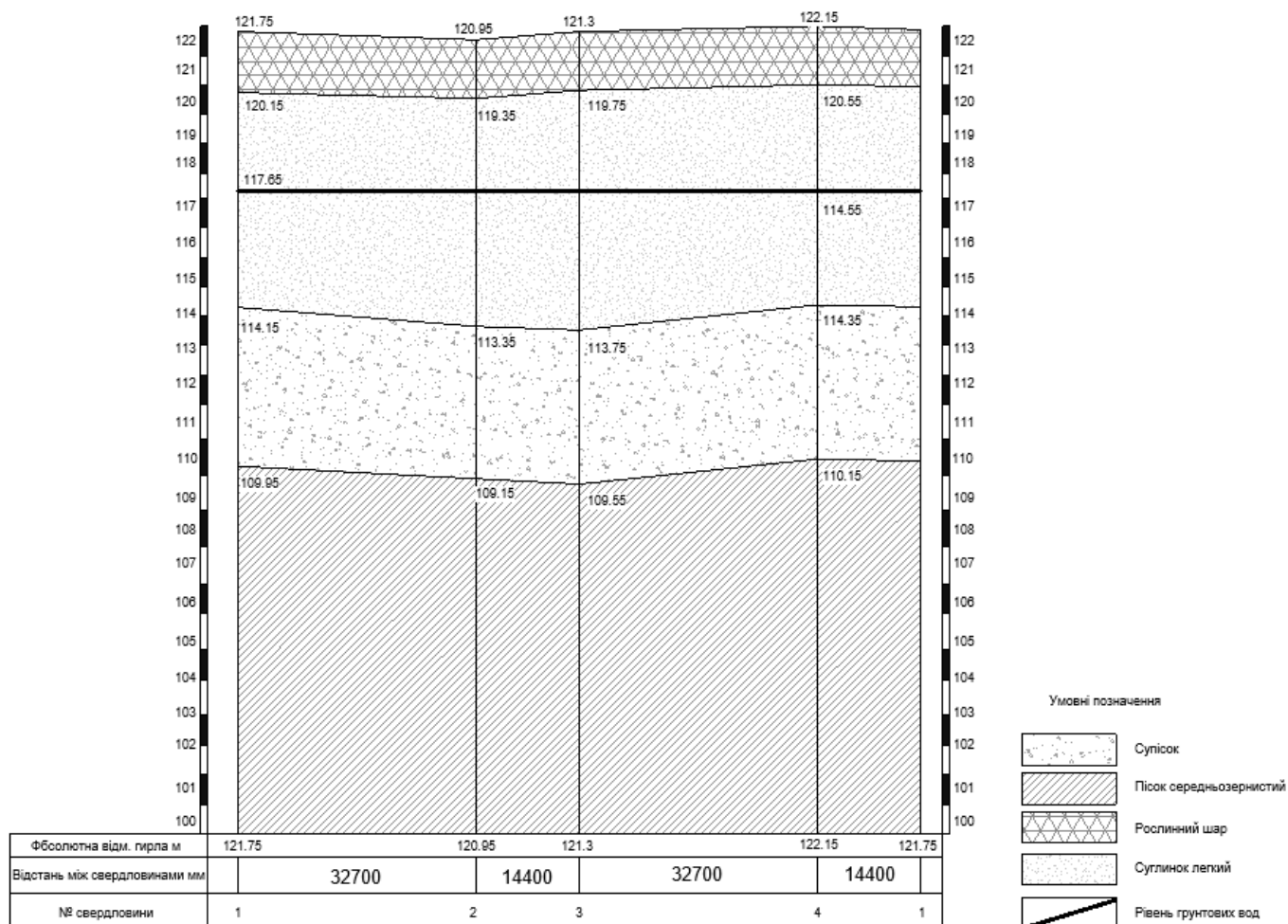
2 - суглинок легкий: потужність шару - 5,5 - 6,0 м.

3 - супісок: потужність шару - 4,5 - 3,8 м.

4 – пісок середньозернистий: потужність шару – 9,8 - 10,2 м.

Рівень ґрунтових вод – 4.5 м.

Геологічний розріз зображено на рис. 3.3.



1 – рослинний шар; 2 – суглинок легкий;
3 – супісок; 4 – пісок середньозернистий

Рисунок 3.3 - Геологічний розріз

3.2.2 Визначення навантаження на фундамент від багатоповерхової будівлі

Визначити навантаження на фундамент від дев'ятиповерхового житлового будинку. Стіни будинку цегляні. Товщина зовнішніх стін 510 мм, внутрішніх 380 мм. Висота поверху 3 м. Район будівництва – м. Луцьк.

Визначення навантаження на зовнішню стіну.

I. Постійні вертикальні навантаження (кН/м^2):

- Покрівля - 3,491
- Перекриття технічного поверху - 3,85
- Плити перекриття Т.П. - 3,515
- Перегородки – 1
- Плита перекриття підвалу - 4,022

II. Тимчасові нормативні навантаження (кН/м^2):

- Снігове - 1,4
- Технічного поверху - 0,7
- Міжповерхове перекриття - 1,5

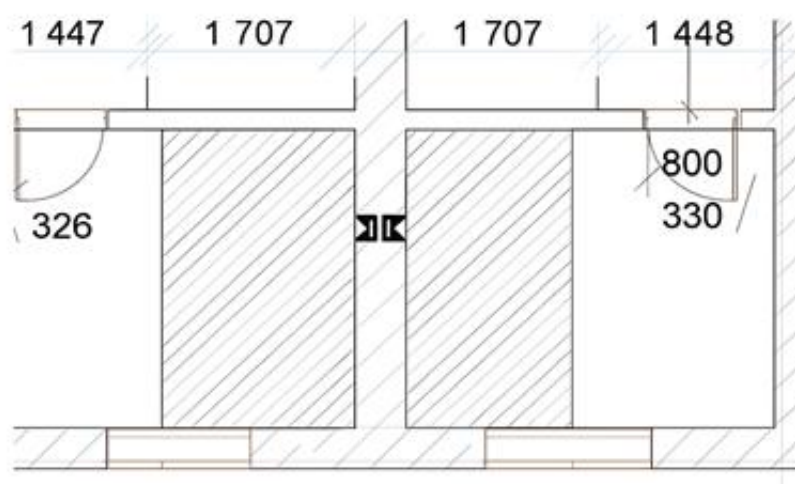


Рисунок 3.4 - Навантаження на зовнішню стіну

Визначаємо навантаження на зовнішню стіну, показано на рис. 3.4.

Вантажна площа між осями вікон:

$$A = 3,4 \times 3,6 = 12,24 \text{ м}^2$$

I. Постійні вертикальні навантаження:

– Покрівля:

$$3,491 \times 12,24 = 42,729 \text{ кН}$$

– Технічний поверх:

$$3,85 \times 12,24 = 47,124 \text{ кН}$$

– Міжповерхове перекриття:

$$4 \times 3,515 \times 12,24 = 172,094 \text{ кН}$$

– Перегородки:

$$4 \times 1 \times 12,24 = 48,96 \text{ кН}$$

– Плита перекриття підвалу:

$$4,022 \times 12,24 = 49,229 \text{ кН}$$

– Цегляна стіна:

$$18 \times 0,510 \times 4,325 \times 30,6 = 1214,927 \text{ кН}$$

Разом 1575,063 кН

II. Тимчасові нормативні навантаження :

– На покрівлю снігове:

$$1,4 \times 12,24 = 17,136 \text{ кН}$$

– На технічний поверх:

$$0,7 \times 12,24 = 8,568 \text{ кН}$$

– На 5 міжповерхових перекриттів з коефіцієнтом ψ_{n1} :

$$\psi_{n1} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{n}} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{9}} = 0,668,$$

де ψ_{n1} – знижуючий коефіцієнт, який характеризує неодноразове завантаження 9 поверхів;

n - кількість поверхів.

$$1,5 \times 12,24 \times 9 \times 0,668 = 61,322 \text{ кН}$$

Разом 87,026 кН

Постійне: $N_{\text{П зовн.}} = \frac{1575,063}{4,325} \times 1 = 364,176 \text{ кН}$

Тимчасове: $N_{\text{Т зовн.}} = \frac{87,026}{4,325} \times 1 = 20,122 \text{ кН}$

Разом $N_{\text{зовн}} = 384,29$

Визначення навантаження на внутрішню стіну рис. 3.5.

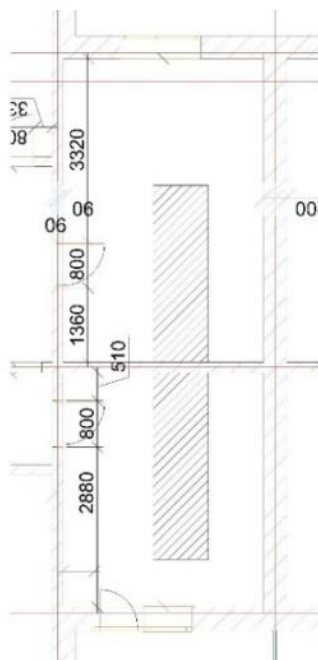


Рисунок 3.5 – Навантаження на внутрішню стіну

Вантажна площа буде дорівнювати:

$$1 \times (3,15 + 3,4 - 0,38) = 6,17 \text{ м}^2$$

I. Постійні навантаження від конструкції:

– Покрівля:

$$3,491 \times 6,17 = 21,54 \text{ кН}$$

– Технічний поверх:

$$3,85 \times 6,17 = 23,755 \text{ кН}$$

– Міжповерхове перекриття:

$$4 \times 3,515 \times 6,17 = 86,75 \text{ кН}$$

– Перегородки:

$$6,17 \times 4 \times 1 = 24,68 \text{ кН}$$

– Плита перекриття підвалу

$$6,17 \times 4,022 \times 1 = 24,816 \text{ кН}$$

– Цегляна стіна:

$$18 \times 0,380 \times 1 \times 29,740 = 203,422 \text{ кН}$$

Разом 281,541 кН

II. Тимчасові нормативні навантаження :

– На покрівлю снігове:

$$1,4 \times 6,17 = 13,638 \text{ кН}$$

– На перекриття технічного поверху:

$$0,7 \times 6,17 = 24,319 \text{ кН}$$

– На 9 міжповерхових перекриттів:

$$\psi_{n1} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{n}} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{9}} = 0,668$$

$$1,5 \times 6,17 \times 0,668 \times 9 = 90,912 \text{ кН}$$

Разом 143,869 кН

$$\text{Постійне: } N_{\text{П внутр.}} = \frac{281,541}{1} \times 1 = 281,541 \text{ кН}$$

$$\text{Тимчасове: } N_{\text{Т внутр.}} = \frac{143,869}{1} \times 1 = 43,869 \text{ кН}$$

Разом 375,41 кН

3.2.3 Розрахунок фундаменту мілкового закладання

Витрати на встановлення фундаменту житлової будівлі можуть становити понад 25% від загального будівельного бюджету. Тому важливо з самого початку ретельно і відповідально виконати розрахунки, які визначають оптимальну глибину закладення фундаменту. Уникнення помилок на цьому етапі дозволить запобігти значним додатковим витратам на подальші виправлення в процесі будівництва.

Розробка параметрів глибини закладення фундаменту для зовнішньої стіни:
З урахуванням кліматичних особливостей.

Залежно від географічних і кліматичних умов району м. Луцьк:

$$d_{fn} = 0,96 \text{ м}$$

Коефіцієнт k_h приймаємо з ДБН 2.1-10-2009 таблиця Г.1

Визначення нормативної глибини промерзання ґрунту.

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 0,56$$

Відмітка підшови фундаменту призначаємо не менше 0,2 м нижче глибини промерзання.

$$d_1 = d_f + 0,2 = 0,76 \text{ м}$$

- Відповідно до геологічних характеристик:

Розташування підшови фундаменту визначаємо з глибиною не менше 0,4 м під рівнем несучого шару ґрунту:

$$d_2 = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ м}$$

- З огляду на конструктивні вимоги, глибина підшови фундаменту визначається за допомогою формули:

$$d_H = h + n \cdot h - h_0$$

де h – висота фундаментної подушки;

h – висота блоку;

h_0 – рівень обрізу фундаменту над рівнем планування;

n – кількість блоків

Приймаємо висоту фундаментної плити $h = 0,3$ м; фундаментного блоку $h = 0,6$ м; рівень обрізу фундаменту вище рівня планування $h_0 = 0,5$ м.

Глибина закладання фундаменту з огляду на конструктивні вимоги не має перевищувати глибину закладання за іншими умовами.

$$d_3 = 0,3 + n \cdot 0,6 - 0,5 \text{ м}$$

$$d_3 = 0,3 + 1 \cdot 0,6 - 0,5 = 0,4 \text{ м}$$

$$d_3 = 0,3 + 2 \cdot 0,6 - 0,5 = 1,0 \text{ м}$$

$$d_3 = 0,3 + 3 \cdot 0,6 - 0,5 = 1,6 \text{ м}$$

$$d_3 = 0,3 + 4 \cdot 0,6 - 0,5 = 2,7 \text{ м}$$

Відповідно до конструктивних міркувань встановлюємо глибину закладання фундаменту $d_3 = 2,7$ м.

Встановлюємо розміри підшви фундаменту.

Обчислення попередньої ширини фундаменту:

$$b_0 = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_0 \cdot d}$$

де γ_0 – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів засипки (та фундаменту);

d – позначка підшви фундаменту;

R_0 – допустимий опір ґрунту;

N_{II} – Навантаження яке ми вибрали (тимчасове + постійне).

$$b_0 = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_0 \cdot d} = \frac{385}{140 - 20 \cdot 2,2} = 4$$

Знаходимо фактичний розрахунковий опір ґрунту на позначці основи фундаменту:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_y k_z b \gamma_{11} + M_q k_z d_1 \gamma_{11} + (M_q - 1) d_b \gamma_{11} + M_c c_{11}]$$

Будівля відноситься до будівель із гнучкою конструктивною схемою.

Оскільки ширина фундаменту менше 10 м, то коефіцієнт k_z буде рівним 1.

Визначаємо коефіцієнти: $M=0,39$ $M=2,57$ $M_c=5,15$.

Питома вага ґрунтів, що залягають вище рівня підшви фундаменту

($d=h_1 + h'$):

$$\gamma' = \frac{16 \times 1,6 + 16,5 \times 0,2}{2} = 14,45 \text{ кН/м}^3$$

Питома вага ґрунтів, що залягають нижче рівня підшви фундаменту:

$$\gamma = \frac{16,5 \times 0,2 + 19,2 \times 1,9 + 10,42 \times 5,8}{1,6 + 6 + 0,2} = 12,8 \text{ кН/м}^3$$

Отримуємо значення фактичного розрахункового опору:

$$R = \frac{1,3 \times 1,3}{1,1} (1,42 \times 1 \times 1,2 \times 12,8 + 6,57 \times 0,65 \times 14,45 + (6,69 - 1) \times 2 \times 14,45 + 5,15 \times 7) = 436,35 \text{ кПа}$$

Згідно ДСТУ Б.В.2.6-108-2010 “Блоки бетонні для стін підвалів” вибираємо

блок ФБС24.6.6-Т. Для даного блоку $b=0,6$ м; $l=2,4$ м; $h=0,6$ м. $V=0,815$ м³; $M=1,96$ тони. Визначення фактичного середнього напруження під подошвою фундаменту.

$$p_{\text{ср}} = \frac{N + G_{\text{ф}} + G_{\text{гр}}}{b \times 1}$$

де N - сумарне навантаження від будівлі (якщо відоме),

$G_{\text{ф}}$ – навантаження від фундаменту (визначене раніше як 42 кН),

$G_{\text{гр}}$ – навантаження від ґрунту (визначене раніше як 89,59 кН),

b – параметр ширини подошви фундаменту.

Підставимо значення та обчислимо середнє напруження $p_{\text{ср}}$:

$$p_{\text{ср}} = \frac{385+42+89.59}{1.2} = 430.49 \text{ кПа.}$$

Перевірка умов:

$$p_{\text{ср}} \leq R$$

$$430.49 \text{ кПа} \leq 436.35 \text{ кПа}$$

Оскільки $p_{\text{ср}}$ менше за R , умова виконується, і фундамент задовольняє вимоги розрахункового опору ґрунту. Це означає, що конструкція безпечна і може витримувати задане навантаження.

Умова виконується тому під зовнішню стіну обираємо подушку ФЛ 12.12.3 (1400 мм; 1180 мм; 350 мм).

Визначаємо розміри подошви фундаменту:

Розрахунковий ґрунту, при $=1,4$ м:

$$R = \frac{1,3 \times 1,3}{1,1} (1,42 \times 1 \times 1,4 \times 12,8 + 6,57 \times 0,65 \times 14,45 + (6,69 - 1) \times 2 \times 14,45 + 5,15 \times 7) = 441,92 \text{ кПа}$$

Обираємо фундаментний блок ФБС 24.6.6 (600 мм; 2400 мм; 580 мм), та подушку ФЛ 12.12.3 (1600 мм; 1180 мм; 300 мм). Вага фундаменту:

$$G_{\text{ф}} = G_{\text{Фб}} + G_{\text{Фп}} = \left(\frac{4 \times 9,81 \times 1,96}{2,4} \right) + 1,03 \times \frac{9,81}{1,2} = 40,47 \text{ кН}$$

$$p_{\text{ср}} = \frac{475,41 + 40,47 + 96,34}{1,4} = 436,7 \text{ кПа}$$

Перевірка умов:

$$p_{\text{ср}} \leq R$$

$$436.7 \text{ кПа} \leq 441.92 \text{ кПа}$$

Оскільки $p_{ср}$ менше за R , умова виконується, і фундамент задовольняє вимоги розрахункового опору ґрунту. Це означає, що конструкція безпечна і може витримувати задане навантаження. Умова виконується тому під внутрішню стіну приймаємо подушку ФЛ 14.12.3 (1400 мм; 1180 мм; 400 мм).

3.2.4 Розрахунок деформації основ фундаментів

Розрахунок основ будівель і споруд з урахуванням деформацій передбачає обмеження величини деформацій до значень, які гарантують належну функціональність інженерних конструкцій. Цей розрахунок здійснюється за допомогою методу пошарового додавання.

Метод базується на припущенні, що в межах кожного горизонтального зрізу відбувається однорідне стискання ґрунту, яке описується певним модулем деформації.

1. На підшві першого шару (рослинний шар):

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \times H_1 = 16.0 \times 1.0 = 16.0 \text{ кПа}$$

2. На позначці підшви фундаменту (на глибині 2.2 м, знаходиться у другому шарі — суглинок легкий):

$$\text{Товщина шару суглинка до фундаменту: } H'_2 = 2.2 - H_1 = 2.2 - 1.0 = 1.2 \text{ м}$$

$$\sigma_{zgB} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \times H'_2 = 16.0 + 16.5 \times 1.2 = 16.0 + 19.8 = 35.8 \text{ кПа}$$

3. На підшві другого шару (повна потужність суглинка легкого):

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \times H_2 = 16.0 + (16.5 \times 6.0) = 16.0 + 99.0 = 115.0 \text{ кПа}$$

4 По відмітці ґрунтових вод (на глибині 4.5 м від поверхні, у суглинку легкому):

$$\text{Товщина шару від рослинного шару до рівня ґрунтових вод: } H_{gw} = 4.5 - H_1 = 4.5 - 1.0 = 3.5 \text{ м}$$

5. На підшві третього шару (супісок):

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \times H_3 = 115.0 + (19.2 \times 3.8) = 115.0 + 72.96 = 187.96 \text{ кПа}$$

6. На покрівлі четвертого шару (початок піску середньозернистого):

$$\sigma_{zg3} = 187.96 \text{ кПа}$$

7. На підшві четвертого шару (пісок середньозернистий, глибина $H_1 + H_2 + H_3 + H_4$):

$$\sigma_{zg4} = \sigma_{zg3} + \gamma_4 \times H_4 = 187.96 + (20.2 \times 10.2) = 187.96 + 206.04 = 394.0 \text{ кПа}$$

Обчислення надлишкових напруг у зоні підшви фундаменту.

Основу під підшвою фундаменту поділяємо на кілька елементарних шарів ґрунту, товщина яких визначається за формулою:

$$0,4 \times b = 0,4 \times 1,2 = 0,47 \text{ м}$$

У разі наявності двох різнорідних ґрунтових шарів у межах одного елементарного перерізу ці ділянки розглядають окремо.

Вздовж осі фундаменту будують епюру додаткових напружень:

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

α - коефіцієнт, що враховує зміну додаткового тиску з глибиною, визначається залежно від відносної глибини занурення площі елементарного шару:

$$\xi = 2z / b$$

z - відносне заглиблення;

P_0 - додаткове навантаження на ґрунтову основу

$$P_0 = P_{\text{сер}} - \sigma_{zg0}$$

$$P_0 = 161,43 - 35,5 = 125,93 \text{ кПа}$$

Нижню межу стисненої товщі ґрунту визначають на глибині z , що дорівнює H_s , яку розраховують за наступною умовою:

$$\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zp}; k = 0,1 \text{ тому що } E = 3,47 \text{ МПа}$$

Додаткові напруження на покрівлі та підшві елементарних шарів визначаємо та подаємо у вигляді табл. 3.5 та табл. 3.6.

Оскільки умова $18,63 \leq 0,1 \times 202,75 = 20,275$ задовільняється, то припиняємо обрахунок на 11 точці.

Таблиця 3.5 - Розрахунок додаткових напружень під подошвою фундаменту за методом еквівалентної трикутної схеми для зовнішньої стіни

№ точки	Глибина точки що розглядається під подошвою фундаменту, Z, м	Відносна глибина $\varepsilon 2 \cdot \frac{z}{b}$	α	Напруження від власної ваги ґрунту, σ_{zg} , кПа	Додаткове напруження $\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0$, кПа	Чи виконується умова $\sigma_{zp} = \sigma_{zg} * k$	k=0,2 при b≤ 5 м
0	0	0	1	16	125,93	3,2	0,1
1	1,28	2,133333	0,869	25,6	109,43317	5,12	0,1
2	1,6	2,666667	0,745	35,5	93,81785	7,1	0,1
3	2,16	3,6	0,621	73,75	78,20253	7,357	0,1
4	2,88	4,8	0,6	115	75,558	11,5	0,1
5	3,2	5,333333	0,552	116,35	69,51336	11,635	0,1
6	4,48	7,466667	0,409	116,35	51,50537	11,635	0,1
7	5,76	9,6	0,392	116,35	49,36456	11,635	0,1
8	7,04	1,733333	0,313	202,75	39,41609	20,275	0,1
9	8,32	13,866667	0,298	202,75	37,52714	20,275	0,1
10	10,16	16,93333	0,274	202,75	34,50482	20,275	0,1
11	11,44	19,06667	0,148	202,75	18,63764	20,275	0,1

Таблиця 3.6 - Визначення осідання елементарних шарів ґрунту під зовнішньою стіною

Визначаємо осідання елементарних шарів ґрунту							
№ точки	Додаткове напруження			Модуль деформації E, кПа	Товщина шару h _i , см	β 0,8	
	На покрівлі шару σ_{zpB} , кПа	На подошві шару σ_{zpH} , кПа	Середнє значення σ_{zpi} , кПа			Осідання шару Si, см	
0	125,93	109,43	147,68	30000	48	0,1506304	
1	109,43	93,81	101,62	30000	48	0,1300736	
2	93,81	78,2	86,005	30000	48	0,1100864	
3	78,2	75,56	76,88	30000	48	0,0984064	
4	75,56	69,51	72,535	30000	48	0,0928448	
5	69,51	51,5	60,505	3470	48	0,6691227665706052	
6	51,5	49,36	50,53	3470	48	0,5580726224783862	
7	49,36	34,41	41,885	3470	48	0,5047608069164266	
8	39,41	38,52	38,965	3470	48	0,43365994236311245	
9	38,52	34,5	36,51	3470	48	0,4152622478386167	
10	34,5	28,46	31,63	3470	48	0,35002651296829973	
11	18,64	15,68	17,16	3470	48	0,18989740634005767	

Визначення осідання кожного елементарного шару під зовнішньою стіною

показано на рис. 3.6.

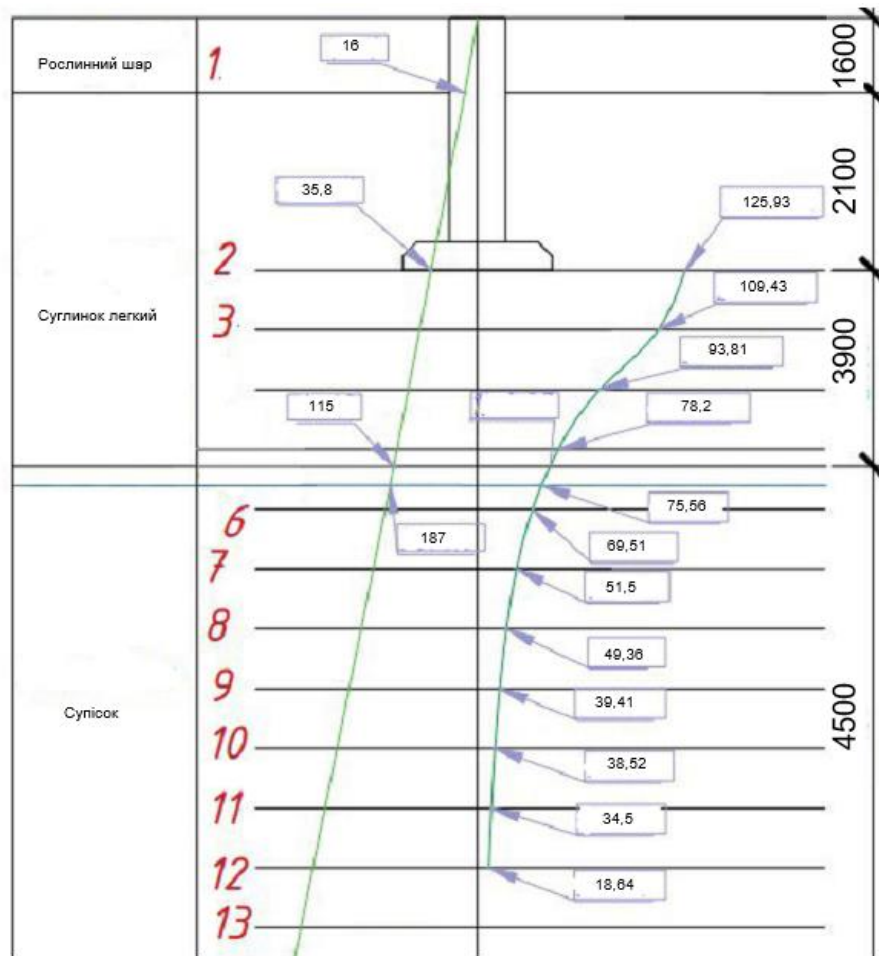


Рисунок 3.6 - Розрахунок деформацій осідання для кожного елементарного шару основи під зовнішньою стіною

Величина осідання основи S розраховується шляхом пошарового додавання деформацій.

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

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

σ_{zpi} – усереднене значення:

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

h_1 – товщина елементарного шару;

E_1 – модуль деформації даного шару;

n – кількість елементарних шарів.

За даними табл. 3.6:

$$S_i = 3,7 \text{ см} \leq 12 \text{ см}$$

3.2.5 Обчислення деформацій фундаменту під внутрішньою стіною

Обчислення ординат епюри в характерних точках.

1. На підшві першого шару (рослинний шар):

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \times H_1 = 16.0 \times 1.0 = 16.0 \text{ кПа}$$

2. На відмітці підшви фундаменту (на глибині 2.2 м, знаходиться у другому шарі - суглинок легкий):

Товщина шару суглинка до фундаменту: $H'_2 = 2.2 - H_1 = 2.2 - 1.0 = 1.2 \text{ м}$

$$\sigma_{zgB} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \times H'_2 = 16.0 + 16.5 \times 1.2 = 16.0 + 19.8 = 35.8 \text{ кПа}$$

3. На підшві ругого шару (повна потужність суглинка легкого):

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \times H_2 = 16.0 + (16.5 \times 6.0) = 16.0 + 99.0 = 115.0 \text{ кПа}$$

4. По відмітці ґрунтових вод (на глибині 4.5 м від поверхні, у суглинку легкому):

Товщина шару від рослинного шару до рівня ґрунтових вод:

$$H_{gw} = 4.5 - H_1 = 4.5 - 1.0 = 3.5 \text{ м}$$

5. На підшві третього шару (супісок):

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \times H_3 = 115.0 + (19.2 \times 3.8) = 115.0 + 72.96 = 187.96 \text{ кПа}$$

6. На покрівлі четвертого шару (початок піску середньозернистого):

$$\sigma_{zg3} = 187.96 \text{ кПа}$$

7. На підшві четвертого шару (пісок середньозернистий, глибина $H_1 + H_2 + H_3 + H_4$):

$$\sigma_{zg4} = \sigma_{zg3} + \gamma_4 \times H_4 = 187.96 + (20.2 \times 10.2) = 187.96 + 206.04 = 394.0 \text{ кПа}$$

Обчислення значень ординат епюри в ключових точках.

Для розрахунку товщу основи під підшвою фундаменту ділимо її на елементарні шари ґрунту з товщиною, що приймається:

$$0,4 \times b = 0,4 \times 1,4 = 0,56 \text{ м}$$

У разі наявності двох різних шарів ґрунту в межах елементарного перерізу їх розглядають як окремі ділянки.

Вздовж осі фундаменту будують епюру додаткових напружень.

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

a – коефіцієнт, який враховує зміну додаткового тиску по глибині, залежить від відносної глибини залягання елементарного шару;

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

z – відносне заглиблення;

P_0 - величина додаткових напруг, які діють на підшову фундаменту.

$$P_0 = P_{\text{сер}} - \sigma_{zg0};$$

$$P_0 = 441,92 - 35,8 = 406,12 \text{ кПа}$$

Глибина нижньої межі стиснутої товщі ґрунту, позначена як z , приймається рівною H_c , яка обчислюється згідно з умови:

$$\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zg}$$

Розраховуємо додаткові напруження на верхній і нижній межах елементарних шарів ґрунту, представлені у таблиці 3.7 та таблиці 3.8.

Оскільки умова $35,74 \leq 0,1 \times 400,71 = 40,071$ задовільняється, то припиняємо розрахунок на 14 точці.

Розрахунок додаткових напружень під підшовою фундаменту за методом еквівалентної трикутної схеми для внутрішньої стіни наведено в табл. 3.7.

Осідання основи S Застосовуючи метод послідовного сумування окремих шарів:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi} \times h_i}{E_i}.$$

Значення осідання кожного елементарного шару наведено в табл. 3.8.

$$S_i = 11 \text{ см} \leq 12 \text{ см}.$$

Таблиця 3.7 - Розрахунок додаткових напружень під підшовою фундаменту

за методом еквівалентної трикутної схеми для внутрішньої стіни

№ точки	Глибина точки що розглядається під подошвою фундаменту, Z, м	Відносна глибина $\varepsilon_2 \cdot \frac{z}{b}$	α	Напруження від власної ваги ґрунту, σ_{zg} , кПа	Додаткове напруження $\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0$, кПа	Чи виконується умова $\sigma_{zp} = \sigma_{zg} * k$	k=0,2 при b≤ 5 м
0	0	0	1	16	406,12	3,2	0,1
1	1,28	1,828571	0,869	25,6	352,91828	5,12	0,1
2	1,6	2,285714	0,745	35,5	302,5594	7,1	0,1
3	2,16	3,085714	0,621	73,75	252,20052	7,357	0,1
4	2,88	4,114286	0,6	115	243,672	11,5	0,1
5	3,2	4,571429	0,552	116,35	224,17824	11,635	0,1
6	4,48	6,4	0,409	116,35	166,10308	11,635	0,1
7	5,76	8,228571	0,392	116,35	159,19904	11,635	0,1
8	7,04	10,05714	0,313	202,75	127,11556	20,275	0,1
9	8,32	11,88571	0,298	202,75	121,02376	20,275	0,1
10	10,16	14,51429	0,274	202,75	111,27688	20,275	0,1
11	11,44	16,34286	0,148	202,75	60,10576	20,275	0,1
12	12,1	17,28571	0,123	400,71	49,95276	40,071	0,1
13	13,28	18,97143	0,104	400,71	42,23648	40,071	0,1
14	14,66	20,94286	0,088	400,71	35,73856	40,071	0,1

Таблиця 3.8 - Визначення осідання елементарних шарів ґрунту під внутрішньою стіною

Визначаємо осідання елементарних шарів ґрунту						
№ точки	Додаткове напруження			Модуль деформації E, кПа	Товщина шару h _i , см	β 0,8 Осідання шару Si, см
	На покрівлі шару σ_{zpB} , кПа	На подошві шару σ_{zpH} , кПа	Середнє значення σ_{zpi} , кПа			
1	2	3	4	5	6	7
0	406,12	352,92	379,52	30000	56	0,5667498666666666
1	352,92	302,56	327,74	30000	56	0,4894250666666667
2	302,56	252,2	277,38	30000	56	0,4142208

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6	7
3	252,2	243,67	247,935	30000	56	0,3702496
4	243,67	224,18	233,925	30000	56	0,349328
5	224,18	166,1	195,14	30000	56	0,2914090666666666
6	166,1	159,19	162,645	30000	56	0,24288320000000002
7	159,19	127,12	143,155	3470	56	1,8482259365994236
8	127,12	121,02	124,07	3470	56	1,6018259365994236
9	121,02	11,27	66,145	3470	56	1,4995089337175793
10	111,27	60,105	85,6875	3470	56	1,1062824207492794
11	60,105	49,95	55,0275	3470	56	0,7104414985590779
12	49,95	42,23	46,09	3470	56	0,5950524495677234
13	42,23	35,75	38,99	3470	56	0,503257636887608
14	35,73	27,28	31,755	3470	56	0,40997809798270896
14	35,73	27,28	31,755	3470	56	0,40997809798270896

Визначення осідання кожного елементарного шару під внутрішньою стіною показано на рис. 3.7.

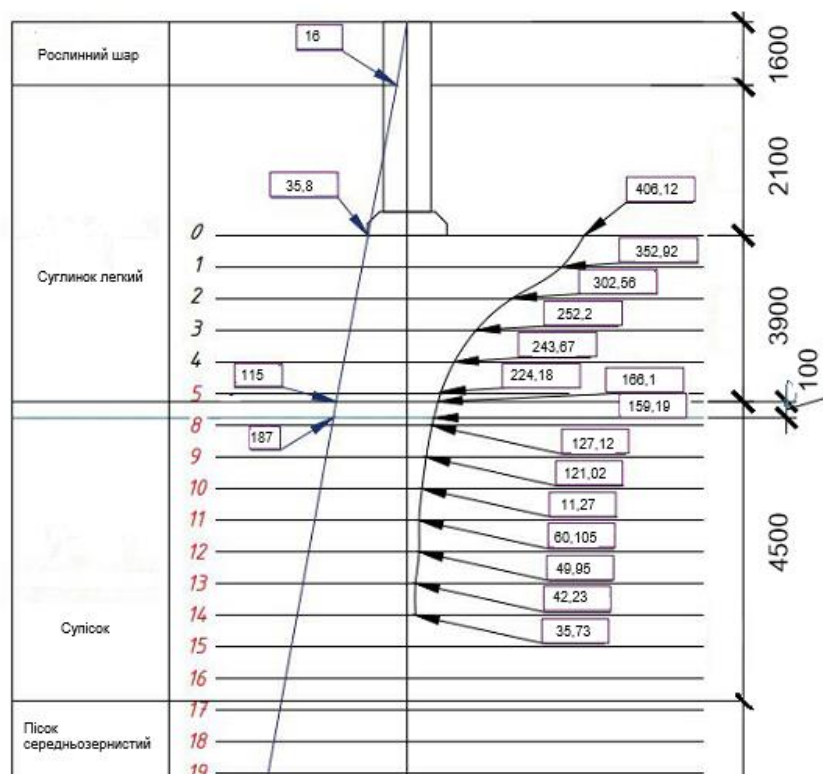


Рисунок 3.7 - Визначення осідання кожного елементарного шару під внутрішньою стіною

3.3 Висновки за розділом 3

Цей розділ присвячений детальному розрахунково-конструктивному обґрунтуванню основних несучих елементів будівлі, а саме залізобетонних круглопустотних плит перекриття та фундаментів.

У ході розрахунку залізобетонних плит типу ПК 60-15-8 та ПК 48-15-8 було визначено їхню несучу здатність та жорсткість. Проведений аналіз навантажень, згинальних моментів та підбір арматури показав, що обрані плити відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.6-53:2008 та ДБН В.2.6-98:2009. Зокрема, розрахункові згинальні моменти не перевищують допустимих значень, а прогини плит знаходяться в межах гранично допустимих. Це підтверджує міцність та експлуатаційну безпеку конструкції перекриття.

Окрему увагу приділено розрахунку основ та фундаментів, виходячи з інженерно-геологічних умов ділянки будівництва (м. Луцьк). Було визначено навантаження на фундамент від дев'ятиповерхової цегляної будівлі як для зовнішніх, так і для внутрішніх стін. Детальний розрахунок глибини закладання фундаменту, враховуючи кліматичні, геологічні та конструктивні міркування, дозволив підібрати оптимальні розміри подошви фундаменту. Перевірка за розрахунковим опором ґрунту підтвердила, що обрані фундаментні блоки та подушки забезпечують необхідну стійкість та надійність.

Крім того, проведено розрахунок деформацій основ фундаментів методом пошарового додавання. Це дозволило оцінити осідання ґрунту під впливом навантажень та переконатися, що воно не перевищує допустимих значень, забезпечуючи нормальну експлуатацію будівлі.

Загалом, результати розрахунково-конструктивного розділу підтверджують, що прийняті проектні рішення щодо плит перекриття та фундаментів є обґрунтованими, відповідають чинним будівельним нормам і забезпечують необхідну міцність, стійкість та довговічність конструкцій будівлі.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Забезпечення безпеки та пожежної безпеки на будівельному майданчику

Організація будівельних робіт, включаючи облаштування майданчика, ділянок та робочих місць, має забезпечувати повну безпеку працівників на всіх етапах виконання завдань.

Оскільки будівельний об'єкт розташований у центральній частині міста, для запобігання доступу сторонніх осіб необхідно встановити огороження. У місцях, що прилягають до масових скупчень людей, огороження слід обладнати суцільними захисними козирками. Конструкція огорожі повинна відповідати встановленим вимогам: бути збірно-розбіжною з уніфікованими елементами, з'єднаннями та кріпленнями. Висота захисних панелей разом з козирком повинна становити 2,0 м. У розріджених панелях відстань між елементами заповнення полотна має бути в межах 80-100 мм. Захисний козирок встановлюється зверху огорожі під кутом 20° до горизонту в бік тротуару, забезпечуючи перекриття тротуару та виступаючи за його край (з боку руху транспорту) на 50-100 мм.

Зони, де можуть діяти небезпечні виробничі фактори, повинні бути обладнані сигнальними огороженнями. Ці огороження мають відповідати таким критеріям: висота стійок сигнального огороження 0,8 м, а відстань між стійками не повинна перевищувати 6,0 м.

На будівельному майданчику передбачено один в'їзд та один виїзд. Тимчасові дороги завширшки 6,0 м забезпечують рух автомобільного транспорту до всіх складських приміщень та робочих вузлів.

При в'їздах на будівельний майданчик необхідно розмістити схему руху транспортних засобів. На узбіччях доріг та проїздів слід встановити чітко видимі дорожні знаки, що регулюють порядок руху транспорту відповідно до правил дорожнього руху.

Швидкість руху автотранспорту поблизу робочих зон не повинна перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год на поворотах. На будівельному майданчику всі небезпечні зони, такі як монтажна зона та зона дії крана, повинні бути огорожені. Відкриті котловани та траншеї також необхідно захистити огороженнями. До виконання монтажних робіт допускаються лише працівники, які пройшли медичний огляд та мають допуск до висотних робіт. Стропування вантажів виконується згідно з технологічною картою. Розстропування вантажів та залізобетонних елементів дозволяється лише після їх надійного закріплення.

Засоби риштування повинні мати рівні робочі настили з зазором між дошками не більше 5 мм. Настили, розташовані на висоті 1,3 м і більше, обов'язково обладнуються огороженнями та бортовими елементами. З'єднання щитів настилів внахлест допускається лише по їх довжині, при цьому кінці елементів, що стикаються, повинні бути розташовані на опорі та перекривати її не менше ніж на 0,2 м у кожную сторону. Риштування необхідно надійно кріпити до стіни будівлі, що зводиться. За відсутності особливих вказівок в інструкції виробника, кріплення риштувань до стін будівлі повинно виконуватися не менше ніж через один ярус для крайніх точок, через два прольоти для верхнього ярусу та одне кріплення на кожні 50 м² проекції поверхні риштувань на фасад будівлі.

Приміщення, де проводяться роботи з пиловидними матеріалами, а також робочі місця біля машин для дроблення, розмелювання та просіювання цих матеріалів, повинні бути оснащені вентиляційними системами.

На робочих місцях, де використовуються або готуються клеї, мастики, фарби та інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні або шкідливі речовини, забороняється використання відкритого вогню або джерел іскри.

На території будівництва, в місцях розташування тимчасових споруд, складів та майстерень, встановлюються пожежні щити, стенди та бочки з водою. Для запобігання поширенню пожежі будівництво повинно бути забезпечене достатньою кількістю засобів пожежогасіння. Необхідно суворо дотримуватися правил зберігання, розміщення та обмеження кількості легкозаймистих речовин і

матеріалів, а також інших відповідних вимог.

Основні причини виникнення пожеж під час будівельних робіт включають:

- Недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, а також у влаштуванні комунікацій.

- Дефекти обладнання, порушення технологічних процесів та неправильне виконання робіт.

- Несправності систем живлення та випуску відпрацьованих газів у двигунах внутрішнього згоряння, відсутність іскрогасників на вихлопних трубах.

- Порушення правил поводження з відкритим вогнем, особливо поблизу місць застосування або зберігання горючих або легкозаймистих речовин.

- Відсутність або несправність заземлення цистерн з рідкими нафтопродуктами.

- Несправність або відсутність на деяких об'єктах системи блискавкозахисту.

На будівельному майданчику необхідно організувати пости з протипожежними засобами та визначити особливо небезпечні зони щодо пожежної безпеки. У межах цих зон забороняється зберігання олійних фарб, оліфи, смоли, масел, паливно-мастильних матеріалів. Зазначені матеріали повинні зберігатися в окремих складських приміщеннях або під навісом. Зберігання кисневих балонів разом з балонами, що містять інші горючі гази, в одному приміщенні заборонено. Всі роботи, пов'язані з використанням відкритого вогню, дозволяється виконувати лише з дозволу особи, відповідальної за пожежну безпеку на будівельному майданчику.

Пожежна безпека – це стан об'єкта, що виключає можливість виникнення пожежі, а у разі її виникнення – мінімізує вплив небезпечних факторів пожежі на людей та забезпечує захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека досягається шляхом створення системи заходів пожежної профілактики та активного пожежного захисту.

Пожежна профілактика – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання можливого виникнення пожежі.

Система активного пожежного захисту – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів для боротьби з пожежами, запобігання впливу небезпечних чинників пожежі на людей, обмеження матеріальних збитків від неї.

Для запобігання пожежам у будівельних організаціях розробляються організаційні, технічні, режимні, пожежно-евакуаційні, тактико-профілактичні, будівельно-конструктивні та інші заходи. Ці заходи включають режими експлуатації машин та обладнання, які повністю виключають можливість виникнення іскор і полум'я під час роботи, а також контакт нагрітих деталей обладнання з горючими матеріалами.

До організаційних заходів належать: правильний вибір технологій; недопущення загрози приміщень і будівельних майданчиків; навчання працівників правилам пожежної безпеки; спеціальне розміщення матеріалів на складах та техніки в гаражах і ремонтних майстернях.

Технічні заходи охоплюють правильний вибір та монтаж електрообладнання, систем блискавки захисту об'єктів та влаштування заземлення, іскрогасників тощо.

Заходи режимного характеру – це заборона куріння, розпалювання вогню, правильне зберігання промаслених ганчірок, постійний контроль за зберіганням матеріалів, що можуть самозайматися, та інше.

Тактико-профілактичні заходи передбачають швидке реагування пожежних команд, забезпечення об'єктів первинними засобами вогнегасіння, а також підтримання водопровідної системи в постійно справному стані.

Заходи будівельно-конструктивного характеру застосовуються в процесі проектування та будівництва споруд, створення протипожежних конструкцій будівель, а також при конструюванні машин і обладнання.

4.1.2 Захисне заземлення

Ми виконуємо розрахунок захисного заземлення для бетонозмішувача з напругою $U=380\text{В}$ у трифазній мережі з ізольованою нейтраллю, використовуючи

такі дані:

- Грунт: суглинок з питомим електричним опором $\rho = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- Заземлювачі: сталеві труби діаметром $d=0.08 \text{ м}$ та довжиною $l=2.5 \text{ м}$, розташовані вертикально і з'єднані зварюванням сталевую половою $40\times 4 \text{ мм}$.

Спершу знаходимо опір одиночного вертикального заземлювача R_b , Ом, за формулою:

$$R_b = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi \cdot 1} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

Приймаємо $\psi=1.7$. Тоді розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикального заземлювача буде:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \cdot \psi = 400 \cdot 1.7 = 680 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Підставляємо значення:

$$R_b = \frac{680}{2\pi \cdot 2.5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2.25}{0.08} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2.05 + 2.5}{4 \cdot 2.05 - 2.5} \right) = 192 \text{ Ом}$$

Знаходимо розрахунковий опір ґрунту $\rho_{\text{розр}}$ при використанні з'єднувальної полоси у вигляді горизонтального електрода довжиною 50 м .

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \cdot \psi = 400 \cdot 5.9 = 2360 \text{ Ом}\cdot\text{м}. \text{ (При довжині полоси } 50 \text{ м } \psi=5.9).$$

Підставляємо значення:

$$R_{II} = 2\pi \cdot 50 \cdot 2360 \ln(0.042 \cdot 50) = 84 \text{ Ом}.$$

Визначаємо приблизну кількість n одиночних стрижневих заземлювачів за формулою:

$$n \approx R_r \cdot \eta_b R_b$$

де R_r - допустимий опір заземлення,

η_b - коефіцієнт використання.

Приймаємо допустимий опір $R_r=4 \text{ Ом}$ (як правило, для бетонозмішувачів у трифазній мережі з ізольованою нейтраллю).

$$n \approx 4 \cdot 1192 = 48 \text{ шт.}$$

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між суміжними заземлювачами, що дорівнює $2l$. Знаходимо дійсні значення коефіцієнтів використання:

$$\eta_b = 0.66 \text{ та } \eta_r = 0.39.$$

Знаходимо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$n = R_r \cdot \eta_b R_b = 3 \cdot 0.66192 \approx 73 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір заземлюючого пристрою R з урахуванням з'єднувальної полоси:

$$R = R_b \cdot \eta_r + R_{II} \cdot \eta_b R_b \cdot R_{II} = 192 \cdot 0.39 + 84 \cdot 0.66192 \cdot 84 \approx 3.91 \text{ Ом.}$$

Розрахунок виконано вірно, оскільки отриманий загальний опір $R = 3.91 \text{ Ом}$ менший або дорівнює допустимому опору $R_r = 4 \text{ Ом}$ ($3.91 < 4$).

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Оцінка стійкості будівельного об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху та заходи з її підвищення

Нові будівельні об'єкти мають проєктуватися з урахуванням вимог, що сприяють підвищенню їхньої стійкості до зовнішніх впливів. До ключових аспектів, що забезпечують підвищену стійкість інженерно-технічного комплексу, належать:

Споруди та будівлі необхідно розташовувати розосереджено, забезпечуючи достатні протипожежні розриви. Це запобігає поширенню вогню з одного об'єкта на інший, навіть без активного пожежогасіння. Адміністративні та допоміжні будівлі повинні бути відокремлені від основних виробничих цехів.

Найважливіші виробничі споруди рекомендується зводити заглибленими або зниженої висотності, з прямокутною формою в плані. Таке рішення зменшує їхню парусність, значно підвищуючи опірність ударній хвилі ядерного вибуху. Залізобетонні будівлі з металевими каркасами, залитими бетоном, демонструють високу стійкість. Для захисту від світлового випромінювання у новобудовах слід застосовувати вогнестійкі матеріали та проводити вогнезахисну обробку горючих елементів. У кам'яних будівлях перекриття повинні бути виконані з армованого бетону або бетонних плит. Великі за розмірами споруди доцільно розділяти на секції негорючими стінами. В окремих випадках під час проєктування та

будівництва промислових об'єктів необхідно передбачати можливість герметизації приміщень для захисту від радіоактивного пилу. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості та продовольчих складів.

Функціональність душових: проєкт душових приміщень має передбачати їхнє використання для санітарної обробки персоналу у разі надзвичайної ситуації.

Транспортна мережа: дороги на території об'єкта повинні мати тверде покриття, забезпечуючи зручне та найкоротше сполучення між виробничими будівлями, спорудами та складами. На територію об'єкта необхідно облаштувати щонайменше два в'їзди з різних напрямків.

Системи каналізації: побутова та виробнича каналізація повинна мати мінімум два випуски в міські мережі, а також передбачати пристрої для аварійних скидів у спеціально підготовлені місця (наприклад, котловани, яри, траншеї).

Оцінка стійкості ключових елементів інженерно-технічного комплексу, що визначають функціонування господарського об'єкта, полягає у виявленні потенційних руйнувань кожного елемента та ідентифікації найбільш вразливих частин. Під час оцінки ефективності захисту працівників у разі потужного вибуху визначають можливу кількість уражених та характер травм на території об'єкта. Оцінка стійкості систем управління та постачання (електроенергія, газ, вода, сировина, комплектуючі тощо) включає визначення ступеня їхнього порушення при вибуху. Крім того, оцінюється готовність господарського об'єкта до відновлювальних робіт. Остаточний висновок про стійкість об'єкта формується після аналізу всіх отриманих даних. Якщо всі основні елементи інженерно-технічного комплексу та систем об'єкта виявляються стійкими, і прогнозована кількість постраждалих є незначною, то функціонування господарського об'єкта вважається стійким під час вибуху. Якщо ж хоча б один ключовий елемент або система виявляється за прогнозом нестійкими, робота об'єкта в цілому визнається нестійкою. Аналогічний висновок робиться, якщо внаслідок вибуху можливі значні втрати або загибель працівників.

4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків потенційної НС на будівельному об'єкті

Оцінка ситуації – це процес визначення ступеня ураження об'єкта чи території, прогнозування можливих обсягів збитків, а також аналіз впливу вторинних факторів на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РiНР) в осередку надзвичайної ситуації (НС). Ці параметри залежать від конкретних обставин виникнення або загрози НС у мирний чи воєнний час.

Залежно від часу проведення, оцінка ситуації може бути: завчасна, планова, термінова.

У мирний час, відповідно до Закону України «Про страховий фонд документації», по всій території України проводиться моніторинг потенційно небезпечних об'єктів та явищ, що можуть спричинити НС. Попередня оцінка обстановки може здійснюватися за топографічною картою району, де існує загроза або виникла надзвичайна ситуація. На основі цих досліджень розробляються плани дій на випадок загрози або виникнення НС, які детально описують можливі наслідки та методи їх подолання – зменшення жертв, пошкоджень, руйнувань тощо.

Оцінка ситуації дозволяє визначити:

- Характер та обсяг руйнувань і пошкоджень, завдані збитки та втрати.
- Види аварійно-рятувальних робіт та їхній потенційний обсяг.
- Радіаційну, хімічну, інженерну, пожежну та інші характеристики обстановки, а також їхній вплив на виконання завдань.
- Найбільш ефективні напрямки для пересування та залучення сил цивільного захисту (ЦЗ) до осередку ураження.
- Місце розташування, стан та забезпеченість сил ЦЗ, а також їхні можливості щодо виконання завдань.
- Вплив вторинних факторів ураження, погодних умов, пори року та доби, а також особливості місцевості.

За результатами аналізу оцінки обстановки приймається рішення про

проведення РіНР в осередках ураження або на території, що постраждала від НС.

Рішення щодо виконання завдань з локалізації та ліквідації наслідків НС включає:

- Визначення пріоритетних напрямків для зосередження зусиль сил та засобів.
- Порядок проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередку ураження або події.
- Організація зв'язку та управління під час проведення РіНР.
- Порядок взаємодії залучених сил і засобів.
- Планування тривалості проведення РіНР.

Форми та методи оцінки ситуації при загрозі або виникненні НС залежать перш за все від виду надзвичайної ситуації.

До місця загрози або виникнення НС терміново виїжджає мобільно-оперативна група у складі фахівців з різних галузей.

Мета роботи цієї групи на місці НС:

- Обстеження місця виникнення НС, визначення її характеру, обсягів та пошкоджень.
- Надання, за необхідності, першої медичної допомоги постраждалим.
- Визначення попередніх обсягів втрат (площі постраждалої території).
- Підготовка пропозицій щодо першочергових заходів та обсягів робіт з локалізації та ліквідації (мінімізації) наслідків НС.
- Координація дій служб на місці НС.

Під обстановкою розуміють сукупність наслідків НС, що впливають на нормальну життєдіяльність, виробничу діяльність та дії сил при локалізації та ліквідації наслідків НС.

Аналіз пожежної небезпеки та захисту технологічних процесів здійснюється поетапно. Він передбачає вивчення технологій виробництва, оцінку пожежонебезпечних властивостей речовин, виявлення можливих причин виникнення пожеж та розробку заходів щодо їхнього запобігання.

Під пожежною обстановкою розуміють сукупність наслідків впливу

вражаючих факторів НС, що призводять до виникнення пожеж, які впливають на життєдіяльність людей.

Для оцінки пожежної обстановки необхідно здійснити такі заходи:

- Визначити вид, масштаб та характер пожежі.
- Проаналізувати вплив пожежі на стійкість окремих елементів та об'єкта в цілому, а також на життєдіяльність населення.
- Вибрати найдоцільніші дії пожежних підрозділів та формувань ЦЗ для локалізації та гасіння пожежі, а також для евакуації людей та матеріальних цінностей із зони пожежі, за необхідності.

Основною причиною виникнення пожеж є необережне поводження з вогнем та порушення правил пожежної безпеки. Крім того, вони можуть бути спричинені природними явищами (грозові розряди, землетруси, виверження вулканів, самозаймання торфу), а також навмисними діями (підпал, вибух).

Межа вогнестійкості, що вимірюється в годинах, характеризує здатність несучих конструкцій протистояти вогню без обвалів, значних прогинів, тріщин або отворів, через які проникають продукти горіння.

Вона становить для будівель:

- I ступеня вогнестійкості – понад 2 години;
- II ступеня – до 2 годин;
- III ступеня – 1.5 години;
- IV ступеня – 1 година.

За категоріями вибухонебезпечності будівлі поділяються на п'ять категорій: Категорії А і Б – вибухо пожежонебезпечні, В, Г, Д – пожежонебезпечні.

Пожежа характеризується видом, масштабом або щільністю, швидкістю розвитку та поширення, інтенсивністю теплового випромінювання, тривалістю горіння, температурою горіння, а також зоною задимлення.

Типи пожеж: окремі, масові, суцільні, вогневий шторм, лісові, степові, торф'яні, тління, горіння в завалах.

Розвиток і швидкість поширення пожеж визначаються ступенем вогнестійкості будівлі, відстанню між спорудами, щільністю забудови,

метеорологічними умовами та порою року.

Розвиток пожеж, незалежно від їхніх розмірів та місця виникнення, відбувається за однією загальною схемою і поділяється на три фази:

– I фаза: Поширення полум'я від початкового джерела до охоплення значної частини горючих матеріалів. Ця фаза характеризується спочатку відносно невисокою температурою та помірною швидкістю поширення вогню, тому пожежа може бути ліквідована протягом перших 15-20 хвилин обмеженими засобами. Тривалість фази може становити до 2 годин, залежно від вогнестійкості будівель.

– II фаза: Стаціонарне горіння до моменту обвалення конструкцій. Тривалість цієї фази – від 1 до 4 годин.

– III фаза: Додаткове вигорання матеріалів у завалених конструкціях при низьких швидкостях горіння та теплового випромінювання. Тривалість цієї фази – від 2 до 5 годин.

Залежно від масштабів пожеж застосовують відповідну тактику боротьби та залучають необхідні сили і засоби. Це є окремою, обширною темою для вивчення.

Отже, ефективна оцінка ситуації при виникненні надзвичайних подій вимагає значних знань, умінь і навичок, а також досвіду проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження.

4.3 Висновок за розділом 4

Цей розділ всебічно висвітлює критично важливі аспекти безпеки праці та захисту в надзвичайних ситуаціях на будівельному майданчику, що є запорукою збереження життя та здоров'я працівників, а також забезпечення цілісності об'єкта.

Розділ детально розглядає заходи з охорони праці та пожежної безпеки. Особливу увагу приділено організації будівельного майданчика, включаючи облаштування огорожень, дорожніх знаків, схем руху транспорту та обмеження швидкості. Підкреслено важливість безпеки на висотних роботах, правильного

використання риштувань та вентиляційних систем. Окремо виділено комплекс організаційних, технічних, режимних та тактико-профілактичних заходів пожежної безпеки, спрямованих на запобігання пожежам та мінімізацію їхніх наслідків, а також аналіз типових причин виникнення займань. Проведений розрахунок захисного заземлення для бетонозмішувача підтверджує відповідність електробезпеки встановленим нормативам ($R=3.91 \text{ Ом} < R_r=4 \text{ Ом}$).

У частині, присвяченій безпеці в надзвичайних ситуаціях, висвітлено питання стійкості будівельного об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху. Описані ключові аспекти проєктування, що підвищують стійкість будівель, такі як розосереджене розміщення, знижена висотність, використання вогнестійких матеріалів та можливість герметизації приміщень. Представлено методологію оцінки стійкості, що включає аналіз потенційних руйнувань та ефективності захисту працівників. Також детально розглянуто оцінку масштабу, розмірів втрат та інших наслідків потенційних надзвичайних ситуацій. Підкреслено важливість завчасного та планового моніторингу потенційно небезпечних об'єктів, розробки планів дій та організації аварійно-рятувальних робіт. Представлено фази розвитку пожеж та фактори, що впливають на їхнє поширення.

Підсумовуючи, цей розділ підкреслює комплексний та багатогранний підхід до забезпечення безпеки на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта – від його зведення до потенційних кризових подій. Дотримання викладених норм, правил та заходів є критично важливим для мінімізації ризиків, захисту персоналу та забезпечення сталості функціонування об'єкта в будь-яких умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Ця кваліфікаційна робота присвячена комплексному архітектурно-будівельному проєктуванню дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Луцьку, що відображає актуальність та значущість сучасного житлового будівництва в умовах урбанізації та зростаючих вимог до комфорту й безпеки.

У вступі обґрунтовано вибір теми, підкреслено історичний контекст розвитку житлової архітектури в Україні та актуальність зведення багатоповерхівок середньої поверховості в Луцьку. Сформульована мета роботи – розроблення проєкту, що відповідає чинним ДБН та враховує естетичні, функціональні, конструктивні та екологічні аспекти.

Розділ 1 "Теоретичний" розкриває сучасні підходи до проєктування багатоповерхових житлових будинків, акцентуючи увагу на таких ключових критеріях, як функціональність, адаптивність, комфортність, енергоефективність, екологічна відповідальність, надійність та ремонтпридатність конструкцій, а також технологічність будівництва. Особлива увага приділяється інтеграції цифрових технологій, зокрема BIM (Building Information Modeling). Висвітлено принципи функціонування BIM, його численні переваги на всіх етапах життєвого циклу об'єкта (проєктування, будівництво, експлуатація), а також окреслені поточні обмеження та майбутні напрямки розвитку цієї інноваційної методології.

У Розділі 2 "Архітектурно-будівельний" представлено детальну інформацію про район та ділянку будівництва, включаючи кліматичні та інженерно-геологічні умови, що є визначальними для вибору конструктивних рішень. Розроблено генеральний план забудови, який враховує розташування інженерних мереж, організацію руху транспорту, площу забудови та озеленення. Надано експлікацію майданчиків, а також побудовано розу вітрів для міста Луцька. Представлені архітектурно-планувальні рішення будівлі, що вміщує 72 квартири різних типів, забезпечуючи комфортні умови проживання.

У Розділі 4 "Безпека життєдіяльності, основи охорони праці" глибоко проаналізовано заходи з охорони праці та пожежної безпеки на будівельному

майданчику. Детально описано вимоги до огорожень, організації руху транспорту, безпеки висотних робіт та використання риштувань. Особливу увагу приділено комплексу заходів пожежної профілактики та активного пожежного захисту, включаючи організаційні, технічні та режимні заходи. Проведено розрахунок захисного заземлення для електрообладнання, що підтверджує його відповідність нормативним вимогам. Також здійснено оцінку стійкості будівельного об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху та розглянуто заходи з підвищення цієї стійкості. Детально описано оцінку масштабу та наслідків потенційних надзвичайних ситуацій, підкреслюючи важливість завчасного планування та ефективного реагування.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі представлено комплексний, системний та практично орієнтований підхід до проєктування та зведення дев'ятиповерхового житлового будинку. Розглянуті рішення відповідають сучасним вимогам енергоефективності, комфорту, безпеки та екологічності, що є критично важливим для сталого розвитку міської інфраструктури. Запропонований проєкт є економічно обґрунтованим, технологічно доцільним та адаптованим до регіональних умов, демонструючи високий рівень підготовки та здатності застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних завдань у галузі будівництва.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.
2. Мещерякова ОМ, Ясній ВП. Вім: ефективний інструмент для реконструкції будівель та споруд. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2022(18):61-70.
3. Meshcheryakova, O. (2022). Виклики цифрової трансформації в архітектурно-будівельної галузі–ВІМ спеціалісти. SWorldJournal, (13-01), 43-47.
4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 (Чинний від 2011-01-11)- К.: Мінбуд України, 2011-123 с.- (Національні стандарти України).
5. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Чинний з 01.10.2019. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802 (дата звернення: 10.06.2025).
6. Ігнат'єва, В. Б., & Мещерякова, О. М. (2023). Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Планування та благоустрій сельбищних територій».
7. Мещерякова, О. М. (2023). Методичний посібник до виконання курсового проекту з курсу «Архітектура будівель і споруд». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А.
8. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Чинний з 01.12.2019. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_15_2015_zhitlovi_budinki_osnovni_polozhennja/1-1-0-1184 (дата звернення: 10.06.2025).
9. ДБН В.2.6-17:2018. Вікна та двері. Загальні технічні умови. Чинний з 01.10.2018. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_6_17_2018_vikna_ta_dveri_zagalni_tekhnichni_umovi/1-1-0-1647

10. Ignatyeva, V. B. (2018). Window system with increased thermal protection properties. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations, (35), 44-49.

11. Ігнат'єва В.Б. Віконна система / В.Б. Ігнат'єва. Патент на корисну модель № 136285, Україна, МПК (2020) E06B 3/00, МПК (2006) E06B 3/68. Заявка № u 201902231; заявл. 05.03.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15.

12. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Чинний з 01.10.2018. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-257> (дата звернення: 10.06.2025).

13. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі. Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” (Materials of VIII-th international scientific practical internet-conference “Problems and prospects of automobile transport”). 14-15 квітня 2020 року: збірник наукових праць. / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 158 – 165. ISBN 978-966-641-793-3. URL: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2020.pdf>.

14. 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.

15. В. Б. Ігнат'єва і С. М. Данильченко, «Шляхи створення безпечного середовища для переміщення на дорогах загального користування в межах населених пунктів», СучТехнБудів, вип. 37, вип. 2, с. 26–29.

16. Ігнат'єва, В., Карпа, Ю., & Луців, М. (2023). Вдосконалення замкового механізму кришки люка оглядового колодязя як захід зменшення вуличного травматизму. Grail of Science, (29), 399–403. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.07.2023.068>

17. 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.

18. Барановський, В. (2023). Методика рішення транспортних задач у вигляді мережевої моделі. Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 289-290.

19. Барановський В. М.. Перспективи розвитку виробничих логістичних систем//Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., К.: Вид. центр НУБІП України, С. 545–548

20. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель (зі зміною №1 ДБН В.2.6-31:2021). Чинний з 01.09.2022. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-13> (дата звернення: 10.06.2025).

21. 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.

22. Ігнат'єва, В. Б., & Текін, Е. О. (2019). Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель. ЛОГОС. Мистецтво наукової думки.

23. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Чинний з 01.01.2007 (зі змінами №1 та №2). URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-753> (дата звернення: 10.06.2025).

24. Ігнат'єва, В. Б. (2021). Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди». Частина I: Будівельні конструкції і будівлі (для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання.

25. Конончук О.П. «Залізобетонні та кам'яні конструкції»: конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. Частина 1 / укладачі : О.П. Конончук, Й.Й. Лучко. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 221 с.

26. Ігнатська, В. Б., & Шинкляр, Н. В. (2019, October). Аналіз способів посилення залізобетонних будівельних конструкцій. In *Scientific discoveries: projects, strategies and development*. European Scientific Platform.

27. Pidgurskyi M., Pidgurskyi I., Stashkiv M., Ihnatieva V., Danylchynko S., Bykiv D., Pidluzhnyi O. (2023) Peculiarities of studying the stress-strain state of structural steel perforated beams using the finite element method. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 111, no 3, pp. 126–138.

28. Конончук, О. П. (2012). Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр.–Рівне: НУВГП, 479-486.

29. Мариновський В.М. Застосування монолітних багатопустотних перекриттів у громадських будівлях / В.М. Мариновський, М.І. Гудь, Г. М. Крамар// Актуальні задачі сучасних технологій: IX міжнар. науково-техн. конф., 25–26 листопада 2020 р., Тернопіль: тези доповідей. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 94.

30. Ігнатська, В. (2019). Посилення несучих конструкцій фіброармованими системами та сталевими конструкціями. Матеріали XXI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 102-104.

31. Сорочак, А. П. (2018). Програмне забезпечення інженерних розрахунків. Конспект лекцій для студентів спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" всіх форм навчання.

32. Бодрова Л.Г. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство, розділ Матеріалознавство: Нав. пос. / Л.Г. Бодрова, Г.М. Крамар, Я.О. Ковальчук, І.В. Коваль – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 157 с.

33. ДБН В.1.2-7:2021. Система забезпечення надійності та безпеки в будівництві. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Чинний з 01.10.2021. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/v_1_2_7/1-1-0-1958 (дата звернення: 10.06.2025).

34. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Чинний з 01.06.2011 (зі Зміною №1 від 16.01.2020). URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200410998024438840 (дата звернення: 10.06.2025).

35. Ігнат'єва В. Б. (2020). Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя (с. 269). 14-15 травня 2020, Тернопіль, Україна.

36. 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.