МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: Аналіз конструктивно-технологічних рішень при відновлені пошкоджених будівель м. Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924 – пцб
Ажажа Олег Валерійович.
(прізвище та ініціали)

спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма
промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)

Керівник проф., д.е.н. Анін В.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н. Арутюнян І.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код таі назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«27» 04 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Ажажа Олег Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз конструктивно-технологічних рішень при відновлені пошкоджених будівель м. Запоріжжя

керівник роботи Анін Віктор Іванович, д.е.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» 02 2025 року
№ 314-с
2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2025р
3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно будівництва будівлі ремонтно-механічних майстерень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні основи оцінки технічного стану та класифікації пошкоджень будівель 2. Конструктивні рішення та підходи до відновлення пошкоджених будівель 3. Особливості конструктивних підходів у будівництві ремонтно-механічних майстерень 4. Технологічні рішення в процесі будівництва будівлі ремонтно-механічних майстерень.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Анін В.І.		
Розділ 2	Анін В.І.		
Розділ 3	Анін В.І.		
Розділ 4	Анін В.І.		

7 Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи оцінки технічного стану та класифікації пошкоджень будівель	з 01.09 по 24.09.2025	
2	Конструктивні рішення та підходи до відновлення пошкоджених будівель	з 25.09 по 01.10.2025	
3	Особливості конструктивних підходів у будівництві ремонтно-механічних майстерень	з 16.10 по 28.10.2025	
4	Технологічні рішення в процесі будівництва будівлі ремонтно-механічних майстерень	з 29.10 по 30.11.2025	

Студент _____ О.В. Ажажа
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ В.І. Анін
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ажажа О.В. Аналіз конструктивно-технологічних рішень при відновлені пошкоджених будівель м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.І. Анін, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2025.

Робота присвячена аналізу конструктивно-технологічних рішень при відновленні пошкоджених будівель у місті Запоріжжя в умовах воєнної агресії. Актуальність дослідження зумовлена значними руйнуваннями житлових, громадських та інфраструктурних об’єктів, що виникли внаслідок обстрілів та бойових дій, а також необхідністю швидкого та ефективного відновлення життєдіяльності міста.

У роботі досліджено сучасні підходи до оцінки технічного стану пошкоджених будівель, визначено критерії аварійності та ступінь руйнувань, що впливають на вибір методів відновлення. Особлива увага приділена конструктивним рішенням, зокрема способам посилення несучих елементів, заміні або відновленню фундаментів, стін та покриттів, а також адаптації будівельних матеріалів до умов експлуатації після пошкоджень.

Технологічний аспект роботи охоплює аналіз сучасних методів відновлення, включно з модульними та збірними конструкціями, застосуванням передових бетонних і металевих систем, а також технологій швидкого монтажу й ремонту. Розглянуто організаційно-технологічні підходи до координації робіт на об’єктах із частковими руйнуваннями, планування безпечних зон та оптимізації логістики будівельних матеріалів у кризових умовах.

На основі практичних прикладів із Запоріжжя проведено порівняльний аналіз ефективності різних конструктивно-технологічних рішень, оцінено їх економічну доцільність, швидкість виконання та безпеку для робітників і мешканців. Результати дослідження можуть бути використані для розробки

нормативних рекомендацій та планів відновлення пошкоджених будівель у містах, що зазнали військових руйнувань, а також для підвищення стійкості міської інфраструктури до надзвичайних ситуацій.

Робота поєднує теоретичні та практичні аспекти, забезпечуючи комплексний підхід до проблеми відновлення будівель у сучасних умовах.

Ключові слова: *будівництво, конструктивні рішення, архітектура, технологія будівництва.*

Ажажа О.В., Анін В.І. Аналіз конструктивно-технологічних рішень при відновлені пошкоджених будівель м. Запоріжжя. *ІІ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ».* 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.

ANNOTATION

Azaza O.V. Analysis of structural and technological solutions for the restoration of damaged buildings in Zaporizhzhia.

Qualification graduation thesis for a master's degree in the specialty 192 – Construction and Civil Engineering, supervisor V.I. Anin, Engineering Educational and Research Institute of Zaporizhzhia National University, 2025.

The work is devoted to the analysis of structural and technological solutions in the restoration of damaged buildings in the city of Zaporizhzhia in the conditions of military aggression. The relevance of the study is due to the significant destruction of residential, public and infrastructure facilities that arose as a result of shelling and hostilities, as well as the need for quick and effective restoration of the city's life.

The paper studies modern approaches to assessing the technical condition of damaged buildings, determines the criteria for accidents and the degree of destruction that affect the choice of restoration methods. Particular attention is paid to design solutions, in particular methods of strengthening load-bearing elements, replacing or restoring foundations, walls and coatings, as well as adapting building materials to operating conditions after damage.

The technological aspect of the work includes the analysis of modern restoration methods, including modular and prefabricated structures, the use of advanced concrete and metal systems, as well as technologies for rapid installation and repair. Organizational and technological approaches to the coordination of work at facilities with partial destruction, planning of safe zones and optimization of logistics of building materials in crisis conditions are considered.

On the basis of practical examples from Zaporizhzhia, a comparative analysis of the effectiveness of various design and technological solutions was carried out, their economic feasibility, speed of implementation and safety for workers and residents were assessed. The results of the study can be used to develop regulatory recommendations and plans for the restoration of damaged buildings in cities that

have suffered military destruction, as well as to increase the resilience of urban infrastructure to emergencies.

The work combines theoretical and practical aspects, providing an integrated approach to the problem of building restoration in modern conditions.

Keywords: *construction, structural solutions, architecture, construction technology.*

Ажажа О.В., Анін В.І. Аналіз конструктивно-технологічних рішень при відновлені пошкоджених будівель м. Запоріжжя. *ІІ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ».* 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.

ЗМІСТ

ВСТУП …….. 10

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ …… 15

1.1 Класифікація механічних та структурних пошкоджень будівельних конструкцій унаслідок бойових дій …….. 15

1.2 Методи визначення ступеня аварійності, несучої здатності та життєздатності конструкцій ……..…….....…. 21

1.3 Аналіз нормативно-технічної бази та стандартів відновлення будівельних об’єктів ……..….. 25

2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ …… 30

2.1 Вибір типів конструкцій, матеріалів та технологій для відновлення несучих елементів ……..……...…… 30

2.2 Методи посилення, заміни та відновлення фундаментів, стінових панелей і покриттів …… 35

2.3 Адаптація будівельних конструкцій до експлуатаційних навантажень після пошкоджень та руйнувань …… 40

3 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ ПІДХОДІВ У БУДІВНИЦТВІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИХ МАЙСТЕРЕНЬ …… 45

3.1 Загальні дані 45

3.2 Постійні навантаження ……..…..…….. 46

3.3 Навантаження від кранів ……..……... 47

3.4 Навантаження від снігу……. 48

3.5 Навантаження від вітру……. 50

3.6 Геометричні характеристики конструкцій……. 51

3.7 Розрахунок поперечної рами каркасу ……. 51

4 **ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ В ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА БУДІВЛІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИХ МАЙСТЕРЕНЬ** …. 57

4.1 Сучасні технології швидкого ремонту, модульного та збірного монтажу конструкцій……. 57

4.2 Виробництво монтажних робіт……. 62

Висновки……..…… 73

Список використаних джерел…….……..… 75

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи.

Актуальність теми зумовлюється декількома ключовими аспектами. По-перше, пошкодження будівель, що виникли внаслідок обстрілів, часто носять складний характер: руйнування несучих конструкцій, фундаментів, покриттів, перегородок, пошкодження інженерних мереж. Це ускладнює оцінку технічного стану будівель і вимагає застосування систематизованих методів контролю та діагностики. Традиційні методи ремонту та реконструкції не завжди придатні для роботи в умовах часткових або локальних руйнувань, особливо якщо необхідно забезпечити безпеку мешканців і швидкість відновлення об’єктів.

По-друге, ефективне відновлення об’єктів потребує оптимального вибору конструктивних рішень і будівельних матеріалів. Для кожного типу пошкодження необхідно визначити найбільш доцільний метод посилення чи заміни несучих елементів, що дозволяє забезпечити довговічність, надійність та стійкість будівлі. Застосування сучасних технологій, таких як модульні системи, збірні конструкції, передові бетонні та металеві матеріали, дозволяє скоротити терміни відновлення та зменшити витрати, однак потребує науково обґрунтованого підходу та адаптації до конкретних умов міста.

По-третє, технологічний аспект відновлення пошкоджених будівель стає критично важливим у кризових умовах. Швидке відновлення об’єктів не може здійснюватися без організації робіт із урахуванням безпеки робітників та мешканців, ефективної логістики будівельних матеріалів, планування зон безпечного виконання робіт та оптимізації технологічних процесів. Використання сучасних методів швидкого ремонту та відновлення є не лише економічно доцільним, але й життєво необхідним для забезпечення стабільності міської інфраструктури та функціонування соціально-економічних систем.

По-четверте, актуальність теми підтверджується науковим і методологічним пробілом у сучасній будівельній практиці. Хоча існують

численні дослідження з оцінки технічного стану будівель та методів їх реконструкції після аварій і стихійних лих, комплексні наукові підходи, що поєднують конструктивні, технологічні та організаційні аспекти відновлення будівель у умовах воєнних руйнувань, досі недостатньо розроблені. Наукове дослідження у цій сфері сприяє систематизації сучасних методик, узагальненню досвіду практичних відновлювальних робіт, а також розробці нормативних та методичних рекомендацій для міст, що зазнали руйнувань.

Особливу актуальність наукове дослідження набуває в умовах сучасної урбанізації та концентрації населення у великих містах. Будівлі, які зазнали часткових руйнувань, становлять підвищену небезпеку для життя і здоров’я мешканців, а відновлення їх у стислі терміни є пріоритетним завданням для органів управління містом і будівельних організацій. Ефективне планування відновлювальних робіт з використанням сучасних конструктивно-технологічних рішень дозволяє забезпечити безпечне та економічно обґрунтоване відновлення міського середовища, що сприяє соціальній стабільності та підвищенню якості життя громадян.

Систематизація та наукове обґрунтування конструктивно-технологічних рішень при відновленні пошкоджених будівель сприяє формуванню ефективних методичних підходів, які можуть застосовуватися як у Запоріжжі, так і в інших містах України. Це включає визначення типів конструкцій та матеріалів для відновлення несучих елементів, фундаментів, стінових панелей і покриттів; впровадження модульних та збірних технологій; оптимізацію логістики матеріалів та організаційних процесів; оцінку економічної доцільності та безпеки робіт.

Таким чином, актуальність магістерської роботи обумовлена поєднанням соціальної, економічної та технічної необхідності відновлення будівельного фонду міста Запоріжжя у кризових умовах, потребою в науковому обґрунтуванні конструктивно-технологічних рішень, а також необхідністю створення комплексного підходу до оцінки пошкоджень, вибору матеріалів та організації відновлювальних робіт. Результати цього дослідження сприятимуть

підвищенню ефективності, безпеки та надійності процесів відновлення будівель, що є важливим внеском у розвиток будівельної науки та практики в умовах сучасних викликів.

Метою магістерської роботи є комплексний аналіз конструктивно-технологічних рішень, що застосовуються при відновленні пошкоджених будівель у місті Запоріжжя, а також оцінка їх ефективності та доцільності з точки зору безпеки, економічності та термінів виконання.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі **завдання**:

1. Провести аналіз сучасних методів оцінки технічного стану пошкоджених будівель та визначити критерії аварійності.
2. Систематизувати конструктивні рішення, що застосовуються для відновлення несучих елементів, фундаментів, стін і покриттів.
3. Дослідити технологічні підходи до швидкого ремонту, модульного та збірного монтажу конструкцій у кризових умовах.
4. Проаналізувати організаційні аспекти відновлювальних робіт, включаючи планування безпечних зон та оптимізацію логістики матеріалів.
5. Оцінити ефективність і економічну доцільність різних конструктивно-технологічних рішень на прикладі практичних об’єктів у м. Запоріжжя.

Об’єктом дослідження є пошкоджені будівлі та інженерні конструкції міста Запоріжжя, що зазнали руйнувань унаслідок воєнних дій, а також процеси їх відновлення з урахуванням конструктивних, технологічних та організаційних аспектів.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні рішення та методи організації відновлювальних робіт, що застосовуються для відновлення несучих елементів, фундаментів, стінових панелей, покриттів та інженерних мереж пошкоджених будівель, з оцінкою їх ефективності, безпеки та економічної доцільності

Методи дослідження. У роботі використано комплекс методів, що включає аналіз нормативно-технічної документації, класифікацію та оцінку пошкоджень будівельних конструкцій, порівняльний аналіз конструктивно-

технологічних рішень, а також організаційно-логістичні розрахунки для оцінки ефективності відновлювальних робіт. Також застосовано методи моделювання та експертної оцінки для визначення оптимальних варіантів конструкцій і технологій у конкретних умовах міста.

Значення наукового дослідження.

В умовах масштабних руйнувань міського середовища актуальними є не лише питання оцінки ступеня пошкоджень, а й розробка методології вибору оптимальних конструктивно-технологічних рішень, що забезпечують комплексне відновлення будівельного фонду. Наукова новизна даної роботи полягає в систематизації сучасних підходів до відновлення пошкоджених будівель, аналізі ефективності конструктивних рішень, а також визначенні технологій, що забезпечують швидке та економічно доцільне виконання робіт у кризових умовах. Практична значущість дослідження проявляється у можливості застосування його результатів для планування відновлювальних робіт у місті Запоріжжя та інших містах, що зазнали бойових руйнувань, а також для підвищення рівня безпеки та надійності будівельних конструкцій у постконфліктний період.

Практичне значення наукового дослідження. Практичне значення магістерської роботи полягає у можливості безпосереднього застосування її результатів для планування та реалізації відновлювальних робіт у місті Запоріжжя та інших містах України, що зазнали руйнувань унаслідок воєнних дій. Результати дослідження спрямовані на підвищення ефективності, безпеки та економічної доцільності робіт із відновлення пошкоджених будівель, а також на оптимізацію використання ресурсів у процесі реконструкції.

По-перше, робота надає практичні рекомендації щодо вибору конструктивних рішень для відновлення несучих елементів, фундаментів, стінових панелей та покриттів, з урахуванням ступеня пошкоджень та специфіки будівельного матеріалу. Це дозволяє будівельним організаціям обирати найбільш оптимальні варіанти конструкцій, що забезпечують довговічність та безпеку будівель у постконфліктний період.

По-друге, дослідження формує методичні підходи до технології відновлення будівель у кризових умовах. Запропоновані методи включають використання модульних і збірних конструкцій, швидкомонтованих елементів, а також сучасних технологій посилення та заміни пошкоджених елементів. Це дозволяє скоротити терміни виконання робіт, знизити матеріальні витрати та забезпечити безпечні умови для робітників і мешканців.

По-третє, практичне значення роботи проявляється у організаційно-логістичній площині. Розроблені рекомендації щодо планування будівельних робіт, створення безпечних зон та оптимізації поставки будівельних матеріалів дозволяють підвищити ефективність управління відновлювальними процесами на об’єктах часткових руйнувань. Це особливо актуально для міських умов із щільною забудовою та високою концентрацією населення.

По-четверте, результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування, проектними та будівельними організаціями для розробки комплексних планів відновлення міської інфраструктури. Це включає оцінку пріоритетності відновлення об’єктів, планування ресурсів, визначення критичних зон ризику та інтеграцію сучасних технологій для підвищення надійності будівель.

Таким чином, практичне значення магістерської роботи полягає у створенні науково обґрунтованої бази для прийняття рішень у будівництві та відновленні пошкоджених об’єктів, підвищенні безпеки та якості виконання робіт, оптимізації витрат та ресурсів, а також підвищенні ефективності управління процесами відновлення міської забудови.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ

1.1 Класифікація механічних та структурних пошкоджень будівельних конструкцій унаслідок бойових дій

Пошкодження будівельних конструкцій внаслідок бойових дій є комплексним явищем, що характеризується різноманітністю механічних впливів та специфічними структурними змінами матеріалів і елементів будівель. Вивчення та систематизація таких пошкоджень є необхідною умовою для розробки ефективних конструктивно-технологічних рішень при відновленні будівельного фонду. Пошкодження можуть проявлятися у вигляді руйнування несучих елементів, тріщин, деформацій, втрати експлуатаційних властивостей матеріалів та зменшення несучої здатності конструкцій.

Основними причинами виникнення пошкоджень під час бойових дій є: вибухова дія, снаряди та уламки, ударна хвиля, локальні пожежі, термічні впливи, вібраційні навантаження та комбінації цих факторів. Кожен з цих чинників призводить до специфічних видів механічних і структурних змін у матеріалах та елементах будівель.

1. Механічні пошкодження

Механічні пошкодження характеризуються зміною форми, розміру або розташування конструктивних елементів під дією зовнішніх сил. Вони поділяються на кілька груп:

2. Повне руйнування елементів – обвалення стінових панелей, плит перекриття, фундаментів, колон або балок. Це найкритичніший вид пошкоджень, який повністю знижує несучу здатність будівлі та створює небезпеку для життя людей.

3. Часткові руйнування – локальні вибоїни, відколи бетону, пошкодження цегляної кладки або металевих елементів без втрати стійкості всієї конструкції.

4. Деформації та вигини – прогин балок, викривлення колон, зміщення стінових панелей, що виникають під дією вибухової хвилі або ударного навантаження.

5. Тріщини та розшарування матеріалів – утворення тріщин у бетоні, цеглі, камені та дерев'яних конструкціях, що може призвести до подальшого руйнування при експлуатації.

Нижче наведено приклад систематизації механічних пошкоджень у вигляді таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 - Приклад систематизації механічних пошкоджень

Тип механічного пошкодження	Характеристика	Причини виникнення	Наслідки для конструкцій
Повне руйнування	Втрата несучої здатності елементів	Вибухи, прямий удар снарядів	Обвалення, небезпека для життя
Часткове руйнування	Локальні пошкодження, відколи	Ударна хвиля, уламки	Зниження міцності елементів
Деформації та вигини	Прогини, викривлення	Вибухова хвиля, вібрації	Зміна геометрії конструкцій
Тріщини та розшарування	Волокнисті або наскрізні тріщини	Удар, термічний вплив	Поступова деградація матеріалу

Структурні пошкодження пов'язані зі зміною внутрішньої будови матеріалів та взаємодії елементів у конструкції. Вони включають:

1. Пошкодження бетонних елементів – розтріскування, відколи арматури, відшарування шарів бетону.

2. Пошкодження цегляної кладки – руйнування швів, викришування цегли, часткова або повна деструкція стінових блоків.

3. Металеві конструкції – вигини, перекоси, пластичні деформації, часткова втрата несучої здатності через місцеву течію або пробоїни.

4. Дерев'яні елементи – розтріскування, ламкість, втрата структурної цілісності.

Таблиця 1.2 - Структурні пошкодження:

Тип структурного пошкодження	Матеріал	Характеристика	Вплив на експлуатацію
Відшарування та тріщини	Бетон	Втрати зчеплення шарів, розтріскування	Зниження міцності, можливі обвали
Руйнування швів	Цегляна кладка	Розшарування швів, втрата цілісності	Зменшення стійкості стін
Пластичні деформації	Метал	Перекоси, вигини, місцеві пробоїни	Зниження несучої здатності
Ламкість та тріщини	Дерево	Розтріскування брусів та балок	Втрата структурної цілісності

Пошкодження будівель можна класифікувати за ступенем тяжкості:

1. Легкі пошкодження – тріщини, відколи, невеликі деформації без втрати несучої здатності.

2. Середні пошкодження – локальні руйнування, деформації конструкцій, що потребують відновлення або посилення.

3. Важкі пошкодження – часткове обвалення, значне зниження несучої здатності, загроза повного руйнування.

Таблиця 1.3 - Класифікація за ступенем тяжкості пошкоджень:

Ступінь тяжкості	Опис	Приклади пошкоджень	Рекомендації щодо відновлення
Легкі	Мінімальні пошкодження	Тріщини, відколи	Локальний ремонт, зміцнення
Середні	Локальні руйнування	Прогини плит, пошкодження колон	Посилення елементів, часткова заміна
Важкі	Значні руйнування	Обвалення стін, колон, перекриттів	Демонтаж та повна заміна елементів

Для практичного застосування доцільно класифікувати пошкодження за джерелом впливу:

1. Вибухові пошкодження – локалізовані та поширені руйнування під дією вибухової хвилі.

2. Ударні пошкодження – пошкодження від снарядів, уламків та об’єктів, що падають.

3. Термічні пошкодження – руйнування через локальні пожежі, підвищені температури.

4. Вібраційні пошкодження – тріщини та зміщення конструкцій під дією тривалих коливань та вібрацій.

Таблиця 1.4 – Класифікація за видами бойових впливів:

Вид впливу	Характер пошкоджень	Типові елементи	Методи оцінки
Вибухові	Прогини, тріщини, обвали	Стіни, плити, колони	Візуальний огляд, інструментальні методи
Ударні	Пробоїни, відколи	Метал, бетон, цегла	Візуальний контроль, неруйнівне тестування
Термічні	Розтріскування, зміна фізичних властивостей	Бетон, дерево, метал	Тестування міцності, теплові методи
Вібраційні	Прогини, розшарування	Плити, стіни, перекриття	Інструментальний контроль, датчики деформації

Схеми пошкоджень:

1. Повне руйнування несучих елементів

- Зображення: колон, плит перекриття або стін, які частково обвалені.
- Призначення: показати критичні наслідки вибухових та ударних навантажень.

2. Локальні відколи та пробоїни

- Зображення: бетонна плита або цегляна стіна з локальними дефектами.

- Призначення: демонструє легкі та середні пошкодження для визначення зон посилення.

3. Тріщини та розшарування матеріалів

- Зображення: плита перекриття або стіна з радіальними та поздовжніми тріщинами.
- Призначення: показати розподіл тріщин і їх вплив на несучу здатність.

4. Вигини та деформації елементів

- Зображення: прогнуті балки, викривлені колони або зміщені стінові панелі.
- Призначення: наочне відображення деформаційних наслідків вибухів або вібрацій.

5. Металеві конструкції з пластичними деформаціями

- Зображення: вигнуті профілі, локальні пробоїни, зміщення точок кріплення.
- Призначення: ілюстрація впливу ударних навантажень на сталеві елементи.

6. Дерев’яні конструкції із тріщинами та ламкістю

- Зображення: балки, дерев’яні перекриття з тріщинами та місцевою руйнацією.
- Призначення: показати особливості пошкоджень органічних матеріалів.

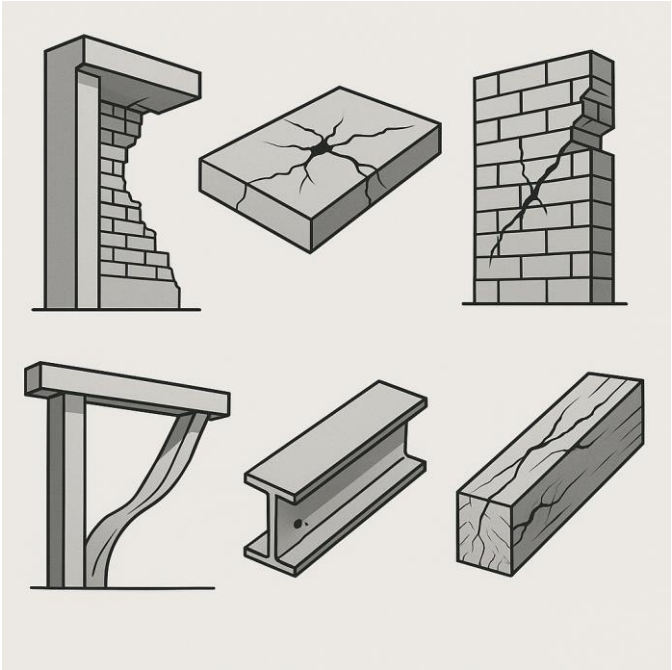


Рисунок 1.1 - Схеми пошкоджень

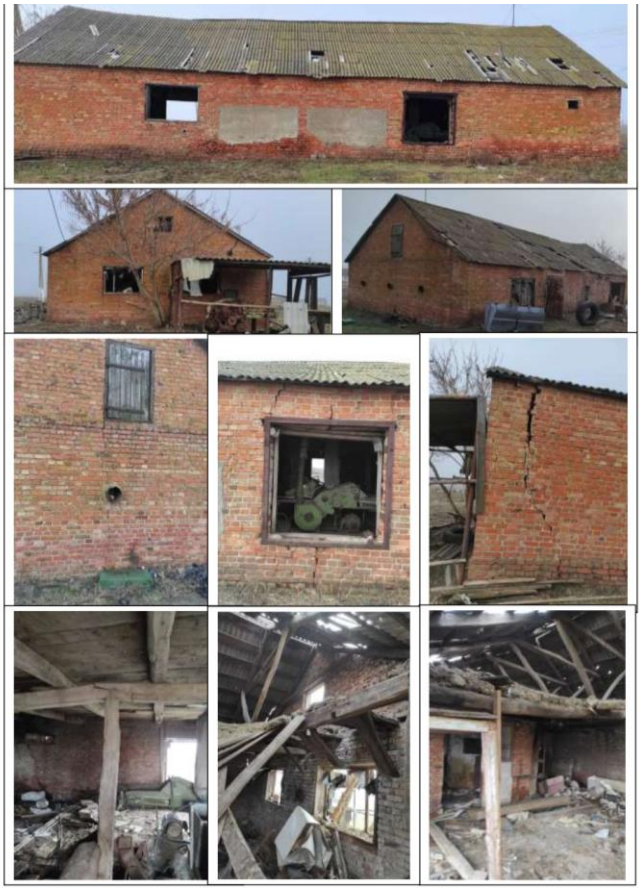






Рисунок 1.2 – Зруйновані будинки

1.2 Методи визначення ступеня аварійності, несучої здатності та життєздатності конструкцій

Аварійність будівельних конструкцій є комплексним показником, що відображає ступінь втрати конструкцією її несучої здатності та експлуатаційної придатності внаслідок зовнішніх і внутрішніх впливів. Оцінка ступеня аварійності та життєздатності конструкцій є невід'ємною частиною експертних обстежень будівель, особливо у разі їх пошкодження під час надзвичайних ситуацій, техногенних впливів або природних катастроф. Методи визначення цих показників можна класифікувати на традиційні та сучасні, що використовують як прямі, так і непрямі способи оцінки.

Оцінка ступеня аварійності базується на визначенні критичних дефектів конструкцій та їх впливу на загальну безпеку об'єкта. До основних методів належать:

1. Візуально-інструментальний метод – передбачає огляд конструкції з метою виявлення тріщин, корозії, відшарування матеріалів, деформацій, викривлень елементів.

2. Дефектоскопія та неруйнівний контроль (NDT) – застосування ультразвукових, магнітних, радіографічних та термографічних методів для виявлення внутрішніх дефектів без руйнування конструкції.

3. Аналітичні методи – використання розрахунково-аналітичних моделей для прогнозування небезпечних станів конструкцій на основі механічних характеристик матеріалів і фактичних навантажень.

Таблиця 1.5 демонструє порівняльну характеристику методів оцінки аварійності.

Таблиця 1.5 - Методи визначення ступеня аварійності конструкцій

Метод	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Візуально-інструментальний	Огляд і вимір деформацій	Простота, низька вартість	Суб’єктивність оцінки, не виявляє внутрішніх дефектів
Дефектоскопія (ультразвук, радіографія)	Виявлення внутрішніх дефектів	Висока точність, детальність	Високі витрати, потребує спеціального обладнання
Аналітичні методи	Розрахунки на основі моделей	Можливість прогнозування	Залежність від точності вихідних даних

Несуча здатність конструкцій характеризує їх здатність витримувати діючі навантаження без втрати стабільності та міцності. В сучасному будівництві застосовуються такі методи її визначення:

1. Статичні випробування конструкцій – передбачають прикладання контрольованих навантажень до конструкції та вимір її деформацій. Цей метод дозволяє визначити фактичну міцність матеріалу та запас несучої здатності.

2. Моделювання за допомогою комп’ютерних систем (FEM, CAD) – використання методів кінцевих елементів для прогнозування поведінки конструкцій під різними навантаженнями та визначення критичних зон.

3. Розрахунковий метод із застосуванням нормативних коефіцієнтів – враховує конструктивні характеристики, матеріальні властивості та фактори безпеки для оцінки максимально допустимих навантажень.

Таблиця 1.6 - Методи визначення несучої здатності конструкцій

Метод	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Статичні випробування	Контрольоване навантаження	Висока точність, реальні дані	Потребує тимчасового виведення конструкції з експлуатації
Комп’ютерне моделювання (FEM)	Математичне моделювання	Детальна інформація про розподіл напружень	Вимагає точних даних та складного програмного забезпечення
Розрахунковий метод	Використання нормативів і коефіцієнтів	Швидко, не потребує експерименту	Менша точність, залежність від актуальності нормативів

Життєздатність конструкцій визначає їх здатність зберігати експлуатаційні властивості протягом проектного строку служби. Основні підходи включають:

1. Аналіз технічного стану конструкції – комплексна оцінка за показниками деформації, корозії, втрати міцності, втомних тріщин.

2. Моніторинг за допомогою сенсорних систем – встановлення датчиків для безперервного контролю напружень, температури, вологості та руху конструкцій.

3. Прогнозування на основі математичних моделей старіння матеріалів – оцінка зміни властивостей матеріалів з часом під впливом навантажень та навколишнього середовища.

Таблиця 1.7 - Методи оцінки життєздатності конструкцій

Метод	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Технічний аналіз	Вимір і оцінка дефектів	Дозволяє комплексно оцінити стан	Локальні результати, потребує кваліфікованих спеціалістів
Сенсорний моніторинг	Безперервне відстеження параметрів	Реальний час, раннє виявлення проблем	Висока вартість, складність монтажу
Математичне прогнозування	Моделі старіння матеріалів	Довгострокове прогнозування	Вимагає точних початкових даних, моделювання складне

Для підвищення достовірності оцінки ступеня аварійності та життєздатності застосовують комбіновані методи, які поєднують:

- Візуально-інструментальні та дефектоскопічні методи – для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів.
- Статичні випробування та комп’ютерне моделювання – для уточнення несучої здатності.
- Моніторинг і аналітичні прогнози – для оцінки довгострокової життєздатності конструкцій.

Ці комплексні підходи дозволяють не лише виявити дефекти та оцінити їх критичність, але й прогнозувати подальшу поведінку конструкцій під експлуатаційними навантаженнями.

На основі результатів обстежень конструкції можуть класифікуватися за ступенями аварійності:

- І ступінь – незначні дефекти, несуча здатність практично не знижена; можлива експлуатація з поточним ремонтом.
- ІІ ступінь – середні дефекти, часткова втрата несучої здатності; потрібен капітальний ремонт або підсилення.
- ІІІ ступінь – критичні дефекти, значне зниження несучої здатності; експлуатація небезпечна, можливий демонтаж.

Таблиця 1.8 - Класифікація ступенів аварійності конструкцій

Ступінь	Характеристика дефектів	Вплив на несучу здатність	Рекомендації
I	Локальні тріщини, незначна корозія	Несуча здатність знижена ≤10%	Поточний ремонт
II	Середні тріщини, втомні пошкодження	Зниження несучої здатності 10–30%	Капітальний ремонт, підсилення
III	Тріщини критичної величини, значна корозія	Несуча здатність знижена >30%	Демонтаж або реконструкція

Методи визначення ступеня аварійності, несучої здатності та життєздатності конструкцій дозволяють забезпечити безпеку експлуатації будівель, прогнозувати строки служби та обґрунтовано планувати ремонтно-відновлювальні роботи. Застосування сучасних неразрушаючих методів у поєднанні з комп'ютерним моделюванням і моніторингом значно підвищує точність оцінки та дозволяє своєчасно вживати заходи щодо підвищення надійності конструкцій.

1.3 Аналіз нормативно-технічної бази та стандартів відновлення будівельних об'єктів

Відновлення будівельних об'єктів після пошкоджень або втрати експлуатаційних властивостей є комплексним процесом, що вимагає дотримання встановлених нормативно-технічних документів та стандартів. В сучасному будівництві нормативна база виконує роль ключового інструменту, що забезпечує безпеку, якість і тривалість експлуатації відновлених об'єктів. Аналіз нормативно-технічної документації дозволяє визначити методичні та технічні підходи до оцінки стану конструкцій, їх ремонту та модернізації.

В Україні та інших країнах СНД нормативна база регулює процеси оцінки, ремонту та реконструкції будівель, включаючи:

- Державні будівельні норми (ДБН) – основні документи, що встановлюють вимоги до проектування, будівництва та експлуатації об'єктів.

- Будівельні норми і правила – раніше використовувані нормативи, що регламентують будівельні технології, матеріали та контроль якості.
- ДСТУ (Державні стандарти України) – стандарти на матеріали, конструкції, методи випробувань та відновлення.
- Міжнародні стандарти ISO, EN, ASTM – застосовуються у випадках, коли проект передбачає сучасні матеріали та технології або міжнародні вимоги до експлуатації.

Таблиця 1.9 - Основні нормативні документи у відновленні будівельних об’єктів

Нормативний документ	Сфера застосування	Основний зміст	Особливості
ДБН В.2.6-162:2010	Ремонт та реконструкція будівель	Визначає порядок оцінки технічного стану та методи відновлення	Орієнтований на практичне застосування в Україні
ДСТУ 9273:2024	Обстеження будівель та споруд	Стандарт регламентує, як визначати придатність будівлі до подальшої експлуатації та які рекомендації (ремонт, підсилення, обмеження чи демонтаж) має містити технічний звіт	Встановлює вимоги до обстеження будівель, споруд, інженерних об’єктів та їхніх елементів з метою визначення їхнього технічного стану, механічного опору та стійкості
ДСТУ Б В.2.6-210:2016	Обстеження будівель та споруд	Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються	Встановлює рекомендації з оцінки технічного стану сталевих будівельних конструкцій, які вже експлуатуються
ISO 9001:2015	Управління якістю	Система контролю процесів відновлення	Використовується при міжнародних проектах
EN 1504	Захист та ремонт бетонних конструкцій	Технології ремонтних робіт, захист від корозії	Визнаний європейський стандарт

Перед початком відновлювальних робіт проводиться обов’язкова оцінка технічного стану об’єкта. Нормативні документи регламентують:

1. Класифікацію дефектів і пошкоджень – тріщини, відшарування матеріалів, корозія арматури, втрата міцності бетону.

2. Методи визначення несучої здатності – статичні випробування, розрахунки з урахуванням фактичних навантажень, комп’ютерне моделювання.

3. Категорії технічного стану – нормальний, обмежений, аварійний, що визначають обсяг відновлювальних робіт.

Таблиця 1.10 Категорії технічного стану будівель та нормативні вимоги

Категорія стану	Визначальні критерії	Дія нормативів	Рекомендовані заходи
Нормальний	Відхилення параметрів ≤10%	ДСТУ 9273:2024	Поточне обслуговування, плановий ремонт
Обмежений	Відхилення 10–30%, локальні тріщини		Локальний ремонт, підсилення конструкцій
Аварійний	Відхилення >30%, критичні дефекти		Капітальний ремонт або демонтаж

Стандарти регламентують вибір методів і матеріалів для відновлення, а також порядок виконання робіт. Вони поділяються на:

- Методичні стандарти – встановлюють покрокові методики обстеження, оцінки і ремонту.
- Матеріальні стандарти – визначають допустимі характеристики ремонтних матеріалів, цементів, бетону, арматури та спеціальних добавок.
- Технологічні стандарти – регламентують умови виконання робіт, включаючи підготовку поверхні, нанесення ремонтних складів, контроль якості.

Таблиця 1.11 - Основні стандарти відновлення конструкцій

Тип стандарту	Основний зміст	Приклад документа	Значення для відновлення
Методичний	Покрокові методики обстеження	ДБН В.2.6-162:2010	Забезпечує послідовність робіт
Матеріальний	Характеристики матеріалів	ДСТУ Б В.2.7-ХХ	Визначає міцність і довговічність
Технологічний	Порядок виконання робіт	EN 1504-3	Гарантує ефективність та якість ремонту

Застосування міжнародних стандартів ISO та EN дозволяє інтегрувати українське будівництво у світову практику. Основні напрямки включають:

1. Контроль якості ремонтних процесів (ISO 9001) – забезпечує системний підхід до управління якістю відновлення.

2. Захист бетонних конструкцій та ремонтні технології (EN 1504) – передбачає комплекс заходів щодо підвищення корозійної стійкості, відновлення міцності та довговічності.

3. Екологічні та безпечні матеріали – застосування стандартів ISO 14000 для оцінки впливу на навколишнє середовище.

Для ефективного застосування нормативів до практичної діяльності доцільно проводити порівняльний аналіз вітчизняних і міжнародних стандартів. Такий аналіз дозволяє:

- Виділити оптимальні методи відновлення конструкцій;
- Урахувати локальні особливості будівельних матеріалів і кліматичних умов;
- Забезпечити відповідність міжнародним вимогам для об’єктів з потенційним залученням інвестицій.

Таблиця 1.12 - Порівняння вітчизняних та міжнародних стандартів відновлення будівель

Параметр	Вітчизняні стандарти (ДБН, ДСТУ)	Міжнародні стандарти (ISO, EN)	Переваги комбінованого підходу
Регламентація методів	Чітко визначені методики обстеження	Гнучкі, орієнтовані на технології	Забезпечує точність та адаптивність
Матеріали	Враховують наявність місцевих матеріалів	Високі вимоги до характеристик	Дозволяє застосовувати сучасні технології
Контроль якості	Часто локальний, на рівні об’єкта	Системний, за міжнародними стандартами	Підвищує надійність та довговічність
Екологічність	Мінімально регламентована	Системна оцінка впливу на навколишнє середовище	Дотримання екологічних норм

Аналіз нормативно-технічної бази та стандартів відновлення будівельних об’єктів демонструє необхідність комплексного підходу, що включає вітчизняні ДБН та ДСТУ, а також міжнародні стандарти ISO та EN. Використання нормативів дозволяє забезпечити безпеку експлуатації, ефективність ремонтних робіт, відповідність сучасним технологіям та вимогам довговічності конструкцій. Застосування комбінованого підходу до відновлення будівельних об’єктів є необхідною умовою підвищення надійності та безпеки експлуатації, зниження ризику аварійності та продовження строку служби об’єктів.

2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1 Вибір типів конструкцій, матеріалів та технологій для відновлення несучих елементів

Відновлення несучих елементів будівельних об’єктів є критичною складовою забезпечення безпеки та довговічності конструкцій. Оптимальний вибір конструктивних рішень, матеріалів і технологій залежить від виду конструкції, характеру пошкоджень, навантажень, а також від економічних і технічних умов реалізації відновлювальних робіт. В сучасному будівництві застосовуються різноманітні підходи, що дозволяють відновити або підсилити несучу здатність елементів без повної заміни конструкційних вузлів.

Несучі елементи будівель включають:

- Стовпи, колони та опори – сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження.
- Балки та ригелі – забезпечують горизонтальну передачу навантажень.
- Плити перекриттів – розподіляють навантаження між опорами та конструкціями нижнього рівня.
- Фундаменти та підпірні конструкції – передають навантаження від будівлі на ґрунт.

Відновлення цих елементів передбачає вибір конструктивного типу, який забезпечує максимальну несучу здатність при мінімальних витратах матеріалів і часу.

Таблиця 2.1 - Класифікація несучих елементів та конструкцій

Елемент	Конструктивні типи	Основне навантаження	Типові дефекти
Колони/Стовпи	Залізобетонні, металеві, дерев’яні	Вертикальні	Тріщини, корозія, деформації
Балки/Ригелі	Залізобетонні, сталеві, композитні	Горизонтальні, вигин	Вигин, розтріскування, корозія
Плити перекриття	Залізобетонні, збірні, монолітні	Горизонтальні, згин	Провисання, тріщини, втрати міцності
Фундаменти	Стовпчасті, стрічкові, плитні	Передача навантажень на ґрунт	Осідання, тріщини, руйнування

Правильний вибір матеріалів визначає довговічність та надійність відновлених конструкцій. Основні групи матеріалів включають:

1. Бетон та залізобетон – широко застосовуються для відновлення колон, балок і плит. Використовуються сучасні модифіковані цементні суміші з високою адгезією та морозостійкістю.

2. Металеві конструкції – застосовуються для підсилення або заміни елементів, особливо у промислових будівлях. Використовують сталеві профілі та арматурні каркаси.

3. Композитні матеріали (FRP, карбонові, склопластикові) – дозволяють збільшити міцність конструкцій без значного збільшення ваги, підвищують корозійну стійкість.

4. Дерев’яні та клеєні матеріали – застосовуються при відновленні дерев’яних перекриттів або декоративних конструкцій.

Таблиця 2.2 - Матеріали для відновлення несучих елементів

Матеріал	Область застосування	Переваги	Недоліки
Залізобетон	Колони, балки, плити	Висока міцність, довговічність	Велика вага, трудомісткість монтажу
Сталь	Балки, колони, каркаси	Висока міцність, пластичність	Корозія, потребує антикорозійного захисту
Композити (FRP)	Підсилення балок, колон, плит	Легка вага, корозійна стійкість	Висока вартість, потребує спеціальної технології монтажу
Дерево/Клеєне дерево	Перекриття, декоративні конструкції	Екологічність, легкість монтажу	Менша міцність, чутливість до вологості та гниття

Вибір технології визначається матеріалом, характером пошкодження та конструктивними особливостями. Основні технології включають:

1. Локальний ремонт (Patch repair) – усунення тріщин, корозійних вогнищ, відновлення поверхневих шарів бетонних або металевих елементів.

2. Підсилення конструкцій (Strengthening) – застосування зовнішньої арматури, сталевих смуг, композитних оболонок, додаткових елементів для підвищення несучої здатності.

3. Заміна елементів (Replacement) – демонтаж пошкоджених частин і монтаж нових конструкційних вузлів.

4. Ін’єкційні методи (Injection repair) – заповнення тріщин епоксидними або полімерними сумішами для відновлення цілісності та жорсткості.

Таблиця 2.3 - Технології відновлення несучих елементів

Технологія	Матеріали	Області застосування	Переваги	Недоліки
Локальний ремонт	Бетон, цементні суміші, епоксиди	Тріщини, корозія	Швидко, економічно	Обмежена ефективність при критичних пошкодженнях
Підсилення	Сталь, FRP, композитні матеріали	Балки, колони, плити	Підвищує несучу здатність, продовжує експлуатацію	Потребує кваліфікованого монтажу
Заміна елементів	Бетон, сталь, дерево	Критично пошкоджені конструкції	Максимальна надійність	Висока трудомісткість, порушення експлуатації
Ін’єкційні методи	Епоксидні, полімерні склади	Тріщини, пористі ділянки	Відновлення цілісності без демонтажу	Обмежено для великих дефектів

При виборі матеріалів і технологій відновлення несучих елементів враховуються:

- Ступінь пошкодження конструкцій – тріщини, корозія, осідання.
- Навантаження на елемент – статичні, динамічні, вітрові, сейсмічні.
- Доступність матеріалів і технологій – локальні ресурси та обладнання.
- Економічні фактори – співвідношення вартості робіт та очікуваного продовження служби.
- Екологічні та експлуатаційні вимоги – безпека для людей, довговічність, стійкість до агресивного середовища.

Таблиця 2.4 - Критерії вибору матеріалів і технологій

Критерій	Опис	Вплив на вибір
Ступінь пошкодження	Локальні тріщини, корозія, критичні дефекти	Вибір локального ремонту, підсилення або заміни
Навантаження	Статичні, динамічні, сейсмічні	Вибір матеріалів з високою міцністю та пластичністю
Доступність	Локальні ресурси та технології	Обмеження у виборі матеріалів або методів монтажу
Економічність	Співвідношення витрат і результату	Перевага методів, що забезпечують довговічність при мінімальних витратах
Екологічність та експлуатаційні вимоги	Вплив на людей, довговічність, стійкість	Використання безпечних і стійких матеріалів

Вибір типів конструкцій, матеріалів та технологій для відновлення несучих елементів є багатофакторним процесом, що базується на аналізі пошкоджень, навантажень, технічних та економічних умов. Оптимальне поєднання матеріалів і технологій дозволяє відновити або підсилити конструкції, продовжити строк їх експлуатації, забезпечити безпеку та економічну ефективність. Використання сучасних композитних матеріалів, ін’єкційних методів та технологій підсилення забезпечує надійність відновлених елементів, тоді як застосування стандартних матеріалів, таких як залізобетон і сталь, дозволяє досягти перевіреної довговічності при традиційних технологіях ремонту.

2.2 Методи посилення, заміни та відновлення фундаментів, стінових панелей і покриттів

Відновлення та підсилення конструкційних елементів будівель є ключовим завданням у забезпеченні їх безпеки, довговічності та відповідності сучасним експлуатаційним вимогам. Фундаменти, стінові панелі та покриття — основні несучі елементи будівель, які сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження, а також зовнішні впливи, такі як сейсмічна активність, вітрові навантаження та осідання ґрунтів. Методи їх відновлення включають локальне підсилення, заміну пошкоджених ділянок та комплексні відновлювальні технології.

Фундаменти передають навантаження від будівлі на ґрунт, тому їх руйнування може призвести до критичної аварійності. Основні методи посилення фундаментів:

1. Надбудова та розширення фундаментів – збільшення площі опорної частини для зниження напружень у ґрунті. Застосовується у випадках осідання будівлі або недостатньої несучої здатності ґрунту.
2. Підсипка та ін’єкційне ущільнення ґрунту – введення цементних або смолоподібних розчинів під фундамент для підвищення щільності ґрунту та стійкості конструкції.
3. Підсилення металевими або залізобетонними елементами – установка сталевих шпунтів, балок або залізобетонних поясів для розподілу навантажень.
4. Заміна фундаментів – часткова або повна заміна зношеного фундаменту з використанням сучасних матеріалів і технологій, таких як буронабивні палі, плитні або стрічкові фундаменти.

Таблиця 2.5 - Методи посилення та заміни фундаментів

Метод	Опис	Сфера застосування	Переваги	Недоліки
Надбудова/ розширення	Збільшення площі опорної частини	Осідання будівлі, слабкий ґрунт	Простота виконання, відносно низька вартість	Можливі локальні деформації
Ін’єкційне ущільнення	Введення цементних розчинів	Локальні тріщини, пористі ґрунти	Підвищує несучу здатність, без демонтажу	Вимагає спеціального обладнання
Підсилення сталлю/залізобетоном	Установка поясів, шпунтів	Розподіл навантажень	Значне підвищення стійкості	Трудомісткість, висока вартість
Заміна фундаментів	Демонтаж і нова конструкція	Критично пошкоджені фундаменти	Максимальна надійність	Високі витрати, тривала експлуатаційна пауза

Стінові панелі виконують роль несучих та огороджувальних конструкцій. Методи відновлення залежать від матеріалу панелі, характеру пошкодження та навантажень:

1. Локальне заповнення тріщин та порожнин – ін’єкційні або ремонтні розчини для бетону, цегли або каменю.
2. Зовнішнє армування – застосування сталевих або композитних (FRP) смуг, плит для підвищення несучої здатності.
3. Встановлення додаткових опорних елементів – колон, балок або металевих ребер жорсткості.
4. Заміна панелей – повна заміна пошкоджених панелей із застосуванням сучасних збірних або монолітних конструкцій.

Таблиця 2.6 - Методи відновлення та посилення стінових панелей

Метод	Матеріали	Області застосування	Переваги	Недоліки
Локальне заповнення тріщин	Цементні, полімерні суміші	Локальні дефекти	Швидко, економічно	Не усуває системні дефекти
Зовнішнє армування	Сталь, FRP, композити	Панелі несучі	Підвищує несучу здатність	Вартість матеріалів, монтаж
Додаткові опори	Сталь, бетон	Панелі великих прольотів	Підвищує стабільність, знижує прогини	Потребує додаткового простору
Заміна панелей	Збірні, монолітні	Критично пошкоджені панелі	Висока надійність	Трудомісткість, переривання експлуатації

Покриття (дахові та міжповерхові перекриття) відповідають за захист будівлі, розподіл навантажень та герметичність. Методи відновлення:

1. Локальний ремонт покриття – усунення тріщин, провисань, пошкоджень матеріалу.
2. Підсилення конструкцій – додаткові балки, прогони, металеві ферми для збільшення несучої здатності.
3. Заміна покриття – повна заміна матеріалу (метал, залізобетон, композитні плити) для відновлення герметичності та міцності.
4. Ін’єкційне та композитне зміцнення – застосування полімерних смол або FRP-панелей для відновлення жорсткості та запобігання корозії.

Таблиця 2.7 - Методи відновлення та підсилення покриттів

Метод	Матеріали	Області застосування	Переваги	Недоліки
Локальний ремонт	Бетон, полімери, асфальт	Тріщини, провисання	Швидко, економічно	Не підвищує загальну міцність
Підсилення	Метал, залізобетон, композити	Балки, прогони, ферми	Збільшення несучої здатності	Складність монтажу
Заміна покриття	Метал, залізобетон, композит	Критично пошкоджені ділянки	Максимальна надійність	Висока вартість, порушення експлуатації
Ін’єкційне/композитне зміцнення	Епоксиди, FRP	Провислі або тріщинуваті елементи	Відновлення жорсткості, корозійна стійкість	Вартість матеріалів, спеціальна технологія

При виборі методів відновлення фундаментів, стінових панелей та покриттів враховуються такі критерії:

- Ступінь пошкодження та характер дефектів – тріщини, деформації, корозія.
- Конструктивні особливості елемента – тип матеріалу, прольоти, товщина панелі.
- Експлуатаційні навантаження – статичні та динамічні, сейсмічні та вітрові впливи.
- Технологічні можливості – наявність обладнання, доступність матеріалів.
- Економічні та часові обмеження – співвідношення витрат і ефекту, необхідність швидкого відновлення.

Таблиця 2.8 - Критерії вибору методів відновлення

Критерій	Вплив на вибір методу
Ступінь пошкодження	Визначає необхідність локального ремонту, підсилення або заміни
Конструктивні особливості	Вибір матеріалів та технологій, врахування прольотів та товщини елемента
Експлуатаційні навантаження	Підсилення для збільшення несучої здатності під динамічними навантаженнями
Технологічні можливості	Обмеження щодо матеріалів та методів монтажу
Економічні та часові фактори	Вибір оптимального співвідношення вартості та ефекту

Методи посилення, заміни та відновлення фундаментів, стінових панелей і покриттів мають комплексний характер і залежать від ступеня пошкоджень, конструктивних особливостей елементів та експлуатаційних вимог. Оптимальний вибір технології та матеріалів дозволяє забезпечити довговічність, підвищити несучу здатність та запобігти аварійним ситуаціям. Використання сучасних технологій, таких як ін’єкційні методи, композитне армування та застосування високоякісних матеріалів, підвищує ефективність відновлення та економічну доцільність робіт, забезпечуючи безпеку та надійність будівельних об’єктів.

2.3 Адаптація будівельних конструкцій до експлуатаційних навантажень після пошкоджень та руйнувань

Адаптація будівельних конструкцій після пошкоджень та руйнувань є ключовим процесом забезпечення безпеки, довговічності та експлуатаційної придатності будівельних об’єктів. Під цим розуміють комплекс заходів щодо відновлення несучої здатності, підвищення стійкості до навантажень та запобігання повторним ушкодженням. Ефективна адаптація передбачає врахування типу конструкцій, матеріалів, характеру пошкоджень і динаміки навантажень.

Адаптація будівельних конструкцій після пошкоджень ґрунтується на наступних принципах:

1. Оцінка фактичного стану конструкцій – включає візуальний огляд, неразрушаючі методи контролю (ультразвук, радіографія, магнітний контроль), вимір деформацій та напружень.
2. Визначення експлуатаційних навантажень – враховуються постійні (власна вага конструкцій), тимчасові (людські, технологічні), особливі (сейсмічні, вітрові, снігові) та надзвичайні навантаження.
3. Розробка адаптивних конструктивних рішень – включає локальне підсилення, підбор матеріалів та зміну системи сприйняття навантажень.
4. Прогнозування поведінки конструкцій – математичне моделювання за допомогою методів кінцевих елементів для оцінки залишкової несучої здатності та визначення критичних зон.

Таблиця 2.9 - Принципи адаптації конструкцій

Принцип	Зміст	Значення
Оцінка стану	Виявлення дефектів і деформацій	Визначає критичні елементи
Визначення навантажень	Постійні, тимчасові, особливі	Забезпечує правильний розрахунок адаптаційних заходів
Адаптивні рішення	Підсилення, зміна системи сприйняття навантажень	Підвищує несучу здатність і стійкість
Прогнозування поведінки	Моделювання, визначення критичних зон	Зменшує ризик повторних руйнувань

Фундаменти сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження, тому їх адаптація після пошкоджень передбачає:

1. Підсипка та ущільнення ґрунту – введення цементних, смолоподібних або полімерних розчинів для підвищення несучої здатності ґрунту під фундаментом.

2. Розширення та надбудова фундаментів – збільшення площі опорної поверхні для зменшення напружень у ґрунті.

3. Підсилення за допомогою металевих або залізобетонних елементів – установка поясів, шпунтів або плит для перерозподілу навантажень.

4. Моніторинг та контроль осідань – застосування сенсорних систем для відстеження зміни положення фундаменту після адаптації.

Таблиця 2.10 - Методи адаптації фундаментів

Метод	Застосування	Переваги	Недоліки
Підсипка/ущільнення ґрунту	Осідання будівель, пористі ґрунти	Підвищує несучу здатність без демонтажу	Вимагає спеціального обладнання
Розширення/надбудова	Недостатня площа опори	Знижує напруження в ґрунті	Можливі локальні деформації
Підсилення металом/залізобетоном	Пошкоджені фундаменти	Перерозподіл навантажень, підвищення стійкості	Висока трудомісткість
Моніторинг осідань	Всі види фундаментів	Контроль ефективності адаптації	Додаткові витрати на обладнання

Адаптація стінових панелей спрямована на відновлення несучої здатності, запобігання деформаціям та забезпечення герметичності:

1. Локальний ремонт тріщин та пористих ділянок – ін’єкційні смоли або цементні розчини для заповнення дефектів.

2. Зовнішнє армування – нанесення сталевих або композитних (FRP) смуг для підвищення міцності.

3. Встановлення додаткових опор – колон, ребер жорсткості або балок для перерозподілу навантажень.

4. Заміна панелей – при критичному руйнуванні заміна на сучасні збірні або монолітні конструкції.

Таблиця 2.11 - Методи адаптації стінових панелей

Метод	Матеріали	Переваги	Недоліки
Локальний ремонт	Цементні, полімерні суміші	Швидко, економічно	Не усуває системні дефекти
Зовнішнє армування	Сталь, FRP	Підвищення несучої здатності	Вартість матеріалів і монтажу
Додаткові опори	Метал, бетон	Підвищує стабільність панелей	Потребує простору та додаткових матеріалів
Заміна панелей	Збірні, монолітні	Максимальна надійність	Висока трудомісткість та вартість

Покриття будівель відповідають за розподіл навантажень та герметичність об’єкта. Методи адаптації включають:

1. Локальний ремонт тріщин і прогинів – відновлення покриття за допомогою цементних або полімерних сумішей.

2. Підсилення балок і прогонів – установка додаткових несучих елементів для збільшення жорсткості конструкції.

3. Композитне зміцнення – застосування FRP-панелей або епоксидних смол для підвищення несучої здатності та запобігання корозії.

4. Заміна покриття – повна реконструкція з нових матеріалів для забезпечення довговічності та герметичності.

Таблиця 2.12 - Методи адаптації покриттів

Метод	Матеріали	Переваги	Недоліки
Локальний ремонт	Бетон, полімери	Швидко, економічно	Не підвищує загальну міцність
Підсилення	Метал, залізобетон	Збільшення несучої здатності	Складність монтажу
Композитне зміцнення	FRP, епоксиди	Підвищення жорсткості, корозійна стійкість	Вартість матеріалів, технологічність
Заміна покриття	Метал, залізобетон, композити	Максимальна надійність	Висока трудомісткість

При виборі методів адаптації враховуються:

- Характер пошкоджень та ступінь руйнування – локальні, системні або критичні.
- Навантаження на елементи конструкцій – статичні та динамічні, особливі впливи.
- Конструктивні особливості елемента – товщина, матеріал, прольоти, зв’язки з іншими елементами.
- Економічні та часові обмеження – співвідношення витрат і ефекту, терміни відновлення.
- Експлуатаційні вимоги – довговічність, герметичність, корозійна стійкість.

Таблиця 2.13 - Критерії вибору методів адаптації конструкцій

Критерій	Вплив на вибір методу
Характер пошкоджень	Визначає локальний ремонт, підсилення або заміну елементів
Навантаження	Підсилюючі методи для критичних навантажень
Конструктивні особливості	Вибір матеріалів та технологій для конкретного типу елемента
Економічні та часові фактори	Оптимізація витрат і термінів виконання робіт
Експлуатаційні вимоги	Використання довговічних і стійких матеріалів

Адаптація будівельних конструкцій до експлуатаційних навантажень після пошкоджень та руйнувань є багатофакторним процесом, який забезпечує відновлення несучої здатності, стійкості та герметичності будівельних об’єктів. Застосування сучасних технологій локального ремонту, підсилення композитними матеріалами, встановлення додаткових опор та заміни критично пошкоджених елементів дозволяє забезпечити безпеку, продовжити строк служби конструкцій і запобігти повторним аваріям. Комплексний підхід з урахуванням конструктивних особливостей, експлуатаційних навантажень та економічних факторів дозволяє адаптувати будівельні об’єкти до нових умов експлуатації, підвищуючи їх надійність та довговічність.

3 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ ПІДХОДІВ У БУДІВНИЦТВІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИХ МАЙСТЕРЕНЬ

3.1 Загальні дані

Основними несучими елементами каркасу блоку портових ремонтно-механічних майстерень є поперечні рами шарнірного з'єднання, які складаються з колон і ригелів.

Колони – залізобетонні, прямокутного перерізу серії 1.423-5 і КЕ-01-49, довжиною 11,8 і 8,1 м.

Ригелі – залізобетонні кроквяні балки для скатної крівлі серії 1.462-3, довжиною 12 та 18 метрів.

Підкранові балки – залізобетонні, таврового перерізу висотою 1м та довжиною 6м, на яку кріпиться кранова рейка КР-70.

Поли – бетонні, покриті асфальтобетоном.

Покрівля – не утеплена, із залізобетонних набірних ребристих плит 3х6 м, з гравійним захистом.

$H_b = 3,8$ м

$H_н = 8,0 – 1,0 = 7,0$ м

$b_н$ х $h_н = 400$ х 800 мм

b_b х $h_b = 400$ х 380 мм

$e_1 = 1,0 – h_н/2 = 1,0 – 0,8/2 = 0,6$ м

$e_2 = (h_н - h_b)/2 = (0,8 - 0,38)/2 = 0,21$ м

$e_3 = h_b/2 – 0,15 = 0,38/2 – 0,15 = 0,04$ м

$e_6 = h_b/2 + b_{ст}/2 = 0,38/2 + 0,25/2 = 0,315$ м

$e_7 = h_н/2 + b_{ст}/2 = 0,8/2 + 0,25/2 = 0,525$ м

$d = 0,5h_н = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$ м

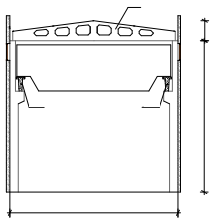


Рисунок 3.1 - Розрахунок рами каркасу

3.2 Постійні навантаження

- від власної ваги колони:

$P_{кн} = b_н \cdot h_н \cdot H_н \cdot \rho_б \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 7,0 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 58,52$ кН

$P_{кв} = b_в \cdot h_в \cdot H_в \cdot \rho_б \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 0,4 \cdot 0,38 \cdot 3,8 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 15,09$ кН

- від покриття:

Таблиця 3.1 - Навантаження від покриття

№ шару	Елементи конструкції	Нормативне навантаження, кН/м^2	γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м^2
1	Гравійний захист	0,3	1,3	0,39
2	Гідроізоляція	0,2	1,3	0,26
3	Цементна стяжка	0,3	1,3	0,39

4	З.-б. плита (3х6 м)	1,6	1,1	1,76
УСЬОГО:		$q^{н}_{п} = 2,4$		$q_{п} = 2,8$

$P_{п} = q_{п} \cdot B \cdot L/2 \cdot \gamma_{n} + G_{kk}/2 \cdot \gamma_{f} \cdot \gamma_{n} = 2,8 \cdot 6,0 \cdot 12,0/2 \cdot 0,95 + 85,0/2 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = =$ 140,18 кН

- від стінового огородження:

$P_{ст1} = q_{ст} \cdot H_{ст1} \cdot B \cdot \gamma_{f} \cdot \gamma_{n} = 1,21 \cdot 7,0 \cdot 6,0 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 53,11$ кН

$P_{ст2} = q_{ст} \cdot (H_{ст2} – H_{ок}) \cdot B \cdot \gamma_{f} \cdot \gamma_{n} + q_{ок} \cdot H_{ок} \cdot B \cdot \gamma_{f} \cdot \gamma_{n} =$

$= 1,21 \cdot (5,585 - 1,2) \cdot 6,0 \cdot 1,1 \cdot 0,95 + 0,33 \cdot 1,2 \cdot 6,0 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 35,76$ кН

- від підкранової балки:

$P_{пб} = (G_{пб} \cdot \gamma_{f} + q_{пш} \cdot B \cdot \gamma_{f}) \cdot \gamma_{n} = (35,0 \cdot 1,1 + 1,5 \cdot 6,0 \cdot 1,05) \cdot 0,95 = 45,56$ кН

Значення навантажень:

$P_{1} = P_{кн} + P_{пб} + P_{ст1} = 58,52 + 45,56 + 53,11 = 157,19$ кН

$P_{2} = P_{п} + P_{кв} + P_{ст2} = 140,18 + 15,09 + 35,76 = 191,03$ кН

$M_{1б} = P_{пб} \cdot e_{1} = 45,56 \cdot 0,6 = 27,34$ кНм

$M_{1с} = P_{ст1} \cdot e_{7} = 53,11 \cdot 0,525 = 23,11$ кНм

$M_{2п} = P_{п} \cdot e_{3} = 140,18 \cdot 0,04 = 5,61$ кНм

$M_{2с} = P_{ст2} \cdot e_{6} = 35,76 \cdot 0,315 = 8,05$ кНм

3.3 Навантаження від кранів

$G_{b} = 24$ кН

$G_{к} = 130$ кН $F_{1} = 85$ кН



5600

F1 F1

4 400

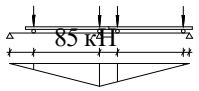
$F_{мін} = \frac{(Q + G_{k})}{n_{k}} - F_{max} = \frac{(100 + 130)}{2} - 85 = 30$ кН

$T_к = f\frac{(Q + G_b)}{n_k} = 0{,}05\,\frac{(100+24)}{2} = 3{,}1$ кН

$D_{max} = n_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot F_{max} \cdot \Sigma y_i = 0{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}95 \cdot 85 \cdot (0{,}27 + 1{,}0 + 0{,}8 + 0{,}067) =$
$= 161{,}346$ кН

$D_{msn} = n_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot F_{min} \cdot \Sigma y_i = 0{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}95 \cdot 30{,}0 \cdot (0{,}27 + 1{,}0 + 0{,}8 + 0{,}067) =$
$= 56{,}946$ кН

$T_{max} = n_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot T_k \cdot \Sigma y_i = 1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}95 \cdot 3{,}1 \cdot (0{,}27 + 1{,}0 + 0{,}8 + 0{,}067) =$
$= 6{,}923$ кН



$M_{max} = D_{max} \cdot e_1 = 161{,}346 \cdot 0{,}6 = 96{,}81$ кН

$M_{min} = D_{min} \cdot e_1 = 56{,}946 \cdot 0{,}6 = 34{,}168$ кН

3.4 Навантаження від снігу

Снігове навантаження для промислових будівель приймається рівномірно розподіленою по покриттю. При переході до розрахункової схеми рівномірно розподілене навантаження приводять до вузлової по формулі (3.1,3.2):

$$S_1 = S_m \cdot \gamma_n \cdot B \cdot d/2 \qquad (3.1)$$

$$S_2 = S_m \cdot \gamma_n \cdot B \cdot d \qquad (3.2)$$

Предельное розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття визначається за формулою (3.3):

$$S_m = S_0 \cdot C \cdot \gamma_{fm}, \qquad (3.3)$$

де S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, яке дорівнює вазі снігового покрову на 1м^2 поверхні землі. Значення S_0 визначаються в залежності від снігового району по карті районування.

γ_{fm} – коефіцієнт надійності по навантаженню, визначається в залежності від відношення нормативної ваги покриття до нормативної ваги снігового покрову $q^{н}_{п}/ S_0$.

Для III снігового району $S_0 = 1,2$ МПа.

Предельное розрахункове значення снігового навантаження на 1 м^2 покриття визначають:

$$S_m = S_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot C = 1,14 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,368$$

$$C = \mu \cdot C_e \cdot Calt = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1, \qquad \mu = 1 \quad при \quad \alpha \leq 25$$

Коефіцієнт ***C*** в формулі визначають (3.4):

$$C = \mu \cdot Ce \cdot Calt , \qquad (3.4)$$

де Ce – коефіцієнт, який враховує режим експлуатації крівлі;

Calt – коефіцієнт географічної висоти;

μ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покрову на поверхні землі до снігового навантаження на покритті, яке залежить від форми крівлі.

Для будівель з двоскатними покриттями значення коефіцієнту $\boldsymbol{\mu}$ приймають рівним:

$\mu = 1$ при $\alpha \leq 25^0$

де $\boldsymbol{\alpha}$ – кут нахилу крівлі.

Вузлове навантаження на покриття від снігу:

$$S_1 = S_m \cdot \gamma_n \cdot B \cdot d/2 = 1,368 \cdot 0,95 \cdot 6 \cdot 1,5 = 11,697 \text{ кН}$$

Вузлове навантаження на раму:

$F_{сн} = S_1 \cdot L/2 = 11,697 \cdot 12/2 = 70,179$ кН

$M_{сн} = F_{сн} \cdot e_3 = 70,179 \cdot 0,04 = 2,807$ кНм

3.5 Навантаження від вітру

Для II вітрового району $W_0 = 0,045$ т/м^2

Вітрове навантаження є змінною, для якої встановлені два розрахункових значення: предельное і експлуатаційне.

Предельное розрахункове значення вітрового навантаження визначається:

$$w_m = W_0 \cdot C \cdot \gamma_{fm} = 1,14 \cdot 0,045 \cdot 1,24 = 0,0636$$

$$w'_m = W_0 \cdot C' \cdot \gamma_{fm} = 1,14 \cdot 0,045 \cdot 0,775 = 0,0397$$

де C – коефіцієнт, який визначається за формулою;

γ_{fm} – коефіцієнт надійності по предельному значенню вітрового навантаження;

W_0 - характеристичне значення вітрового навантаження, яке дорівнює середній (статистичній) складовій тиску вітру на висоті 10м над поверхнею землі. Значення W_0 визначається в залежності від вітрового району по карті районування.

Коефіцієнт **C** в формулі визначається:

$$C = Caep \cdot Ch \cdot Calt \cdot Crel \cdot Cdir \cdot Cd = 0,8 \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,24$$

$$C' = C' aep \cdot Ch \cdot Calt \cdot Crel \cdot Cdir \cdot Cd = 0,5 \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,775$$

$C^1 = 0,5$ залежить від: $b/L = 36/12 = 3$

$h/L = 12,585/12 = 1,049$

де Caep – аеродинамічний коефіцієнт = 0,8

Ch - коефіцієнт, що враховує висоту будівлі = 1,55

Calt – коефіцієнт географічної висоти = 1

Crel – коефіцієнт рельєфу = 1

Cdir – коефіцієнт направлення = 1

$$w_1 = w_m \cdot B \cdot \gamma_n = 0,0636 \cdot 6 \cdot 0,95 = 0,36252$$

$$w'_1 = w'_m \cdot B \cdot \gamma_n = 0,0397 \cdot 6 \cdot 0,95 = 0,22629$$

$$W_1 = w_1 \cdot h/2 = 0,36252 \cdot 1,5 = 0,54378$$

$$W'_1 = w'_1 \cdot h/2 = 0,22629 \cdot 1,5 = 0,33943$$

3.6 Геометричні характеристики конструкцій

Момент інерції нижньої частини ступінчастої колони:

$$I_н = \frac{в_н \cdot h_н^3}{12} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}8^3}{12} = 0{,}0171 \text{ м}^4$$

Момент інерції нижньої частини ступінчастої колони:

$$I_н = \frac{в_в \cdot h_в^3}{12} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}38^3}{12} = 0{,}0019 \text{ м}^4$$

Модуль пружності $E = 26{,}5 \cdot 10^6$ кН/м^2

3.7 Розрахунок поперечної рами каркасу

Розрахунок ведемо за допомогою програмного комплексу Lira 9.0.

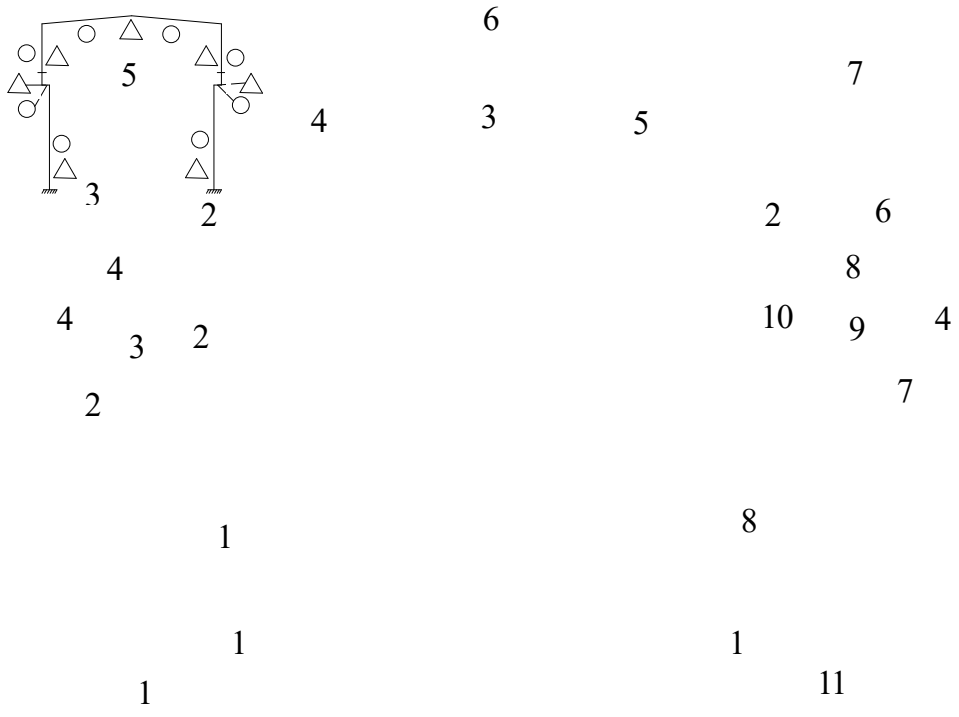


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема рами

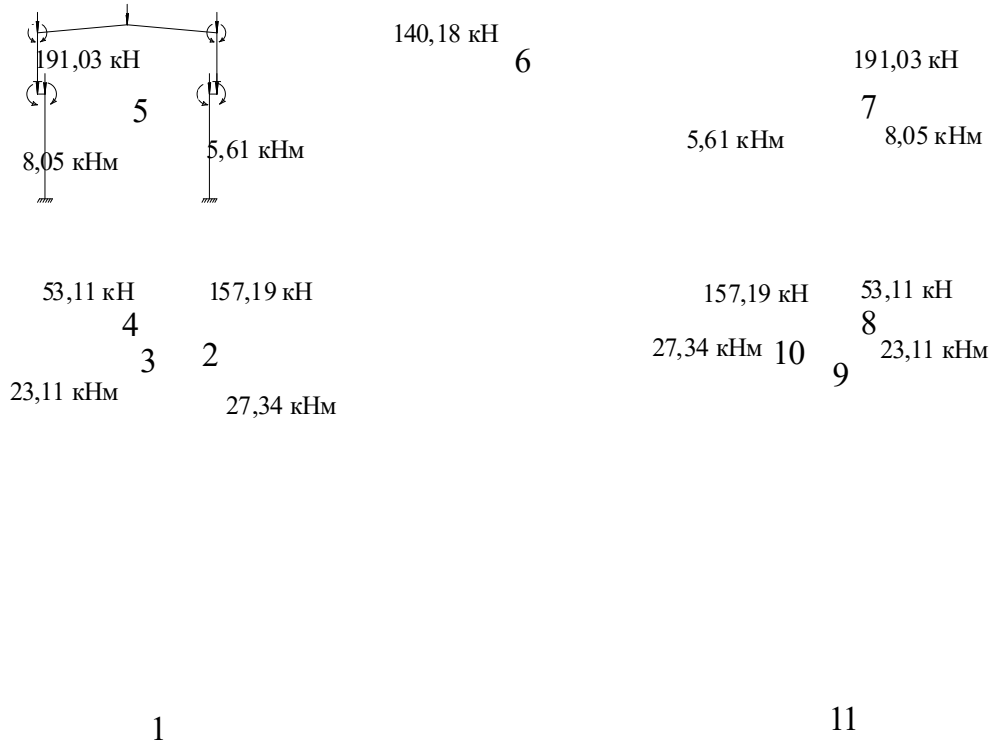


Рисунок 3.3 - Схема завантаження постійним навантаженням рами

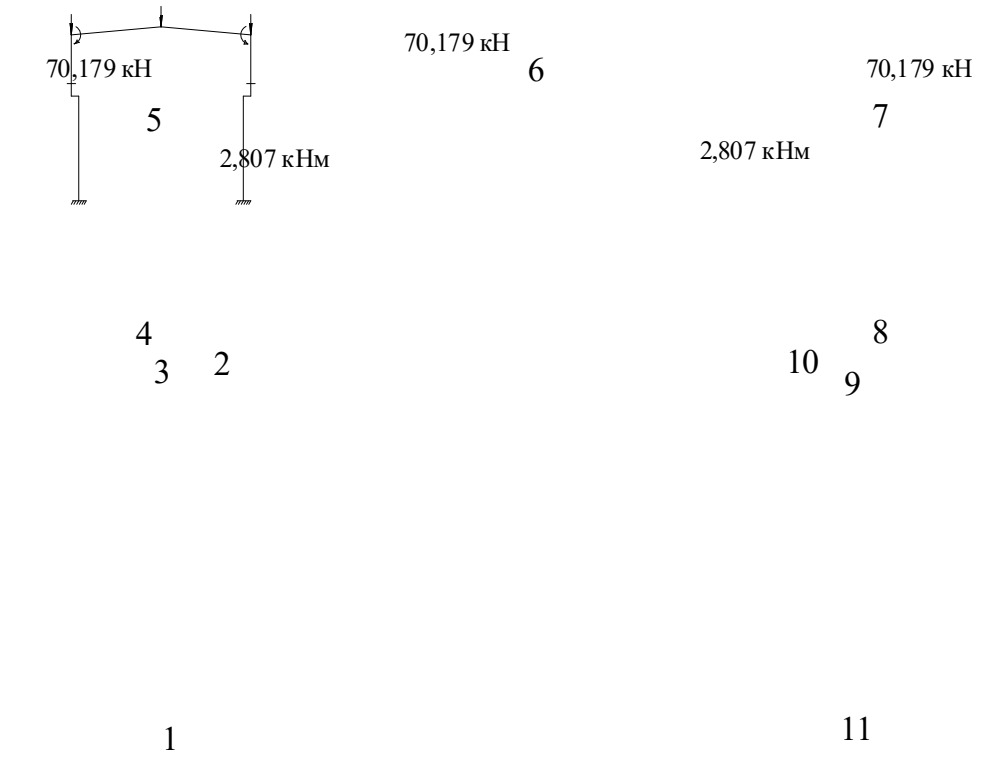


Рисунок 3.4 - Схема завантаження сніговим навантаженням рами

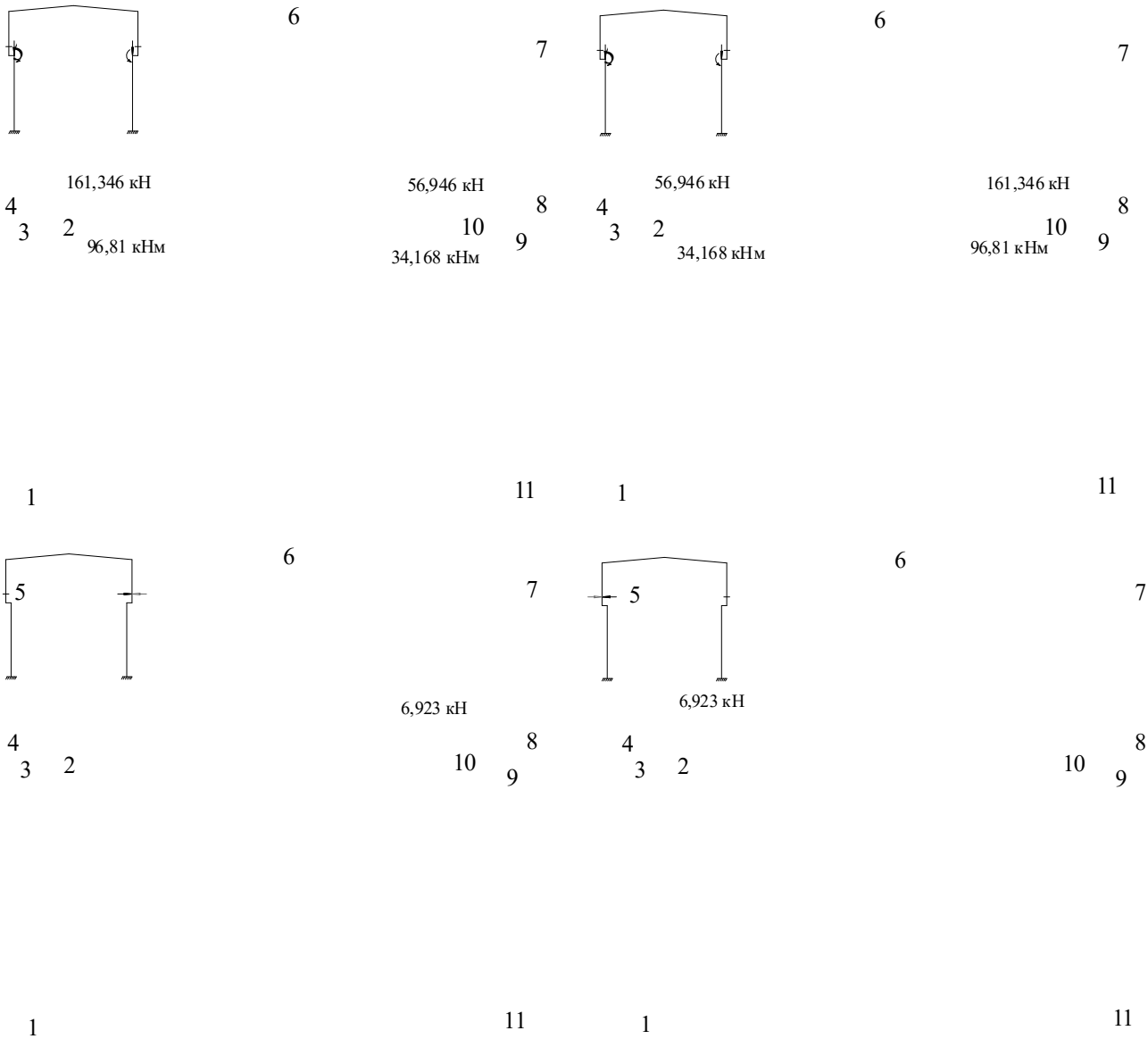


Рисунок 3.5 - Схеми завантаження крановими навантаженнями рами

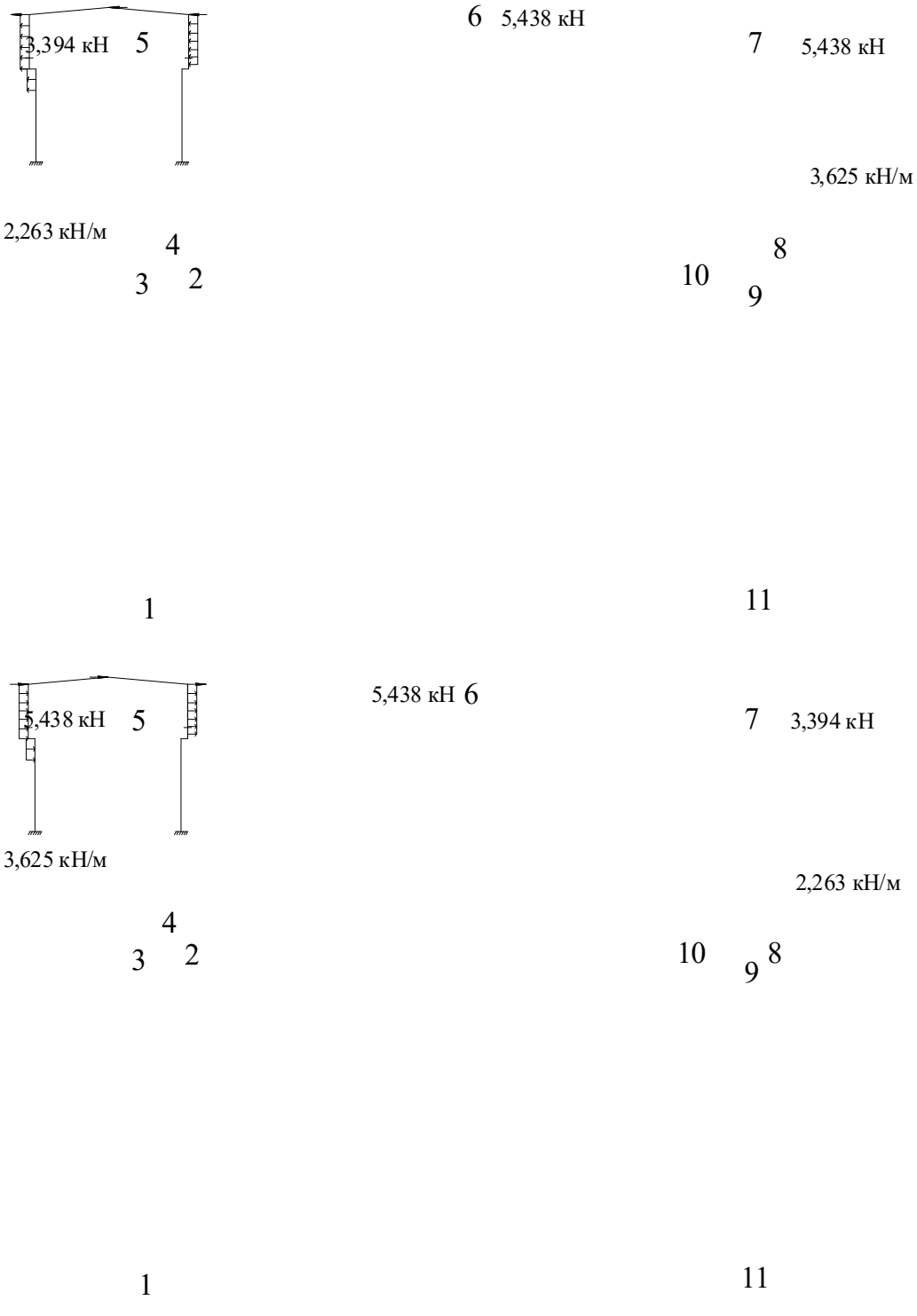


Рисунок 3.6 - Схема завантаження вітровими навантаженнями рами

Розраховуємо арматуру для несучих конструкцій рами.

Площа повздовжньої арматури нижньої частини колони А = 2,39 см^2, визначаємо діаметр арматури:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.39}{\pi}} = 1{,}75 \text{ см}$$

Приймаємо арматуру А400С діаметром 18 мм.

Площа поперекової арматури нижньої частини колони А = 1,13 см^2, визначаємо діаметр арматури:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.13}{\pi}} = 1{,}19 \text{ см}$$

Приймаємо арматуру А240С діаметром 12 мм.

Площа повздовжньої арматури верхньої частини колони А = 2,01 см^2, визначаємо діаметр арматури:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.01}{\pi}} = 1{,}6 \text{ см}$$

Приймаємо арматуру А400С діаметром 16 мм.

Діаметр поперекової арматури верхньої частини колони приймаємо конструктивно А240С діаметром 5 мм.

Площа повздовжньої арматури нижньої частини кроквяної балки А = 10,6 см^2, визначаємо діаметр арматури:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10.6}{\pi}} = 3{,}68 \text{ см}$$

Приймаємо арматуру А400С діаметром 38 мм.

Площа поперекової арматури нижньої частини кроквяної балки А = 4,02 см^2 і А = 2,26 см^2, визначаємо діаметри арматури:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.02}{\pi}} = 2{,}27 \text{ см}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.26}{\pi}} = 1{,}7 \text{ см}$$

Приймаємо арматуру А240С діаметром 24 мм і 18 мм.

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ В ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА БУДІВЛІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИХ МАЙСТЕРЕНЬ

4.1 Сучасні технології швидкого збірного монтажу конструкцій

Швидкий збірний монтаж передбачає використання готових конструктивних елементів, що дозволяє замінити традиційні “мокрі” процеси будівництва, такі як заливка та твердішання бетону, на швидке складання на майданчику. Основні принципи:

1. Заводське виготовлення елементів – гарантує точні геометричні розміри, оптимальну якість матеріалів і високу надійність конструкцій.
2. Модульність конструкцій – елементи виготовляються у вигляді блоків або модулів, що забезпечує стандартизацію та повторне використання.
3. Механізований монтаж – застосування кранів, підйомників, монтажних візків та спеціальних пристроїв для швидкої установки елементів.
4. Система точного вирівнювання та кріплення – лазерні та геодезичні системи для контролю горизонтального та вертикального положення елементів.
5. Інтеграція інженерних мереж – збірні конструкції можуть мати вбудовані канали для електропроводки, водопостачання та вентиляції.

Таблиця 4.1 - Принципи швидкого збірного монтажу конструкцій

Принцип	Опис	Значення
Заводське виготовлення	Контроль геометрії та матеріалів	Підвищує якість та надійність конструкцій
Модульність	Використання блоків та модулів	Скорочення часу монтажу та стандартизація елементів
Механізований монтаж	Крани, підйомники, монтажні візки	Зменшення трудомісткості та часу робіт
Точне вирівнювання	Лазерні та геодезичні системи	Забезпечення точності складання
Інтеграція мереж	Вбудовані канали для комунікацій	Оптимізація інженерних робіт

Вибір матеріалів є визначальним фактором для забезпечення міцності, довговічності та швидкості монтажу. Основні групи матеріалів:

1. Збірний залізобетон (ЗБВ) – балки, колони, плити перекриття, стінові панелі. Використовується завдяки високій несучій здатності та довговічності.

2. Сталеві конструкції – ферми, каркаси, балки. Забезпечують пластичність, швидкий монтаж і можливість повторного використання.

3. Композитні матеріали (FRP, склопластик, вуглепластик) – легкі, корозійностійкі матеріали для підсилення та зведення модульних елементів.

4. Модульні блоки із сучасних матеріалів – комбіновані елементи із ЗБВ, сталі та композитів із вбудованими комунікаціями.

Таблиця 4.2. Матеріали для швидкого збірного монтажу

Матеріал	Тип елементів	Переваги	Недоліки
Збірний ЗБВ	Плити перекриття, балки, колони	Висока несуча здатність, довговічність	Велика вага, потреба у транспорті та підйомі
Сталь	Каркаси, ферми, балки	Легка вага, швидкий монтаж, повторне використання	Корозія, потребує антикорозійного захисту
Композити (FRP)	Панелі, покриття	Легка вага, корозійна стійкість	Висока вартість, спеціальна технологія монтажу
Модульні блоки	Комбіновані елементи	Інтеграція комунікацій, швидкий монтаж	Вартість модулів, обмеження розмірів транспортування

Технології швидкого монтажу

Класичний збірний монтаж

Цей метод передбачає транспортування готових елементів на будівельний майданчик та складання за допомогою кранів. Основні етапи:

1. Транспортування елементів та складання в монтажні осередки.
2. Тимчасове кріплення та вирівнювання елементів.
3. Постійне кріплення та фіксація елементів за допомогою анкеровки або зварки.
4. Контроль точності положення та перевірка геометричних параметрів.

Модульний збірний монтаж

Модульний підхід передбачає встановлення великих блоків або модулів, які вже мають внутрішню конструктивну цілісність. Переваги:

- Скорочення часу монтажу на 30–50%.
- Мінімізація монтажних робіт на висоті.
- Можливість попередньої інтеграції інженерних систем.

Технологія монтажу з попередньо напруженими елементами

Використовується для конструкцій із високими навантаженнями та великими прольотами. Етапи:

1. Виготовлення напружених балок або плит на заводі.
2. Транспорт та монтаж із застосуванням підйомного обладнання.
3. Фіксація та введення в експлуатацію без додаткового “мокрого” процесу.

Таблиця 4.3 - Основні технології швидкого збірного монтажу

Технологія	Опис	Переваги	Недоліки
Класичний збірний монтаж	Монтаж готових елементів ЗБВ/сталь	Висока надійність, перевірена технологія	Трудомісткість, необхідність кранів
Модульний монтаж	Установка великих блоків/модулів	Швидкість, інтеграція комунікацій	Вартість модулів, обмеження транспортування
Напружені елементи	Попередньо напружені балки та плити	Підвищена несуча здатність, мінімальні деформації	Вартість, складність монтажу

Інноваційні технології

Сучасне будівництво активно впроваджує інновації для оптимізації швидкого збірного монтажу:

1. 3D-друк елементів конструкцій – виготовлення складних форм із бетонних та полімерних сумішей.
2. Автоматизація монтажу – роботи та дрони для встановлення легких панелей та модулів.
3. Сенсорний контроль та цифрове моделювання – інтеграція BIM (Building Information Modeling) для точного планування монтажу та контролю якості.
4. Мобільні монтажні комплекси – пересувні крани та монтажні системи для швидкої установки великих елементів.

Таблиця 4.4 - Інноваційні технології швидкого монтажу

Технологія	Сфера застосування	Переваги	Недоліки
3D-друк	Панелі, фасади, модулі	Складні форми, мінімізація відходів	Обмежені розміри, матеріальні обмеження
Автоматизація	Легкі панелі, модулі	Швидкість, зменшення людського фактора	Висока вартість обладнання
BIM-моделювання	Планування та контроль монтажу	Оптимізація процесів, точність	Необхідна підготовка персоналу
Мобільні монтажні комплекси	Високі або великі конструкції	Скорочення часу та витрат	Вартість, логістика

Переваги та обмеження швидкого збірного монтажу

Переваги:

- Значне скорочення термінів будівництва.
- Підвищення точності та якості елементів.
- Можливість інтеграції інженерних мереж на заводі.
- Зменшення залежності від погодних умов.
- Можливість повторного використання елементів.

Обмеження:

- Високі початкові витрати на виготовлення модулів та монтажне обладнання.
- Необхідність спеціалізованого персоналу.
- Транспортні обмеження для великих елементів.
- Необхідність попереднього проектування та планування.

Таблиця 4.5- Порівняльна характеристика швидкого збірного монтажу

Параметр	Традиційне будівництво	Швидкий збірний монтаж
Час виконання	Високий	Низький
Якість елементів	Залежить від умов майданчика	Висока, заводська
Трудомісткість	Висока	Знижена
Інтеграція інженерних мереж	Після монтажу	На заводі або під час монтажу
Вартість	Середня	Вища початкова, нижча експлуатаційна

Сучасні технології швидкого збірного монтажу конструкцій забезпечують оптимізацію будівельних процесів, скорочують строки будівництва, підвищують точність і якість виконання робіт. Використання модульних та збірних елементів із залізобетону, сталі та композитних матеріалів дозволяє проводити швидкий монтаж

4.2 Виробництво монтажних робіт

В даному розділі розробляємо технологічну карту монтажу конструкцій ремонтно-механічних майстерень і адміністративно-побутової будівлі. Загальні розміри будівлі – 36,0 х 96,55 м (амін.-побут. будівля – 36,0 х 12,0 м, майстерні – 84,0 х 36,0 м) .

Основні несучі і огороджувальні конструкції – збірні залізобетонні.

Майданчик, на якому намічується будівництво, спланово зарання, передбачені відповідні ухили для відведення атмосферної води. Ґрунтові води протікають на глибині – 6,4 м. Ґрунт – піщаний. Під фундамент будівлі викопаний загальний котлован.

Конструкції на майданчик доставляються автотранспортом.

Визначення необхідних параметрів монтажних кранів.

Монтажна вага: $Q_m = Q + \Sigma q$

де Q – вага елемента;

Σq – сумарна вага монтажних конструкцій пристроїв, встановлених на елементі, який монтується, т.

Колона: Q = 7,626 + 0,02 = 7,646 т

Кроквяна балка 12 м: Q = 6,84 + 0,22 = 7,06 т

Кроквяна балка 18 м: Q = 11,385 + 0,22 = 11,605 т

Підкранова балка: Q = 6,0 + 0,22 = 6,22 т

Плити покриття: Q = 7,4 + 0,22 = 7,62 т

Монтажна висота: $H_м = H_о + H_з + H_е + H_с + H_п$

де $H_о$ – висота від рівня розміщення монтажного крану до опори, на яку встановлюється елемент, м;

$H_з$ – висота запасу при підйомі елементу над опорою, приймається 1,0 м;

$H_е$ – висота елементу, м;

$H_с$ – висота монтажного пристрою, м;

$H_п$ – висота поліспасту, приймається 1,5 м.

Кроквяна балка в прольоті висотою 12,585 м: $H_м$ = 10,8 + 1 + 1,39 + 2,2 + 1,5 = 16,89 м

Кроквяна балка в прольоті висотою 8,985 м: $H_м = 7,2 + 1 + 1,89 + 2,2 + 1,5 = 13,79$ м

Плита покриття в адміністративно-побутовій будівлі: $H_м = 6,0 + 1 + 0,22 + 2,2 + 1,5 = 10,92$ м

Визначаємо оптимальний кут нахилу стріли крану до горизонту:

$tg\ \alpha = 2 \cdot (h_{ст} + h_п)/(b_1 + 2S) = 2 \cdot (2,2 + 1,5)/(18,0 + 2 \cdot 1,5) = 0,352$

$\alpha = 21,55^\circ$

Визначаємо довжину стріли:

$L_c = (H_k + h_п - h_c)/\sin\alpha = (16,89 + 1,5 - 2,2)/0,332 = 48,765$ м

Визначаємо виліт крюку:

$L_k = L_c \cdot \cos\alpha + d = 48,765 \cdot 0,943 + 1,5 = 47,49$ м

Визначаємо кут повороту в горизонтальній площині:

$tg\ \varphi = D/L_k = 9,0/47,49 = 0,19$

$\varphi = 12,95^\circ$

Визначаємо проекцію на горизонтальну площу довжини стріли крану в повернутому положенні:

$L'_{c\varphi} = L_k/\cos\varphi - d = 47,49/0,983 - 1,5 = 46,81$ м

Визначаємо кут нахилу стріли крану в повернутому положенні:

$tg\ \alpha_\varphi = (H_k + h_п - h_c)/L'_{c\varphi} = (16,89 + 1,5 - 2,2)/46,81 = 0,346$

$\alpha_\varphi = 21,21^\circ$

Визначаємо найменшу довжину стріли крану при монтажі крайньої панелі покриття:

$L_{c\varphi} = L'_{c\varphi}/\cos\alpha_\varphi = 46,81/0,945 = 49,53$ м

Визначаємо виліт крюку в повернутому положенні крану:

$L_{к\varphi} = L'_{c\varphi} + d = 46,81 + 1,5 = 48,31$ м

$Q_{ср}=(7,626 \cdot 14 + 3,24 \cdot 40 + 3,26 \cdot 14 + 6,0 \cdot 12 + 6,84 \cdot 7 + 11,385 \cdot 28 + 7,4 \cdot 168)/(14 + 40 + 14 + 12 + 7 + 28 + 168) = 6,94$ т

Для монтажу каркасу приймаємо кран:

1) КС – 8362, Q = 9…100 т, $H_к = 18,0$ м
2) КС – 8162, Q = 6,5…90 т, $H_к = 19,6$ м

Таблиця 4.1 - Монтажні параметри конструкції і технічні характеристики кранів

Найменування елементів	Необхідні монтажні елементи			Типи та характеристики монтажних кранів							
				Варіант 1				Варіант 2			
	Q	H	L	Тип крану	Вантажопідйомність, т	Виліт стріли, м	Висота підйому, м	Тип крана	Вантажопідйомність, т	Виліт стріли, м	Висота підйому, м
Колона	7,626	10,8	0,8	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Кроквяна балка Н = 12м	6,84	1,39	12,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Кроквяна балка Н=18м	11,385	1,89	18,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Підкранова балка	6,0	1,0	6,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Панелі покриття	7,4	0,22	6,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Стінові панелі	1,26	1,2	6,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Стінові панелі	1,575	1,5	6,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6
Стінові панелі	1,89	1,8	6,0	КС – 8362	9…100	18,0…5,2	18,0	КС – 8162	6,5…90	18,0…6,0	19,6

Таблиця 4.2 - Калькуляція трудових витрат і заробітної платні

№ п/п	Найменування роботи	Одиниця виміру	Об'єм робіт	ЕНіР	Норма часу на одиницю виміру		Розцінка на одиницю, руб.	Загальна працеємність	З/платня на весь об'єм, грн.	Склад ланки на норму	
					Люд.-год.	Маш.-год.				Професія і розряд	Кількість робітників
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Монтаж колон без допомоги кондукторів	1 шт.	68	4-1-4	2,2	0,55	1-67 0-58,3	149,6 37,4	153,204	Монтажник 5р 4р 3р 2р	 1 1 2 1
2	Монтаж кроквяної балки, вага до 8т	1 шт.	7	4-1-6	3,1	0,62	2-32 0-65,7	21,7 4,34	20,839	---	---
3	Монтаж кроквяної балки, вага до 8т	1 шт.	28	4-1-6	8,0	1,6	6-56 1-70	224,0 44,8	231,28	---	---
4	Електрозварювання монтажних стиків зовнішніх стінових панелей	1 м шву	363,09	4-1-17	0,56	---	0-893	203,331	324,239	Електрозвар. 5р	 1
5	Антикорозійне покриття зварних швів	10 стиків	31,1	4-1-22	0,64	---	0-506	55,296	43,72	Монтажник 4р	 1
6	Заливка стиків панелей зовнішніх стін	100м шву	3,631	4-1-26	12,0	---	8-94	43,572	32,461	Монтажник 4р 3р	 1 1
7	Монтаж підкранових балок вагою до 10т	1 шт.	12	4-1-6	7,5	1,5	5-61 1-59	90,0 18,0	86,4	Монтажник 5р 4р 3р 2р	 1 1 1 1

8	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤5 м^2	1 шт.	46	4-1-8	2,0	0,5	1-52 0-53	92,0 23,0	94,3	---	---
9	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤10 м^2	1 шт.	32	4-1-8	3,0	0,75	2-28 0-79,5	96,0 24,0	98,4	---	---
10	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤15 м^2	1 шт.	80	4-1-8	4,0	1,0	3-04 1-06	320,0 80,0	328,0	---	---
11	Монтаж плит покриття S≤20 м^2	1 шт.	168	4-1-7	1,2	0,3	0-84,9 0-31,8	201,6 50,4	196,056	Монтажник 4р 3р 2р	1 1 1
12	Допоміжні і непередбачені роботи							149,71 28,194	160,89		
УСЬОГО:								1646,81 310,134	1769,789		

Визначаємо собівартість монтажу 1т конструкції (4.1):

$$C_e = (1{,}08C_{маш/зм} + 1{,}5\Sigma З_{ср})П_{н.зм} \quad (4.1)$$

$C_{маш/зм}$ – собівартість машино-зміни крану;

$\Sigma З_{ср}$ – середня заробітна платня робітників;

$П_{н.зм.}$ – нормативна зміна експлуатаційної продуктивності крану при монтажу конструкцій;

$П_{н.зм.} = P/n_{маш./зм.}$

$n_{маш./см.}$ - кількість машино-змін крану для монтажу конструкцій;

P – загальна вага елементів, які монтуються.

$П_{н.зм.} = 1963{,}864/310{,}134 = 6{,}332$

1) $C_e = (1{,}08 \cdot 85{,}56 + 1{,}5 \cdot 298{,}967) \cdot 6{,}332 = 3424{,}696$ грн.

2) $C_e = (1{,}08 \cdot 97{,}01 + 1{,}5 \cdot 298{,}967) \cdot 6{,}332 = 3502{,}997$ грн.

Удільна приведена вартість монтажу 1т конструкції (4.2):

$$C_{пр.п.} = C_e + E_н K_п \quad (4.2)$$

де $E_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень, $E_н = 0{,}15$;

$K_п$ – удільні капіталовкладення, грн./т;

$$K_п = C_{і.р.} \cdot t_{зм}/П_{н.зм.} \cdot T_{річ} \quad (4.3)$$

де $C_{і.р.}$ – інвентарно-розрахункова вартість крану;

$t_{зм}$ – число годин роботи крану за рік;

$T_{річ}$ – нормативне число годин роботи крану за рік.

1) $K_п = (118400 \cdot 8)/(6{,}332 \cdot 3075) = 48{,}647$ грн./т

$C_{пр.п.} = 3424{,}696 + 0{,}15 \cdot 48{,}647 = 3431{,}993$ грн.

2) $K_п = (138400 \cdot 8)/(6{,}332 \cdot 3075) = 56{,}864$ грн./т

$C_{пр.п.} = 3502{,}997 + 0{,}15 \cdot 56{,}864 = 3511{,}527$ грн.

Для виконання монтажних робіт найбільш економічно вигідно використовувати кран КС – 8362.

Таблиця 4.3 - Календарний графік робіт

№	Найменування робіт	Одиниці виміру	Об'єм робіт	ЕНіР	Працеємність		Механізми		Склад ланки	Кіл-ть змін на добу	Тривалість виконання робіт
					Л.-год.	Маш.-год.	Найменування	Кіл-ть			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Монтаж колон без допомоги кондукторів	1 шт.	68	4-1- 4	149,6	37,4	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	2
2	Монтаж кроквяної балки, вага до 8т	1 шт.	7	4-1- 6	21,7	4,34	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	1
3	Монтаж кроквяної балки, вага до 15т	1 шт.	28	4-1- 6	224,0	44,8	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	2
4	Монтаж підкранових балок вагою до 10т	1 шт.	12	4-1- 6	90,0	18,0	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	1
5	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤5 м^2	1 шт.	46	4-1- 8	92,0	23,0	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	1
6	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤10 м^2	1 шт.	32	4-1- 8	96,0	24,0	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	1

7	Монтаж панелей зовнішніх стін S≤15 м^2	1 шт.	80	4-1- 8	320,0	80,0	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	5
8	Електрозварювання монтажних стиків зовнішніх стінових панелей	1 м шву	363,09	4-1- 17	203,331	---	---	---	5	1	5
9	Антикорозійне покриття зварних швів	10 стиків	31,1	4-1- 22	55,296	---	---	---	2	1	3
10	Заливка стиків панелей зовнішніх стін	100м шву	3,631	4-1- 26	43,572	---	---	---	2	1	2
11	Монтаж плит покриття S≤20 м^2	1 шт.	168	4-1- 7	201,6	50,4	КС – 8362, Q= 6…100 т	1	1	2	3

ВИСНОВОК

1. Аналіз сучасних методів оцінки технічного стану будівель та критерії аварійності

   Проведений аналіз сучасних методів діагностики пошкоджених будівель показав, що найбільш ефективними є комплексні підходи, що поєднують візуальний огляд, неруйнівні методи контролю (ультразвуковий, радіографічний, магнітний), а також математичне моделювання залишкової несучої здатності конструкцій. Визначено ключові критерії аварійності, серед яких: критичні тріщини та деформації, перевищення допустимих прогинів, корозійні ушкодження металевих елементів, порушення геометрії фундаментів та стінових панелей. Запропоновані критерії дозволяють систематизувати оцінку стану будівель та приймати обґрунтовані рішення щодо їх експлуатації або відновлення.
2. Систематизація конструктивних рішень для відновлення несучих елементів

   Проаналізовано основні конструктивні рішення для відновлення фундаментів, стінових панелей і покриттів, включаючи локальне посилення, заміну пошкоджених елементів, ін’єкційне зміцнення та використання композитних матеріалів. Встановлено, що оптимальний вибір методу залежить від ступеня пошкодження, навантажень на конструкцію та її матеріалу. Систематизація конструктивних рішень дозволяє розробляти ефективні технологічні схеми відновлення, забезпечуючи безпеку та довговічність будівельних об’єктів.
3. Технологічні підходи до швидкого ремонту та збірного монтажу конструкцій

   Досліджено сучасні технології швидкого збірного монтажу, що дозволяють виконувати роботи в умовах обмеженого часу та кризових

ситуацій. Визначено, що використання швидкотвердіючих матеріалів, заводської збірки елементів та модульного підходу дозволяє значно скоротити строки відновлення об’єктів, підвищити точність монтажу та інтегрувати інженерні мережі без порушення експлуатаційного режиму будівлі.

4. Організаційні аспекти відновлювальних робіт

   Проаналізовано організаційні заходи при виконанні відновлювальних робіт: планування безпечних зон, оптимізація логістики матеріалів та координація робіт на будівельному майданчику. Встановлено, що ретельне планування, застосування сучасних технологій транспортування та монтажу, а також визначення зон безпечної роботи дозволяє мінімізувати ризики аварій, знизити трудові та часові витрати і забезпечити безпечні умови праці.

5. Оцінка ефективності і економічної доцільності конструктивно-технологічних рішень

   На прикладі практичного об’єкту у м. Запоріжжя проведено оцінку різних варіантів відновлення (монтажу) конструкцій. Встановлено, що підхід, який поєднує локальне посилення, модульний монтаж та збірні елементи, забезпечує оптимальне співвідношення витрат, швидкості виконання та довговічності об’єктів. Економічна ефективність застосування сучасних матеріалів і технологій проявляється у зниженні витрат на робочу силу, зменшенні часу простою будівель та підвищенні надійності відновлених конструкцій.

У результаті виконаного дослідження підтверджено, що інтеграція сучасних методів оцінки стану конструкцій, конструктивних рішень та швидких технологій монтажу дозволяє забезпечити комплексну та ефективну систему відновлення пошкоджених будівель, підвищуючи їх безпеку, експлуатаційну придатність та економічну доцільність реалізації проектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд: навч. посібник. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2008. 108 с.
2. Бичевий П.П., Міщук К. М. Реконструкція будівель і споруд: методичні вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 39 с.
3. Бичевий П.П., Міщук К. М. Прогресивні технології будівництва та реконструкції будівель і споруд: метод. вказівки до виконання практ. занять та контр. робіт, проведення самост. роботи для студ. ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" ден. та заоч. форм навчання : методичні вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 42с.
4. Гавриляк А.І., Базарник І.Б., Кінаш Р.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: навч. посібник для внз. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2006. 539 с.
5. Данкевич Н. О., Шаровар М. К., Мальований І. В. Технологія будівельного виробництва: метод. вказівки до виконання курсового проекту для студ. ЗДІА напряму 6.06.0101 "Будівництво" ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 57 с.
6. Данкевич Н.О. Технологія будівельного виробництва: методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних занять, контрольної та самостійної роботи для студентів ЗДІА за напрямом 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 65 с.
7. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.

8. . ДСТУ 9243.4:2023 Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. [Чинний від 2009–01–24]. Київ : Держстандарт України, 2009. 70 с.
9. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об’єктів [Чинний з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 42 с.
10. ДБН А.3.1-5-2016. Державні будівельні норми. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 67 с.
11. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.. 34 с.
12. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.31 с.
13. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.20 с.
14. ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення». [Чинні з 2019-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України.2019. 32 с.
15. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. [Чинні з 2022-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України.2021. 33 с.
16. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. [Чинні з 2018-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України.2018. 46 с.
17. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва. [Чинний від 2021–11–01]. Київ, 2021. 120 с. (Кошторисні норми України).
18. Кошторисні норми України. Настанова щодо розроблення елементних ресурсних кошторисних норм на будівельні роботи
19. Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учебник. Днепропетровск: «Пороги,», 2005. 309 с.

20. Кузнєцов Ю.П. Проектирование железобетонных работ. Киев; Донецк: Вища школа., 1991. 280 с.
21. Клименко Є.В. Будівельні конструкції: посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 426с.
22. Організація будівництва : підручник / за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
23. Павлов І.Д., Полтавець М.О. Організація, планування та системи управління в містобудівництві: навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти «Магістра» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Запоріжжя, ЗНУ, 2019. 165 с.
24. Павлов І.Д., Пшегорлінська О.А. Технологія, організація та планування будівництва: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання .Запоріз. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 186 с.
25. Посібник з розробки проектів організації будівництва й проектів виконання робіт (до ДБН А.3.1-5-96). Київ : Укрархбудінформ, 1997. 105 с.
26. Пищаленко Ю. А. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для вузов. Киев: Вища школа, 1982. 192 с.
27. Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: монографія. Дніпропетровськ, 2003. 225 с.
28. Притула С. Ф.Технологія будівельних процесів: навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 140 с.
29. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш. учеб.заведен. /под ред. А.И. Менейлюка. Киев: Освіта України, 2010. 549 с.

30. Технологія будівельного виробництва: підручник / В.К. Черненко та ін.; за ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. Київ: Вища школа, 2002. 430 с.
31. Технология строительного производства / под общей ред. О.О. Литвинова, Ю.И. Белякова. Киев: Висш. шк., 1985. 479с.
32.. Технологія будівельного виробництва: підручник для студ. внз / за ред. Ярмоленко М. Г. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Вища школа, 2005. 341 с.
33. Терех М.Д. Технологія реконструкції будівель та споруд: мтодичні вказівки до практичних занять, виконання розрахунково-графічних робіт та самостійної роботи для студентів спеціальності 8.092101 „Промислове та цивільне будівництво". Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2006. 67 с.
34. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачеєв та інші; За ред.. В.К. Черненка. Київ :Горобець Г.С.,2010. 372 с.
35. Черненка В.К., Ярмоленка М.Г. Технологія будівельного виробництва: підручник. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.
36. Нові технології в будівництві - надія на майбутнє. URL: http://www.farsipharm.com.ua/
37. Нові технології швидкого та економічного будівництва житла. URL: http://ecotown.com.ua/.