

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
12 вересня 2024 р. протокол № 5

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни**

**«Обстеження та випробовування будівель і споруд»**  
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»  
факультет гірничої справи природокористування та будівництва  
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні  
кафедри гірничих технологій та  
будівництва ім. проф. Бакка М.Т  
27 серпня 2024 р., протокол № 8

#### **Розробники:**

к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва ім.  
проф. Бакка М.Т. ПРИПОТЕНЬ Юлія  
к.т.н кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф.  
Бакка М.Т БАЙДА Денис  
асистент кафедри гірничих технологій та будівництва ім.  
проф. Бакка М.Т. НАУМОВ Ярослав

Житомир  
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 2

УДК 697.

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Обстеження та випробовування будівель і споруд» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі – к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. ПРИПОТЕНЬ Юлія, к.т.н кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т БАЙДА Денис, асистент НАУМОВ Ярослав – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 40 с.

Рецензенти:

ОСТАФІЙЧУК Неля – ст. викладач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

ШЛАПАК Володимир – к.т.н., доцент кафедри маркшейдерії

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою гірничих технологій та будівництва ім.проф. Бакка М.Т. – к.т.н. БАШИНСЬКИЙ Сергій

Методичні рекомендації розроблені для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання і містять детальні вказівки для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Обстеження та випробовування будівель і споруд».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 3

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
Тема 1. Аналіз стану будівлі та її підсилення .....	5
Тема 2. Аналіз тріщин у конструкціях .....	10
Тема 3. Оцінка зношення фундаменту .....	17
Тема 4. Осідання будівлі .....	22
Тема 5. Розрахунок несучої балки .....	25
Тема 6. Безпека гідроізоляції .....	29
Тема 7. Аварійність конструкцій .....	32
Тема 8. Температурна деформація балки .....	37

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 4

## ВСТУП

Сучасні будівельні конструкції потребують постійного контролю їхнього технічного стану, що зумовлено як впливом зовнішніх факторів, так і природним старінням матеріалів. З цією метою проводиться обстеження та випробовування будівель і споруд, що дозволяє своєчасно виявляти дефекти, прогнозувати їхній розвиток та здійснювати відповідні заходи з підсилення конструкцій або їхньої реконструкції.

Методичні рекомендації призначені для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та спрямовані на формування професійних компетентностей у сфері обстеження будівельних об'єктів, визначення їхньої залишкової несучої здатності та розробки рекомендацій щодо їх експлуатації.

Практичні заняття, що викладені у даних рекомендаціях, сприяють закріпленню теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисципліни, та розвитку навичок роботи з вимірювальним обладнанням, методами інструментального контролю і нормативними документами.

Основними завданнями методичних рекомендацій є:

- Надання студентам алгоритму виконання практичних занять, що включають методи обстеження конструкцій, аналіз виявлених дефектів, визначення рівня зношення та прогнозування довговічності будівельних матеріалів.
- Ознайомлення з сучасними методами випробування будівельних конструкцій та оцінки їх технічного стану відповідно до діючих норм та стандартів.
- Відпрацювання навичок розрахунку несучої здатності конструкцій та підбору оптимальних методів їхнього підсилення.
- Формування здатності аналізувати отримані результати та приймати рішення щодо подальшої експлуатації будівель та споруд.

Дані методичні рекомендації охоплюють ключові аспекти оцінки стану будівельних конструкцій, включаючи аналіз тріщин, осідання фундаментів, аварійність будівельних елементів, температурні деформації та методи підсилення конструкцій. Практичні заняття організовані таким чином, щоб забезпечити поетапне оволодіння методами обстеження будівель та набуття професійних навичок у сфері діагностики технічного стану споруд.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 5

## Тема 1. Аналіз стану будівлі та її підсилення

**Мета роботи:** Оцінити технічний стан будівлі шляхом аналізу її конструктивних елементів, виявити наявні дефекти, деформації та пошкодження, визначити їхні причини та вплив на експлуатаційну придатність споруди. Провести необхідні розрахунки для оцінки залишкової несучої здатності конструкцій, розробити оптимальні методи підсилення для відновлення або покращення їхньої надійності та довговічності, а також сформулювати рекомендації щодо подальшої експлуатації будівлі.

### Теоретичні дані:

Аналіз стану будівлі – це комплексна оцінка її технічного стану, що включає визначення дефектів, ступеня зношеності конструкцій та необхідності підсилення або реконструкції. Основною метою такого аналізу є забезпечення безпечної експлуатації споруди, продовження її терміну служби та адаптація до змінених навантажень. Його проводять у разі планових обстежень, реконструкції, виявлення деформацій, змін у використанні будівлі, а також після надзвичайних ситуацій.

Процес аналізу починається з вивчення документації, що містить проєктні креслення, акти попередніх обстежень, дані про матеріали та історію експлуатації. Далі проводиться візуальне обстеження, під час якого оцінюється стан стін, перекриттів, фундаменту, даху, виявляються тріщини, корозія арматури, осідання та інші дефекти.

### Оцінка технічного стану будівлі

Аналіз стану будівлі передбачає комплексне дослідження її конструктивних елементів, що включає візуальний огляд, інструментальні вимірювання та розрахункові методи оцінки. Основні етапи аналізу:

- **Візуальний огляд** – виявлення тріщин, деформацій, корозії арматури, механічних пошкоджень, руйнувань матеріалу.
- **Геодезичні вимірювання** – контроль вертикальності стін, відхилень колон, прогинів перекриттів.
- **Вимірювання тріщин** – визначення їхньої ширини, глибини та напрямку розвитку.
- **Аналіз фундаменту** – оцінка рівня осідання, стану гідроізоляції, можливих розмивань або порушень структури.
- **Перевірка матеріалів** – лабораторні випробування бетону, цегли, металевих елементів на міцність, вологість, корозію.

Оцінка стану будівлі виконується відповідно до будівельних норм і стандартів, таких як ДБН В.1.2-14:2018 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів",

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 6

які визначають граничні значення деформацій і допустимих пошкоджень

Якщо цього недостатньо для визначення точного стану, застосовуються інструментальні методи: ультразвукове тестування, рентгенографія, геодезичні вимірювання, моніторинг деформацій та випробування матеріалів.

### Причини погіршення стану будівлі

Основними причинами погіршення технічного стану будівель є:

- **Вікове зношення матеріалів** – природне старіння бетонних, цегляних, металевих та дерев'яних конструкцій.
- **Механічні навантаження** – вплив динамічних, ударних і вібраційних навантажень, перевантаження конструкцій.
- **Агресивні середовища** – корозія металу, карбонізація бетону, вплив вологи, хімічних речовин, мікроорганізмів.
- **Осідання фундаменту** – зміна несучої здатності ґрунтів, розмивання, підтоплення, зміни рівня ґрунтових вод.
- **Проектні та будівельні помилки** – неправильні розрахунки навантажень, низька якість матеріалів, порушення технології будівництва.
- **Аварійні ситуації** – землетруси, пожежі, вибухи, механічні пошкодження, спричинені зовнішніми факторами.

На основі отриманих даних виконується розрахунковий аналіз, який дозволяє визначити залишкову несучу здатність конструкцій, їх відповідність чинним нормам і допустимим навантаженням. Після цього формується висновок щодо технічного стану будівлі, який може бути задовільним, обмежено працездатним або аварійним.

Якщо будівля потребує підсилення, вибір відповідного методу залежить від виду конструкцій та характеру пошкоджень.

### Методи підсилення конструкцій

Підсилення будівельних конструкцій необхідне у випадках, коли виявлено суттєві пошкодження або невідповідність їхніх характеристик нормативним вимогам. Основні методи підсилення залежать від типу конструктивного елемента, його матеріалу та характеру дефектів.

#### 1. Підсилення фундаментів

- **Розширення підшви фундаменту** – застосовується при недостатній несучій здатності ґрунтів або нерівномірному осіданні.
- **Ін'єктування цементних або полімерних розчинів** – використовується для

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 7

зміцнення ґрунту під фундаментом або відновлення його структури.

- **Влаштування додаткових паль** – застосовується для передачі навантаження на глибші шари ґрунту.
- **Бетонна обойма** – нарощування бетонного шару навколо фундаменту для підвищення його жорсткості.

## 2. Підсилення стін

- **Армування тріщин сіткою** – використовується для запобігання подальшому розвитку тріщин у цегляних або бетонних стінах.
- **Збільшення товщини стіни** – здійснюється шляхом облицювання додатковим шаром кладки або бетону.
- **Застосування стяжних металевих анкерних систем** – використовується для усунення розкриття тріщин та зміцнення кладки.

## 3. Підсилення колон

- **Металеві хомутові обойми** – застосовуються для посилення стислих бетонних колон.
- **Обгортання композитними матеріалами (FRP)** – сучасний метод, що дозволяє підвищити несучу здатність без значного збільшення маси конструкції.
- **Додавання сталевих або залізобетонних оболонок** – зміцнює колони та зменшує їхню схильність до руйнування.

## 4. Підсилення балок і перекриттів

- **Збільшення перерізу балки** – застосовується шляхом додавання шару бетону або металевих накладок.
- **Встановлення додаткових опор** – зменшує проліт балки та знижує навантаження на неї.
- **Напружені канати або арматурні стрижні** – використовуються для підвищення несучої здатності залізобетонних конструкцій.

Підсилення будівель необхідне не лише в аварійних випадках, а й для запобігання подальшим руйнуванням, підвищення енергоефективності та адаптації будівлі до нових умов експлуатації.

Аналіз стану будівлі та її підсилення є критично важливим етапом для забезпечення безпечної та довговічної експлуатації споруди. Процес обстеження включає вивчення документації, візуальний огляд, інструментальні дослідження та розрахунковий аналіз. Залежно від отриманих результатів, будівля може потребувати підсилення, яке виконується

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 8

різними методами: від локального ремонту до встановлення нових несучих конструкцій.

Підбір способу підсилення залежить від типу пошкоджень, технічного стану будівлі, фінансової доцільності та можливості експлуатації споруди під час проведення робіт. Після завершення підсилення необхідний контроль якості виконаних робіт, геодезичний моніторинг і подальші обстеження, що дозволяють запобігти можливим деформаціям у майбутньому.

### **Моніторинг стану будівлі після підсилення**

Після виконання підсилювальних заходів необхідно здійснювати регулярний моніторинг технічного стану конструкцій. Основні методи контролю:

- **Геодезичні вимірювання** – перевірка осідань і зміщень конструкцій.
- **Вимірювання ширини тріщин** – контроль за розкриттям тріщин у стінах, плитах і фундаментах.
- **Ультразвукове тестування** – визначення змін у структурі матеріалів.
- **Моніторинг деформаційних швів** – оцінка рухливості конструкції після підсилення.

### **Хід роботи:**

1. **Підготовчий етап:** ознайомлення з проектною та технічною документацією будівлі, визначення конструктивних особливостей, матеріалів та типу фундаменту, підготовка необхідного обладнання для обстеження, ознайомлення з нормативними документами щодо оцінки стану будівель.

2. **Візуальне обстеження будівлі:** огляд конструкцій на предмет наявності тріщин, відколів, корозії арматури, прогинів, нахилів або інших пошкоджень, фотофіксація дефектів, складання схеми пошкоджень та дефектів будівлі.

3. **Геодезичні вимірювання:** визначення відхилень конструкцій за допомогою нівеліра або лазерного рівня, перевірка вертикальності колон, стін, перекриттів, фіксація змін висотних відміток фундаменту та можливих осідань будівлі.

4. **Інструментальне обстеження:** визначення міцності матеріалів конструкцій за допомогою молотка Шмідта, ультразвукових приладів, рентгенографії або ендоскопічного зондування, оцінка глибини тріщин, товщини бетонних або металевих елементів, визначення корозійного стану арматури.

5. **Визначення несучої здатності конструкцій:** розрахунок навантажень, що діють на будівлю, визначення залишкової несучої здатності конструктивних елементів, порівняння отриманих даних із нормативними значеннями, оцінка впливу виявлених

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 9

дефектів на експлуатаційну придатність будівлі.

6. **Аналіз причин пошкоджень:** визначення основних факторів, що призвели до погіршення стану конструкцій, оцінка впливу зовнішніх факторів (вологість, агресивне середовище, температурні зміни, навантаження), аналіз можливих конструктивних недоліків або порушень технології будівництва.

7. **Розробка заходів щодо підсилення будівлі:** вибір оптимальних методів підсилення залежно від виявлених дефектів, визначення необхідності армування бетонних конструкцій, встановлення додаткових опор, зміцнення фундаменту, ін'єктування тріщин полімерними або цементними розчинами, розширення підшви фундаменту або встановлення додаткових анкерних кріплень.

8. **Моніторинг ефективності підсилення:** розробка методів контролю за станом конструкцій після підсилення, визначення періодичності обстежень, оцінка можливих залишкових деформацій або дефектів, формування програми довгострокового спостереження за будівлею.

9. **Оформлення звіту:** складання підсумкового документа з описом стану будівлі, виявлених дефектів, проведених розрахунків, обраних методів підсилення, рекомендацій щодо подальшої експлуатації будівлі, обґрунтування запропонованих заходів та висновків щодо подальшої безпечної експлуатації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 10

## Тема 2. Аналіз тріщин у конструкціях

**Мета роботи:** Визначити характер, причини та динаміку розвитку тріщин у конструкціях, класифікувати їх за видами та впливом на несучу здатність споруди, провести вимірювання ширини, глибини та напрямку тріщин, оцінити можливі наслідки для експлуатаційної надійності будівлі та розробити рекомендації щодо усунення або мінімізації їхнього впливу.

### Теоретичні дані:

Аналіз тріщин у конструкціях є важливою складовою оцінки технічного стану будівель і споруд. Тріщини можуть свідчити про порушення цілісності матеріалу, що виникають під впливом навантажень, температурних змін, усадки, осідання фундаменту або корозійних процесів. Вони можуть з'являтися внаслідок конструктивних помилок, порушень технології будівництва або впливу зовнішніх факторів, таких як вібрація, перепади температур, підвищена вологість.

Аналіз тріщин починається з візуального обстеження, під час якого оцінюється місце їх виникнення, напрямок розвитку, форма, розміри та супутні пошкодження. Для вимірювання параметрів тріщин використовуються тріщиноміри, калібри, геодезичні прилади, а для моніторингу їх динаміки встановлюють маяки. Якщо тріщини прогресують, це може свідчити про триваючі процеси деформації або руйнування конструкції.

### Класифікація тріщин у конструкціях

Тріщини класифікуються за різними критеріями, що дозволяє визначити їхню небезпеку та способи ремонту.

#### За напрямком

- Вертикальні – виникають через осідання фундаменту, перевантаження стін, температурні напруження.
- Горизонтальні – зазвичай з'являються внаслідок згинальних напружень у стінах і перекриттях.
- Діагональні – можуть свідчити про зсуви конструкції або дію комбінованих сил.
- Радіальні – утворюються навколо концентраторів напруги (наприклад, в кутах отворів).

#### За шириною

- Мікротріщини (до 0,1 мм) – зазвичай не впливають на міцність конструкції.
- Допустимі (0,1–0,3 мм) – незначні, але потребують спостереження.
- Критичні (понад 0,3 мм) – вимагають аналізу та вжиття заходів для усунення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 11

### **За глибиною**

- Поверхневі – зачіпають лише верхній шар матеріалу.
- Глибокі – можуть проходити крізь увесь елемент, послаблюючи конструкцію.

### **За характером появи**

• Статичні – стабільні, не змінюються з часом, виникли через завершені деформаційні процеси.

- Динамічні – розширюються з часом, свідчать про триваючі деформації.

Методи аналізу тріщин включають візуальну оцінку, вимірювання ширини та глибини, інструментальні дослідження та моніторинг розвитку. До інструментальних методів належать ультразвукове сканування, рентгенографія, геодезичні вимірювання, а також використання тепловізорів для виявлення прихованих тріщин. Якщо тріщини є статичними, тобто не змінюються з часом, вони можуть бути прийнятними для подальшої експлуатації конструкції. Динамічні тріщини, які розширюються або змінюють свій напрямок, потребують термінового аналізу причин їх утворення та вжиття заходів для їх ліквідації.

Допустимі норми ширини тріщин регламентуються будівельними нормами та залежать від матеріалу конструкції, її призначення та умов експлуатації. Для залізобетонних конструкцій допустима ширина тріщин становить до 0,3 мм у ненавантаженому стані, для цегляної кладки – до 1 мм, для бетонних плит – до 0,2 мм. Перевищення цих значень свідчить про необхідність проведення ремонтних робіт.

Методи усунення тріщин залежать від їхніх характеристик. Для дрібних тріщин використовують герметизацію епоксидними або полімерними матеріалами, для тріщин середньої ширини застосовують метод ін'єктування спеціальними розчинами, а для широких і глибоких тріщин може знадобитися армування конструкцій металевими або композитними підсиленнями. У разі тріщин, спричинених осіданням фундаменту або надмірним навантаженням, необхідне не лише їх закриття, а й усунення причини утворення, наприклад, підсилення основи будівлі або перерозподіл навантажень.

**Усунення тріщин** у будівельних конструкціях залежить від їхньої природи, розмірів, характеру розвитку та причин виникнення. Вибір відповідного методу ремонту повинен враховувати матеріал конструкції, тип тріщини (статична чи динамічна), ступінь її небезпеки та вплив на міцність будівлі. Основні методи усунення тріщин включають косметичний ремонт, ін'єктування, армування, підсилення несучих конструкцій та комплексне зміцнення будівлі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 12

## 1. Косметичний ремонт дрібних тріщин

Для дрібних тріщин (до 0,3 мм), які не впливають на міцність конструкції та не є наслідком серйозних деформацій, застосовують прості методи закладення. Вони передбачають використання цементних, полімерних або силіконових шпаклівок. Спочатку поверхню очищують від пилу, розширюють тріщину для кращого зчеплення з матеріалом і заповнюють ремонтною сумішшю. У разі штукатурених або пофарбованих поверхонь додатково наносять декоративне покриття. Такий метод ефективний для усадкових та поверхневих тріщин, але не запобігає їх повторній появі, якщо причина утворення не усунута.

## 2. Ін'єктування тріщин

Цей метод застосовують для середніх та великих тріщин (від 0,3 мм до 2 мм), особливо якщо вони проникають углиб конструкції. Ін'єктування передбачає введення у тріщину спеціальних ремонтних матеріалів, які зміцнюють структуру та відновлюють її цілісність.

Ін'єкційні матеріали можуть бути різними:

- **Полімерні смоли (епоксидні, поліуретанові, акрилові)** – застосовуються для водонепроникного ремонту тріщин у бетоні, цеглі та камені. Вони мають гарну адгезію і міцність.
- **Цементні та мінеральні розчини** – використовуються для закладення тріщин у великих будівельних елементах, наприклад, у фундаменті.
- **Силіконові та бітумні розчини** – підходять для ремонту тріщин у покрівлі, фасадах та стиках між елементами будівлі.

Технологія ін'єктування включає розширення тріщини до необхідного розміру, очищення від пилу та вологи, встановлення спеціальних ін'єкційних клапанів (пакерів) та введення розчину під тиском. Після застигання матеріалу проводиться герметизація поверхні.

## 3. Армування та підсилення стін і перекриттів

Для тріщин понад 2 мм, що впливають на несучу здатність конструкції, застосовується метод армування. Це може бути використання металевих або полімерних сіток, композитних волокон, сталевих елементів. Армування запобігає подальшому руйнуванню конструкції та дозволяє рівномірно розподілити навантаження.

- **Армування металевими сітками** – використовується для зміцнення цегляних або бетонних стін, коли тріщини викликані осіданням або температурними деформаціями. На поверхню наноситься додатковий шар штукатурки з армуючою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 13

сіткою.

- **Підсилення композитними матеріалами** – застосовується у випадках, коли необхідно зміцнити бетонні конструкції, не збільшуючи їх масу. Для цього використовують вуглепластикові або склопластикові стрічки, які наклеюються на поверхню тріщини та запобігають її подальшому розширенню.

#### 4. Усунення тріщин у фундаментах та основах будівлі

Якщо тріщини спричинені осіданням або нестабільністю ґрунтів, косметичний ремонт не дасть результату, тому необхідно зміцнити основу будівлі. Основні методи підсилення фундаменту:

- **Ін'єктування у ґрунт** – заповнення порожнин навколо фундаменту спеціальними цементними або полімерними розчинами, що підвищують його несучу здатність.
- **Встановлення додаткових паль** – метод застосовується, якщо фундамент ослаблений і не витримує навантаження. Додаткові палі передають навантаження на глибші шари ґрунту.
- **Розширення підшови фундаменту** – використовується для рівномірного розподілу навантаження і зменшення осідання.

#### 5. Комплексне зміцнення несучих конструкцій

У випадках, коли тріщини свідчать про серйозні пошкодження, необхідне комплексне зміцнення конструкцій. Це може включати встановлення додаткових колон, підсилення балок металевими або залізобетонними обоймами, зміцнення місць сполучення між конструктивними елементами.

- **Встановлення сталевих обойм** – застосовується для зміцнення пошкоджених колон, балок та несучих опор. Сталева оболонка рівномірно розподіляє навантаження та запобігає подальшому руйнуванню.
- **Додавання розвантажувальних конструкцій** – якщо тріщини виникли через надмірне навантаження, додаються додаткові балки, підпори або ригелі, що перерозподіляють зусилля.
- **Заповнення порожнин та укріплення з'єднань** – використовується у разі пошкоджень стикових елементів, що можуть викликати загальну нестабільність конструкції.

#### 6. Усунення причин тріщиноутворення

Будь-яке усунення тріщин буде малоефективним, якщо не усунути їх першопричину. Якщо тріщини спричинені осіданням ґрунту, потрібно провести роботи з його стабілізації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 14

При температурних напруженнях необхідно врахувати можливість розширення та встановити компенсаційні шви. У разі надмірного навантаження – виконати перерозподіл навантаження або посилити опорні елементи.

Висновки про небезпеку тріщин та необхідність підсилення будівлі роблять на основі комплексного аналізу. Якщо тріщини є стабільними і не впливають на міцність конструкції, можливе проведення косметичного ремонту. У випадку виявлення прогресуючих або системних тріщин потрібні термінові заходи з підсилення, такі як встановлення додаткових несучих елементів, зміцнення фундаменту або зміна конструктивної схеми навантажень.

### Хід роботи:

#### 1. Підготовчий етап

1. Ознайомлення з будівельними нормами та методиками аналізу тріщин.
2. Вивчення документації на будівлю, включаючи проєктні креслення та попередні звіти з технічного обстеження.
3. Підготовка необхідного обладнання:
  - Вимірювальні прилади (тріщиномір, штангенциркуль, рулетка).
  - Геодезичні інструменти (нівелір, лазерний рівень – за необхідності).
  - Інструменти для маркування (олівці, крейда, маркери).
  - Фото- та відеофіксація для подальшого аналізу.

#### 2. Візуальне обстеження тріщин

1. Проведення огляду будівлі або конструкції, визначення ділянок, де спостерігаються тріщини.
2. Встановлення їх локалізації (стіни, перекриття, балки, фундаменти).
3. Фіксація розташування тріщин у кресленнях або на схемах конструкції.
4. Визначення типу тріщини за напрямком (вертикальна, горизонтальна, діагональна).
5. Виявлення супутніх дефектів (корозія арматури, осідання фундаменту, деформації стін).
6. Виконання фотофіксації тріщин з використанням масштабних міток.

#### 3. Вимірювання параметрів тріщин

1. Вимірювання ширини тріщини за допомогою тріщиноміра або щупів.
2. Визначення довжини тріщини за допомогою рулетки або лазерного далекоміра.
3. Оцінка глибини тріщини методом простукування (якщо тріщина наскрізна – використання ультразвукового аналізу).
4. Визначення активності тріщини шляхом встановлення гіпсових або пластикових

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 15

маяків.

5. Фіксація результатів у таблицю обстеження із зазначенням розмірів та напрямку тріщин.

#### **4. Моніторинг динаміки розвитку тріщин**

1. Встановлення контрольних маяків або паперових смужок на тріщини.  
2. Повторне вимірювання ширини тріщини через 2–4 тижні для визначення її прогресування.

3. Фіксація змін та їх аналіз (стабільна тріщина або така, що розширюється).

4. Визначення рівня небезпеки тріщини на основі отриманих даних.

#### **5. Аналіз причин утворення тріщин**

1. Виявлення можливих факторів утворення (усадка, перевантаження, температурні впливи, осідання ґрунту).

2. Встановлення категорії тріщини – статична або динамічна.

3. Порівняння отриманих значень із допустимими за нормативами.

4. Розрахунок залишкової несучої здатності конструкції, якщо це необхідно.

5. Формування висновків щодо подальшої експлуатації конструкції.

#### **6. Вибір методу усунення тріщин**

1. Визначення необхідності ремонту або підсилення конструкції.

2. Вибір відповідного методу усунення залежно від характеристик тріщини:

○ Косметичний ремонт (шпаклівка, герметизація) – для дрібних тріщин.

○ Ін'єктування полімерними смолами або цементним розчином – для тріщин середнього розміру.

○ Армування сітками, металевими обоймами або композитними матеріалами – для великих тріщин.

○ Підсилення фундаменту, зміцнення несучих конструкцій – при серйозних порушеннях.

#### **7. Виконання ремонтних робіт**

1. Очищення тріщини від пилу, бруду та нестабільних частинок.

2. При необхідності – розширення тріщини для покращення зчеплення з ремонтним матеріалом.

3. Заповнення тріщини вибраним матеріалом відповідно до технологічних вимог.

4. Контроль герметичності та рівномірності заповнення.

5. У випадку армування – встановлення додаткових елементів (сіток, пластин, обойм).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 16

6. Захист поверхні від вологи, корозії та механічних впливів.

### **8. Контроль якості виконаних робіт**

1. Перевірка герметичності та міцності місця ремонту.
2. Виконання контрольних вимірювань через певний період (тиждень, місяць).
3. Оцінка ефективності усунення тріщини та її впливу на подальший стан конструкції.
4. Підготовка підсумкового звіту із зазначенням проведених робіт та отриманих результатів.

### **9. Оформлення звіту про виконані роботи**

1. Опис загального стану конструкції перед ремонтом.
2. Фотографічна документація до та після усунення тріщин.
3. Таблиця з вимірюваннями тріщин, включаючи дані про їх зміну з часом.
4. Схема розташування тріщин у конструкції.
5. Опис використаних матеріалів та технологій ремонту.
6. Висновки та рекомендації щодо подальшої експлуатації конструкції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 17

### Тема 3. Оцінка зношення фундаменту

**Мета роботи:** Оцінити фізичний знос фундаменту будівлі та визначити необхідність проведення ремонтних або підсилювальних робіт.

#### Теоретичні дані:

Фундамент є основою будь-якої будівлі, і його технічний стан значною мірою визначає довговічність та безпеку експлуатації всієї споруди. З часом під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів фундамент може зазнавати зношення, що проявляється у вигляді тріщин, просідань, корозії арматури, розшарувань бетону та інших дефектів. Оцінка зношення фундаменту є обов'язковою процедурою при виявленні деформацій будівлі, плануванні реконструкції або зміни навантажень, а також після дії несприятливих факторів, таких як підтоплення, сейсмічні явища чи зміни ґрунтових умов.

Оцінка зношення фундаменту починається з аналізу проєктної документації, де містяться дані про тип фундаменту, глибину закладання, характеристики матеріалу та ґрунтові умови. Якщо документація відсутня, необхідно визначити ці параметри шляхом візуального та інструментального обстеження. Візуальний огляд дозволяє виявити основні ознаки зношення: наявність тріщин, розмив ґрунту навколо фундаменту, відшарування бетону, деформації та нахили будівлі. Важливо перевірити рівень вологості та агресивності середовища, що можуть призводити до поступового руйнування матеріалу фундаменту.

Під час обстеження фундаменту слід виміряти ширину, глибину та довжину тріщин. Виявлення вертикальних тріщин може свідчити про нерівномірне осідання основи, а горизонтальні можуть вказувати на вплив бокових навантажень або деформацію стін, фундаментів.

#### Візуальне обстеження фундаменту

- Огляд видимих частин фундаменту на наявність пошкоджень:
  - Тріщин, відшарувань бетону, оголення арматури.
  - Корозії матеріалів, руйнування кладки, біологічних пошкоджень (грибок, цвіль).
  - Відхилень від вертикалі або деформацій.
- Виявлення ознак осідання або нерівномірного просідання фундаменту:
  - Наявність тріщин на стінах будівлі.
  - Вимірювання нахилів конструкції.
- Визначення рівня вологості фундаменту та можливих протікань води.
- Фотофіксація дефектів для подальшого аналізу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 18

При вимірюванні нахилу конструкції використовуються геодезичні прилади, такі як нівелір або лазерний рівень, що дозволяє визначити ступінь деформацій. У разі значного осідання будівлі необхідно визначити швидкість процесу шляхом встановлення маяків та проведення повторних вимірювань через певний проміжок часу.

Для точнішої оцінки фізико-механічного стану матеріалу фундаменту використовують інструментальні методи контролю. Одним із найпоширеніших є метод випробувань бетону молотком Шмідта, що дозволяє визначити міцність матеріалу без руйнування. Ультразвукові методи дають змогу оцінити внутрішні дефекти, такі як порожнини, тріщини або зниження щільності бетону. Якщо фундамент виконаний з цегляної кладки, необхідно перевірити стан розчину між швами та визначити рівень його руйнування. Важливим показником є стан арматури у залізобетонному фундаменті: якщо вона оголена або покрита іржею, це може свідчити про значну втрату міцності конструкції.

#### **Методи оцінки зношення фундаменту**

Оцінка зношення фундаменту є важливим етапом технічного обстеження будівель і споруд, оскільки фундамент відіграє ключову роль у забезпеченні їхньої стійкості. Визначення рівня зношення дозволяє оцінити здатність фундаменту витримувати навантаження та прогнозувати необхідність ремонту або підсилення. Для оцінки використовують різні методи, які дають змогу отримати точні дані про фізичний стан фундаменту, його деформації та зміни в структурі матеріалу.

Оцінка зношення фундаменту починається з **візуального огляду**, під час якого аналізуються наявні дефекти, такі як тріщини, розшарування, корозія арматури, осідання та нахили конструкції. Важливо звернути увагу на відхилення від вертикалі, що може свідчити про нерівномірне осідання або деформацію ґрунту під будівлею. Також виявляються можливі сліди надмірної вологості, підтоплення або дії агресивних середовищ, які можуть прискорювати руйнування фундаменту.

Для визначення ступеня пошкоджень виконуються **вимірювання тріщин та геометричних змін**. За допомогою тріщиноміра або щупів вимірюється ширина, довжина та глибина тріщин, що дає змогу оцінити рівень внутрішніх напружень у матеріалі. Геодезичні вимірювання, що проводяться за допомогою нівеліра, лазерного рівня або тахеометра, дозволяють зафіксувати осідання та крени будівлі. У разі необхідності встановлюються контрольні маяки на тріщини для подальшого спостереження за їх розвитком.

Одним із ключових методів оцінки є **неруйнівні випробування міцності матеріалу**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 19

фундаменту. Для цього використовують такі методи:

- **Метод ударного імпульсу (молоток Шмідта)** – дозволяє оцінити міцність бетону за швидкістю відбитого удару. Це дає змогу визначити зниження міцності матеріалу внаслідок вікового старіння, впливу вологи або корозії.
- **Ультразвуковий метод** – використовується для виявлення прихованих дефектів, таких як мікротріщини, порожнини та розшарування всередині бетонної маси. Метод заснований на вимірюванні швидкості проходження ультразвукових хвиль через матеріал.
- **Метод відриву зісколювання** – застосовується для визначення міцності бетону в зонах із високими механічними навантаженнями.

Якщо фундамент виконаний із цегляної кладки, необхідно оцінити стан розчинних швів і ступінь руйнування матеріалу. Виконується пробне руйнування окремих ділянок для лабораторного аналізу складу та міцності матеріалів.

Для оцінки корозійного стану арматури використовують **електрохімічні методи**, що дозволяють визначити рівень її окислення та можливі втрати міцності. За допомогою склерометрів можна оцінити міцність бетону в зонах арматурних стрижнів і визначити, наскільки вони втратили свою несучу здатність.

Якщо є підозра на зміну несучої здатності ґрунтів, проводяться **геотехнічні дослідження**. Вони включають буріння свердловин навколо фундаменту, відбір зразків ґрунту та лабораторні дослідження його фізико-механічних характеристик. Це дозволяє визначити рівень ущільнення ґрунту, його вологість, пластичність та несучу здатність.

Ще одним важливим методом є **моніторинг осідання та деформацій фундаменту**. Для цього використовують геодезичні прилади, які дозволяють відстежувати зміни у висотних відмітках будівлі протягом певного періоду. Якщо осідання триває, необхідно визначити його швидкість та прогнозувати можливі наслідки для будівлі.

Після проведення всіх необхідних вимірювань та аналізів результати порівнюють із нормативними показниками, що дозволяє зробити висновок про технічний стан фундаменту. Якщо виявлено незначні пошкодження, можуть бути рекомендовані профілактичні заходи, такі як гідроізоляція або локальний ремонт тріщин. У разі значного зношення необхідно приймати рішення щодо підсилення фундаменту або його реконструкції.

Методи оцінки зношення фундаменту дають можливість визначити фактичний стан конструкції, виявити потенційні загрози та прийняти відповідні заходи для продовження

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 20

терміну експлуатації будівлі. Використання сучасних методів діагностики дозволяє отримати точні результати та запобігти подальшому руйнуванню конструкцій.

Після отримання всіх необхідних даних слід виконати розрахунок залишкової несучої здатності фундаменту. Якщо втрата міцності перевищує допустимі норми, необхідно приймати рішення про підсилення фундаменту або його часткову реконструкцію. Одним із методів підсилення є ін'єктування цементного або полімерного розчину, що дозволяє заповнити порожнини в матеріалі фундаменту та покращити його міцність. Якщо фундамент зазнав нерівномірного осідання, можливе використання додаткових паль, які передають навантаження на більш стійкі ґрунтові шари. Також застосовується метод розширення підшви фундаменту або створення додаткової залізобетонної обійми, що покращує його стійкість.

У разі виявлення проблем, пов'язаних із підвищеною вологістю, необхідно покращити систему дренажу, виконати зовнішню або внутрішню гідроізоляцію фундаменту. Використання рулонних або проникаючих гідроізоляційних матеріалів допоможе знизити вплив води та запобігти подальшому руйнуванню.

Завершальним етапом є складання звіту, в якому міститься опис виявлених дефектів, їх розміри, причини виникнення, результати випробувань міцності матеріалу, рекомендації щодо ремонту або підсилення. Також у звіті зазначаються заходи для запобігання подальшому руйнуванню фундаменту, наприклад, контрольні обстеження, гідроізоляція або стабілізація ґрунтових умов.

#### **Хід роботи :**

1. **Підготовчий етап:** ознайомлення з проєктною та технічною документацією будівлі, визначення типу фундаменту, матеріалів та глибини закладання, підготовка необхідного обладнання та засобів захисту.

2. **Візуальний огляд:** огляд видимих частин фундаменту на наявність тріщин, відколів, корозії арматури, осідань або нахилів будівлі, фіксація дефектів у вигляді фото- та відеозаписів.

3. Вимірювання та інструментальні дослідження:

- **Вимірювання тріщин:** визначення ширини та довжини за допомогою тріщиноміра або штангенциркуля, фіксація результатів у журналі спостережень.
- **Перевірка міцності бетону:** випробування молотком Шмідта, порівняння отриманих значень із нормативами.
- **Ультразвукове дослідження:** використання ультразвукового товщиноміра

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 21

для виявлення прихованих дефектів.

- **Геодезичні вимірювання:** перевірка горизонтальності фундаменту та виявлення можливих перекосів за допомогою нівеліра або лазерного рівня.

4. **Розрахунок фізичного зносу:** визначення ступеня пошкоджень, розрахунок загального фізичного зносу за формулою:

$$\Phi_{\text{заг}} = \sum (\Phi_i \cdot P_i)$$

де  $\Phi_{\text{заг}}$  — загальний фізичний знос фундаменту,  $\Phi_i$  — фізичний знос і-го елемента,  $P_i$  — питома вага і-го елемента.

5. **Аналіз результатів та висновки:** порівняння отриманих значень із нормативами, визначення необхідності ремонту або підсилення фундаменту, розробка рекомендацій, оформлення звіту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 22

## Тема 4. Осідання будівлі

**Мета роботи:** Визначити ступінь осідання будівлі, оцінити рівень нерівномірності просідання фундаменту, встановити можливі причини осідання та розрахувати швидкість його розвитку. Виконати геодезичні вимірювання, порівняти отримані дані з нормативними значеннями та розробити рекомендації щодо стабілізації фундаменту або необхідних заходів з підсилення конструкцій.

### Теоретичні дані:

Осідання будівлі – це процес поступового зміщення фундаменту під дією власної ваги будівлі, навантажень та змін у фізико-механічних характеристиках ґрунту. Це явище може відбуватися рівномірно або нерівномірно, що призводить до деформацій конструкцій та змін у розподілі напружень. Якщо осідання є рівномірним і відбувається в межах допустимих значень, воно не викликає критичних наслідків для будівлі. Однак у випадку нерівномірного осідання можуть з'являтися тріщини в стінах, перекося перекриттів, відхилення будівлі від вертикалі, що може призвести до аварійного стану споруди.

Основними причинами осідання будівлі є недостатня несуча здатність ґрунту, зміна рівня ґрунтових вод, перевантаження фундаменту, помилки при будівництві, а також підмивання ґрунту водою. Якщо фундамент будівлі спочатку був закладений на нестабільному ґрунті або з порушеннями будівельних норм, процес осідання може бути значним і загрожувати конструктивній цілісності будівлі.

Для оцінки осідання будівлі використовуються різні методи, що дозволяють визначити його величину, характер та динаміку. Візуальне обстеження дозволяє виявити ознаки осідання, такі як поява тріщин у стінах, нахил дверних та віконних прорізів, перекося перекриттів, зміни у стані фундаменту. Геодезичні вимірювання допомагають зафіксувати висотні відмітки контрольних точок та визначити нерівномірність осідання. Основними методами вимірювання є нівелювання, лазерне сканування та тахеометричні вимірювання, які дозволяють оцінити відхилення від початкового рівня.

Моніторинг тріщин є одним із важливих способів оцінки осідання. Для цього використовуються маяки, що встановлюються на тріщини та дозволяють відстежувати їхній розвиток у часі. Якщо ширина тріщин збільшується, це може свідчити про продовження процесу осідання.

Розрахунок осідання будівлі виконується шляхом визначення різниці висот між контрольними точками. Максимальна нерівномірність осідання визначається як різниця між найбільшою та найменшою висотними відмітками фундаменту. Для оцінки швидкості

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 23

осідання використовуються дані багаторічних спостережень, які показують зміни висот контрольних точок у часі. Якщо швидкість осідання перевищує допустимі значення, необхідно вживати заходів для стабілізації фундаменту.

У разі виявлення небезпечного осідання необхідно застосовувати методи його усунення. До основних способів підсилення фундаменту належать ін'єктування цементних або полімерних розчинів у ґрунт для підвищення його щільності, влаштування додаткових паль для передачі навантаження на більш міцні шари ґрунту, розширення підшви фундаменту для зменшення тиску на основу. У деяких випадках застосовується обоймування фундаменту залізобетонними конструкціями або встановлення розвантажувальних елементів для перерозподілу навантаження.

Стабілізація ґрунту може виконуватися за допомогою спеціальних хімічних ін'єкцій, що зміцнюють ґрунт і запобігають його подальшому просіданню. Також важливим заходом є поліпшення дренажної системи навколо будівлі, що дозволяє зменшити вплив води на фундамент.

Осідання будівлі є серйозним фактором, що впливає на її довговічність та безпеку експлуатації. Регулярний моніторинг стану фундаменту, своєчасне виявлення ознак осідання та вжиття відповідних заходів дозволяє уникнути руйнувань та забезпечити стабільність конструкції.

#### Хід роботи:

1. **Підготовчий етап:** ознайомлення з проєктною документацією будівлі, визначення початкових геометричних параметрів, підготовка необхідного обладнання (нівелір, лазерний рівень, рулетка, геодезичні прилади, фотоапарат або смартфон для фіксації результатів), визначення контрольних точок для вимірювань осідання.

2. **Візуальний огляд:** огляд будівлі на наявність тріщин у стінах, перекосів перекриттів, нахилу конструкцій, нерівномірності швів, фіксація дефектів у вигляді фотографій та складання схематичного плану їх розташування, вимірювання ширини та довжини тріщин у стінах за допомогою тріщиноміра або штангенциркуля.

3. **Геодезичні вимірювання осідання:** встановлення нівеліра або тахеометра у контрольній точці, визначення висотних відміток у різних частинах будівлі, виконання повторних вимірювань висотних відміток через певний проміжок часу (1 місяць) для оцінки динаміки осідання, порівняння отриманих значень з початковими даними та визначення різниці у висотних відмітках.

4. **Розрахунок нерівномірності осідання:** обчислення максимальних різниць висот

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 24

між контрольними точками за формулою:

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}$$

де  $\Delta H$  – максимальна нерівномірність осідання,  $H_{max}$  – найбільша висотна відмітка,  $H_{min}$  – найменша висотна відмітка; визначення середньої швидкості осідання за формулою.

$$V = \frac{\Delta H}{t}$$

де  $V$  – швидкість осідання, мм/рік,  $t$  – період спостереження, років; оцінка допустимості осідання згідно з нормативними значеннями.

5. **Аналіз причин осідання:** визначення можливих факторів осідання (зміна рівня ґрунтових вод, слабка несуча здатність ґрунтів, перевантаження конструкцій, помилки при будівництві), перевірка стану фундаменту (наявність тріщин, розмивів, змін у структурі ґрунту).

6. **Формування висновків та рекомендацій:** аналіз отриманих результатів та порівняння їх із нормативними вимогами, визначення необхідності підсилення фундаменту або корекції навантажень, розробка рекомендацій щодо стабілізації ґрунту та запобігання подальшому осіданню, оформлення звіту з отриманими даними, розрахунками, фотографіями та висновками.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 25

## Тема 5. Розрахунок несучої балки

**Мета роботи:** Виконати розрахунок несучої здатності балки, визначити внутрішні зусилля, напруження, згинальні моменти та прогини під дією навантажень, оцінити відповідність отриманих результатів нормативним вимогам, перевірити міцність і жорсткість балки та розробити рекомендації щодо її підсилення або оптимізації конструктивних параметрів.

### Теоретичні дані:

Несуча балка – це основний конструктивний елемент будівлі або споруди, який сприймає навантаження від перекриттів, покрівлі або інших конструктивних елементів і передає його на опори. Розрахунок несучої балки включає визначення її міцності, жорсткості та стійкості, щоб забезпечити безпечну експлуатацію конструкції без надмірних деформацій або руйнувань.

При розрахунку балки необхідно визначити її геометричні параметри, такі як довжина, ширина, висота перерізу, а також фізико-механічні властивості матеріалу. Балки можуть бути виготовлені з металу, залізобетону або деревини, і для кожного з цих матеріалів існують свої нормативні обмеження щодо допустимих напружень та деформацій.

Основні навантаження на балку поділяються на постійні, такі як вага самої балки, стін і перекриттів, та змінні, що можуть включати снігове, вітрове навантаження або експлуатаційні впливи. Навантаження можуть бути рівномірно розподіленими, точковими або комбінованими. Рівномірно розподілене навантаження рівномірно діє по всій довжині балки, тоді як точкове навантаження прикладається у певних місцях.

Для аналізу напруженого стану балки визначають внутрішні зусилля, такі як згинальні моменти, поперечні сили та нормальні напруження. Максимальний згинальний момент для балки з рівномірно розподіленим навантаженням визначається як добуток інтенсивності навантаження та квадрата довжини балки, поділений на вісім. У випадку точкового навантаження момент дорівнює добутку навантаження на плече відносно опори.

Для перевірки міцності балки визначається нормальне напруження, яке дорівнює відношенню згинального моменту до моменту опору перерізу. Якщо отримане значення перевищує допустиме напруження для даного матеріалу, балка не відповідає вимогам міцності.

Також виконується перевірка жорсткості балки, яка передбачає розрахунок її прогину. Якщо прогин перевищує допустиме значення, визначене будівельними нормами, балка

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 26

може зазнавати надмірних деформацій, що впливає на довговічність конструкції.

### Основні параметри балки:

Для розрахунку несучої балки необхідно знати її геометричні параметри (довжину, висоту, ширину), матеріал виготовлення та характер навантаження. Відповідно до конструктивних особливостей, балки можуть бути металевими, залізобетонними або дерев'яними. Кожен матеріал має свої фізико-механічні характеристики, такі як модуль пружності  $E$ , межа міцності  $\sigma$ , допустимі напруження.

Балка може бути:

- Шарнірно-опорною – спирається на дві точки, без фіксації кутів обертання.
- Кантільоверною – закріплена жорстко з одного боку та вільно навантажена на іншому.
- Жорстко затиснутою на обох кінцях – що зменшує її деформацію при навантаженні.

### Навантаження на балку:

Основні види навантажень, що діють на балку:

- Рівномірно розподілене навантаження  $q$  – діє рівномірно по всій довжині балки, виражається в Н/м або кН/м.
- Зосереджене навантаження  $P$  – прикладається в конкретній точці балки.
- Комбіноване навантаження – одночасна дія точкових і рівномірно розподілених сил.

Рівномірно розподілене навантаження можна розрахувати за формулою:

$$q = \frac{G}{L}$$

де  $G$  – загальна вага,  $L$  – довжина балки.

### Визначення внутрішніх зусиль:

При розрахунку балки необхідно визначити опорні реакції, згинальні моменти та поперечні сили.

Опорні реакції для балки з рівномірним навантаженням визначаються як:

$$R_A = R_B = \frac{qL}{2}$$

де  $R_A, R_B$  – реакції опор,  $q$  – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження,  $L$  – довжина балки.

Максимальний згинальний момент для балки з рівномірно розподіленим навантаженням:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 27

$$M_{\text{макс}} = \frac{qL^2}{8}$$

Для балки із точковим навантаженням:

$$M = P \cdot a$$

де  $P$  – навантаження,  $a$  – відстань від опори до місця прикладання навантаження.

### Розрахунок міцності балки:

Під час роботи балки виникають внутрішні напруження, які не повинні перевищувати допустимі значення для матеріалу. Максимальне напруження визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

де  $W$  – момент опору перерізу, що визначається як:

$$W = \frac{I}{\frac{h}{2}}$$

а момент інерції перерізу визначається за формулою:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

де  $b$  – ширина балки,  $h$  – висота балки.

Якщо напруження перевищує допустимі значення для матеріалу балки, необхідно збільшити її переріз або застосувати підсилювальні елементи.

### Розрахунок жорсткості та прогину балки

Прогин балки повинен відповідати нормативним вимогам, щоб уникнути надмірних деформацій. Максимальний прогин для балки, навантаженої рівномірним навантаженням:

$$f = \frac{5qL^4}{384EI}$$

де  $f$  – прогин балки,  $E$  – модуль пружності матеріалу,  $I$  – момент інерції перерізу.

Якщо отриманий прогин перевищує допустиме значення, необхідно змінити матеріал балки, збільшити її переріз або додати додаткові опори для зменшення прольоту.

### Хід роботи:

1. **Підготовчий етап:** ознайомлення з проєктною документацією та технічними умовами експлуатації балки, визначення її призначення, навантажень та матеріалу виготовлення, підготовка необхідних розрахункових формул і нормативних значень згідно з ДБН.

2. **Визначення геометричних параметрів балки:** вимірювання довжини, висоти та ширини балки за допомогою рулетки або штангенциркуля, визначення моменту інерції

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 28

перерізу за формулою:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

де  $I$  – момент інерції,  $b$  – ширина балки,  $h$  – висота балки.

3. **Розрахунок навантажень:** визначення постійного та змінного навантаження, розрахунок рівномірно розподіленого навантаження за формулою

$$q = \frac{G}{L}$$

де  $q$  – рівномірно розподілене навантаження,  $G$  – загальна вага,  $L$  – довжина балки; визначення точкового навантаження, якщо воно наявне.

4. **Визначення внутрішніх зусиль:** розрахунок згинального моменту в небезпечному перерізі за формулою:

$$M_{\text{макс}} = \frac{qL^2}{8}$$

Для балки із точковим навантаженням:

$$M = P \cdot a$$

де  $M$  – згинальний момент,  $P$  – навантаження,  $a$  – відстань від опори до місця прикладання навантаження.

5. **Перевірка міцності балки:** визначення напружень у перерізі за формулою:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

де  $W$  – момент опору перерізу, що визначається як:

$$W = \frac{I}{h/2}$$

Та після отриманих значень відбувається порівняння із допустимими напруженнями для матеріалу балки згідно з нормативними документами.

6. **Перевірка жорсткості балки:** визначення максимального прогину за формулою:

$$f = \frac{5qL^4}{384EI}$$

де  $f$  – прогин балки,  $E$  – модуль пружності матеріалу,  $I$  – момент інерції перерізу.

7. **Оцінка результатів і висновки:** аналіз відповідності балки заданим навантаженням, визначення необхідності підсилення балки або зміни її геометричних параметрів, оформлення розрахункового звіту з усіма отриманими результатами та висновками.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 29

## Тема 6. Безпека гідроізоляції

**Мета роботи:** Оцінити безпеку гідроізоляційних матеріалів та методів їх нанесення, виявити потенційні ризики для здоров'я та навколишнього середовища, розглянути засоби індивідуального захисту та заходи безпеки при виконанні гідроізоляційних робіт, а також провести контроль якості гідроізоляційного покриття для забезпечення його ефективності та довговічності.

### Теоретичні дані:

Безпека гідроізоляції є важливим аспектом при виконанні будівельних робіт, оскільки вона передбачає застосування матеріалів, що можуть мати токсичні, пожежонебезпечні або механічно небезпечні властивості. Гідроізоляція використовується для захисту конструкцій від впливу вологи, ґрунтових вод, опадів та інших факторів, що можуть призвести до їх передчасного руйнування. Вона застосовується при облаштуванні фундаментів, покрівель, підземних споруд, стін, підлог і резервуарів.

### Види гідроізоляції та їх особливості

Гідроізоляційні покриття поділяються за способом нанесення, матеріалом виготовлення та функціональним призначенням. Від вибору матеріалу залежать заходи безпеки при виконанні робіт.

1. **Обмазувальна гідроізоляція** – наноситься рідкими або пастоподібними матеріалами, що створюють водонепроникний шар на поверхні конструкцій.

- Матеріали: бітумні мастики, полімерні суміші, рідкі гуми, цементно-полімерні покриття.

- Безпека: можливе виділення токсичних парів під час нанесення гарячого бітуму, необхідне використання респіраторів та гарного провітрювання приміщень.

2. **Рулонна гідроізоляція** – використовується у вигляді мембран або рулонних матеріалів, які приклеюються або наплавляються на поверхню.

- Матеріали: бітумно-полімерні рулони, ПВХ-мембрани, поліетиленові та гумові плівки.

- Безпека: під час нагрівання наплавлюваних матеріалів виділяються небезпечні гази, які можуть спричинити отруєння, тому необхідне використання респіраторів та забезпечення вентиляції.

3. **Проникаюча гідроізоляція** – матеріали, які проникають у структуру бетону та кристалізуються в порах, запобігаючи проникненню води.

- Матеріали: цементно-полімерні суміші, кристалізаційні розчини.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 30

○ Безпека: контактує зі шкірою та може викликати хімічні опіки, тому необхідно використовувати захисні рукавички та окуляри.

4. **Листова гідроізоляція** – виконана з металевих або пластикових листів, які монтуються як бар'єр проти води.

○ Матеріали: оцинкована сталь, полімерні плити.

○ Безпека: при механічному монтажі необхідний захист рук та очей від порізів і відколів.

Основними небезпечними факторами під час виконання гідроізоляційних робіт є хімічна токсичність, можливість отруєння парами летких речовин, ризик займання або вибуху при використанні бітумних мастик і полімерних матеріалів, а також механічні травми під час роботи з рулонними або листовими покриттями. Під час нанесення гарячих гідроізоляційних покриттів виділяються шкідливі речовини, які можуть викликати подразнення дихальних шляхів та очей, тому необхідно використовувати респіратори, захисні окуляри та спецодяг. При монтажі рулонних та листових матеріалів існує ризик порізів, тому потрібно працювати в рукавичках та дотримуватись правил техніки безпеки.

Контроль якості виконаної гідроізоляції включає перевірку герметичності та міцності зчеплення матеріалу з основою.

#### **Методи перевірки безпеки гідроізоляції:**

Щоб переконатися у правильності виконання гідроізоляції та її безпечності, використовуються такі методи контролю:

- **Вимірювання вологості** – проводиться за допомогою вологомірів для оцінки рівня вологи в бетоні або інших матеріалах після нанесення гідроізоляції.

- **Перевірка адгезії** – визначення міцності зчеплення гідроізоляції з основою шляхом механічного тестування.

- **Герметичність покриття** – проводиться методом водяного навантаження або вакуумного тесту, щоб оцінити здатність матеріалу перешкоджати проникненню вологи.

- **Хімічний аналіз випарів** – проводиться для визначення рівня токсичних речовин у повітрі під час виконання робіт у закритих приміщеннях.

#### **Хід роботи:**

**1. Підготовчий етап:** ознайомлення з видами гідроізоляційних матеріалів, їхніми фізико-хімічними властивостями, вивчення нормативних документів щодо безпеки гідроізоляційних робіт, підготовка необхідного обладнання та засобів індивідуального захисту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 31

**2. Огляд об'єкта та аналіз гідроізоляційного покриття:** визначення стану існуючої гідроізоляції, виявлення дефектів, таких як тріщини, відшарування, протікання, оцінка впливу навколишнього середовища на покриття, складання схеми пошкоджень.

**3. Перевірка відповідності гідроізоляції вимогам безпеки:** аналіз правильності вибору матеріалів з точки зору екологічної безпеки, пожежної стійкості, хімічної інертності, перевірка технології нанесення гідроізоляції та відповідності її умовам експлуатації.

**4. Вимірювання вологості та герметичності покриття:** використання вологоміра або спеціальних сенсорів для визначення рівня вологи в конструкціях, перевірка адгезії гідроізоляції до основи, випробування герметичності методом водяного навантаження або вакуумного тесту.

**5. Аналіз небезпечних факторів під час виконання гідроізоляційних робіт:** оцінка токсичності матеріалів, визначення необхідності використання захисних масок, респіраторів та спецодягу, перевірка вентиляції приміщень при роботі з леткими речовинами, забезпечення безпечного зберігання та утилізації залишків матеріалів.

**6. Оцінка довговічності та ефективності гідроізоляції:** аналіз терміну служби матеріалів, визначення чинників, що можуть прискорити зношення покриття, оцінка необхідності проведення профілактичних заходів.

**7. Формування висновків та рекомендацій:** аналіз отриманих результатів щодо безпечності та ефективності гідроізоляційного покриття, визначення необхідності ремонту або заміни матеріалів, розробка рекомендацій щодо підвищення безпеки гідроізоляційних робіт, оформлення звіту з отриманими результатами та висновками.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 32

## Тема 7. Аварійність конструкцій

**Мета роботи:** Оцінити стан конструкцій на предмет аварійності, виявити можливі дефекти, деформації та пошкодження, визначити їх причини та ступінь небезпеки, провести розрахунки міцності та залишкової несучої здатності конструкцій, розробити заходи щодо усунення аварійності та забезпечення безпечної експлуатації будівлі або споруди.

### Теоретичні дані:

Аварійність конструкцій – це стан будівельних елементів або споруди в цілому, при якому виникає небезпека часткового або повного руйнування, що може призвести до втрати несучої здатності, загрози життю та здоров'ю людей, а також до значних матеріальних збитків. Аварійні конструкції характеризуються критичними деформаціями, перевищенням допустимих напружень, нестабільністю опорних елементів або руйнуванням вузлів з'єднання.

Основні причини аварійності конструкцій поділяються на природні, техногенні та експлуатаційні фактори. Природні фактори включають сейсмічну активність, сильні вітри, обледеніння, надмірні снігові навантаження, зміни рівня ґрунтових вод, карстові явища та зсуви. Техногенні фактори можуть бути пов'язані з порушеннями технології будівництва, недотриманням проєктних рішень, використанням неякісних матеріалів, помилками в розрахунках навантажень, дефектами зварних або болтових з'єднань, а також з впливом динамічних або вібраційних навантажень від транспорту та будівельної техніки. Експлуатаційні фактори включають перевантаження будівельних конструкцій, корозію металевих елементів, біологічне руйнування деревини, пошкодження залізобетонних конструкцій через проникнення вологи, старіння матеріалів та відсутність своєчасного ремонту або реконструкції.

Класифікація аварій будівельних конструкцій здійснюється за масштабом руйнування, швидкістю розвитку та причинами виникнення. За масштабом розрізняють локальні аварії, які стосуються окремих елементів конструкції (балок, колон, плит перекриття), часткові аварії, що охоплюють значну частину будівлі або споруди, та повні аварії, що призводять до повного руйнування об'єкта. За швидкістю розвитку аварії можуть бути миттєвими (раптове обвалення) та поступовими (прогресуюче руйнування, що розвивається протягом певного часу). За причинами виникнення аварії можуть бути пов'язані з помилками проєктування, порушенням технології будівництва, неправильною експлуатацією, впливом зовнішніх факторів або поєднанням декількох несприятливих чинників.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 33

Діагностика аварійного стану конструкцій передбачає візуальне обстеження, інструментальні вимірювання та розрахунковий аналіз. Візуальний метод включає оцінку геометричних змін, наявності тріщин, прогинів, нахилів, корозії та інших пошкоджень. Інструментальні методи використовують спеціальне обладнання для визначення фізико-механічних характеристик матеріалів, таких як міцність бетону, товщина металевих елементів, глибина корозії, рівень напружень у конструкціях. Для цього застосовуються ультразвукове дослідження, ендоскопічні зонди, рентгенографія, лазерне сканування та геодезичний моніторинг. Розрахунковий аналіз передбачає перевірку міцності, жорсткості та стійкості конструкції відповідно до будівельних норм та стандартів.

Методи запобігання аварійності конструкцій включають дотримання нормативних вимог під час проєктування, контроль якості будівельних матеріалів, суворе дотримання технології виконання робіт, регулярні обстеження та моніторинг технічного стану будівель, своєчасне проведення ремонтних і підсилювальних заходів. До методів підсилення конструкцій належать армування залізобетонних елементів, збільшення перерізів несучих елементів, заміна або зміцнення пошкоджених з'єднань, додаткове анкерування конструкцій, застосування композитних матеріалів для зміцнення металевих та бетонних елементів.

У разі виявлення ознак аварійного стану необхідно провести невідкладні заходи для мінімізації ризиків, включаючи обмеження експлуатації небезпечних ділянок, встановлення тимчасових підпор, проведення детального обстеження, а за необхідності – частковий або повний демонтаж аварійних елементів. У складних випадках можуть бути застосовані методи інженерного моделювання для прогнозування подальшого розвитку деформацій та оцінки ефективності заходів з підсилення конструкцій.

Аварійність конструкцій є серйозною проблемою, яка потребує комплексного підходу до її виявлення, аналізу та усунення. Регулярний технічний контроль, правильна експлуатація та своєчасні ремонтні роботи дозволяють значно знизити ризики аварій та забезпечити безпечну експлуатацію будівель і споруд.

### **Хід роботи:**

#### **1. Підготовчий етап:**

- Ознайомитися з нормативними документами, що регламентують оцінку аварійного стану конструкцій (ДБН, ДСТУ, СНіП).
- Вивчити проєктну документацію будівлі, креслення, звіти попередніх обстежень, розрахунки навантажень та допустимих напружень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 34

- Визначити потенційно небезпечні ділянки споруди, які можуть підлягати обстеженню (фундаменти, колони, балки, перекриття, покрівля, стикові з'єднання).

- Підготувати необхідне обладнання: нівелір, лазерний рівень, тріщиномір, штангенциркуль, молоток Шмідта, ультразвуковий товщиномір, ендоскопічні зонди, рентгенівські прилади, фотоапарат або смартфон для фіксації пошкоджень.

- Провести інструктаж з техніки безпеки при обстеженні аварійних конструкцій, враховуючи можливість обвалення або механічних пошкоджень.

## 2. Візуальне обстеження конструкцій:

- Виконати загальний огляд будівлі для виявлення видимих дефектів (тріщин, деформацій, просідань, корозії, механічних пошкоджень).

- Оцінити характер тріщин (вертикальні, горизонтальні, діагональні), їх розміри (ширина, довжина, глибина) та місце розташування.

- Виявити можливі відхилення від проектного стану: прогини балок, нахил колон або стін, зміщення конструктивних елементів.

- Здійснити фотофіксацію всіх виявлених пошкоджень та скласти схему дефектів із прив'язкою до реальних розмірів будівлі.

## 3. Геодезичні вимірювання:

- Визначити ступінь нахилу або крену будівлі за допомогою нівеліра або лазерного рівня.

- Виконати нівелювання основи будівлі для фіксації осідань фундаменту, просідання перекриттів або зміщення несучих елементів.

- Провести вимірювання довжини тріщин і зафіксувати їх розвиток шляхом встановлення маяків на визначених ділянках.

- Порівняти отримані геометричні параметри з проектними даними та визначити допустимість виявлених відхилень.

## 4. Інструментальне обстеження:

- Використати молоток Шмідта для визначення міцності бетону в пошкоджених зонах.

- Провести ультразвукову діагностику для виявлення внутрішніх дефектів (розшарування, порожнин, мікротріщини).

- Виконати рентгенівське обстеження арматурних конструкцій для оцінки їх корозійного стану та виявлення можливих пошкоджень.

- Використати ендоскопічні зонди для оцінки стану прихованих порожнин у бетонних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 35

конструкціях.

- Провести випробування на вібрацію або навантаження для визначення стійкості та жорсткості конструкції.

#### **5. Визначення навантажень та розрахунок міцності:**

- Розрахувати реальні навантаження, що діють на конструкцію, враховуючи статичні та динамічні впливи.

- Виконати розрахунки згинальних моментів, поперечних сил та нормальних напружень у небезпечних перерізах конструкції.

- Порівняти отримані результати з допустимими значеннями згідно з будівельними нормами.

- Оцінити залишкову несучу здатність конструкції та визначити граничний стан матеріалу.

#### **6. Аналіз причин аварійності:**

- Дослідити можливі фактори руйнування конструкції: перевантаження, проєктні помилки, низька якість матеріалів, вплив зовнішніх факторів (сейсмічна активність, вітрові навантаження, зміни рівня ґрунтових вод).

- Визначити, чи є руйнування локальним або системним, та оцінити масштаби аварійності.

- Оцінити можливість подальшої експлуатації конструкції або необхідність її демонтажу.

#### **7. Розробка заходів щодо усунення аварійності:**

- Визначити методи підсилення конструкції: армування залізобетонних елементів, встановлення додаткових опор, заміна або зміцнення пошкоджених з'єднань, ін'єктування тріщин полімерними або цементними розчинами.

- Проаналізувати можливість виконання часткової реконструкції або заміни аварійних елементів.

- Розглянути необхідність проведення стабілізації ґрунту, гідроізоляції фундаменту або покращення дренажної системи.

- Визначити терміни та етапи виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

#### **8. Формування висновків та рекомендацій:**

- Оформити звіт з отриманими результатами обстеження, фотофіксацією дефектів, схемами розташування пошкоджень.

- Навести результати розрахунків міцності, жорсткості та стійкості конструкцій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 40 / 36</i>

- Вказати категорію аварійності будівлі та допустимість її подальшої експлуатації.
- Надати рекомендації щодо необхідних заходів з підсилення, ремонту або демонтажу аварійних конструкцій.
- Визначити періодичність проведення моніторингу технічного стану конструкції та можливі подальші кроки для забезпечення її безпечної експлуатації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 37

## Тема 8. Температурна деформація балки

**Мета роботи:** Дослідити вплив температурних змін на деформацію балки, визначити величину температурного розширення або стискання матеріалу, провести розрахунок виникаючих напружень і можливих деформацій, оцінити їхній вплив на експлуатаційну надійність конструкції та розробити рекомендації щодо запобігання негативним наслідкам температурних деформацій.

### Теоретичні дані:

Температурна деформація балки – це зміна її геометричних параметрів під впливом зміни температури. Вона виникає через фізичну властивість матеріалів розширюватися при нагріванні та стискатися при охолодженні. Врахування температурних деформацій є важливим фактором при проектуванні будівельних і машинобудівних конструкцій, оскільки такі зміни можуть призводити до виникнення додаткових напружень, що у свою чергу можуть викликати втрату несучої здатності або навіть руйнування конструкції.

### Фізичні основи температурної деформації

Зміна розмірів балки при зміні температури відбувається через теплове розширення матеріалу. Це явище описується лінійним коефіцієнтом температурного розширення  $\alpha$ , який є характеристикою матеріалу та визначає, наскільки змінюється довжина одиничного відрізка матеріалу при зміні температури на 1°C.

Температурне подовження або скорочення балки визначається за формулою:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

де:

$\Delta L$  – абсолютна зміна довжини балки (м);

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу (1/°C);

$L$  – початкова довжина балки (м);

$\Delta T$  – зміна температури (°C).

Якщо балка не обмежена у русі, вона вільно розширюється або стискається, не викликаючи додаткових внутрішніх напружень. Проте, якщо кінці балки зафіксовані або вона працює у жорсткій системі, температурні зміни спричиняють виникнення температурних напружень, які визначаються за формулою:

$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

де:

$\sigma$  – виникаюче температурне напруження (Па);

$E$  – модуль пружності матеріалу (Па);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 38

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення ( $1/^\circ\text{C}$ );

$\Delta T$  – зміна температури ( $^\circ\text{C}$ ).

Якщо температура змінюється нерівномірно, у балці можуть виникати не тільки подовження чи стискання, але й викривлення, що створює додаткові згинальні моменти та може призвести до втрати геометричної стабільності.

### **Види температурних деформацій у балці:**

#### **1. Вільне температурне розширення**

- Виникає у балках, які не мають жорстких обмежень у русі.
- При рівномірному нагріванні балка просто подовжується або скорочується, без появи внутрішніх напружень.
- Не впливає на міцність конструкції, але може викликати зміщення стикових елементів.

#### **2. Обмежене температурне розширення (закріплені кінці балки)**

- Якщо кінці балки жорстко закріплені, зміна температури викликає додаткові осьові напруження.
- Це може призвести до розтріскування бетону, пошкодження зварних з'єднань у металевих конструкціях або появи пластичних деформацій.

#### **3. Нерівномірне температурне розширення**

- Виникає, коли температура змінюється нерівномірно по перерізу балки, наприклад, при нагріванні лише верхньої частини балки сонячним випромінюванням.
- Призводить до появи згинальних моментів і можливого викривлення балки.

### **Роль температурних деформацій у будівництві та машинобудуванні:**

Температурні деформації відіграють ключову роль у багатьох сферах будівництва та інженерії:

- **Мости** – при зміні температури мости можуть подовжуватися або скорочуватися на кілька сантиметрів, що враховується при проектуванні опор і стикових з'єднань.
- **Висотні будівлі** – металеві конструкції в хмарочосах можуть змінювати свої розміри залежно від температури, тому необхідно використовувати гнучкі з'єднання.
- **Залізничні рейки** – при нагріванні рейки подовжуються, що може призвести до їхнього вигину та аварійних ситуацій, тому використовуються спеціальні температурні стики.
- **Трубопроводи** – для уникнення розривів у трубах використовують гнучкі компенсатори.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 39

Для компенсації температурних деформацій у будівельних конструкціях застосовують різні технічні рішення, такі як:

- **Деформаційні шви**, які дозволяють елементам конструкції зміщуватися без утворення напружень.
- **Компенсаційні пристрої**, наприклад, спеціальні вставки або шарнірні з'єднання.
- **Використання матеріалів із низьким коефіцієнтом температурного розширення**, таких як спеціальні композитні матеріали або армовані полімери.

Оцінка температурних деформацій є важливою частиною проектування конструкцій, особливо при створенні мостів, трубопроводів, металевих каркасів та висотних будівель. Неправильний розрахунок температурних ефектів може призвести до серйозних аварій, тому важливо передбачати можливість подовження або стискання матеріалів під час їхньої експлуатації.

#### Хід роботи:

**1. Підготовчий етап:** ознайомлення з теоретичними основами температурних деформацій, вивчення нормативних документів щодо впливу температури на будівельні конструкції, підбір необхідного обладнання для вимірювання температури та деформацій.

**2. Визначення геометричних параметрів балки:** вимірювання довжини, ширини та висоти балки, визначення матеріалу виготовлення та його фізико-механічних характеристик, таких як модуль пружності  $E$  та коефіцієнт температурного розширення  $\alpha$ .

**3. Розрахунок температурного подовження або скорочення:** визначення зміни довжини балки при зміні температури за формулою:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

де:

$\Delta L$  – абсолютна зміна довжини балки (м);

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ( $1/^\circ\text{C}$ );

$L$  – початкова довжина балки (м);

$\Delta T$  – зміна температури ( $^\circ\text{C}$ ).

**4. Оцінка температурних напружень у балці:** розрахунок виникаючих внутрішніх напружень при закріплених кінцях балки за формулою:

$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

де:

$\sigma$  – виникаюче температурне напруження (Па);

$E$  – модуль пружності матеріалу (Па);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.0/Б/ОК29- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 40

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення ( $1/^\circ\text{C}$ );

$\Delta T$  – зміна температури ( $^\circ\text{C}$ ).

5. **Експериментальне дослідження:** нагрівання або охолодження балки та вимірювання її фактичної деформації за допомогою вимірювальних приладів, порівняння отриманих результатів із теоретичними розрахунками.

6. **Аналіз отриманих результатів:** визначення впливу температурних змін на довжину балки, оцінка можливих наслідків для будівельної конструкції (утворення напружень, тріщин, зміщень).

7. **Розробка рекомендацій щодо запобігання температурним деформаціям:** аналіз можливих методів компенсації температурних деформацій (компенсатори, деформаційні шви, застосування спеціальних матеріалів), визначення оптимальних рішень для різних типів балок.

8. **Оформлення звіту:** складання підсумкової документації з отриманими результатами розрахунків і вимірювань, аналіз відхилень від теоретичних значень, формулювання висновків щодо впливу температурних деформацій на балку.