

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

**Кафедра промислового та цивільного будівництва**

**Кваліфікаційна робота/проект**

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: **Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної кладки  
за рахунок використання технології ін'єктування**

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-пцб-з  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

Байдала О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник асист., к.т.н. Мішук К.М.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Рецензент проф., д.е.н. Анін В.І.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Запоріжжя

2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень  
(другий (магістерський) рівень)  
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ПЦБ  
" \_\_\_\_\_ проф: Арутюнян І.А.  
" \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Байдала Олексій Миколайович  
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної  
кладки за рахунок використання технології ін'єктування

керівник роботи Мішук К.М., асист., к.т.н.  
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

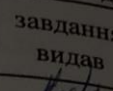

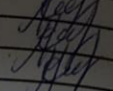

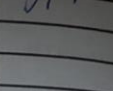

атверджені наказом ЗНУ від " 25 " 05 2020 року № 599 - с

. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

. Вихідні дані до роботи конструктивні рішення цегляних кладок  
методи підвищення ефективності, науково-технічна, навчальна, нормативна  
та періодична література

. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
вступ, аналіз технічного стану будівель з цегляної кладки,  
технологічні властивості зміцнюючих складів, технологія ін'єктування цегляної кладки,  
оцінка технологічної ефективності запропонованих методів підсилення

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
вступ, основні питання дослідження, проектування архітектурних рішень проекту,  
проектування організаційно-технологічних рішень проекту.

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Мішук К.М., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Мішук К.М., к.т.н., доц.		

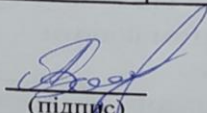
02 вересня 2020 р.

7. Дата видачі завдання


## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз ехнічного стану цегляних кладок будов побудованих до 50-х років.	30.09.2020	
2.	Технологічні властивості зміцнюючих складів та технологія ін'єктувального зміцнення	21.10.2020	
3.	Оцінка технологічної ефективності запропонованих методів підсилення	11.11.2020	
4.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2020	

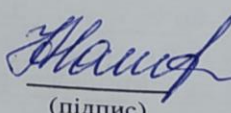
Студент

  
(підпис)

Керівник роботи/проекту

  
(підпис)

Нормоконтроль пройдено

  
(підпис)Байдала О.М.  
(прізвище та ініціали)Мішук К.М.  
(прізвище та ініціали)Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Байдала О.М. Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної кладки за рахунок використання технології ін'єктування.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Е.М. Мішук. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2020.

Виконаний аналіз будівельно-конструктивних рішень будівель забудови до 50 років, проведено дослідження найбільш характерних дефектів та пошкоджень цегляних кладок старовинних будівель. Зроблено аналіз літературних джерел про сучасні напрямки підвищення надійності цегляних кладок, а також розглянуто технологічні властивості зміцнювальних складів. Акцент зроблено на розгляді технологій посилення цегляної кладки вуглецевими композитними матеріалами та методом ін'єктування. Зроблено техніко-економічне обґрунтування організаційно-технічних заходів запропонованих методів та розрахована економія затрат праці у відсотковому відношенні.

Ключові слова: ПОСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ЦЕГЛЯНА КЛАДКА, КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ, ЗМІЦНЮЮЧІ СКЛАДИ, ІН'ЄКЦІРОВАННЯ.

Список публікацій магістранта:

1. Байдала О.М. Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної кладки за рахунок використання технології ін'єктування. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

## ABSTRAKT

Baidala A. N. Serviceability improvement of masonry through the injection technology application

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor E.N. Mishuk. Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

An analysis of building-constructive decisions of buildings of historical building is carried out, the research of the most characteristic defects and damages of brick masonry of ancient buildings has been carried out. The analysis of literary sources about modern directions of increase of reliability of brick clusters is made, and also the technological properties of reinforcing compositions are considered. The emphasis is on the technology of reinforcing brickwork by carbon composite materials and injection method. Techno-economic OTZ of the proposed methods is made and cost savings are calculated in percentage terms.

Keywords: STRENGTHENING OF STRUCTURES, CEMENT PLANT, COMPOSITE MATERIALS, FIXING COMPOSITES, INJECTION.

List of postgraduate publications:

1. Байдала О.М. Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної кладки за рахунок використання технології ін'єктування. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

## АННОТАЦИЯ

Байдала А. Н. Повышение эксплуатационных свойств каменной кладки за счет использования технологии инъецирования.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра за специальностью 192 Строительство и гражданская

инженерия, научный руководитель Е.Н. Мишук. Запорожский национальный университет, инженерный учебно-научный институт, кафедра промышленно и гражданского строительства, 2020.

Выполнено анализ строительно-конструктивных решений зданий исторической застройки, проведено исследование наиболее характерных дефектов и повреждений кирпичных кладок старинных зданий. Сделан анализ литературных источников о современных направлениях повышения надежности кирпичных кладок, а также рассмотрены технологические свойства укрепляющих составов. Акцент сделан на рассмотрение технологий усиления кирпичной кладки углеродными композитными материалами и методом инъектирования. Сделано технико-экономическое обоснование организационно-технических мероприятий предложенных методов и рассчитана экономия затрат труда в процентном отношении.

Ключевые слова: УСИЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, КИРПИЧНАЯ КЛАДКА, КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, УКРЕПЛЯЮЩИЕ СОСТАВЫ, ИНЪЕЦИРОВАНИЕ.

Список публикаций магистранта:

1. Байдала О.М. Підвищення експлуатаційних властивостей кам'яної кладки за рахунок використання технології ін'єктування. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦЕГЛЯНИХ КЛАДОК БУДОВ ПОБУДОВАНИХ ДО 50-х РОКІВ</b> .....	10
1.1 Конструктивні рішення виконання цегляних будівель.....	10
1.2 Дефекти і ушкодження цегляних будівель.....	13
1.3 Аналіз сучасних напрямів підвищення надійності цегляних кладок..	24
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗМІЦНЮЮЧИХ СКЛАДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ІН'ЄКТУВАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ</b> .....	44
2.1 Історія розвитку методу ін'єкції та сфера застосування технології...	44
2.2 Аналіз ін'єкційних складів та вимоги, що пред'являються до них....	48
2.3 Підбір і вивчення ефективних компонентів для надання необхідних властивостей зміцнюючим розчинам.....	53
2.4 Технологія і організація ін'єкційного зміцнення та зміцнення на основі вуглецевих композитних матеріалів, контроль якості при виробництві ремонтних робіт.....	59
2.5 Охорона праці та техногенна безпека при виконання робіт.....	75
<b>3 ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ</b> .....	79
3.1 Методика формування організаційно-технологічних рішень та заходів і розрахунок їх ефективності.....	79
3.2 Техніко-економічна оцінка запропонованих методів.....	83
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	90
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	92

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Реконструкція та реставрація будівель вимагає розробки технологічних прийомів щодо їх зміцнення, особливо це стосується старовинних цегляних будівель.

Найбільш поширеним видом ушкоджень будівель з цегли є їх розтріскування. Цей процес, по-перше, негативно позначається на комфорті мешканців, користувачів, орендарів і тому подібне. По-друге, він може бути як слідством, так і причиною аварійного стану споруди цілком або його окремих частин. Крім того, тріщини, навіть безпечні, знижують комерційну цінність об'єкту, погіршуючи його зовнішній і внутрішній вигляд.

Особливо відчутні наслідки таких деструкцій у будівлях історичної забудови з багатим рельєфом фасадів і цінною внутрішньою обробкою стін, фрески, що містить, позолоту і інші елементи інтер'єрного убрання.

Останнім часом внаслідок повсюдного будівництва нових об'єктів поблизу старих цегляних будівель і споруд утворення тріщин в їх кладці відбувається прискореними темпами. У подібних випадках найбільш небезпечним для архітектурного пам'ятника стає близьке сусідство з місцями проведення робіт нульового циклу, що викликають неминучу зміну напружено-деформаційного стану основ фундаментів. Більшість традиційних способів посилення трудомісткі в реалізації, дорогі, а по відношенню до історичних будівель деякі і зовсім не застосовні з естетичних міркувань. Тому для ремонту і посилення цегляних конструкцій все частіше використовуються нові технології і матеріали.

З метою збереження будівель історико-архітектурного значення, виконаних переважно з цегляної кладки на розчинах з вапняними сполуками, необхідно розробити методи їх посилення і їх практичну реалізацію. Найбільш прийнятним методом є ін'єкційне посилення. У зв'язку з цим, технологія ін'єкційного посилення цегляної кладки старих будівель, заснована на



використанні оптимального зміцнюючого складу для забезпечення їх подальшої безпечної експлуатації, є актуальним завданням [65].

До теперішнього часу вік цих будівель перевищує 50-70 років і їх технічний стан характеризується наявністю великої кількості дефектів, пошкоджень та несправностей, які свідчать про прогресуючий фізичний знос. Крім суто тимчасового чинника, є ряд обставин, що сприяють інтенсифікації деструктивних процесів в несучих елементах будівель. При цьому, об'єктивними факторами можуть бути визнані складні і несприятливі кліматичні умови, а також істотна невідповідність використаних типів об'ємно-планувальних і будівельно-конструктивних рішень будівель історичної забудови сучасним уявленням і вимогам.

**Метою магістерської роботи** є дослідження технології, що забезпечує високі фізико-механічні показники цегляних конструкцій і експлуатаційну надійність будівель і споруд, а також збереження об'єктів історичної цінності і конструктивної цілісності будівлі і споруди.

**Мета роботи досягається рішенням наступних завдань :**

- дослідження виробничо-технологічного процесу ін'єкційного посилення кладок різними складами;
- виявити найбільш характерні дефекти і ушкодження, що знижують експлуатаційну надійність, а також причини їх виникнення в цегляних кладках;
- досліджувати оптимальну схему вибору технології об'ємного ін'єкційного посилення кам'яних кладок;
- зробити аналітичну оцінку організаційно-технологічної ефективності запропонованих методів посилення.

**Об'єктом дослідження** є технологічні процеси зміцнення цегляних кладок будівель.

**Предмет дослідження** є підходи, методи зміцнення цегляних кладок будівель.

**Наукова новизна:** виконано практичне порівняння і оцінка організаційно-технологічної ефективності запропонованих методів посилення цегляної кладки при реконструкції адміністративної будівлі.

**Практична цінність:** впровадження в практику методів підсилення цегляної кладки при реконструкції об'єктів значно покращує технологічні та конструктивні характеристики конструкцій, підвищують ефективність їх роботи. Застосовуючи цей метод, ми отримуємо скорочення витрат в порівнянні з застосуванням традиційних методів посилення за рахунок економії стали і деяких інших матеріалів.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення роботи докладалися в 2020 році на науковій конференції XXV Науково-технічна конференція аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ, (Запоріжжя, 2020р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 98 сторінок тексту, у тому числі 18 рисунків, 8 таблиць. Список використаних джерел містить 77 найменування.

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦЕГЛЯНИХ КЛАДОК БУДОВ ПОБУДОВАНИХ ДО 50-х РОКІВ

## 1.1 Конструктивні рішення виконання цегляних будівель

Архітектура на усіх етапах громадського розвитку організовує і створює штучне відкрите і закрите внутрішнє просторове середовище житлових, громадських і виробничих будівель. В якості сфери матеріального виробництва архітектура спирається на можливості і досягнення будівельної техніки своєї епохи і чинить глибоку, передбачену емоційну дію. Будучи одночасно продуктом художньої і технічної творчості, архітектурна діяльність плідна лише при взаємозв'язаному рішенні естетичних і технічних завдань. При цьому соціально-функціональні і емоційні грані архітектури отримують втілення в матеріально-просторових формах.

Задум архітекторів і інженерів виражений в проекті, здійснюється в процесі будівництва. Прийоми і методи будівництва видозмінюються історично залежно від соціально-економічних умов і розвитку самого будівельного виробництва. Якість проекту виявляється при експлуатації будівель і споруд. Нові життєві вимоги породжують необхідність в проектуванні і будівництві нових видів і типів будівель і споруд з багатоповислою забудовою.

Одне з актуальних питань реконструкції і реставрації існуючих цегляних будівель - забезпечення їх конструктивної надійності і довговічності. На відміну від залізобетонних конструкцій, в яких появі тріщин перешкоджає арматура, цегляна кладка дуже чутлива до дії розтягуючої і зсувної напруги. Як результат, найбільш поширеним видом ушкоджень будівель з цегли є їх розтріскування. Цей процес може бути як слідством, так і причиною аварійного стану споруди цілком або його окремих частин. Крім того, тріщини, навіть безпечні, знижують комерційну цінність об'єкту, погіршуючи його зовнішній і внутрішній вигляд.

Останнім часом внаслідок повсюдного будівництва нових об'єктів поблизу старих цегляних будівель і споруд утворення тріщин в їх кладці відбувається прискореними темпами. У подібних випадках найбільш небезпечним для цих будівель стає близьке сусідство з місцями проведення робіт нульового циклу, що викликають неминучу зміну напружено-деформаційного стану основ фундаментів. Відомі факти, коли в процесі облаштування котлованів у безпосередній близькості від існуючих об'єктів останні не лише розтріскувалися, але й руйнувалися.

Особливо відчутні наслідки таких деструкцій у будівлях історичної забудови з багатим рельєфом фасадів і цінною внутрішньою обробкою стін, фрески, що містить, позолоту і інші елементи інтер'єрного убрання.

Незважаючи на різноманітність старої забудови, в ній можна простежити певні планувальні закономірності; це доведено вивченням планувальних рішень будівель.

Конструктивні схеми старих цегляних будинків, як правило, характеризуються великою насиченістю елементами, що несуть, частим розташуванням міцних зв'язків між стінами, що забезпечує міцність і довговічність будівель.

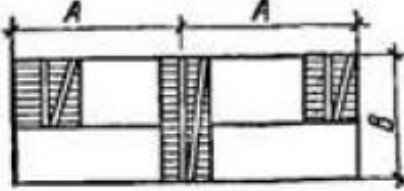
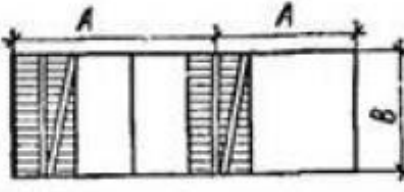
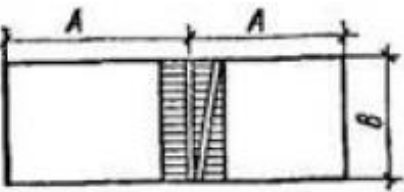
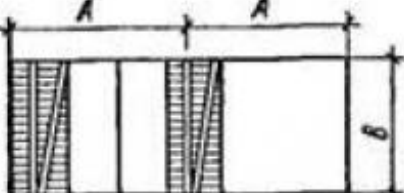
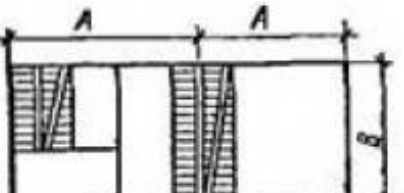
Конструктивна схема будівлі є комплексом усіх несучих і захищаючих конструкцій, об'єднаних в єдину просторову систему.

В результаті досліджень було встановлено п'ять типів конструктивних схем. Конструктивні схеми представлені в таблиці 1.1. Перераховані конструктивні схеми будівель роблять значний вплив на можливість їх перевлаштування, реконструкції та капітального ремонту.

З аналізу випливає, що найбільш економічна схема типу I, бо вона забезпечує можливість раціональних планувальних рішень житлових квартир.

При реконструкції будівель шириною більше 12-14 м виникає необхідність при облаштуванні перекриттів зменшувати величину прольотів. Для цього здійснюють укладання прогонів, що несуть, і облаштування проміжних опор. Такі ж особливості мають будівлі, віднесені до типу III.

Таблиця 1.1 - Конструктивні схеми будівель

Тип схеми, прогін, м	Конструктивна схема будівлі	Характеристика схеми будівлі
<p><b>I.</b>  <math>A = 12 \dots 30,</math>  <math>B = 10 \dots 17</math></p>		<p>Двопрогінна схема з середньою і подовжніми навантаженими стінами, що несуть</p>
<p><b>II.</b>  <math>A = 12 \dots 20,</math>  <math>B = 4 \dots 18</math></p>		<p>Багатопрогінна схема з поперечними стінами, що несуть</p>
<p><b>III.</b>  <math>A = 12 \dots 22,</math>  <math>B = 4 \dots 12</math></p>		<p>Однопрогінна схема із зовнішніми стінами, що несуть</p>
<p><b>IV.</b>  <math>A = 13 \dots 32,</math>  <math>B = 12 \dots 26</math></p>		<p>Трьохпрогінна схема з двома подовжніми внутрішніми і зовнішніми стінами, що несуть</p>
<p><b>V.</b>  <math>A = 12 \dots 20,</math>  <math>B = 9 \dots 18</math></p>		<p>Змішана схема (подовжні і поперечні стіни що несуть)</p>

Будівлі з конструктивною схемою типу II характеризуються часто розташованими поперечними стінами, що несуть, що дає можливість безпосередньо укласти по них перекриття, розташовуючи конструктивні елементи уздовж зовнішніх стін. До недоліків цієї схеми слід віднести трудність забезпечення зручного планування квартир, оскільки часто розташовані поперечні стіни перешкоджають цьому.

Трьохпрогінні житлові будинки з конструктивною схемою типу IV мають значну ширину. При вирішенні питання про заміну перекриттів в таких будівлях не виникає труднощів для середнього прольоту, який зазвичай не перевищує 5 м. У крайніх прольотах нерідко доводиться робити їх розчленовування шляхом установки проміжних опор і укладання прогонів, що несуть.

Зустрічаються також будівлі, в яких по-різному поєднуються конструктивні схеми вказаних чотирьох типів. Принципові питання пристрою і заміни перекриттів для будівель зі змішаною схемою типу V вирішуються відповідно до того, як це рекомендується для перших чотирьох схем.

Як показує практика реконструкції будівель, для кожної конструктивної схеми виробилися певні планувальні і конструктивні рішення, можливість раціональнішого розподілу навантаження на стіни і фундаменти будинку, що реконструювався. З'являється також можливість зняти частину навантаження з переобтяжених стін і фундаментів шляхом перерозподілу її на інші елементи, що несуть, або на опори, що знову зводяться. Досвід свідчить про те, що різноманіття прольотів і відмінність окремих характеристик старих будівель не перешкоджають максимальній типізації проектних рішень.

## **1.2 Дефекти і ушкодження цегляних будівель.**

У останні десятиліття спостерігається тенденція до погіршення технічного стану будівель і споруд різного призначення. Частина будівель в

містах і населених пунктах знаходяться в аварійному або перед аварійному стані, потребує поточного та капітального ремонту.

Причини руйнування будівель можна розділити на дві великі групи:

Перша - руйнування в результаті цілеспрямованих, спланованих дій людини - вандалізм, господарська діяльність, наукові дослідження.

Друга - руйнування під дією природних причин - клімату, води, вітру, сонця, переміщень ґрунту, вібрації, біологічних об'єктів і так далі.

Причини першої групи гранично конкретні і зрозумілі. Природні причини, навпаки, представляють великий інтерес, оскільки своєчасний їх облік дозволяє продовжити термін життя будівлі і скоротити витрати на догляд за ним.

Деформації другої категорії зазвичай створює діяльність людини - іригаційні роботи, перепланування і забудова ділянки будівлі, внутрішні перебудови в цілях пристосування і різні експлуатаційні заходи. До зовнішніх причин деформацій відносяться також умисні руйнування окремих конструкцій, наслідку воєн і стихійних лих.

Непрямими причинами деформацій, зокрема, являються:

- зміна гідрогеологічних умов ділянки будівлі в результаті обводнення або осушення території, коли зменшується здатність несучої основи (зниження сил зчеплення водо-насиченого ґрунту, гниття дерев'яних паль і іншої органіки, утворення карстових порожнин, засолення ґрунту);

- риття, котлованів, бомбосховищ, прокладення різних комунікацій або ліній метрополітену поблизу будівель; облаштування глибоких підвалів і колодязів усередині існуючих будівель, що призводять до порушення балансу сил, що діють в шарі ґрунту, і його переміщенні;

- недотримання технології при підведенні фундаментів;

- прибудова додаткових об'ємів з великим заглибленням фундаментів або значним навантаженням на основу;

- будівництво поряд споруд, що чинять на нього бічний тиск;

- перепланування і перебудова будівель зі зміною початкової робочої схеми (розтріска і закладка отворів; заміна склепінчастих перекриттів плоскими; розбирання існуючих перекриттів палі та облаштування додаткових; демонтаж повітряних зв'язків;

- зміна(збільшення, перенесення) експлуатаційного навантаження;

- вібраційна дія транспорту, забивання і занурення паль, робота двигунів, генераторів і вентиляторів усередині будівлі; використання механізмів ударно-обертального буріння для облаштування шпурів і свердловин ін'єкційного зміцнення кладки;

- дефекти покрівель, водостоків, відмосток; протікання водопроводу і каналізації;

- порушення оптимального режиму температурної вологості будови;

- усихання деревини, стиснення вузлів стержневих дерев'яних і комбінованих систем;

- неорганізоване скидання відходів хімічних і переробних підприємств, забруднення повітря різними сполуками, що активно руйнують будівельний матеріал .

Виходячи із зовнішнього вигляду, деформації можна виділити:

Вертикальні - пов'язані з осіданням фундаментів і окремих конструкцій або частин, будівлі, усадка і роздавлювання кладки, стиснення і усихання дерев'яних елементів, що несуть; руйнування основних або тимчасових підтримувальних конструкцій;

Горизонтальні - обумовлені переміщенням фундаментів і частин будівлі, зміщенням п'ят окремих зведень, арок і систем розпорів, розповзанням кроквяних ніг при втраті затягувань, розшаруванням кладки при корозії заставного металу, температурними деформаціями.

Вигинисті - у разі не відцентрованого навантаження відбувається викривлення стійок, тонких стін і інших елементів, прогини балок і плит перекриттів, провисання поясів ферм, місцеві виположування кладки зведень.

Змішані - що представляють поєднання декількох видів деформацій.



З кожним видом деформації пов'язані характерні зовнішні ознаки ушкодження - розкриття тріщин або швів, розрив зв'язків, утворення проміжків у вузлах ферм і т. п. При деформації пластичної кладки тріщини не утворюються, але відбувається викривлення швів, їх нахил або рівномірне розкриття. Складні деформації просторових конструкцій супроводжуються іноді розкриттям на фасадах і в інтер'єрі цілої системи по-різному орієнтованих тріщин, що вказують на стадійність процесу або «підпорядкованість» елементів, що сходяться в деформаційному блоці[1].

Особливо часто утворюються тріщини в цегляній кладці старих будівель і споруд. Роботи по реконструкції вимагають індивідуального підходу в кожному випадку. При проектуванні цегляних конструкцій будівель у ряді випадків зустрічаються рішення, які призводять до утворення дефектів цих конструкцій. Іноді в проектах передбачається застосування різнорідних по міцності, жорсткості, водопоглинанню і довговічності матеріалів для кладки стін без аналізу їх взаємодії.

Не завжди в проектах враховується вплив температурної дії. При сезонних і добових коливаннях температури зовнішнього повітря в кладці можуть виникнути тріщини. Також вони можуть виникати і при порушенні правил експлуатації будівель і споруд. До таких порушень можна віднести перевантаження ділянок кладки, нерівномірне осідання фундаментів.

Найбільш частими причинами, що викликають утворення тріщин в цегляних конструкціях, за статистикою являються: нерівномірні опади основ (65-75%); перевантаження конструкцій(10-15%); температурні деформації(10-15%); деформації (5-8%) вологості; особливі навантаження і дії(2-5%).

За характером розташування тріщин в цегляних стінах будівлі можна судити про причини їх виникнення(Таб.1.3, Рис.1.1, 1.2) [2, 76-77].

Таблиця 1.2 - Категорія технічного стану, міра ушкодження кам'яних і армокамінних конструкцій і характерні їх ознаки

Категорія технічного стану конструкцій. Міра ушкодження	Зниження що несе здібності	Характерні ознаки дефектів і ушкоджень	Якісна оцінка технічного стану
1	2	3	4
I - справне; незначна	0-5	Конструкції не мають видимих деформацій і дефектів. Найбільш напружені елементи кладки не мають вертикальних тріщин і вигинів, що свідчать про перенапруження і втраті стійкості конструкцій. Зниження міцності каменю і розчину по попередній оцінці не спостерігається. Кладка не зволожена. Горизонтальна гідроізоляція не має ушкоджень	Конструкції відповідають пред'явленим до них експлуатаційним вимогам. Ремонтні роботи не вимагаються
II - працездатне; слабка	до 15	У найбільш напружених конструкціях і зонах кладки (стовпах, простінках, пілястрах) спостерігаються вертикальні тріщини в окремих каменях. Має місце зниження міцності каменю і розчину до 30% по попередній оцінці або застосування низкомарочних матеріалів. У окремих місцях спостерігається зволоження кам'яної кладки внаслідок порушення горизонтальної гідроізоляції, карнизних свесов водостічних труб. У окремих місцях спостерігається розморожування і вивітрювання кладки відшаровування облицювання, відбувається порушення поверхні кладки на глибині 1/10 товщини стіни, відзначаються висоти на поверхні кладки. Вогневе ушкодження кладки стін і стовпів при пожежі на глибину не більше 0,5 см (без урахування штукатурки). Мають місце дефекти, пов'язані з нерівно мірним осіданням будівлі. Спостерігаються ознаки розшарування кладки по вертикалі внаслідок високої температури і вологості в приміщенні	Наявні дефекти і ушкодження не перешкоджають нормальній експлуатації будівель і споруд. Потрібно поточний ремонт у відновленню експлуатаційних характеристик конструкцій

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
<p>III - Обмежено працездатне; середня</p>	<p>до 25</p>	<p>У найбільш напружених конструкціях і зонах кладки спостерігаються вертикальні тріщини що перетинають 2-4 камені по висоті. Спостерігаються ознаки втрати стійкості стислих і стисло-зігнутих елементів (вигини складають 1/100 висот конструкції). У цегляних склепіннях і арках утворюються характерні тріщини, що свідчать про їх перенапруження. Відбувається інтенсивна корозія металевих затягувань, в окремих місцях порушена їх анкерівка. Відбувається розшарування кладки по вертикалі в зовнішніх стінах і витріщання і вологості в приміщенні. У конструкції має місце зниження міцності каменів і розчину на 30-50% або застосування низкомарочних матеріалів. У кладці спостерігаються зони тривалого замочування. Є зони промороження і вивітрювання кладки і її руйнування на глибину 1/5 товщина стіни і більше. Візуально спостерігаються тріщини в кладці в місцях проходів димових і вентиляційних каналів. Утворення вертикальних тріщин між подовжніми і поперечними стінами: розриви чи висмикування окремих сталевих зв'язків і анкерів кріплення стін до колон і перекриттів. Ширина розкриття тріщин в кладці від нерівномірної опади будівлі досягає 20÷30 мм. відхилення від вертикалі - 1/100 висот конструкції.</p>	<p>У конструкції спостерігаються деформації і дефекти, що свідчать про зниження їх, що несе здібності, але обвалення, що не спричиняють за собою. Стан конструкцій технічно несправний. Конструкції підлягають ремонту і посиленню з про веденням, при необхідності, страхувальних заходів по їх розвантаженню і недопущенню подальшого розвитку ушкоджень</p>

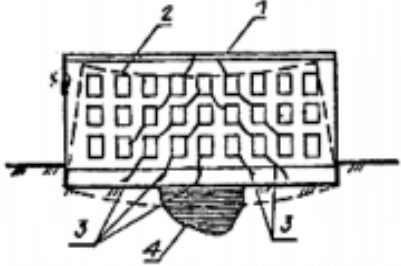
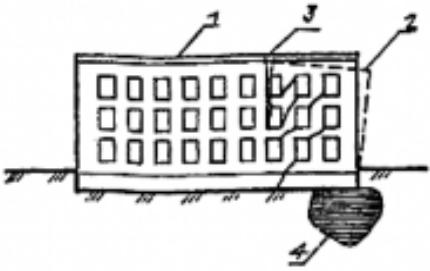
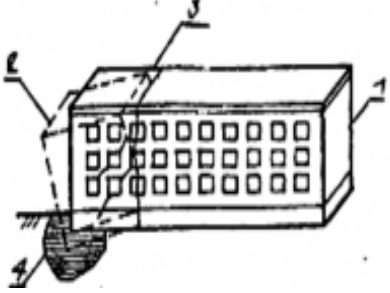
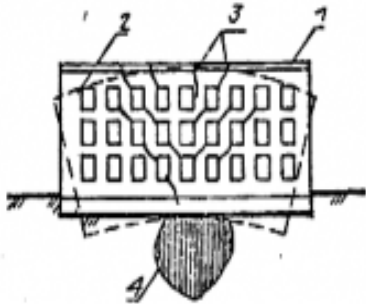
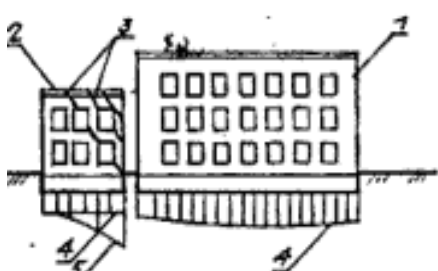
## Продовження таблиці 1.2

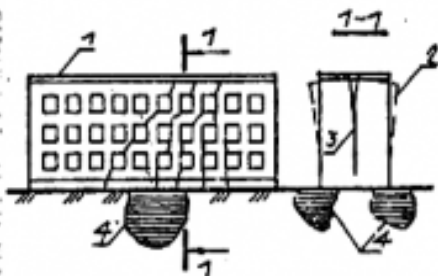
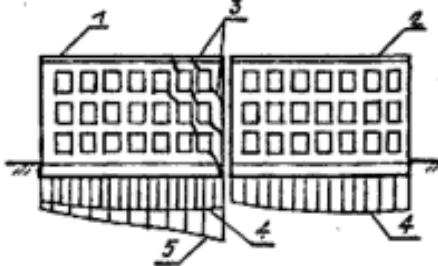
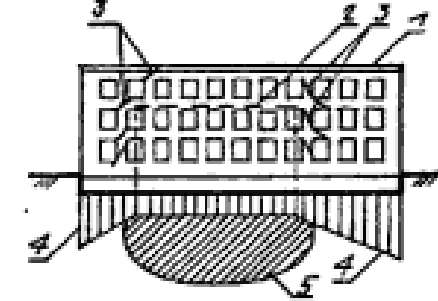

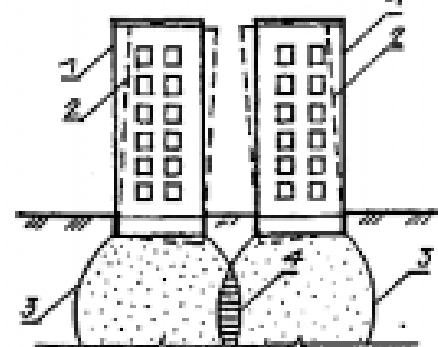
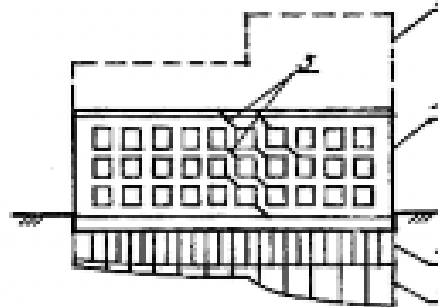
1	2	3	2
		<p>Спостерігаються тріщини в кладці, в місцях того, що спирається ферм, балок перемичок. Зміщення плит підприємств на опорах не більше 1/5 глибини закладення, але не більше 2 см</p> <p>Вогневе ушкодження (при пожежі) кладки армованих і неармованих стін і стовпів на глибину до 2 см(без штукатурки)</p>	
<p>IV - неприпустиме; сильна</p>	<p>до 50</p>	<p>У найбільш напружених конструкціях і зонах кладки (стовпах, простінках, пілястрах) спостерігаються вертикальні тріщини. Відбувається розшарування кладки по вертикалі на окремі самостійні працюючі стовпчики. Спостерігається витріщення стислих і стисло зігнутих елементів місцями на величину 1/80 1/50 висоти конструкції. У цегляних склепіннях, арках добре видно тріщини і деформації, що свідчать про їх аварійному стані. Спостерігається повне корродированное металевих затягувань і на рушение їх анкерівки. Тріщини в кладці від нерівномірної опади будівлі досягають 50 мм і більше, спостерігаються значні відхилення конструкцій від віри цокали (більше 1/50 висоти конструкції). Відбувається розшарування кладки по вертикалі в зовнішніх стінах з витріщенням і обваленням зовнішнього шару внаслідок високої температури і вологості в приміщенні. Горизонтальна гідроізоляція повністю раз рушиться. Кладка в цій зоні легко розбирається з допомогою ломика.</p>	<p>У конструкціях спостерігаються деформації і дефекти, що свідчать про втрату ними здатності, що несе.</p> <p>Виникає загроза обвалення.</p> <p>Потрібна заборона експлуатації аварійних конструкцій, припинення технологічного процесу і негайне видалення людей з небезпечних зон.</p> <p>Потрібне посилення конструкцій і проведення ремонтних робіт. При неможливості або недоцільності посилення слід зробити розбирання конструкцій</p>

## Продовження таблиці 1.2

		<p>Камінь кришиться, розшаровується.          При ударі молотком по каменю звук глухий.          Нахили і витріщання стін в межах поверху на 1/3 їх товщину. Зміщення (зрушення) стін, стовпів і фундаментів по горизонтальних швах або косій штрабі. Відрив подовжніх стін від поперечних в місцях їх перетину, розриви або висмикування сталевих зв'язків і анкерів, що кріплять стіни до колонам і перекриттям. Кладка в зоні димових і вентиляційних каналів легко розбирається руками. Спостерігається руйнування кладки від того, що зім'яло в опорних зонах ферм, балок, перемичок у виді тріщин, роздроблення каменів або зміщення рядів кладки по горизонтальних швах на глибину більше 2 см.          Погана якість виконання робіт кладок :          - відсутня перев'язка швів;          - не горизонтальність швів;          - потовщення в 2-3 рази горизонтальних швів проти нормативних значень;          Відхилення від вертикалі стовпів, простінків пілястр, в 5÷10 разів що перевищує нормативні значення</p>	
V2 - аварійне; повне руйнування	Понад 50 чи при повній втраті несучої здатності	Спостерігається руйнування конструкцій і частин будівлі. Розморожування, вивітрювання і інші uszkodження досягли половини і більше за товщину кладки	Конструкція підлягає розбиранню. Потрібне обгороджування небезпечних зон

Таблиця 1.3 - Деформації будівель

Назва дефекту	Зображення деформації	Опис
1. Деформації у вигляді прогину будівлі за наявності слабкого ґрунту		1,2 – відповід. положення будівлі до і після деформ.; 3 – місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – слабк. ґрунт (ділянка додат.замочування та інш)
2. Деформації у вигляді перекосу будівлі за наявності в основі слабкого ґрунту		1,2 – відповід. положення будівлі до і після деформ.; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 - слабкий ґрунт (ділянка додат.замочування та ін.).
3. Деформації у вигляді кручення будівлі при аварійному замочуванні основи		1,2 – відповід. положення будівлі до і після деформ.; 3 – місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – аварійне замочування ґрунтів у кутовій частині будівлі.
4. Деформації у вигляді вигину будівлі за наявності в основі ґрунту, що малостискається		1,2 – відповід. положення будівлі до і після деформ.; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – ґрунт (лінза або чужорідні включення, що мало стискаються).
5. Деформації при зведенні нової будівлі біля існуючої		1 – нова будів., що зводить; 2 – існуюча будівля; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – еюра осідань фундам; 5 – еюра додаткових осідань фундаментів.

<p>6. Деформації у вигляді розлому будівлі при аварійному замочування основи</p>		<p>1,2 – відповід. положення будівлі до і після деформ.; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – аварійне замочув. ґрун основи на різн.ділян.забуд будівлі.</p>
<p>7. Деформації при зведенні будівель в декілька черг</p>		<p>1,2 – відповід. будівлі 1-ї і 2-ї черг будівництва; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – епюра осідань фундам.; 5 – епюра додат.осідань.</p>
<p>8. Деформації при будівництві нової будівлі на місці знесеної</p>		<p>1 – будівля,що зводиться; 2 – існуюча стара будівля; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – епюра осідань фундам. нової будівлі; 5 – межа зони ущільненог. ґрунту.</p>
<p>9. Деформації при неправильному облаштуванні фундаментної частини будівлі</p>		<p>1 – будівля що зводиться; 2 – фундаментна частина будівлі; 3 - місця появи тріщин і ушкоджень конструкцій; 4 – епюра осідань фундаментів.</p>
<p>10. Деформації у вигляді зустрічного нахилу суміжних будівель</p>		<p>1 – проектне положення суміжних висотних будівель; 2 – положення будівель після їх нахилу (крена), викликаного взаємним впливом тисків від фундаментів; 3 – межі зони ущільненого ґрунту; 4 – зона додаткового ущільнення основи;</p>
<p>11. Деформації при надбудові додаткових поверхів над будівлею</p>		<p>1 – існуюча будівля; 2 – надбудова над існуючою будівлею; 3 - місця появи тріщин і розвитку ушкоджень конструкцій; 4,5 – відповідно епюри осідань фундаментів до і після надбудови додаткових поверхів.</p>

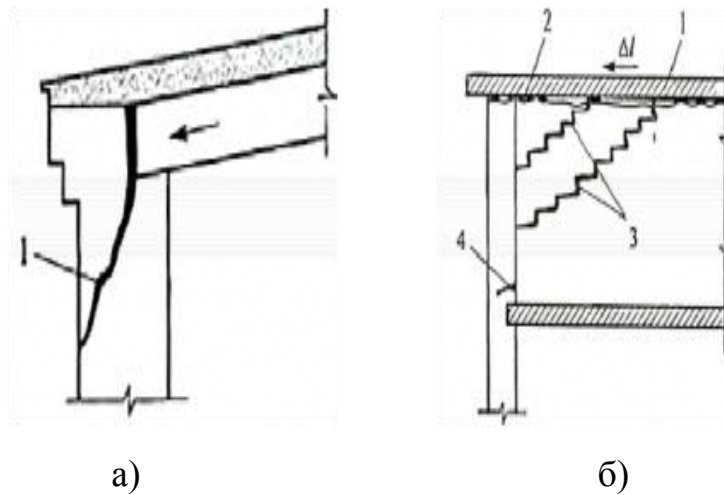


Рисунок 1.1 - Розташування тріщин в цегляній кладці унаслідок температурних деформацій: а - тріщини в карнизі; б - тріщини від нагріву покриття; 1 - покриття; 2 - тріщини від підняття покриття при його зміщенні; 3 - тріщини в стіні від зрушення; 4 - тріщини в простінку від вигину.

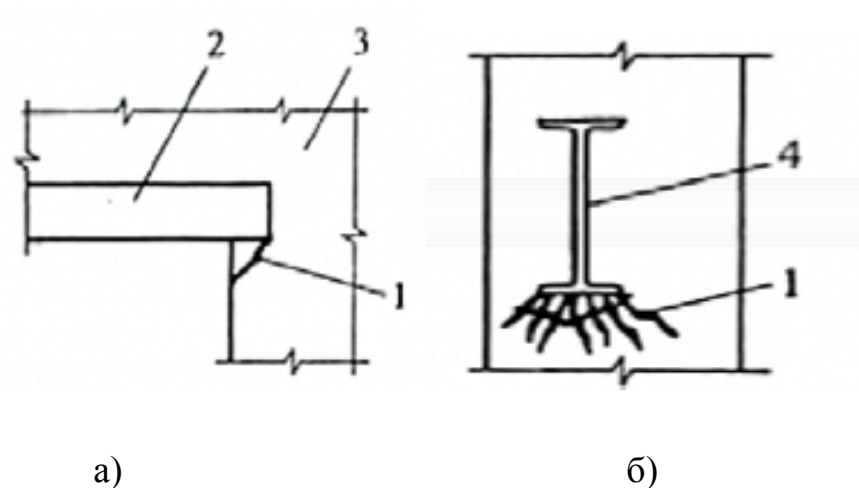


Рисунок 1.2 - Ушкодження кам'яних конструкцій : а - тріщини в стіні від усадки перемички; б - тріщини в цегляній колоні від балок, встановлених без опорних подушок; 1 - тріщини; 2 - перемичка; 3 - простінок, 4 – балка

Нерідко утворення тріщин в цегляних конструкціях відбувається від дій(усадки, набрякання, перепаду температур) температурної вологості. При усадці кладки відбувається зменшення її об'єму, пов'язане з її висиханням. Набрякання кладки має зворотний процес і пов'язане із зволоженням кладки. При усадці цегляних конструкцій відбувається їх переміщення. Якщо є опір



переміщенню конструкції, в ній після досягнення міцності кладки на розтягування виникнуть усадкові тріщини.

Причиною виникнення усадкових тріщин може бути застосування в кладці різних видів цеглини, що мають різну усадку. Це характерно для зовнішніх стін з глиняної цеглини, фанерованих силікатною цеглиною.

Усадкові тріщини, як правило, безпечні для споруди, але псують його зовнішній вигляд.

Ушкодження кладки від температурних перепадів спостерігаються в місцях перетинів поперечних і подовжніх стін, обумовлені їх температурними подовженнями [3].

Тріщини в цегляних стінах можуть виникати із-за дії примикаючих залізобетонних або сталевих конструкцій, при добових і сезонних перепадах температури повітря або при невдалій формі цегляної конструкції.

У проекті вище і нижче опорних частин перемичок слід передбачати сітчасте армування [4] для забезпечення монолітності кладки, при виникненні в ній тріщин [5].

Тріщини від динамічної дії мають нерегулярний напрям і вони також призводять до розчленовування кладки на окремі елементи, що може викликати її руйнування.

Дефекти і ушкодження цегляних конструкцій унаслідок нерівномірних осідань основ, перевантажень конструкцій, температурних і вологості деформацій детально розглянуті в [6] - [13].

### **1.3 Аналіз сучасних напрямів підвищення надійності цегляних кладок**

Серед традиційних способів посилення цегляних конструкцій найбільше поширені сталеві і залізобетонні обойми, металеві пояси і накладки, перекладання кладки і інше.

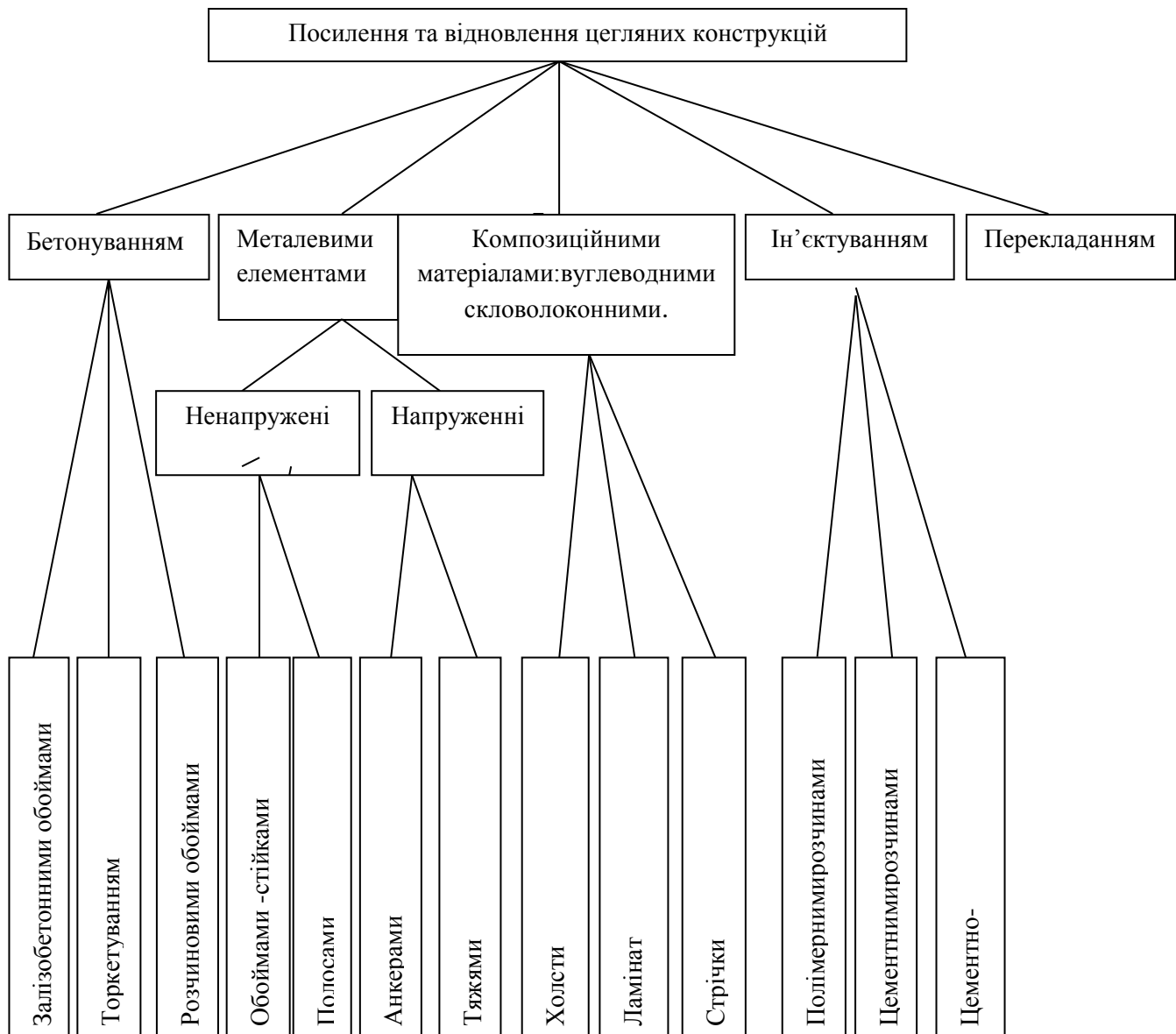


Рисунок 1.3 – Блок - схема методів посилення цегляних конструкцій.

Нині у напрямі підвищення здатності стін, що несе, за рахунок використання високоміцних матеріалів досягнуті певні успіхи, проте відсоток використання міцності цегляного матеріалу в кладці залишається низьким (міцність кладки складає усього лише 30% від межі міцності цеглини). Крім того, шви розчинів, займаючи 25% об'єму кладки, знижують її міцність, збільшують деформативність і неоднорідність внаслідок досить великої

товщини шару розчину(до 15 мм) і низького зчеплення його з кам'яним матеріалом.

Багато з цих способів трудомісткі і дорогі, деякі не можна використати у разі цінних в архітектурно-історичному сенсі будівель з естетичних міркувань. Що стосується посилення цегляної кладки, то накопичений досвід реконструктивних робіт дозволяє виділити ряд традиційних технологій, ґрунтованих на використанні : металевих і залізобетонних обойм, каркасів; на ін'єкції полімер-цементних і інших суспензій в тіло кладки; на облаштуванні монолітних поясів по верхній частині будівель(у випадках надбудови), заздалегідь напружуваних стягувань та ін. рішень.

На рис.1.6 наведені характерні конструктивно-технологічні рішення. Представлені системи спрямовані на усебічне обтискання стін з використанням регульованих натяжних систем. Вони виконуються відкритого і закритого типів, при зовнішньому і внутрішньому розташуванні, забезпечуються антикорозійним захистом.

Для створення необхідної міри натягнення використовуються стяжні муфти, доступ до яких має бути завжди відкритий. Вони дозволяють у міру подовження тяжів в результаті температурних і інших деформацій робити додаткове натягнення. Обтискання елементів цегляних стін робиться в місцях найбільшої жорсткості(кути, сполучення зовнішніх і внутрішніх стін) через розподільні пластини.

Для рівномірного обтискання кладки стін використовується спеціальна конструкція центруючої рами, яка має пластину з шарніром, що спирається на опорно-розподільні пластини. Таке рішення забезпечує тривалу експлуатацію з досить високою ефективністю.

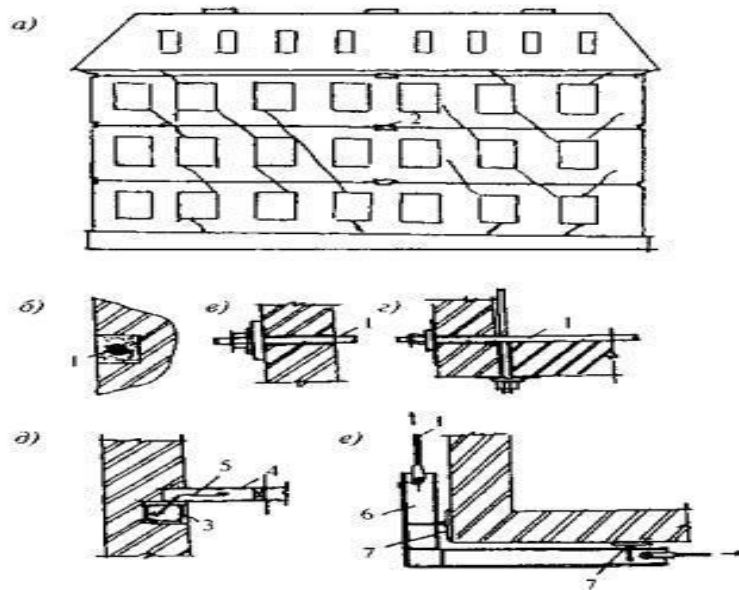


Рисунок 1.4 - Конструктивно-технологічні варіанти посилення цегляних стін *a* - схема посилення цегляних стін будівлі металевими тяжами; *б, в, з* - вузли розміщення металевих тяжів; *д* - схема розміщення монолітного залізобетонного пояса; *е* - те ж, тяжами з centruючими елементами: *1* - металевий тяж; *2* - натяжна муфта; *3* - монолітний залізобетонний пояс; *4* - плита перекриттів; *5* - анкер; *6* - centruюча рама; *7* - опорна пластинка з шарніром

Місця розташування тяжів і centruючих рам закриваються різного роду поясами і не порушують загальний вигляд фасадних поверхонь.

Для елементів стін, простінків, стовпів, що мають руйнування цегляної кладки, але що не втратили стійкість, робиться місцева заміна кладки. При цьому марка цеглини приймається на 1-2 одиниці вище, ніж існуюча.

Технологія виробництва робіт передбачає: облаштування тимчасових розвантажувальних систем, що сприймають навантаження; розбирання фрагментів порушеної цегляної кладки; облаштування кладки. При цьому необхідно враховувати, що видалення тимчасових розвантажувальних систем повинне здійснюватися після набору міцності кладки не менше  $0,7R_{KЛ}$ .

Як правило, такі відновні роботи ведуться при збереженні конструктивної схеми будівлі і фактичних навантажень.

Дуже ефективні прийоми відновлення не обштукатуреної цегляної кладки, коли вимагається зберегти колишній вид фасадів. В цьому випадку дуже ретельно підбирається цеглина за колірною гамою і розмірами, а також матеріал швів. Після відновлення кладки робиться піскоструминне очищення, що дозволяє отримувати оновлені поверхні, де нові ділянки кладки не виділяються з основного масиву.

У зв'язку з тим що кам'яні конструкції сприймають в основному стискаючі зусилля, то найбільш ефективним способом їх посилення є облаштування сталевих, залізобетонних і армоцементних обойм. При цьому цегляна кладка в обоймі працює в умовах усебічного стискування, коли поперечні деформації значно зменшуються і, як наслідок, збільшується опір подовжній силі. Розрахункове зусилля в металевому поясі визначається по залежності  $N = 0,2RK_{л} \times l \times b$ , де  $RK_{л}$  - розрахунковий опір кладки сколюванню, тс/м<sup>2</sup>;  $l$  довжина ділянки посилюваної стіни, м;  $b$  - товщина стіни, м.

Для забезпечення нормальної роботи цегляних стін і відвертання подальшого розкриття тріщин первинним етапом є відновлення несучої здатності фундаментів методами посилення, що виключає появу нерівномірних осідань.

На рис.1.5 і 1.6 приведені найбільш поширені варіанти посилення цегляних стовпів і простінків сталевими, залізобетонними і армоцементними обоймами.

Сталева обойма складається з подовжніх куточків на усю висоту посилюваної конструкції і поперечних планок(хомутів) з плоскої або круглої сталі.

Для включення обойми в роботу слід ін'єктувати проміжки між сталевими елементами і кладкою. Монолітність конструкції досягається шляхом обштукатурювання високоміцними цементно-піщаними розчинами з добавкою пластифікаторів, сприяючих більшій адгезії з кладкою і металоконструкціями.

Для ефективнішого захисту на сталеву обойму встановлюється металева або полімерна сітка, по якій здійснюється нанесення розчину завтовшки 25-30мм.

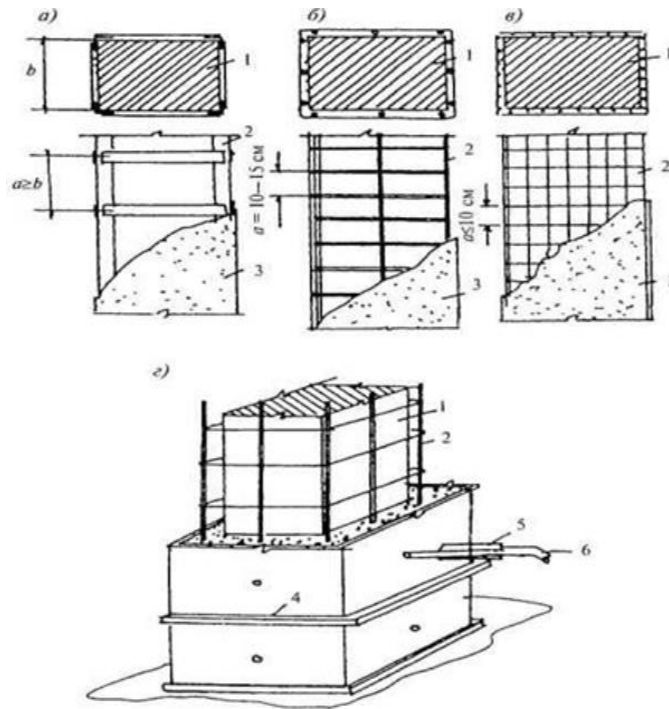


Рисунок 1.5 - Посилення стовпів сталевую обоймою(а), армокаркасами(б), сітками і залізобетонними обоймами(у, з) 1 - посилювана конструкція; 2 - елементи посилення; 3 - захисний шар; 4 - щитова опалубка з хомутами; 5 - ін'єктор; 6 - матеріальний шланг.

Із-за високої щільності захисного шару і великої адгезії з елементами кладки досягається спільна робота конструкції і підвищується її здатність, що несе.

Облаштування залізобетонної сорочки здійснюється шляхом установки арматурних сіток по периметру посилюваної конструкції з кріпленням її через фіксатори до цегляної кладки. Кріплення здійснюється шляхом використання анкерів або дюбелів. Залізобетонна обойма виконується з дрібнозернистої бетонної суміші не нижче класу В10 з подовжньою арматурою класів А240-



кріплення її елементів забезпечується замоноличенням простору між посилюваною і захищаючою конструкцією. Використання незнімної опалубки має значний технологічний ефект, оскільки відпадає необхідність в розбиранні опалубки, а головне - виключається обробний цикл робіт.

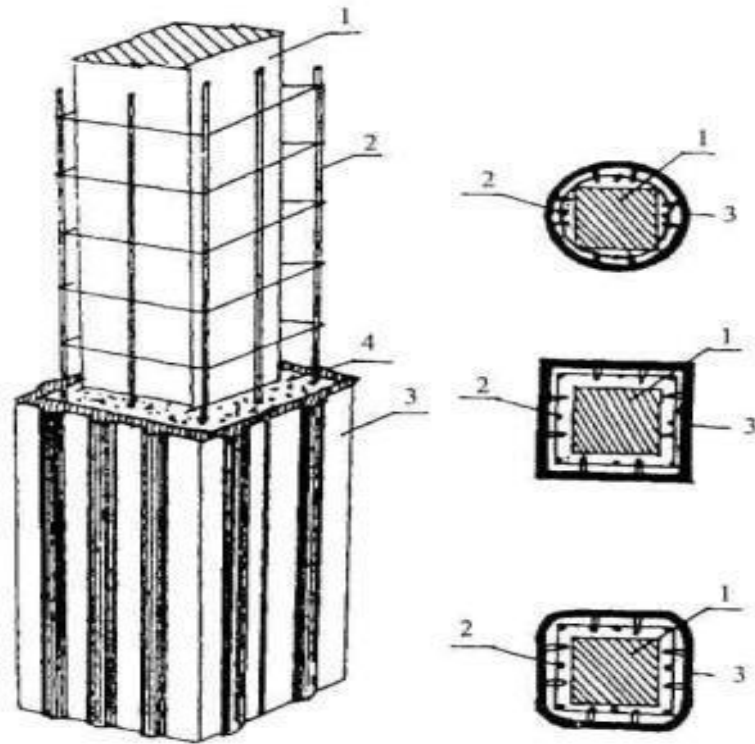


Рисунок 1.7 - Посилення стовпів з використанням опалубки-облицювання з архітектурного бетону 1 - посилювана конструкція; 2 - армокаркас; 3 - елементи облицювання; 4 - бетон замоноличення.

Найбільш ефективними незнімними опалубками слід вважати тонкостінні елементи (1,5-2 см), виготовлені з дисперсно-армованого бетону. Для залучення опалубки до роботи вона забезпечується анкерами, що виступають, що істотно підвищують адгезію з бетоном, що укладається.

Технологія посилення і підвищення стійкості цегляних стін базується на створенні додаткової залізобетонної сорочки з однієї або двох сторін стіни (рис.1.8). Технологія виробництва робіт включає процеси підготовки і



очищення поверхні стін, свердління отворів під анкери, установки анкерів, кріплення до анкерів арматурних стержнів або сіток, замоноліченням.

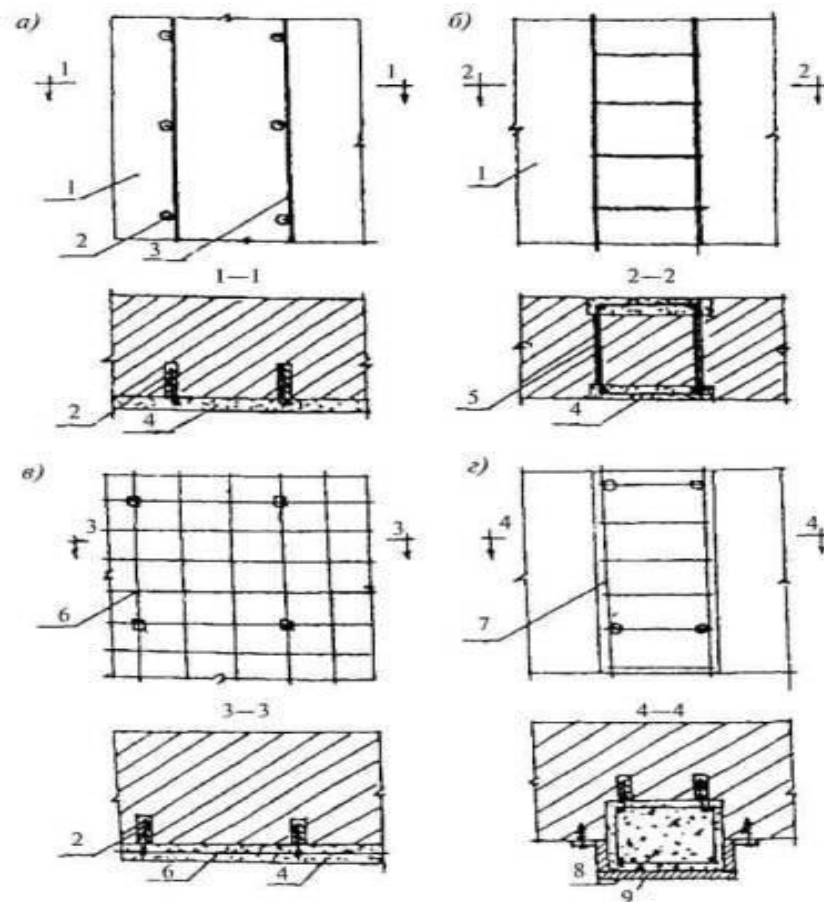


Рисунок 1.8 - Посилення цегляних стін армуванням *а* - окремими стержнями арматури; *б* - арматурними каркасами; *в* - арматурною сіткою; *г* - залізобетонними пілястрами : 1 - посилювана стіна; 2 - анкери; 3 - арматура; 4 - штукатурний або торкрет-бетонний шар; 5 - металеві тяжи; 6 - арматурна сітка; 7 - армокаркас; 8 - бетон; 9 - опалубка

Якщо простінки із зовнішнього боку по архітектурних або інших міркуванням порушувати забороняється або при невеликих розмірах їх поперечних перерізів і необхідності значно збільшити на них навантаження, посилення простінки може бути виконане облаштуванням металевого або залізобетонного сердечника, що розміщується у вертикальній ніші, вирубаних в

простінку(рис.1.9). Облаштування залізобетонних сердечників може бути здійснене з однієї або двох сторін стіни.

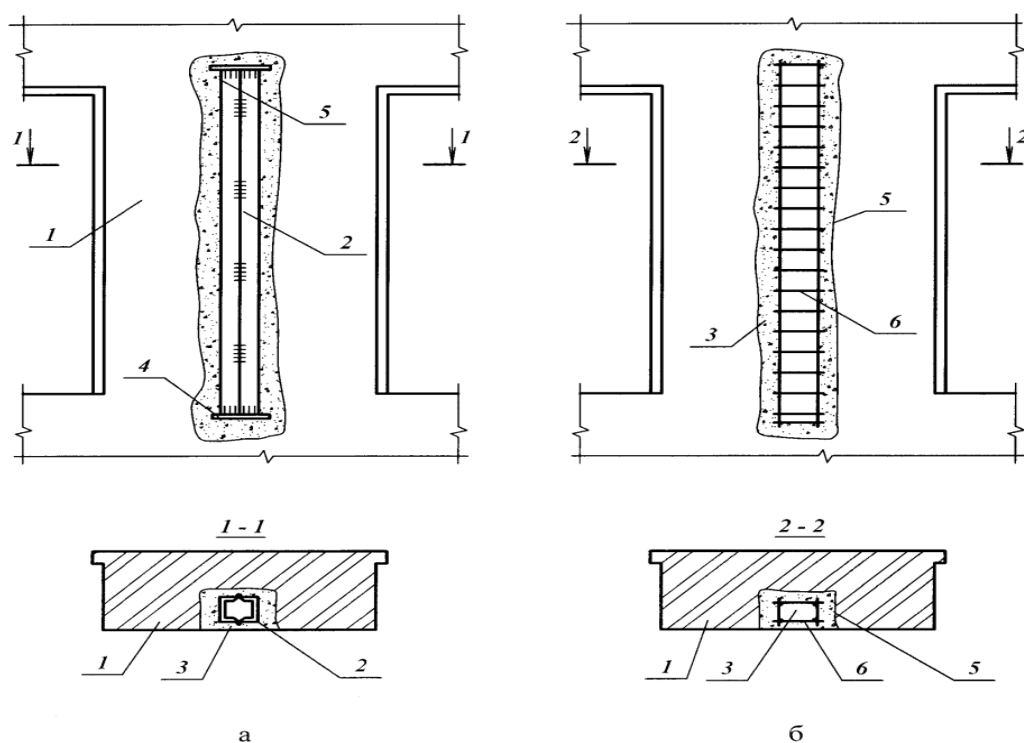
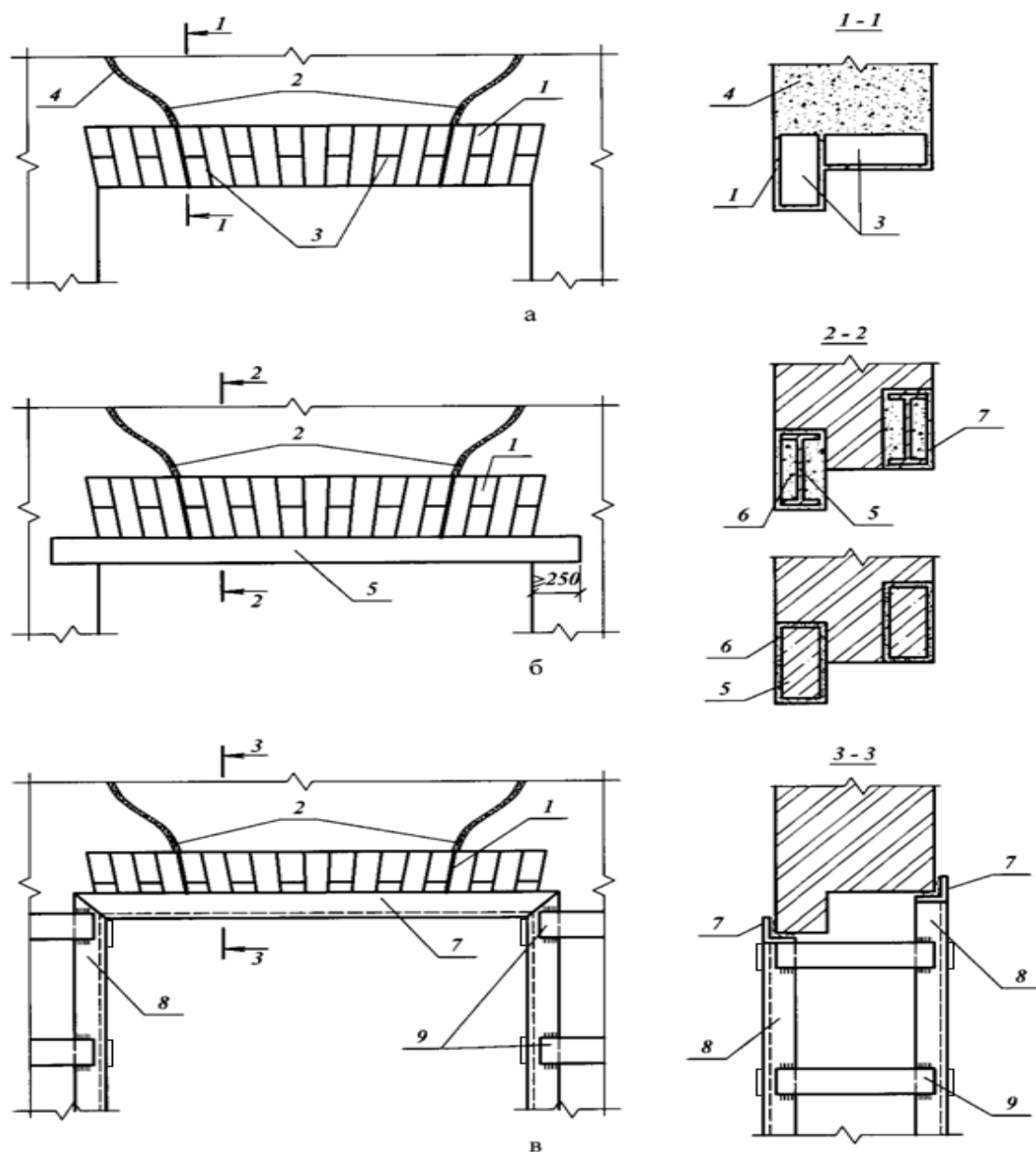


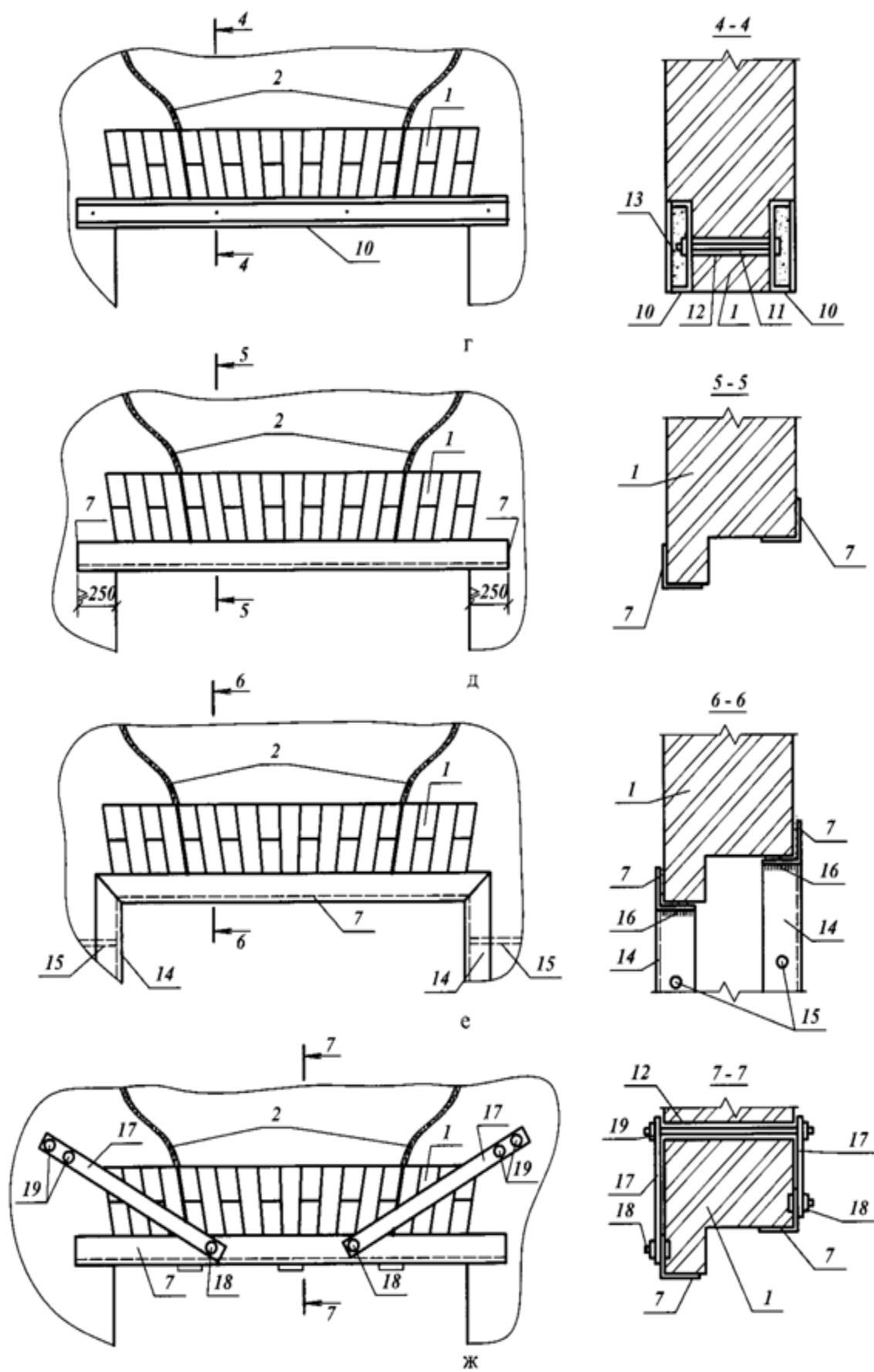
Рисунок 1.9 - Посилення цегляних простінків облаштуванням несучим сердечником: а - зварного з двох швелерів; б) - залізобетонного; 1 - посилюваний простінок; 2 - сталевий сердечник; 3 - бетон класу В10.В15; 4 - опорні пластини сталевого сердечника; 5 - вертикальна ніша, пробита в простінку; 6 - арматурний каркас.

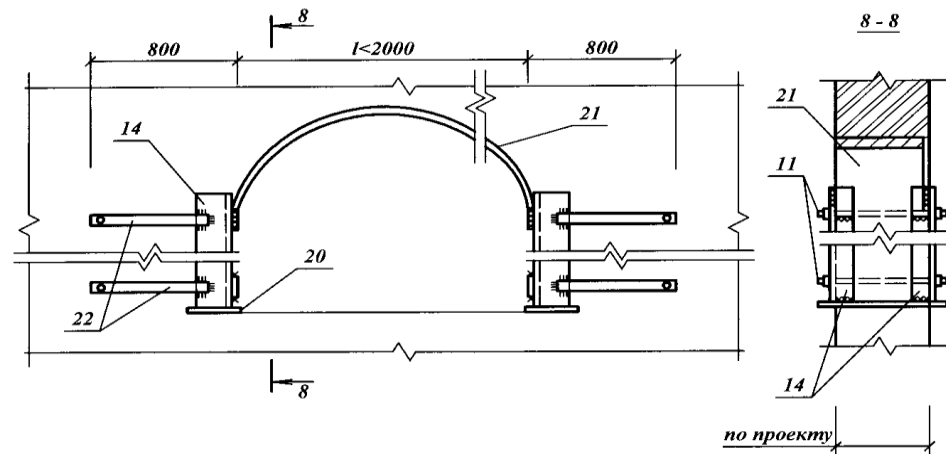
Посилення цегляних перемичок досить поширене явище, що пов'язано зі зниженням здатності кладки розпору, що несе, внаслідок вивітрювання швів, порушення адгезії і іншими причинами.

Посилення цегляних перемичок над віконними і дверними отворами може бути досягнуте закладенням тріщин(рис.1.10 а), частковим або повним перекладанням, а також заміною цегляних перемичок залізобетонними або металевими(рис.1.10 б).

Рядові і клинчасті перемички посилюють підведенням сталевих і рідше залізобетонних балок. При невеликих навантаженнях переважне застосування куткових профілів, сполучених планками і утоплюваних в шви розчин в межах простінка (рис.1.10 в, д, е). При великих зусиллях влаштовуються балки зі швелерів, що встановлюються у вирубані з двох сторін стіни штраби і стягують болтами або хомутами (рис.1.10, г).







3

Рисунок 1.10 - Посилення цегляних перемичок над віконними і дверними отворами: а - закладенням тріщин; б - заміною на залізобетонні або металеві; у, д, е - із застосуванням куткових профілів; г - балками зі швелерів; ж - з використанням сталевих підвісок; і - арочним сталевим листом; 1 – посилювана цегляна; 2 - тріщини, що закладаються цементним розчином після виконання посилення; 3 - сталеві пластини; 4 - цементно-піщаний розчин; 5 - сталева або залізобетонна перемичка; 6 - штукатурка цементно-піщаним розчином по сітці або без неї; 7 - сталеві куточки, що встановлюються на цементно-піщаному розчині; 8 - вертикальні куточки обойми; 9 - сполучні планки; 10 - накладки зі швелера; 11 - стяжні болти; 12 - отвори в стіні(після установки болтів закарбовуються розчином); 13 - штукатурка по сітці; 14 - стойки з куточків; 15 - анкери для кріплення стоек; 16 - зварювання; 17 - тяжи із смугової сталі; 18 – кріпильні болти; 19 - анкерні болти; 20 - опорний сталевий лист; 21 - арочний сталевий лист; 22 - металеві полоси. [14,19,20].

При прольоті рядових і клинчастих перемичок більше 1,5м додатково до сталевих куточків встановлюють сталеві підвіски із смугової сталі, які внизу приварюють до куточків, а у верхній частині кріплять до кладки стяжними болтами, отвори під які виконують свердлінням(рис.1.10, ж).

Для посилення арочних перемичок в отворі встановлюють стойки із сталевих куточків на опорах, до яких приварюють сталеві смуги, що

закріплюються іншим кінцем на стіні за допомогою стяжних болтів. До стоек, що обрамляють отвір, приварюють аروحний сталевий лист завтовшки 6÷8 мм(рис.1.10,з).

Для ремонту і посилення цегляних конструкцій все частіше застосовують нові технології і матеріали. Метод посилення конструкцій композитними матеріалами з вуглецевих волокон є найбільш прогресивним, менш трудомістким і надійнішим. Його використання досить універсально, не викликає додаткових навантажень.

Вуглецеві композитні матеріали мають високу міцність на розтягування, модуль лінійної пружності, корозійну стійкість. Вони успішно використовуються при виконанні ремонтно-відновних робіт з метою підвищення здатності різних конструктивних елементів колон, балок, що несе, плит перекриттів, виконаних із залізобетону, металу, цеглини, дерева та ін. матеріалів.

Розроблені три типи графітопластикових стрічок з розрахунковим опором розтягуванню 2800, 2400 і 1300 МПа. Основний спосіб посилення полягає в наклеїці стрічок або полотнищ з вуглецевих волокон на посилювані конструкції (рис.1.11). В якості скліючого матеріалу використовують спеціальні склади епоксидних клеїв, а також ремонтні розчини. Якість посилення конструктивних елементів залежить від підготовки основи і дотримання технологічного регламенту.

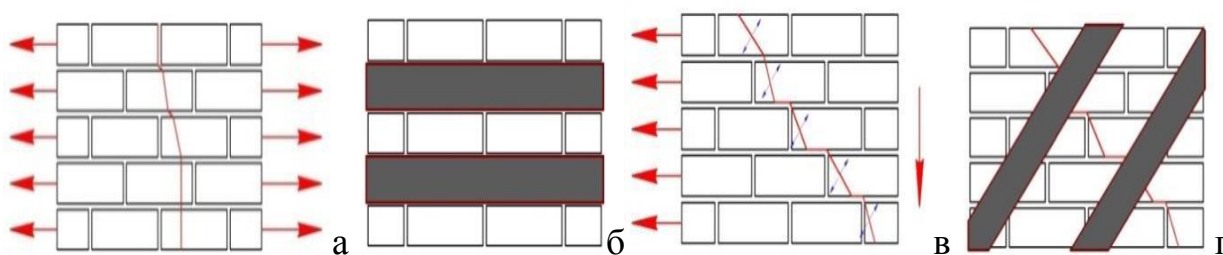


Рисунок 1.11 - Приклади розташування стрічок при вертикальній тріщині та діагональній тріщині(а - вертикальна тріщина; б - посилення стрічками в - діагональна тріщина; г - посилення стрічками)

Основа посилюваної конструкції має бути рівною, знежиреною, без пилу і чистою. За наявності раковин і сколов основа шпатлюється ремонтним полімерним розчином.

Технологія виробництва робіт полягає в нанесенні на підготовлену поверхню скліючого складу завтовшки прошарки в межах 3-5 мм. Потім здійснюється наклейка стрічки з притисненням, щоб надлишок скліючої маси був видавлений за межі кромки.

Простота технології наклейки, мала маса і корозійна стійкість дозволяють широко використати цю технологію для посилення конструкцій будівель, що реконструюються, за наявності дефектів, утворенню тріщин, а також при збільшених навантаженнях.

Окрім іншого до цих матеріалів відносяться композити у вигляді ламелей, матів і сіток, що виготовляються з вуглеводневих, арамідних і скляних волокон, міцність яких частенько перевищує міцність сталі. Зважаючи на це вони хороші також для посилення залізобетонних і металевих конструкцій в якості поверхневого армування [15,16,17, 76-77].

З'єднання подібних матеріалів з посилюваною конструкцією зазвичай виконується на епоксидному клеї. За кордоном така система посилення називається FRP(Fibre Reinforced Polymers). Цій системі властивий ряд недоліків:

- для надійного зчеплення матеріалу посилення з конструкцією її поверхня має бути сухою і вирівняною;
- роботи по посиленню необхідно вести при плюсовій температурі і нормальній вологості повітря для затвердіння епоксидного клею, слабка живучість якого вимагає швидкого приклеювання;
- у клейового з'єднання низька вогнестійкість, оскільки деструкція епоксидного клею починається при температурі 50-100 градусів;
- із-за органічного походження епоксидного клею склеювання на нім має низьку довговічність;
- роботи з епоксидним клеєм шкодять для здоров'ю;

– посилення повинні виконувати висококваліфіковані робітники зі спеціалізованих підприємств.

Названих недоліків уникають, якщо замість епоксидного клею використовують спеціальні штукатурні розчини з неорганічних мінеральних матеріалів з модифікованими полімерними добавками. Процес посилення в цьому випадку такий. На очищену від штукатурки і забруднень поверхню цегляної кладки після її зволоження наноситься шар скліючого штукатурного розчину завтовшки 3 міліметри, в який утоплюють армуючу сітку з композиційних матеріалів. Потім наноситься захисний штукатурний шар завтовшки 8-10 міліметрів, поверхня якого піддається фінішній обробці. При необхідності в захисний шар може утоплюватися друга сітка, що дає підвищену міцність посилення.

Зазначена система посилення називається за кордоном FRCM(Fibre Reinforced Cementitious Matrix). Один з її різновидів - система Ruredil X Mesh. У ній використовують сітки з вуглецевих волокон(рис1.12), що мають наступні механічні властивості : міцність на розтягування – 4800МПа; модуль пружності - 240 ГПа; деформативність при розриві - 1,8 відсотка.



Рисунок1.12 - Сітка з вуглецевих волокон.



Інші плюси Ruredil X Mesh :

- простота технології(рис. 1.13);
- висока адгезія армуючого шару до поверхні посилюваної цегляної кладки;
- сумісність армуючого шару з цегляною кладкою, тобто вони мають близькі деформаційні характеристики, такі як модуль пружності і коефіцієнт температурного розширення;
- відмінні корозійна стійкість, вогнестійкість, водостійкість і паропроникність, що дає можливість здійснювати посилення цегляних конструкцій як зсередини, так і зовні будівель.



Рисунок 1.13 - Технологія нанесення сітки

У зарубіжній практиці ця система отримала широку популярність для посилення цегляних будівель і споруд, що піддаються динамічним діям, наприклад від руху транспорту і роботи технологічного устаткування. У країнах СНД цей метод тільки починає впроваджуватися[18].

Ще один ефективний спосіб посилення кам'яних конструкцій, широко поширений в країнах Європи, це посилення за допомогою спіралевидних зв'язків і анкерних з'єднань. У Польщі воно застосовується відомо під назвою

Brutt Technologies. Цей спосіб ґрунтований на використанні спіралевидних стержнів BruttSaver, утоплюваних в спеціальний розчин Brutt Saver Powder (рис. 1.14).

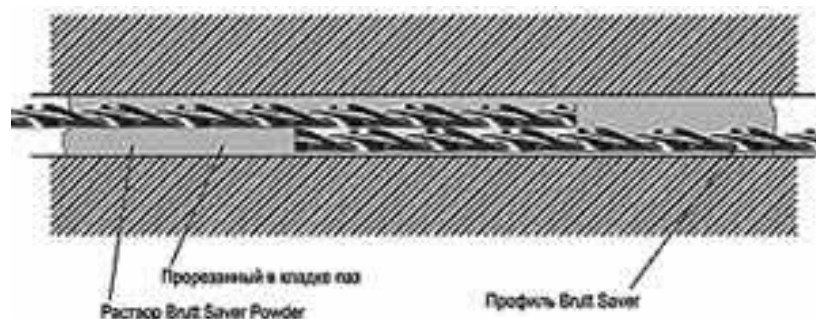


Рисунок 1.14 - Спіралевидні стержні

Розчин укладається в пази, що заздалегідь прорізають в швах кладки, або просвердлені в її тілі отвори. Спіралевидні зв'язки виготовляють з високоміцної нержавіючої сталі, вони стійкі в лужному середовищі. Найчастіше для посилення кам'яних конструкцій вибирають зв'язки діаметром 6, 8 і 10 міліметрів, рідше - 12 і 14 міліметрів. Довжина цих спіралевидних зв'язків до 10 метрів. Їх можна укладати внахлест, згинати, сполучати за допомогою в'язального дроту. Цей вид посилення дозволяє усунути практично усі поширені види конструктивних дефектів цегляних конструкцій, завдаючи мінімального збитку їх зовнішньому вигляду. Спіралевидний зв'язок дозволяє виконувати закріплення практично у будь-яких будівельних матеріалах при мінімальних відстанях від краю конструкції і між осями кріплень.[18,25]

Серед усіх відомих способів посилення є метод, що дозволяє не лише добитися рішення вищезгаданих завдань, але і добитися економічного ефекту по зменшенню собівартості робіт, що проводяться. Це ін'єкція цегляних стін спеціальними розчинами. Воно здійснюється шляхом нагнітання через заздалегідь пробурені шпури цементного або полімер-цементного розчину. В результаті досягається монолітність кладки і підвищуються її фізико-механічні характеристики.

Ін'єкція ще у кінці позаминулого століття була оцінена як спосіб, зручний для закладення тріщин, порожнеч і каверн в гірських породах основ, структури цегляної кладки. Ін'єкція застосовувалася як метод посилення на різних ремонтно-відновлюваних роботах в післявоєнний період при реконструкції будівель і споруд. Помітний вплив на пониження якості цегляних конструкцій робить чинник водо-проникнення у ці конструкції. Ін'єктуючи конструкцію полімерними, цементно-полімерними і цементними розчинами, ми заповнюємо вже наявні в кладці і такі, що утворюються при експлуатації тріщини і порожнечі. Тим самим збільшується щільність конструкції, а отже, запобігає водо-проникненню у них. Вирішуючи цю проблему, ми також вирішуємо проблему морозостійкості, оскільки вона спирається і безпосередньо пов'язана з питанням водо-проникнення. До ін'єкційних розчинів пред'являються досить жорсткі вимоги. Вони повинні мати мале водо-відокремлення, низьку в'язкість, високу адгезію і достатні міцні характеристики. Розчин нагнітається під тиском до 0,6 МПа, що забезпечує досить велику зону проникнення. Параметри ін'єкції: розташування ін'єкторів, їх глибина, тиск, склад розчину у кожному конкретному випадку підбираються індивідуально з урахуванням тріщин кладки, стану швів і інших показників.

Досвід практичного застосування ін'єктування як способу посилення конструкцій свідчить про те, що він має ряд переваг в порівнянні з іншими :

- не металоємний;
- не вимагає облаштування додаткових конструктивних елементів;
- дозволяє наближати схему роботи посиленої конструкції при її чисельній оцінці до первинної проектної схеми.

На якість робіт і міру відновлення(підвищення) здатності пошкоджених посилених елементів, що несе, при застосуванні спосіб ін'єкції впливає ряд чинників :

- вид розчину, що ін'єктується;
- тиск при якому робилася ін'єкція;
- міра ушкодження елементу(конструкції) тріщинами;

- ширина розкриття тріщин;
- температура посилюваного елемента(конструкції):

Нині практично вичерпані можливості поліпшення якості цементних ін'єкційних розчинів, що пов'язано з їх специфічними властивостями. Завдання може бути вирішене за рахунок використання цементно-полімерних і полімерних ін'єкційних розчинів. Вона обумовлена появою нових полімерних композицій, а також зростанням об'єму реконструкції, модернізації і капітального ремонту існуючих будівель, що мають несучі елементи, з різною мірою ушкодження тріщинами і необхідністю оцінки їх міцності і деформативних характеристик після посилення. Нині цементно-полімерні і полімерні композиції є основою багатьох сучасних будівельних матеріалів.

Окрім аналізу і виявлення раціональних сфер застосування описаних методів посилення, проводять експериментально-теоретичні дослідження їх ефективності для різних видів цегляних конструкцій. Зокрема, реалізується концепція раціонального армування конструкції залежно від виду її напруженого стану або морфології тріщин. Відповідно до цієї концепції армуючі елементи слід розміщувати так, щоб їх напрями(волокна сіток або спіралевидні зв'язки) були перпендикулярні тріщинам або, за відсутності останніх, співпадали з траєкторією головної розтягуючої напруги.[21,22,23,24].

## **2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗМІЦНЮЮЧИХ СКЛАДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ІН'ЄКТУВАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ**

### **2.1 Історія розвитку методу ін'єктування та сфера застосування технології**

Цегла з давніх пір зарекомендувала себе як міцний і довговічний матеріал. Цегляні стіни мають гарну теплоізоляцією, звукоізоляцією, вогнестійкість. До того ж цегла відноситься до матеріалів, що дозволяє створювати варіанти конструкцій різноманітних геометричних форм без застосування спеціальної важкої техніки. Але є у конструкцій з цегли та недоліки, одним з яких є утворення в цегляній кладці тріщин.

В останні десятиліття спостерігається тенденція до погіршення технічного стану будівель і споруд різного призначення. Частина будівель в містах і населених пунктах регіонів Росії знаходяться в аварійному або перед аварійному стані, потребує поточного і капітального ремонтів. Будівельні конструкції будівель і споруд вимагають обстежень і посилення.

При проектуванні кам'яних конструкцій будівель в ряді випадків зустрічаються рішення, які призводять до утворення дефектів цих конструкцій. Іноді в проектах передбачається застосування різнорідних по міцності, жорсткості, водопоглинанню і довговічності матеріалів для кладки стін без аналізу їх взаємодії. Не завжди в проектах враховується вплив температурного впливу: при сезонних і добових коливаннях температури зовнішнього повітря в кладці можуть виникнути тріщини.

Тріщини можуть виникати і при порушенні правил експлуатації будівель і споруд, до таких порушень можна віднести перевантаження ділянок кладки, нерівномірне осідання фундаментів.

В даний час в напрямку підвищення несучої здатності стін за рахунок використання високоміцних матеріалів досягнуто певних успіхів, проте

відсоток використання міцності кам'яного матеріалу в кладці залишається вага ж низьким (міцність кладки складає всього лише 30% від межі міцності цегли). Крім того, шви розчинів, займаючи 25% обсягу кладки, знижують її міцність, збільшують деформативність і неоднорідність внаслідок досить великої товщини шару розчину (до 15 мм) і низького зчеплення його з кам'яним матеріалом.

Серед усіх відомих способів посилення є метод, що дозволяє не тільки домогтися рішення вищезазначених завдань, а й домогтися економічного ефекту щодо зменшення собівартості проведених робіт. Це ін'єкція спеціальних розчинів. Ін'єкція ще в кінці позаминулого століття було оцінено як спосіб, зручний для закладення тріщин, пустот і каверн в гірських породах підстав, структури кам'яної кладки. Ін'єкція застосовувалося як метод посилення на різних ремонтно-відновлювальних роботах в післявоєнний період при реконструкції будівель і споруд.

Помітний вплив на зниження якості кам'яних конструкцій надає фактор водопроникнення кам'яних конструкцій. Ін'єкція конструкцію полімерними, цементно-полімерними і цементними розчинами, ми заповнюємо вже наявні в кладці і утворюються при експлуатації тріщини і порожнечі.

Тим самим збільшується щільність конструкції, а отже, запобігає водопроникнення кам'яних конструкцій. Вирішуючи цю проблему, ми також вирішуємо проблему морозостійкості, так як вона спирається і безпосередньо пов'язана з питанням водопроникнення.

Першими розчинами для ін'єкційного посилення були склади на цементній основі. Розробці складів і технології цементної присвячені роботи [26,27,28] та інші. В період 50-х років для ін'єкції цегляної кладки застосовували складні вапняно-цементні розчини. Для підвищення пластичності і уповільнення схоплювання розчину, що ін'єкується, застосовували гашене вапно у вигляді тесту - 10-40 % від ваги цементу або відмочену глину у кількості 10-20 % в перерахунку на суху речовину. За

наявності фрескового живопису застосування цементу заборонялося, і використали вапняно-гіпсові розчини [29].

Методиці посилення кам'яних кладок і вибору розчинів для ін'єкції присвячені роботи [30-35]. В якості полімерних добавок до цементних і цементно-вапняних ін'єкційних розчинів застосовують полівінілацетатну емульсію(ПВАЭ), ГКЖ- 94 та інші [36-39]. Нині практично вичерпані можливості істотного поліпшення властивостей ін'єкційних розчинів на цементних єднальних. Підвищення їх властивостей все більше зв'язується із застосуванням спеціального устаткування(вібродомолочення цементу, спеціальні турбулентні мішалки, насоси-емульгатори), збільшенням часу необхідного для приготування і нагнітання сумішей. Усе це веде до збільшення економічних витрат при ремонті конструкцій. Такі недоліки ін'єкційних розчинів на основі цементу як: низька проникаюча здатність, відносно не висока міцність, низька адгезія до матеріалів кладки, неможливість закладення дрібних тріщин свідчать про низьку ефективність використання технології посилення цементними складами старовинної цегляної кладки [40]. Пошук оптимальних рішень при ремонті бетонних і цегляних конструкцій привів до використання полімерних матеріалів [41-44]. Перші випадки застосування полімерних матеріалів для ін'єкції були зареєстровані на початку 50-х років і відносилися в основному до робіт по ремонту дорожніх покриттів.

Тремпер, описуючи використання епоксидних клеїв для ремонту дорожнього бетону в Каліфорнії, наводить результати п'ятирічного досвіду досліджень, на підставі яких були розроблені рецепти складів клеїв, технології ін'єкції [45]. Багатьма зарубіжними авторами пропонуються різні методи ремонту тріщин за допомогою синтетичних смол. Ці методи відрізняються один від одного порядком і числом операцій, що проводяться, різними модифікаціями складів.

Нині метод ін'єкційного посилення широко застосовується у будівельній галузі при проведенні ремонтно-реконструкційних заходів з використання

різних ін'єкційних складів, і в найбільшій ступені підходить для посилення цегляної кладки старовинних будівель.

Цей метод не металоємний, не вимагає облаштування додаткових конструктивних елементів, дозволяє зберегти історичну цінність і конструктивну цілісність будівлі без зміни зовнішнього вигляду будови.

Технологія відновлення і ремонту несучих і інших конструкцій в спорудах методом ін'єкціонування полягає в наповненні порожнеч полімерним розчином під високим тиском за допомогою спеціального устаткування. Саме тиск і особливий хімічний склад ін'єкційної речовини дозволяють досягти максимальної міри його проникнення в усі дефекти конструкції і досягти повної герметичності відновлюваного об'єму бетону або кладки. Застигаючи, ін'єкційний матеріал не лише заповнює тріщини і капіляри, але і надійно скріплює конструкцію. Ін'єктування може застосовуватися практично у будь-якій будівельній конструкції з цеглини і бетону або її елементів.

Метод зміцнення ін'єктуванням застосовується для виконання наступних робіт :

- посилення бетонних і цегляних стін;
- зміцнення фундаменту і перекриттів будівель;
- ремонт бетону і залізобетонних конструкцій;
- зміцнення цегляної і бутової кладки, у тому числі і в історичних будівлях(пам'ятниках архітектури).

Подібні послуги можуть виконуватися не лише з метою відновлення несучої здатності, а також підвищення естетичності. Ін'єкціонування дозволяє відновити гідроізоляційні властивості конструкцій і унеможливити протікання - наприклад, у бетонних басейнах, фонтанах, гідротехнічних водопровідних спорудах та ін.

При цьому цілісність конструкції повністю зберігається оскільки демонтаж і земляні роботи виключаються. Ефект від ін'єкцій видно відразу після закінчення робіт, а на відміну від традиційних технологій роботи



можливо проводити круглий рік незалежно від погодних умов. Приховані дефекти при проведенні ін'єкційних робіт повністю усуваються.

## **2.2 Аналіз ін'єкційних складів та вимоги, що пред'являються до них**

Однією з актуальних проблем експлуатації існуючих будівель і споруд є відновлення здатності стін і фундаментів будівель, виготовлення яких робилося на вапняних і романцементних розчинах кладок, що несе. Рішення цих проблем досить успішно здійснюється нагнітанням зміцнюючих розчинів в заздалегідь пробурені в стінах і фундаментах шпури діаметром 18-20 мм. Основною функцією зміцнюючих розчинів є підвищення щільності цегляних кладок і ґрунтів з одночасним збільшенням їх механічних властивостей. Вживані нині склади зміцнюючих розчинів переважно націлені на заповнення порожнеч і пір в масивах цегляних кладок у міру їх проникаючої здатності. Проте, ущільнення масивів зміцнюючими розчинами не завжди супроводжується достатнім підвищенням їх механічних властивостей, зокрема, нормального зчеплення.

Відомі склади для реставрації старовинних споруд з цегли та каменю, що руйнується, які включають цементне терпке, в якості якого використаний портландцементний клінкер, і добавку на основі солі неорганічної кислоти, в якості якої використаний нітрит натрію і хромат калію, решта вода. Недолік композиції в тому, що нітрит натрію і хромат калію приводять до утворення висолів на поверхні кам'яної кладки, а також в силу недостатньої проникаючої здатності портландцементного клінкеру в пори кладки не забезпечується рівномірна міцність кладки по усьому масиву. Крім того, портландцементний клінкер недостатньо активно вступає в хімічну взаємодію з елементами кладки (старим вапняним і романцементним розчинами і цеглиною), не забезпечується міцність нормального зчеплення з цеглиною, що знижує опірність кладки динамічним і сейсмічним діям.

Історія розвитку методу ін'єкції і аналіз ін'єкційних складів свідчить про те, що одним з ефективних способів закріплення пісчаних ґрунтів є

силікатизація, де в якості єднального в зміцнюючому складі використовується рідке скло.

Найбільш близьким аналогом є композиція для зміцнення цегляної кладки, що включає, вага. ч. : рідке скло - 44, активний мінеральний наповнювач - тальк - 30, мів - 14, вода - решта[46].

Головним компонентом в ін'єкційному складі є рідке скло. Рідке скло - лужні гідрозолі кремнієвої кислоти мають високу проникаючу здатність, легко адсорбуються на поверхні елементів кладки і вступають в хімічну взаємодію з поверхнею глинистих, лужноземельних і кварцових складових кладки, переводячи їх в гелевидні частки, які адсорбують лужні іони кремнієвої кислоти, присутність яких призводить до синтезу лужних і лужноземельних з'єднань кристалічної структури. Цей процес супроводжується приєднанням води зі збільшенням важко розчинних у воді з'єднань кристалогідратів лужних гідроалюмосилікатів. Утворення кристалогідратів спостерігається в мікротріщинах і в порожнинах невеликого розміру цегляної кладки. У більших порожнинах, порах і тріщинах цегляної кладки процес утворення кристалогідратів відбувається в основному по їх контуру, що недостатньо ефективно і є причиною низьких характеристик на міцність кладки в цілому.

Для заповнення великих капілярів і порожнин потрібний заповнювач. При цьому заповнювач має бути активним по відношенню до розчинного скла і створювати в місці з ним міцні, нерозчинні з'єднання після заповнення усіх пір і порожнеч. Окрім цього, заповнювач має бути високо дисперсним, щоб своєю розвиненою поверхнею швидше взаємодіяти з лужною фазою скла. Зменшення лужної складової у вільному стані підвищує силікатний модуль скла [47].

Додавання до рідкого скла в якості мінерального наповнювача який містить цеоліт породи повністю вирішує проблему, оскільки при цьому досягається монолітність ін'єкції масивів цегляної кладки, підвищується її міцність і щільність. Композиція, маючи високу проникаючу здатність, здатна переходити в порах, порожнинах і мікротріщинах цегляної кладки в тверду речовину з високою мірою міцності і без усадки. Відбувається це завдяки тому,

що склад має хімічну спорідненість з елементами зміцнюваного цегляного масиву. За рахунок цього процес утворення кристалів лужних гідроалюмосилікатів йде більше інтенсивно, так як цеоліт, маючи розвинену внутрішню поверхню кристалів, здатний інтенсивно адсорбувати на своїй поверхні кристалічні зростки гідроалюмосилікатів на контактні розчин - камінь, прискорюючи процес тверднення ін'єктованого складу, підвищуючи водостійкість і водонепроникність кладки. Склад, маючи значно більшу хімічну активність в порівнянні з прототипом, взаємодіє з елементами кладки з освітою в порах, порожнинах і мікротріщинах кристалічних структур, що мають високу міцність, щільність і водостійкість при збереженні високої проникаючої здатності. За рахунок високої хімічної активності складів забезпечується більш високе зчеплення між затверділим розчином і елементами кладки. Високоміцні з'єднання, що утворилися, в тілі кладки не провокують утворення висолів, оскільки розчинні продукти старої кладки споживаються на створення нерозчинних гідратів. Крім того порода, яка містить цеоліт прискорює процес коагуляції новоутворень і зв'язує розчинені гідроксиди кальцію в гідроалюмосилікати кальцію усередині елементів кладки з пористо-капілярних матеріалів, таких як цеглина. При цьому композиція з породою, яка містить цеоліт заповнює великі пори і тріщини, забезпечуючи високу щільність шва розчину, що і підвищує монолітність кладки.

Дисперсний заповнювач також не повинен істотно знижувати проникаючу здатність самого зміцнюючого складу. Одним з таких заповнювачів може бути або природна речовина, або дисперсні відходи промисловості.

Природним дисперсним заповнювачем можуть бути гірські породи, що легко створюють концентровані суспензії на рівні колоїдних розчинів. В якості такого заповнювача можуть бути використані багато високодисперсних глин, у тому числі, каолінітові, монтморилонітові і бентонітові.

Родовище бентонітових глин, що мають промислове значення, зустрічаються рідко. Ці глини є дефіцитними. Каолінові глини у великій

кількості використовуються для інших цілей і родовища їх не так широко поширені.

Недолік прототипу полягає в тому, що присутня у складі композиції крейда знижує кількісну взаємодію рідкого скла з кальцитами - карбонітами кальцію, якими зазвичай багаті розчини кладок на мінеральних терпких, а хімічно інертний тальк, що має низький коефіцієнт внутрішнього тертя, проникаючи в контактні зони між елементом кладки(цеглиною, бутом) і розчином кладки, знижує міцність нормального зчеплення кладки по неперев'язаних швах. Склад не забезпечує високого зміцнення кладки в цілому, оскільки не відбувається утворення достатньої кількості нерозчинних лужних гідроалюмосилікатів.

Завдання винаходу полягає у відновленні і підвищенні здатності старих цегляних кладок, виконаних на вапняних і романцементних розчинах, технічний результат - підвищення міцності на стискування і нормального зчеплення кладок, підвищення щільності швів розчинів в кладці, підвищення проникаючої здатності зміцнюючих складів, підвищення водостійкості цегляних кладок при збереженні високої проникаючої здатності, виключення висолів на поверхнях цегляних кладок.[48,49,45,46].

До ін'єкційних розчинів пред'являються досить жорсткі вимоги. Вони повинні мати мале водо-відокремлення, низьку в'язкість, високу адгезію і достатньо міцні характеристики. Розчин нагнітається під тиском до 0,6 МПа, що забезпечує досить велику зону проникнення. Параметри ін'єкції , розташування ін'єкторів, їх глибина, тиск, склад розчину у кожному конкретному випадку підбираються індивідуально з урахуванням тріщин, які мають кладки, стану швів і інших показників.

Міцність кладки, посиленої ін'єкцією, оцінюється по ДБН В.2.6-162:2010. «Кам'яні і армокам'яні конструкції». Залежно від характеру дефектів і виду ін'єктованого розчину встановлюються поправочні коефіцієнти:  $t_k = 1,1$  (за наявності тріщин від силових дій і при використанні цементних і полімерцементних розчинів);  $t_k = 1,0$ (за наявності поодиноких тріщин від

нерівномірних осідань або при порушенні зв'язку між спільно працюючими стінами);  $t_k = 1,3$  (за наявності тріщин від силових дій при ін'єкції полімерних розчинів). Міцність розчинів має бути в межах 15-25 МПа.

Найбільше поширення для відновлення монолітності і здатності цегляних та кам'яних конструкцій, що мають глибокі тріщини, знайшли, в першу чергу, синтетичні клеї на основі поліепоксидів. Для підвищення якості цегляної кладки ін'єкцією розчинів під тиском згідно [42] рекомендується застосовувати:

- полімерні розчини на основі епоксидних смол ЭД- 16 і ЭД- 20;
- полімер-цементні ін'єкційні розчини з ПВА або дивінілстирольним латексом СКС- 65 ГП-Б.

У НИЛЭП ОИСИ під керівництвом В.А. Лисенко були проведені дослідження по посиленню і відновленню будівельних конструкцій з каменю і бетону за допомогою композиційних матеріалів. Були розроблені рекомендації по удосконаленню технологічного процесу ін'єкції, підбору устаткування і оптимізації ін'єкційних розчинів, розрахунку посиленних елементів конструкцій [44].

Нині композиції на основі тільки епоксидних смол застосовуються рідко, оскільки вони мають ряд недоліків : порівняно висока в'язкість, яка ускладнює приготування і нагнітання ін'єкційних складів, значна крихкість отверділого складу, відносно низька теплоємність і висока вартість і т. д. З метою усунення недоліків, властивих клеям на чисто епоксидній основі, а також для надання їм деяких нових специфічних властивостей до складу клею вводять модифікатори, наповнювачів, розчинники, прискорювачі і інші добавки [40,50]. Для замонолічування конструкцій відомі спроби використання поліефірних, поліуретанових, фенолформальдегідних, фенолхлоропренових, карбамідних і деяких інших полімерних смол. Проте, слід при цьому відмітити, що і вони мають істотні недоліки. Так, клей на основі насичених поліефірів – поліефіракрілати і поліефірмалеінати мають значну токсичність, вони відрізняються порівняно низькою морозостійкістю і водостійкістю, і великою

усадкою. Поліуретанові полімери токсичні, мають малу атмосферу - і вологостійкість [51,52].

Застосування фенолформальдегідних, фенолхлоропренованих, карбамідних і фуранових полімерів обмежується кислим характером отвердителей, що вимагає при замоноличуванні конструкцій ґрунтовки їх поверхні яким-небудь іншим складом. Окрім цього існують інші властиві їм недоліки: підвищена температура затвердіння, велика усадка, низькотепло- і водостійкість .

У розглянутих полімерних складах є загальні недоліки: висока вартість, дефіцитність, токсичність. Частково усунути недоліки дозволило створення поєднаних фурано-епоксидних смол і композицій на їх основі. Найбільш широке поширення отримали єднальні ФАЭД і ФАЭИС, отримані шляхом поєднання мономера ФА з епоксидними смолами ЭД-16, ЭД-20 або алкілрезорциносланцевою смолою ЭИС- 1(АРЭМ- 2-20) [53,54,55,56].

### **2.3 Підбір і вивчення ефективних компонентів для надання необхідних властивостей зміцнюючим розчинам**

При влаштуванні ін'єкційного закріплення завжди слід враховувати, що вибір необхідних матеріалів для виконання робіт повинен базуватися на результатах поетапного багатофакторного аналізу і, по суті, є процесом пошуку компромісу, заснованого на використанні достовірної технічної інформації, вимог і фінансових можливостей замовника.

В ході розробки рішень по влаштуванню ін'єкційного закріплення слід орієнтуватися на сучасні матеріали і технології, забезпечують за умови правильного вибору продовження терміну служби конструкції від 15 до 40 років.

Вибір матеріалів для улаштування ін'єктування, з технічних і економічних позицій, повинен базуватися на детальному обстеженні і гідрогеологічних умов споруди.

Правильний вибір конкретних ін'єкційних технологій і матеріалів визначається з:

- детального обстеження і аналізу виниклої поточної ситуації;
- стану конструкції;
- характеру дефектів;
- виду навантажень;
- вимог щодо водонепроникності;
- вогнестійкості;
- морозостійкості;
- поставлених завдань.

При виборі матеріалів з певними фізико-технічними характеристиками для пристрою ін'єкційної гідроізоляції підлягають обліку:

- необхідна сухість ізолюються приміщення;
- тріщиностійкість ізольованих конструкцій;
- величина гідростатичного напору;
- впливу на гідроізоляцію (механічні, агресивних середовищ, температурні);
- сейсмічність району будівництва;
- умови виконання робіт;
- вартісні характеристики

На вибір матеріалів можуть вплинути погодні умови, доступ до місця нанесення матеріалу, тимчасові рамки виконання робіт та інші виробничі умови.

При виконанні робіт слід враховувати, що неправильне виконання операцій по змішуванню, укладання і догляду можуть змінити властивості укладеного матеріалу. Тому дуже важливо при виборі матеріалів знати, як польові умови можуть впливати на матеріал.

При виборі матеріалів завжди слід враховувати, що роботи, по суті, передбачають створення композитної системи, основними елементами якої є існуючий субстрат (тіло існуючої конструкції), контактна поверхня і

гідроізоляційний матеріал. При цьому слід враховувати що будь-який інший матеріал, насправді буде відрізнятися від субстрату.

Рішення щодо вибору матеріалів слід приймати тільки після того, як будуть визначені фізико-технічні характеристики матеріалів, які найкращим чином відповідали б реалізації конкретного проектного рішення.

Розглянемо порівняльні дослідження двох компонентів, які за своїми хіміко-мінералогічними властивостями найбільшою мірою підходять для використання їх як заповнювача для рідкого скла. Цими компонентами є тонкомелений кварцевий пісок і цеоліт гірська порода, що містить, аналогічна по тонкості помелу(2000 см /г).




Слово «цеоліт» в перекладі з грецького означає киплячий камінь. Однією з ідентифікаційних ознак цього мінералу є його «скипання» при швидкому нагріванні до піропластичного стану або розплавлення. І хоча подібна поведінка властива для інших гідратованих алюмосилікатів, цеоліти мають тільки їм властиву структуру з вікнами, каналами і порожнинами на рівні кристалічної решітки, що обумовлює унікальність їх властивостей : молекулярно-ситовий ефект, високу іонообмінну, сорбційну і каталітичну здатність [57]. Маючи високу пуцоланову активність, природні цеоліти вступають у взаємодію з вапном і утворюють гідросилікати і гідроалюмінати [58,59]. Питанням застосування природних цеолітів в цементях і інших терпких присвячені роботи В.В. Байракова, Г.Р. Вагнера [60, 61], О.П. Мchedlov-Петросяна, К.Е. Колодезникова, М.М. Сычева і Е.Н. Казанською, Н.Ф. Федорова, И.Г. Гранковского і А.И. Овчинниковой, [62,63], співробітників СибНДІПроектцемента [64], МХТІ ім. Д.И. Менделєєва і інших [65, 33,].

Додавання до рідкого скла мінерального наповнювача - дисперсного кварцу дозволяє заповнити об'єм великих порожнин і капілярів і збільшити кількість кристалогідратів.


Проте, в перших, для забезпечення хорошої проникаючої здатності необхідно рідке скло розбавляти водою, яка частково йде на гідратацію новоутворень.



Таблиця 2.1 - Види ін'єкційних матеріалів

Найменування	Матеріали	Переваги
<p>1. Мікроцементніе - водні суспензії з мінерального в'язучого, отриманого тонким помелом цементного клінкеру і сепарованого, розділеного по гранулометричному складу. Розмір зерна і спеціальні пластифікуючі добавки визначають марку. Вимагають змочування оброблюваних площин і порожнин. Мінімальний розмір твердих частинок забезпечує високу плинність, проникання в мікропорожнечі. Після затвердіння утворюється монолітне речовина з характеристиками міцності бетону.</p>		<p>Екологічність. Збереження робочих властивостей з моменту замішування до 4 годин. Простота приготування. Низька ціна дозволяє проводити ін'єкція дефектних, технологічних швів споруд в великих обсягах.</p>
<p>2. Поліуретанові смоли - влагоотверждаемые, основа – гідро активний поліуретан. Призначення: виправлення деформаційних швів, виконання ін'єкційної гідроізоляція. Полімеризація - від декількох годин до двох діб. Класифікація: набухають - двокомпонентний матеріал з водонепроникної гнучкою або жорсткою структурою, зі збільшенням обсягу до 20 разів. Ціноутворюючі - одно- або двокомпонентний склад. При контакті з вологою середовищем відбувається швидке збільшення обсягу до 50 разів.</p>		<p>Застосовується для блокування сильних течі. Адгезія практично до будь-яких поверхонь. Можливість регулювання швидкість полімеризації. В процесі експлуатації не дає усадки. Стійкість впливу вібраційних навантажень. Хімічно стійкий. Екологічно безпечний. Середній діапазон цін.</p>
<p>3. Епоксидні - двокомпонентна суміш низької в'язкості: поліефірні поліоли, модифікований Ізоціонат (затверджувач). Не містить розчинник, полімеризація протягом доби. Для ін'єктування цегляної і бутового мурування, бетонних конструкцій в якості склеює складу; висока вартість.</p>		<p>Відсутність усадки. Висока механічна міцність. Допускається ін'єктування сухих і вологих тріщин. Висока адгезія до бетонних і цегляних поверхонь, металу без виконання ґрунтування.</p>

## Продовження таблиці 2.1

Найменування	Матеріали	Переваги
<p>4. Метілакрілатні - багатокомпонентні гелі на основі акрилової кислоти, збільшують свій обсяг в процесі полімеризації. Для всіх видів ін'єкційної гідроізоляції, реставраційних та профілактичних робіт в будівництві. Чи не найнижчий ціновий діапазон.</p>		<p>Низька в'язкість забезпечує проникнення в мікротріщини. Ін'єкція вологих масивів і поверхонь стін. Висока адгезія. Хімічна стійкість до широкого ряду розчинників і кислот.</p>
<p>5. Силікатні - двокомпонентні смоли на основі модифікованого рідкого скла. Змішування з Ізоціонат призводить до в спінування. Взаємодія з поліізоціонат утворює гнучкий склад без збільшення обсягу. Підходять для ін'єктування цегляної кладки, гідроізоляційних робіт.</p>		<p>Висока еластичність. Швидка отверждаемость. Збереження міцності під впливом деформації на зрушення. Відсутня хімічна взаємодія з водою. Стійкість до органічних розчинників, лугів, солей і кислот. Невисока вартість.</p>

Це значно збільшує час утворення гелю кремнієвої кислоти, а додаткове підвищення температури знижує кількісний зміст продуктів твердіння.

По-друге, застосування подрібненого кварцу, з одного боку, значно підвищує кількісний зміст продуктів тверднення, але з іншого боку, процес цей йде повільно і тільки у присутності рідкої фази в складі. Окрім цього, продукти силікатизації з утворенням гідросилікату натрію утворюються на поверхні зерен кварцу. Плівка гідросилікату натрію, що утворилася, на поверхні зерен кварцу практично перешкоджає продовженню цього процесу. Отже, вимагається значно подрібнювати кварцовий пісок для забезпечення кількісного утворення продуктів тверднення. Це вимагає великих витрат енергії при помелі, що значно збільшує вартість зміцнюючої композиції в цілому.

За кордоном, зокрема у Росії, є родовища монтморілонітових глин вторинного вивітрювання, цеоліти, що містять. У цих глинах міститься дисперсний кремнезем і глинозем, здатний утворювати з лужною складовою рідкого скла гідросилікати і гідроалюмінати натрію із зв'язуванням води в кристалічній решітці.

Присутність цеоліту в глині дає основу вважати, що освічені субмікроскопічні зростки гідроалюмосилікатів спільно з лугом інтенсивно адсорбуються на поверхні цеолітових часток. Зниження лужної фази у складі рідкостекольного розчину призводить до швидкого і якнайповнішого формування твердої фази в порах і порожнинах каменю розчину. Освіта в порах і мікротріщинах кристалічних структур, що мають високу міцність, щільність і водостійкість, приведе до отримання міцнішої і водостійкої кладки на основі неводостійкого вапняно-песчаного розчину[32,38,45,58,63].

## **2.4 Технологія і організація ін'єкційного зміцнення та зміцнення на основі вуглецевих композитних матеріалів, контроль якості при виробництві ремонтних робіт**

Виробництво робіт по відновленню або посиленню кам'яних конструкцій реконструйованих і пошкоджених будівель проводиться відповідно до робочих креслень і проектом виконання робіт (ПВР).

Перед відновленням або посиленням кам'яних конструкцій слід підготувати поверхню: провести візуальний огляд і простукування кладки молотком, очистити поверхню кладки від бруду і старої штукатурки, видалити частково зруйновану (розморожену) кладку.

Відновлення або посилення кам'яних конструкцій методом ін'єкцій в залежності від ступеня пошкоджень або необхідного підвищення несучої здатності конструкцій слід виконувати на цементному, беспіщаному або цементно-полімерних розчинах.

При приготуванні і роботі з ремонтними сумішами, готовими до застосування, слід дотримуватись вимог ДБНА.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва.

При використанні методу ін'єкцірування для посилення кам'яної кладки, види розчинів і їх склади рекомендується застосовувати в залежності від її трещіноватості.

Для крупнотрещіноватой кладки при ширині розкриття тріщин 5мм і більше можуть бути рекомендовані наступні склади розчинів:

- а) цементно-полімерні розчини складу 1: 0,15: 0,6 (цемент: полівінілацетат, латекс: вода), з добавкою дрібного або тонкомолотого піску в кількості 25-30% маси цементу;
- б) цементно-піщані - складу 1: 0,25 (цемент: пісок) при  $V / Ц = 0,7-0,8$ ;
- в) цементні (беспесчаніе) складу 1: 0 (цемент: пісок) при  $V / Ц = 0,5 -0,6$ .

Види розчинів наводяться в порядку зменшення їх ефективності.

Для кладки з шириною розкриття тріщин менше 5мм:

а) епоксидні розчини складу:

епоксидної смоли ЕД-20 (ЕД-16) - 100 в.ч.;

модифікатор «МГФ-9 - 30 »;

затверджувач «ШЕПА - 15 »;

пісок - 50 ;

б) цементно-полімерні складу 1: 0,15: 0,6 (цемент: полімер: вода);

в) цементно-піщані складу 1: 0,25 (цемент: пісок) з добавкою тонкомолотого піску в кількості 25% маси цементу при  $V / Ц = 0,7-0,8$ ;

г) цементні (беспесчаніе) складу 1: 0,7 (цемент: вода).

Марка по міцності при стисненні ін'єкційних розчинів повинна бути не менше 15 МПа і визначатися випробуванням зразків.

На процеси ін'єктування і твердіння ін'єкційних розчинів впливає ряд специфічних факторів (вологість матеріалу, його сорбційні властивості, вид і розміри тріщин, ступінь їх запиленості або ступінь чистоти поверхонь стикуються конструкцій і т.п.), в зв'язку з цим зазначені вище склади і види розчинів підлягають уточненню в процесі виконання робіт.

При цьому слід враховувати, якщо тиск в процесі закачування поступово підвищується, то консистенція розчину залишається в межах вищезазначеної. Якщо тиск тривалий час не змінюється, то консистенцію розчину слід зменшити за рахунок зниження водоцементного відносини.

При різкому підвищенні тиску в початковій стадії ін'єкціонування консистенцію розчину слід збільшити за рахунок підвищення водоцементного відносини, але не більше  $V / Ц = 1$ .

При використанні для ін'єкціонування полімерних розчинів регулювання їх консистенції в процесі нагнітання можливо за рахунок зниження або збільшення кількості наповнювача (цементу, піску, золи та т.п.) і розчинника (ацетону та ін.).

До початку проведення ремонтних робіт на об'єкті повинні бути виконані наступні роботи:

- огорожені місця проведення робіт
- освітлені робочі місця;
- завезені на об'єкт і підготовлені до експлуатації механізми, пристосування, інструменти, інвентар;
- перевірені механізми на холостому ході, ретельно оглянуті шланги, усунуті злами і перегини;
- завезені і встановлені засоби риштування, (ліси). Ліси висотою до 4 м перед роботою приймає виконавець робіт, а більше 4 м - особа, що відповідає за дотримання техніки безпеки .;
- організовані місця для розміщення складу матеріалів;
- доставлені в достатній кількості необхідні матеріали;
- перевірені підводки електроенергії, води і стисненого повітря;
- проведено навчання робітників способам приготування складів;
- проведений інструктаж і ознайомлення робітників із способами і прийомами безпечного ведення робіт і організації робочого місця;

Ремонтні роботи слід починати тільки після:

- обстеження стану конструкцій споруди, розробки дефектної відомості;
- узгодження з замовником дефектної відомості;
- розробки технічних рішень по ремонту споруди або його окремих конструктивних елементів;
- узгодження з замовником графіка виконання робіт;
- отримання письмового дозволу на проведення робіт і допуск до місця їх проведення при необхідності.

Ремонтні роботи виконуються в такій технологічній послідовності:

1. Підготовка поверхні - створення штрабів прямокутної форми розмірів 2 × 3 см по всій довжині тріщини (рекомендується розшивання під "ластівчин хвіст"); мінеральні поверхні повинні бути вбираючими, твердими і структурно міцними. Поверхня повинна бути очищена від гіпсу, бітуму, мастильних матеріалів, масел, пилу, фарби і будь-яких інших розділових шарів. Поверхні,

покріті цементним розчином, білим вапном, сполучною фарбою повинні бути видалені шліфуванням або піскоструминної обробкою. Підготовлена поверхня повинна бути добре змочена водою. Зволоження водою має бути здійснене завчасно з таким розрахунком, щоб до моменту нанесення розчину поверхня була рівномірно вологою. Стояча вода повинна бути видалена з поверхні.

2. Буріння каналів по всій довжині тріщини з двох сторін в шаховому порядку з кроком 15-40 см. Пробурений канал повинен перетинати тріщину. Канали слід бурити похило зверху вниз під кутом не менше  $10^\circ$  до горизонту. Відстань між ін'єкційними отворами, їх глибина і діаметр призначаються, виходячи з даних таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технологічні параметри

Характеристик кладки	Питоме водопоглинення кладки, л/мін/м <sup>2</sup>	Відстань між отворами, м	Зразковий діаметр отворів, мм	Глибина отворів залежно від товщини	Товщина конструкції, м
Великопориста	5–10	1,5–4	30–70	4/5	Більше 2
Середньо пориста	1–5	1,0-1,5	20-50	2/3	Більше 1–2
Дрібнопориста	0,25–1	0,5-1,0	15–30	2/3	0,4–1,0

Ін'єкційні отвори рекомендується розташовувати по сітці в шаховому порядку. Нагнітання розчинів в довгі конструкції потрібно виробляти ділянками довжиною до 30м, з обох сторін від низу до верху. спочатку нагнітання здійснюють в отвори нижнього горизонтального ряду, розташовані на 1 м вище рівня підлоги, переходячи від одного до іншого.

Залежно від розташування і розкриття тріщин і швів встановлюються певні відстані між ін'єкційними отворами від 0,5 до 4 м.

Щоб зменшити втрати ін'єкційного складу, всі тріщини і нещільності в швах закладаються з поверхні розчином, пробиваються клоччям і розклинюються.

3. Продувка каналів і тріщин стисненим повітрям;
4. Установка пакерів;
5. Рівномірне зволоження каналів і тріщин водою;

6. Приготування ремонтної суміші і заповнення штраб сумішшю, яка виконує роль незнімної опалубки, для запобігання витікання ін'єкційного розчину з тріщини; розширюючий розчин розводиться водою (приблизно 4 л на 25 кг мішок для стандартного розширюючого розчину або 4,5 л води на 25 кг мішок для швидкодіючого розширюючого розчину) і перемішується до пластичного стану за допомогою відповідного змішувача. Почекати близько 1 хвилини, ще раз добре перемішати розчин (без додаткового додавання води) до отримання пластичної консистенції. Зазначена життєздатність суміші досягається тільки після вторинного перемішування розширюючого розчину призначеними для цього механічними пристроями. Всі технічні дані вказані при температурі +20°C. При більш високих температурах зазначені характеристики зменшуються, при більш низьких температурах - збільшуються. Нанесений розчин повинен бути захищений від передчасного висихання в процесі твердіння. Має бути передбачений захист від опадів протягом 24 годин, а також захист від надлишкового впливу сонячного світла і особливо від впливу морозу.

7. Ін'єкціювання тріщини через пакери розчином у напрямку знизу вгору, під тиском 1-2 атм.;

Підготовка тріщин полягає в очищенні примикають до тріщини ділянок від відслонень, штукатурки і зачистці від фарби, води, бруду і пилу; для цього використовують металеві щітки, скребки, піскоструминні апарати, а також продування стисненим повітрям. Застосування різного роду розчинників не рекомендується. Сушку тріщини виробляють пальниками типу ГПС-15, паяльними лампами та іншими нагрівальними приладами.

Шайби і куточки з отворами приклеюються на поверхні. При неможливості влаштування шайб або куточків встановлюють штуцера в попередньо просвердлені отвори (рис. 2.1, 2.3). Після герметизації тріщин перевіряється сполучення за допомогою стиснутого повітря або засвічену. Свердловини свердлять на глибину 10-30см, але не більше половини товщини стіни.



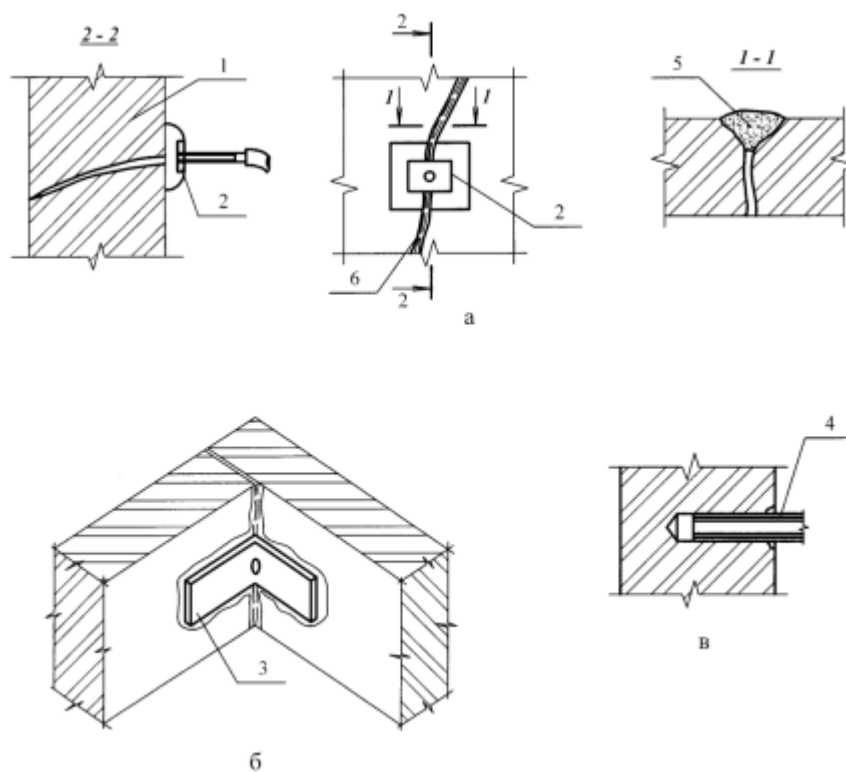


Рисунок 2.1 - Способи ін'єктування тріщин:

а, б - через шайбу або куточок; в - через штуцер;

1 - стіна з тріщиною; 2 - шайба; 3 - куточок; 4 - штуцер; 5 - герметизація; 6 - тріщина; 7 - гнучкий шланг

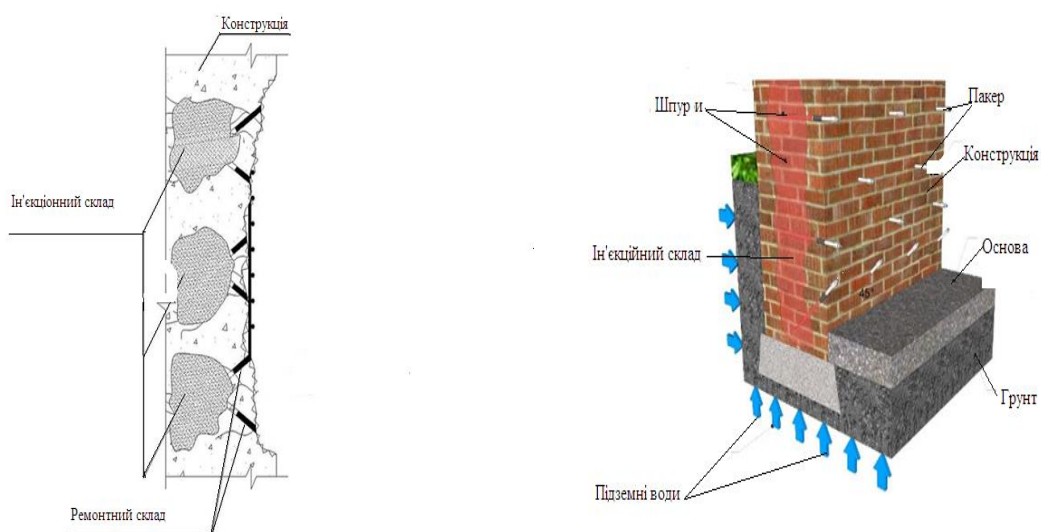


Рисунок 2.2 - Ін'єктування тріщини через пакери

При ширині розкриття понад 3 мм тріщини очищають стисненим повітрям від продуктів вивітрювання і обробляють на глибину 10-15мм. Розширений паз тріщин змочують цементним молоком і зашпаровують розчином, що попереджає вихід розчину при нагнітанні з тріщин безпосередньо підвалини ін'єктора. Дрібні тріщини затирають цементним розчином, в яких можуть утворюватися повітряні бульбашки

Для цієї мети використовують електродрилі з частотою обертання близько 5 сек-1, забезпечені свердлом  $\varnothing 16-18$ мм з победітовим наконечником.

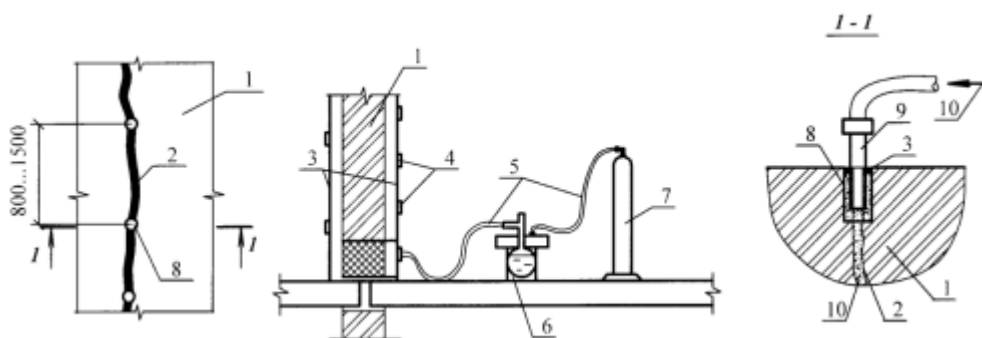


Рисунок 2.3 - Схема ін'єктування тріщин в кладці шириною до 10 мм:

- 1 - підсилена стіна; 2 - тріщина; 3 - герметизація (коччя на клею);  
 4 - шайби; 5 - шланг; 6 - ін'єкційне пристрій; 7 - балон зі стисненим повітрям;  
 8 - отвори діаметром 30 мм для установки ін'єкторів; 9 - ін'єктори;  
 10 - ін'єкційний склад

Прийняття зазначеного діаметра свердла пов'язано із зручністю підбору прийнятих за розміром ін'єкційних патрубків і гумових шлангів ( $\varnothing 1/2$ ) при наявності великих тріщин, в які можна вставити ін'єкційні патрубки приємний діаметра, свердління свердловин не потрібно.

Тріщини на поверхні кладки і висвердлені свердловини ретельно продуваються стисненим повітрям під тиском 0,1-0,2 МПа, а при сухій кладці в літню пору при плюсовій температурі зовнішнього повітря під тим же тиском

промиваються напірним струменем води. Промивання проводять до тих пір, поки з свердловини і тріщин не буде виходити чиста вода.

У висвердлені і очищені свердловини (основні та резервні) закладаються металеві ін'єкційні патрубки  $\varnothing 1 / 2$  на глибину 3-5см. патрубки щільно застряють в отворі і потім обмазують цементним розчином марки М 100 і вище. При цьому необхідно стежити за тим, щоб закладені в свердловини кінці патрубків не забивав цементним розчином. На виступаючому з кладки кінці патрубка передбачається різьблення (6-10 витків) для під'єднання (за допомогою накидної гайки) шланга від розчинонасоса.

Нагнітання розчину проводиться в кожен патрубок окремо, починаючи з нижнього ярусу. Після закінчення ін'єкування одного ярусу патрубків негайно переходять на інший - до тих пір, поки не будуть використані всі встановлені патрубки. Спочатку розчин подають в свердловини під тиском 0,15-0,2 МПа. Тиск поступово підвищують до 0,4-0,6МПа. Після того, як розчин почне виходити через трубки верхнього ярусу, досягнуте тиск витримують ще 10-15 хв для спресовки тріщин і потім поступово знижують до нуля.

У разі течі розчину в процесі ін'єкування - в кладці ці місця закладаються цементним або гіпсовим тестом. Не слід допускати перерв при нагнітанні розчину через патрубок, так як можливе утворення розчинної пробки. Якщо сталася зупинка в русі розчину, слід призупинити ін'єкція, скинути наявне в мережі тиск і усунути причину порушення руху розчину.

Для приготування розчинів і подачі їх в конструкцію слід застосовувати механічні ін'єкційні агрегати безперервної дії.

При малих обсягах робіт рекомендується використовувати ручні розчинонасоси. В установках можуть бути використані розчинонасоси плунжерного, гвинтового і пневматичної дії. При виконанні робіт необхідно мати два насоси на випадок несправної роботи одного з них.

8. Демонтаж ін'єкційних пакерів в разі застосування багаторазових пакерів або зрізання виступаючих частин одноразових пакерів.

9. Фінішна обробка поверхні, зачеканювання місць установки пакерів ремонтним складом .

Контроль заповнення тріщин кладки розчином в процесі нагнітання здійснюють по радіусу поширення розчину (витікання його з ін'єкційних трубок, щілин, намокання штукатурки).

Щільність заповнення кладки визначається через 28 діб ультразвуковим або іншими неруйнівними методами. Орієнтовна міцність ін'єкційних розчинів при стискуванні (марка розчину) повинна становити 15-25 МПа.

Через водонасичення кладки при ін'єктованість її міцність знижується на 12-16%. Тому в період посилення ін'єкційним способом може виявитися необхідним попередня розвантаження підсилюються ділянок кладки.

Твердіння розчину при ін'єктованість в зимовий час слід забезпечувати введенням протиморозних добавок нітриту натрію  $\text{NaNO}_2$  і поташу  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . В якості пластифікатора в розчини з поташом необхідно використовувати сульфітно-дріжджову бражку (СДБ).

Використання протиморозних добавок в ін'єкційних розчинах дозволяє в зимових умовах зберегти технологію ін'єкційних робіт, передбачену для позитивних температур, не вимагає обігріву конструкцій, матеріалів і устаткування. Розчини з протиморозні добавками на морозі набирають необоротну міцність.

Кількість добавки в ін'єкційні розчини призначається в тому ж порядку, що і для звичайних кладок розчинів, згідно з вимогами відповідних пунктів ДБН, Галузевий стандартів, та іншої нормативної документації щодо виконання робіт в зимових умовах.

При виготовленні ін'єкційного розчину необхідно проводити контроль його в'язкості і водовідділенням. В'язкість визначають віскозиметром ВЗ-4. Вона повинна бути для цементних розчинів 13-17с, для епоксидних - 3-4 хв. Водовідділення, яке визначається витримкою розчину протягом 3 ч, не повинно перевищувати 5% загального обсягу проби розчинної суміші.

Правильність заповнення швів розчином перевіряють, виймаючи в різних місцях окремі цеглини викладеного ряду (не рідше трьох разів по висоті).

При ін'єктуванні кладки після затвердіння розчину в ній якість ін'єктування слід визначати:

– шляхом обробки кернів з цементними прошарками з посилених ділянок кладки з подальшим їх випробуванням на стиск і порівнянням з міцністю неушкодженим кернів, відібраних з цілого цегли. Керни відбираються з кладки за допомогою електродрилі з циліндричним забурніком. Забурник має форму циліндра висотою і 50мм. керни відбираються по 2 шт. на кожні 1,5 - 2м<sup>2</sup> посилювати зони цегляної кладки;

– щільність заповнення пошкодженої кладки і стиків розчином крім вищевказаного методу можна визначати неруйнівним методом з допомогою ультразвукових приладів або приладами аналогічного дії.

Тип ін'єкторів для виконання ін'єкційних робіт вибирається в Залежно від виду, характеру тріщин, товщини і армування конструкцій.

В тонких і армованих конструкціях використовують накладні пластикові або металеві ін'єктори, а в інших випадках застосовують трубки і пакери, що встановлюються в пробурені отвори або підсікати площину тріщини.

Таблиця 2.3 – Типи ін'єкторів

Найменування	Ескіз
Пластмасовий пакер для ін'єкційного заповнення тріщин і пустот в будівельних конструкціях	
металевий ін'єктор	
Спеціальний забивний пластиковий анкер для ін'єкції цементних розчинів в конструкції при незначному водо проявленні.	

Різновидом разжимного пакера є гвинтовий ін'єктор. В цьому випадку в пробурений отвір вставляється відрізок м'якої ПВХ трубки довжиною 5-6см аналогічного діаметру, а потім проводиться загвинчування в нього бронзового конусного гвинтового ін'єктора, забезпеченого кульковим клапаном. Цей пристрій дозволяє багаторазово використовувати ін'єктор, замінюючи тільки через 3-4 циклу в клапані пружину і кульку.

Якість заповнення визначається за величиною швидкості ультразвукових імпульсів і за ступенем їх загасання.

Загальне керівництво і контроль за ін'єкція кладки повинен здійснювати виконроб або змінний майстер.

Контроль якості виконання робіт включає наступні види контролю:

- вхідний;
- операційний;
- приймальний.

Вхідному контролю піддаються всі, хто вступає на будмайданчик матеріали, а також супровідна і технічна документація, що підтверджує кількість і якість матеріалів і дотримання вимог їх транспортування, розвантаження і зберігання.

При вхідному контролі слід перевіряти:

- стан транспортного засобу, наявність захисного маркування вантажу, а також цілісність тари;
- відповідність найменування та кількості вантажу транспортному маркуванні;
- зазначеної в супровідному документі;
- дотримання встановлених правил перевезення, що забезпечують збереження вантажу, терміни доставки, а також провести візуальний огляд вантажу;
- наявність супровідних документів постачальника матеріалів, підтверджують якість матеріалів, виробів і обладнання (паспорта, сертифікати якості, технічні умови, стандарти і т.п.);

- придатність застосування за вказаними в супровідних документах термінами зберігання і дотримання вимог до транспортування і зберігання.

Лабораторія споживача повинна регулярно здійснювати контроль якості матеріалів і оцінювати їх відповідності вимогам нормативної документації на кожен конкретний тип матеріалу.

При виявленні невідповідності матеріалів і виробів вимогам нормативних документів і проекту або супровідним документам постачальника, партія матеріалів або виробів бракується з оформленням акту перевірки та повертається постачальнику.

Результати вхідного контролю слід оформити записом в журналі, форма якого наведена в ДБН А.3.1-5-2016, і скласти висновок про відповідність матеріалів і виробів встановленим вимогам.

Оперативний контроль здійснюється службою технічного контролю організації споживача з метою запобігання можливих порушень технології застосування матеріалів методом безперервного нагляду за відповідністю виконуваних робіт проекту.

Контролюється дотримання вимог до складування та зберігання матеріалів відповідно до вимог виробника. контролю піддається кожна операція технологічного процесу (відповідно до регламентованими вимогами).

Також в процесі оперативного контролю слід звертати увагу на:

- точність дозування, час перемішування;
- рухливість і однорідність складу при перемішуванні;
- тривалість часу використання розчинної складу;
- дотримання правил догляду за обробленою поверхнею;
- дотримання правил техніки безпеки.

При виявленні порушень виконавець робіт повинен негайно їх усунути.

Операційний контроль проводиться з метою перевірки відповідності якісних показників матеріалів нормативної документації після завершення окремих технологічних операцій.

При операційному контролі слід перевіряти:

- відповідність послідовності і складу виконуваних технологічних операцій нормативної і технологічної документації;
- дотримання технологічних режимів, встановлених технологічними картами і регламентами;
- відповідність показників якості виконання операцій і їх результатів вимогам проектної, відповідної нормативної і технологічної документації.

Місця виконання контрольних операцій, їх частота, методи і засоби вимірювань, форми запису результатів, порядок прийняття рішень при виявленні невідповідностей встановленим вимогам повинні відповідати вимогам проектної, технологічної та нормативної документації.

Результати операційного контролю повинні бути задокументовані в журналах робіт, форма якого наведена в ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівництва».

В умовах будівельного майданчика слід вести журнал виробництва робіт по ін'єкція кладки, в якому необхідно відзначати склади використовуваних розчинів, марку та вид цементу, міцності і геологічні характеристики розчину, температуру зовнішнього повітря, а також інші показники.

За результатами випробувань і матеріалами виконуваного контролю за виконанням планових робіт оформляється акт на приховані роботи.

Приймання здійснюється по завершенні виконання гідроізоляційних робіт службою технічного контролю замовника спільно з представниками виконавця з метою оцінки відповідності виконаних робіт вимогам проектної та нормативної документації.

До приймання необхідно виявити і усунути всі дефекти.

До усунення виявлених недоліків та оформлення відповідних актів виконання наступних робіт неприпустимо.

Система зовнішнього армування на основі вуглецевих композитних матеріалів застосовується для відновлення несучої здатності і посилення плит, перекриттів, балок, ригелів, елементів ферм, колон і т. д. [69-71].



Дана технологія покликана збільшити несучу здатність балок, перекриттів, фундаментів і інших конструктивних елементів в 2-4 рази, а міжремонтний період до 30 років і забезпечити надійну експлуатацію унікальних, історично значущих конструкцій, демонтаж і заміна яких значно дорожче ремонту або неможливі взагалі.

У загальних рисах технологія полягає в наступному:

1. Здійснюється розрахунок на міцність, що визначає зони і ступінь підсилення конструкцій.

2. У цих зонах виконується підготовка поверхні: очищення відстарих оздоблювальних або захисних покриттів, забруднень. У разі залізобетону також зчищається цементне «молочко» до оголення крупного заповнювача. Відколи, раковини, каверни, тріщини та інші дефекти повинні бути заповнені ремонтними матеріалами з швидким набором міцності. Заповнення глибоких каверн проводиться з використанням ремонтних матеріалів з наповнювачем у вигляді крупного піску або дрібного щебеню.

3. Зони посилення покриваються шаром ґрунтовки для кращого проникнення в тіло існуючої конструкції.

4. Слідом наноситься шар адгезиву (по суті - клею) на основі конструкційних епоксидних складів.

5. На шарі смоли монтується вуглецеві стрічки. Стрічки укладаються з невеликим натягом, шляхом вдавлюючи їх в клей.

6. Вуглецеві сітки або стрічки накриваються другим шаром адгезиву, що забезпечує повну просочення вуглецевих стрічок.

7. Підсилення зони закривають захисним шаром з ремонтних матеріалів.

Після полімеризації адгезиву (через приблизно 3 доби після нанесення), вуглецева стрічка і епоксидний адгезив утворюють єдиний композитний матеріал із загальними характеристиками. Такий матеріал називається вуглепластик–силовий елемент в технології зовнішнього армування композитними матеріалами.



Рисунок 2.4 - Нанесення вуглецевих сіток

До сильних сторін технології (в порівнянні з традиційними методами) відносяться:

- суттєве скорочення термінів проведення робіт та відмова від засобів середнього та важкого механізації, що дозволяє виконувати роботи в експлуатованих спорудах;

- відсутність зниження корисного об'єму, або підвищення власної ваги будівлі після посилення несучих конструкцій (товщина елементів підсилення не перевищує 2 мм при незначній вазі);

- абсолютна корозійна стійкість матеріалів, що тягне за собою істотне збільшення міжремонтного періоду;

- всі елементи СВА екологічно безпечні, можливий контакт з питною водою, отже, можна застосовувати для посилення трубопроводів та інших споруд з питною водою;

- СВА не ускладнює вихідну конструкцію і дозволяє зберегти її зовнішній вигляд і як правило, вдається виграти і в вартості виконання будівельних робіт по посиленню.

Вартість посилення будівель і споруд технологією СВА приблизно на 15-20% (залежно від об'єкта) нижче, ніж вартість посилення традиційними

технологіями (посилення металом, залізобетонними обоймами, заміна окремих конструкцій на нові)[69-71].

Методи контролю приймаються відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. При виконанні ремонтних робіт здійснюється наступний контроль:

- контроль якості що до матеріалів;
- контроль якості підготовки поверхні;
- контроль якості готових складів;
- контроль якості нанесення та ін'єкування ремонтних складів.

Вироби і матеріали, що застосовуються для виконання ремонтних робіт, повинні відповідати вимогам, встановленим у проектній документації та технічних умов. На стадії обстеження та розробки технічних рішень оцінюються міцності цегляної кладки в місцях пошкоджень і на прилеглих площах.

При підготовці поверхонь цегельної кладки слід постійно контролювати: дотримання глибини нарізки штраб по контуру місць пошкоджень, глибини буріння каналів для установки пакерів, ступінь очищення підготовлених поверхонь від пилу перед укладанням ремонтного складу; ступінь зволоження поверхні і відсутність стоячої води.

Результати поточного контролю якості підготовки бетонних поверхонь повинні відображатися в журналах виконання робіт і актах приймання прихованих робіт. При приготуванні ремонтних сумішей контролюється правильності дозування і дотримання технології приготування розчинів, однорідність суміші.

В процесі нанесення ремонтних складів необхідно систематично здійснювати контроль товщини шарів і суцільність герметизації. При ін'єктуванні растрових контролюється тиск нагнітання, витрата матеріалу, витік матеріалу з конструкції стіни.

По завершенню ремонтних робіт перевіряється якість ремонту: поверхні повинні бути рівними, гладкими без раковин, тріщин, здуття і каверн, з чітко

обробленими гранями кутів, пересічних площин. Ремонтні суміші повинні бути міцно з'єднані з поверхнею і, не відшаровуватися від неї.

Приймання відремонтованої поверхні завершується підписанням акту здачі-приймання представниками виконавця робіт і замовника. На особливо відповідальних об'єктах до підписання акта можуть також залучатися представники проектної організації і органу державного контролю[66].

## **2.5 Охорона праці та техногенна безпека при виконанні робіт**

При виконанні ремонтних робіт слід керуватися вказівками ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва» та ДБН А.3.2.2-.2009 «Охорона праці та промислова безпека в будівництві».

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років:

- які пройшли спеціальне навчання;
- пройшли медичне обстеження і допущені за станом здоров'я до роботи;
- пройшли вступний інструктаж і первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці;
- мають I кваліфікаційну групу з електробезпеки при роботі з електроприладами.

При роботі в умовах підвищеної небезпеки (на висоті, в діючих цехах і інше). Робітники і інженерно-технічний персонал повинні пройти спеціальний інструктаж і отримати дозвіл на виконання таких робіт. Робочі під час виконання робіт повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Перед допуском до роботи робітник повинен отримати вказівки від майстра (виконроба) або бригадира про порядок виконання робіт і безпечних прийомах їх виконання, надіти спецодяг і захисні засоби, перевірити наявність і справність інструменту і пристосувань.

При роботі з механізованим інструментом, машинами і механізмами необхідно дотримуватися правил їх експлуатації. Матеріали дозволяється зберігати на робочих місцях в кількостях, що не перевищують змінної потреби.

Легкозаймисті та вибухонебезпечні матеріали поставляють на будівельні об'єкти в тарі або упаковці з яскравою попереджуючим написом «Вогнебезпечно» і «Вибухонебезпечно». Розвантажують такі матеріали не ближче 50м від джерел вогню в місці, узгодженому з представниками служби техніки безпеки.

Приміщення для зберігання легкозаймистих матеріалів і прилеглу до них територію постачають засобами гасіння вогню (піском, лопатами, вогнегасниками та ін.). Залишати на будівельному майданчику бочки або тару з-під легкозаймистих матеріалів категорично забороняється. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях.

Всі робітники, зайняті на будівельному майданчику, повинні знати правила пожежної безпеки. Для цього проводиться первинний і повторний інструктаж з пожежної безпеки, а крім того, з усіма робочими в обов'язковому порядку проводяться заняття з пожежно-технічного мінімуму.

По закінченню робіт необхідно відключити від мережі використовуване обладнання, ручний інструмент очистити органічними розчинниками (ксилолом, сольвентом, ацетоном, етилацетат) або спеціальними змивки, пристосування привести в порядок [66].

Усі працюючі перед початком виконання робіт повинні бути ознайомлені з безпечними прийомами виконання робіт, пройти відповідний інструктаж. Приміщення, в яких готують ремонтні суміші, повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією з пристроєм місцевих відсмоктувачів пилу.

До управління установкою для приготування і нанесення ремонтних складів допускається навчений штукатур-оператор, який має посвідчення на право керування даною групою будівельних машин. Оператору необхідно знати: пристрій машини, правила та інструкції з її експлуатації та технічного обслуговування, способи виконання робіт, технічні вимоги до якості ремонтних

робіт, види і властивості ремонтних складів, застосовуваних при виробництві робіт.

Перед початком роботи проводиться огляд установки, при якому перевіряється: відповідність напруги мережі і електродвигуна, відсутність сторонніх предметів на вузлах установки і в засипають в змішувач сухих сумішах, стан болтових з'єднань, величину зазорів між лопатями і корпусом, справність пускового пристрою і заземлення, відсутність пошкодження ізоляції електропроводки.

Під час нанесення складів механізованим способом категорично забороняється згинати або переламувати шланги. При закупорці шланга або форсунки пістолета утворилася пробку усувають продуванням (форсунку попередньо знімають).

При підключенні до електромережі, установку необхідно заземлити окремо. Особи, які обслуговують установку, повинні бути навчені прийомам звільнення потерпілого від електричного струму і правилам надання першої допомоги.

Забороняється:

- працювати при несправному обладнанні;
- допускати до робіт сторонніх;
- від'єднувати повітряні, розчинні і водяні шланги і рукава під тиском;
- проводити розбирання, ремонт, регулювання, змащення і кріплення вузлів і деталей під час роботи установки;
- оператору машини відкривати шафу і самому проводити ремонт обладнання;
- переміщати працюючу установку;
- залишати без нагляду установку, підключену до мережі;
- працювати на установці без заземлення[66].

В процесі виконання ремонтних робіт не повинно наносити шкоди навколишньому середовищу.

Категорично забороняється злив ПММ в ґрунт на території будівельного майданчика або поза нею при роботі будівельних машин і механізмів або їх заправці. У разі витоку паливно-мастильних матеріалів, це місце має бути локалізовано шляхом засипання піском. Потім ґрунт, просочений ПММ, повинен бути зібраний і вилучений в спеціально відведені місця, де проводиться його переробка.

Будівельне сміття видаляється за допомогою жолобів або контейнерів безпосередньо в автотранспорт.

Не допускається поховання непотрібних будівельних матеріалів в ґрунт або спалювання на будівельному майданчику. Всі вони повинні вивозитися в відведені місця для утилізації.

### **3 ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ.**

#### **3.1 Методика формування організаційно-технологічних рішень та заходів і розрахунок їх ефективності**

Організація будівельного виробництва повинна забезпечувати цілеспрямованість всіх організаційних, технічних і технологічних рішень на досягнення кінцевого результату - введення в дію об'єкта з необхідною якістю і в установлені терміни.

Одним з основних документів організаційно-технологічної документації - проект організації будівництва, який, як правило, являє собою окремий розділ проектної документації, що обґрунтовує затверджений варіант розподілу капіталовкладень, загальну тривалість будівництва об'єкта, найбільш ефективні методи виконання будівельно-монтажних робіт, встановлює порядок і строки виконання запланованих обсягів та введення об'єкта в експлуатацію.

Суттєвий вплив організаційних і технологічних факторів на ефективність прийняття управлінських рішень можна розглядати на основі взаємопов'язаних елементів системи організації і технології будівництва.

Під організаційно-технічними рішеннями розуміють конкретний опис технічних основ і технологічних схеми реалізації процесів будівельного виробництва і використання при цьому технічних, економічних, нормативно-правових і інших заходів організаційного характеру.

Вибір ОТР багатоваріантних завдань вимагає використання спеціальних методів і підходів.

Термін «організаційно-технологічні рішення» часто використовують по відношенню до процесу організації будівельного виробництва. Розробка правильних організаційно-технологічних заходів є однією з ключових складових в процесі якісної реалізації будівельного об'єкту. Якщо ми не



дотримуватимемося правил застосування тих або інших будівельних норм, або застосовуватимемо нераціональні рішення - це неминуче впливатиме на майбутні будівельно-монтажні роботи. Важливе те, що вплив помилкових організаційно-технологічних рішень на цій стадії позначатиметься в течії усього терміну будівництва і на виправлення цих рішень може знадобитися багато сил, грошей і часу. Обґрунтування організаційно-технологічних рішень проводиться, в основному, з використанням методів сітьового планування і управління у поєднанні з алгоритмами: спрямованого перебору варіантів за заданими критеріями, а також методів лінійного програмування (симплекс-методу, угорського методу, методу «північно-західного кута» і так далі) Проте аналіз зміни організаційно-технологічних рішень неможливий без критерію оцінки їх ефективності. Цей критерій в загальній формі відображає їх результативність, дієвість і економічність[68, 72-76].

При розробці плану ОТР необхідно чітко визначити основний його напрямок. ОТР різноманітні та численні, але їх можна згрупувати за напрямками та характером заходів. Напрямки плану ОТР характеризують основні шляхи вдосконалення будівельного виробництва.

Напрямки плану ОТР непотрібно змішувати з формами проявлення ефективності.

Технологічний розділ включає монтажні роботи які мають значний об'єм, та значну тривалість виконання, високу трудомісткість, а також пов'язані з вибором методів та використанням будівельних машин та механізмів, що обходяться замовнику не дешево.

Такі обставини потребують осмислити всі процеси, що входять до їх складу , зробити аналіз та виявити можливість адекватної заміни на більш прогресивні методи їх виконання. Включення прогресивних технологій принесе економію затрат праці. Для цього виконуються порівняння норм часу на одиницю вимірювання робіт на основі ЄНіР, та рекомендованого методу. Різниця повинна дати позитивний результат.

Таким чином, в результаті організаційно-технічних заходів, які пропонуються, маємо сумарну економію трудових затрат.

Для більш об'ємного обґрунтування економічного ефекту складних проектів або виробничих програм (маються на увазі комплексні проекти) проводиться комплексна методика, для чого слід використовувати економіко-математичні методи і моделі, які сприяють вибору оптимальних об'ємів організаційно-технологічних заходів (ОТЗ) та рівня економії затрат праці і вартості.

Розрахунок організаційно-технічних заходів (ОТЗ) по скороченню затрат праці, зростання продуктивності праці планується в відсотках до фактично досягнутого рівня їх за минулий період. Тому і розрахунок ефективності заходів по скороченню (зменшенню, економії) затрат праці проводиться також в порівнянні з фактичним рівнем цих витрат за минулий період (час, термін).

Ефективність кожного організаційно-технічного заходу необхідно визначати спочатку на одиницю того виду, комплексу робіт або конструктивного елемента об'єкта (споруди), при виконанні якого даний захід планується використати.

Позначимо трудомісткість одиниці даного виду, комплексу робіт або конструктивного елемента об'єкта при виконанні раніше пропонованими методами (до використання проектом даного заходу)  $Q_{пр}$ , а при використанні планового (запропонованого) заходу -  $Q_{пл}$ .

Тоді зменшення трудомісткості одиниці робіт (конструктивного елемента) будівлі, яке досягається в результаті застосування даного заходу,  $E_1$  складає:

$$E_1 = Q_{пл} \quad (3.1)$$

Загальне зменшення витрат праці в результаті здійснення даного заходу в плановому періоді  $E_{пл}$  дорівнює добутку цієї величини на плановий об'єм планового заходу, тобто на фізичний об'єм робіт відповідного виду, при

виконанні якого планується використати даний захід. Позначимо цей об'єм робіт через  $V_{пл}$ , одержимо:

$$E_{пл} = E_1 \times V_{пл} , \quad \text{або} \quad E_{пл} = (Q_{пр} - Q_{пл}) V_{пл} \quad (3.2)$$

Якщо загальний об'єм робіт, що необхідно виконати в плановому році БМО (в млн. грн.), позначимо як  $O_{пл}$  та визначимо економію витрат праці в результаті використання даного заходу в розрахунку на 1 млн. грн. загального об'єму будівельно-монтажній організації, то

$$\frac{E_{пл}}{O_{пл}} = (Q_{пр} - Q_{пл}) \frac{V_{пл}}{O_{пл}} \quad (3.3)$$

Організаційно-технічні заходи, які плануються для реалізації на наступний рік могли в тому чи іншому об'ємі використовуватись в минулому році і забезпечували відповідну економію витрат праці.

Економія затрат праці, розрахована в плані організаційно-технічного заходу, використовується для розрахунку показника зростання продуктивності праці, який можливо визначити на основі як абсолютного, так і відносного показника економії витрат праці. За результатами організаційно-технічних заходів розраховують можливе зростання продуктивності праці робітників на основі таких міркувань. Продуктивність праці  $B$  (виробіток) вимірюється числом одиниць продукції, створюваної робітником в одиницю часу. Ця кількість дорівнює частці від ділення одиниці часу на кількість часу, що потребується для вироблення одиниці продукції, тобто на трудомісткість одиниці продукції  $Q$ , виражену в долях одиниці часу:

$$B = \frac{1}{Q} \quad (3.4)$$

Суть організаційно-технічних заходів полягає в тому, що на основі заміни технології виконання складових процесів в сумі дають економію затрат праці  $\Delta Q$ , яку можливо оцінити через її продуктивність -  $\Delta B$  [67, 74-76].

### **3.2 Техніко-економічна оцінка запропонованих методів**

Розглянемо розрахунок ефективності від втілення організаційно-технічних заходів для конкретної цегляної будівлі. Ділянка капітального ремонту розташована в місті Чернігів будівля адміністрації Чернігівської області.

Рельєф ділянки реконструкції спокійний з абсолютними відмітками від 129.500 до 130.200. Ділянка ремонту має усе необхідне для будівництва, а саме:

- розташування в центрі міста;
- під'їзд - автодорогу з асфальтобетонним покриттям.

Техніко-економічні показники генплану :

1. Площа ділянки, де розташовані об'єкти, що реконструюються, - 3017 м<sup>2</sup>
2. Щільність забудови території - 1142 м<sup>2</sup>
3. Площа озеленення - 664 м<sup>2</sup>
4. Площа доріг і майданчиків з твердим покриттям - 1211 м<sup>2</sup>
5. Коефіцієнт забудови - 0,38
6. Коефіцієнт озеленення - 0,22

Конструктивне рішення. Стан конструктивних елементів на момент обстеження (квітень-травень 2019).

Фундаменти. Був викопаний шурф з метою визначення типу, матеріалу і глибини заставляння фундаменту. Фундамент будівлі - стрічкові бутової кладки. Ширина подошви фундаменту - 1,2 м. Глибина заставляння фундаменту - 2 м. Міцність бутового каменю визначена за допомогою приладу вимірника міцності бетону ИПС-МГ4 (метод ударного імпульсу). Стан фундаменту задовільний і не вимагає проведення ремонтних - відновних робіт. Дефектів

тих, що зменшують здатність, що несе, не виявлено. Фізичний знос фундаменту-15%.

Цоколь і вимощення. Вимощення дворового фасаду будівлі виконана з асфальтового покриття. Спостерігаються контрухили, вибоїни, тріщини, неякісно проведені ремонтні роботи. Стан вимощення незадовільний і вимагає проведення ремонтних робіт. Фізичний знос вимощення - більше 40 %.

Цоколь будівлі виступає, заввишки 60 (см) від вимощення будівлі, фанерований керамічною плиткою на цементно-піщаному розчині. Стан конструкції цоколя (облицювання) задовільний. Фізичний знос - 10 %.

Стіни. Зовнішні будівлі, несучі стіни, виконані з цеглини двох типів: глиняного звичайного розмірами 260x120x65 (мм) і повнотілого силікатних цеглини розмірами 250x120x65 (мм) на складному розчині.

Внутрішні цегляні опори підпокрівельного простору і окремі ділянки стін будівлі по вулиці виконані з силікатної цеглини розмірами 250x120x88 (мм). Зовнішні стіни будівлі обштукатурені і забарвлені. В результаті тривалих протікань покрівлі і несправностей в системі організованого водостоку, відбувалося намокання стін будівлі, особливо карнизної і цокольної частини. Відзначається відпадання окремих масивів штукатурного шару, втрата фарбувального шару. Цегляна кладка в місцях відсутності штукатурки намокає і розморожується. Також відзначається наявність волосяних тріщин хаотичного характеру штукатурного шару стін будівлі. Стан штукатурного і фарбувального шару незадовільний і вимагає проведення ремонтно-реставраційних робіт. Фізичний знос штукатурного і фарбувального шару - 40 %. Стан цегляної кладки карнизів також незадовільне і вимагає проведення робіт по лагодженню цегляної кладки стін будівлі. Фізичний знос цегляних стін - до 30 %.

Цегляні перемички віконних отворів виконані із звичайної глиняної цеглини розмірами 260x120x65 (мм). В результаті постійних протікань покрівлі і ушкодження штукатурного шару дворового фасаду будівлі, спостерігається руйнування і деструкція цеглини перемичок і простінків, випадання розчину зі

швів кладки. Стан цегляних перемичок незадовільний. Фізичний знос цегляних перемичок - більше 40 %.

Дах, покрівля, водостік. Дах над будівлею двоскатний, система крокв наслонная, горищного типу, виконана із зроблених з колод крокв, сполучених по довжині косим прирубом. Крок стропил різний і складає від 2,2 до 1,5 (м). Роботи по просоченню дерев'яних елементів кроквяної системи антисептиками і антипиренами не проводилися. Теплоізоляційний матеріал перекриття : шлак і пароізоляція зробилися непридатними.

Обрешетування даху виконане з дошки обріза перерізом 250 (200) x25 (20) мм. Покрівля будівлі виконана з листів оцинкованого заліза завтовшки 0,55 (мм), розмір листів покрівлі складає 1200x2450 (мм). Обрешетування виконане без облаштування розподільних дощок, що при цьому кроці крокв неприпустимо.

Листи покрівлі піддалися значній корозії. Листи покрівельного заліза свесов даху замінені в 2005 році будівельною фірмою ТСУ-15.

Система водовідведення даху організована і здійснюється за допомогою настінних жолобів і водостічних труб.

Підпокрівельний простір сильно засмічений будівельним сміттям, що залишилося після проведення ремонтно-відновних робіт покрівлі.

Вентиляція і природне освітлення підпокрівельного простору здійснюється за допомогою трьох прямокутних слухових вікон розмірами 1300x860 (мм) і одного прямокутного вікна в цегляному фронтоні будівлі. Частина вікон не функціонує (закриті металевими листами). Стан деревини віконних заповнень незадовільний. Фізичний знос елементів, що несуть, і обрешетування - 40 %. Фізичний знос покрівлі - 35 %.

Віконні заповнення виконані двох типів: дерев'яні і пластикові. Віконні заповнення, виконані з хвойних порід дерева, мають подвійне скління і роздільні палітурки, забарвлені масляною фарбою. Палітурки віконних заповнень розсохлися, покоровилися, прилади частково пошкоджені.

Стан віконних дерев'яних заповнень визнаний незадовільним і вимагає проведення ремонтно-відновних робіт. Фізичний знос віконних заповнень - більше 40 %

Інженерне забезпечення. Будівля обладнана усіма видами інженерного забезпечення.

Опалювання здійснюється через центральні мережі. У будівлю передбачена витяжна вентиляція з природним імпульсом.

Гаряче водопостачання центральне.

Зовнішні мережі водопостачання живлять від центральної мережі.

Протипожежне водопостачання передбачається від господарсько-питного джерела. Витрата води на зовнішню пожежогасінню складає 10 л/сек.

Будівля обладнана центральною каналізаційною мережею.

Електропостачання здійснюється по кабельних лініях.

Внутрішнє освітлення в приміщеннях передбачено люмінесцентними лампами і лампами розжарювання.

Будівля обладналася первинними засобами пожежогасіння вогнегасниками ручними вуглекислими і системами пожежної сигналізації і сповіщення про пожежу.

На основі проведених досліджень було прийнято рішення провести відведення цегляної кладки двома методами вуглецевими стрічками і методом ін'єктування.

Вони пов'язані з розрахунками та техніко-економічним порівнянням різних варіантів вибору посилення цегляної кладки та виконання відповідних операцій .

На основі аналізу процесів та технологічних, технічних можливостей по виконанню операцій по зміцненню цегляної кладки вуглецевими композитними матеріалами запропоновано сім операцій згідно з ЄНіР. Всі розрахунки наведені в таблиці 3.1.

В наступній таблиці наведені дані, про технічні можливості по виконанню операцій посилення цегляної кладки методом ін'єкціонування. Було запропоновано вісім операцій згідно з ЄНіР. Данні наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Калькуляція трудових витрат при посиленні цегляної кладки вуглецевими стрічками

№ п/п	Найменування робіт	§ ЄНіР	Од. вим	Норма часу		Об'єм робіт	Трудомісткість		Склад ланки	
				люд-год	маш-год		люд-год	маш-год		
1	Очищення та обеспилування поверхонь стін	Е8-1-18 таб. 4,п7	100м2	0,31		1	3,1		маляр	2р
2	Заповнення тріщин та раковин	Е8-1-18 п.6	100м2	0,32		1	3,2		маляр	2р
3	Грунтовка поверхонь стін адгезивними составами	Е8-1-18 п. 9	100м2	4,2		1	42		маляр	2р
4	Усунення нерівності поверхонь елемента, що підсилюється ремонтним розчин типу полімерцементн.	Е8-1-5, таб.1,п.5	1м2	0,28		100	280		штукату р	3р
5	Нанесення клеєного складу на поверхні, що підлягають ремонту	Е8-1-28,таб3 п.9	100м2	4,3		1	43		маляр	3р
6	Наклеювання вуглеводних стрічок	Е8-1-31, п.1	100м2	15,5		1	155		маляр	3р-1л. 4р-1л.
7	Промазка клеєвим складом встановлених вуглеводних стрічок	Е8-1-28,таб3 п.14	100м2	5,5		1	55		маляр	3р
<b>Разом</b>							<b>581,3</b>			



Таблиця 3.2 - Калькуляція трудових витрат при посиленні цегляної кладки методом ін'єктування.

№ п/п	Найменування робіт	§ СНіР	Од. вим	Норма часу		Об'єм робіт	Трудоємність		Склад ланки	
				люд-год	маш-год		чол-год	маш-год		
1	Відбиття штукатурки або нерівностей поверхонь стін	E20-1-181 №1а	1м2	0,22		1	53		Штукатур	2р
2	Буріння шпурів в стінах в шаховому порядку на відстані 33см пневмоперфорат. (9отворів0,17м=1,53м з продуванням після буріння	Прим. E2-3-7 №2г	100м	11	60 (загальна частина, таб. 1	0,0153	22	0,92	бурильник	4р
3	Промивка шпурів водою	прим E14, дод таб.3 №1	1 цикл	0,05	0,05	9	0,5	0,45	бурильник	4р
4	Монтаж пакерів	прим E14-6, т.2 №1а	1м	0,12	0,12	1,53	4,2	0,18	Машиніст пом. машин (бурильної установки)	5р-1 4р-1
5	Встановлювання зворотних клапанів	прим §E10-9 а	1шт	0,34	0	9	3,06	0	слюсарь слюсарь	4р-1 3р-1
6	Закачування ін'єкційного розчину	прим E14-6, т.1 №1а	1м	1,16	1,16	1,53	1,77	1,77	Машиніст пом. машин	5р-1 4р-1
7	Демонтаж ін'єкційного обладнання	прим E14-16, т.3 №4а	1 комплект	0,55	0	1	0,55	0	Машиніст пом. машин	5р-1 4р-1
8	Закладання шпурів ремонтним матеріалом	прим E20-1-186	1 отвір	0,15		9	6,48		Штукатур	4р
<b>Разом</b>							<b>96,06</b>	<b>3,32</b>		

ОТЗ забезпечили економію затрат праці у відсотковому відношенні

$$\Delta Q = (96,06 : 581,3) \times 100 \approx 16,53\%$$

Розрахована економія затрат праці забезпечить зростання продуктивності праці

$$\Delta B = (100 - \Delta Q) : (100 - \Delta Q) = (100 \cdot 16,53) : (100 - 16,53) = 19,8 \%$$

Таким чином, організаційно-технічні заходи, що рекомендовані, забезпечують не тільки економію (зменшення) витрат праці, але і зростання виробітку ( $\Delta B$ ).

Тому для виконання підсилення цегляних стін адміністративної будівлі в м. Чернігів приймаємо метод ін'єктування.

Такі заходи посилення кладки дозволяють зменшити прогини, підвищити нижню межу тріщини утворенням і розтяжність перетинів, проте трудомісткість і матеріаломісткість виробництва при це сильно зростають.

Посилюючи кам'яні конструкції і усуваючи такі дефекти кладки як тріщини, ми вирішуємо відразу кілька взаємопов'язаних завдань:

- підвищуємо несучу здатність кладки будівель;
- подовжуємо термін служби будівель за рахунок забезпечення монолітності кладки і стикових з'єднань;
- зберігаємо справжність якісного матеріалу кладки натомість вимушеного використання при зведенні заново сучасної цегли.

## ВИСНОВКИ

Будівельно-конструктивні рішення будівель історичної забудови, як правило, не відповідають за багатьма параметрами рекомендаціям і вимогам норм будівництва, зокрема по міцності нормального зчепленню кладки і міцності розчинного каменю.

Більша частина будівель мають ознаки, які побічно свідчать про часткове (фрагментарне) вичерпання працездатності. Відповідно до сучасної класифікації технічний стан цегляних будівель можна умовно розділити на обмежено-працездатне (близько 71%) і аварійне (~ 29%). Тому багатьом цегляним будинкам потрібна реконструкція і реставрація та аналіз технологічних прийомів щодо їх зміцнення.

Проведено аналіз стану і найбільш характерних дефектів та пошкодження цегляних кладок старовинних будівель, розглянуто і вивчено різні методи посилення цегляної кладки, а також досліджено технологічні властивості зміцнювальних складів. Головний акцент був зроблений на технології посилення цегляної кладки композитними матеріалами і методом ін'єкціонування. За показниками міцності і з точки зору збереження архітектурної виразності, на відміну від посилення обоймами і хомутами, ці методи є більш ефективними.

Дослідження системи посилення композитними матеріалами дозволяє виділити такі переваги:

- високий показник міцності на розрив армуючих компонентів;
- корозійна стійкість;
- легкість монтажу;
- малу вагу матеріалу і як наслідок мінімальні навантаження на відновлювані конструкції;

– універсальність застосування до будь-яких форм і як наслідок збереження архітектурної вигляду конструкцій

При посиленні композитними матеріалами існує ряд недоліків:

– висока вартість матеріалу;

– низький показник вогнестійкості епоксидних клеїв (починаючи від 50 °

С).

Ін'єктування – це новітній метод, який застосовується в будівництві. За допомогою нього з'явилася можливість швидко відновити бетонні, цегляні та кам'яні будівлі. За допомогою ін'єктування можна легко прибрати тріщину, яка з'явилася в стіні. Заповнюється вона ін'єкційними смолами або мікроцементами. Дана суміш вводиться в тріщину під тиском. Сучасна технологія дозволяє усунути дефекти і не проводити капітальний ремонт всього приміщення. А значить зберегти свій час і гроші .

Вибір оптимального рішення при ремонті цегляної кладки носить комплексний характер і є складним інженерним завданням. У кожному даному випадку потрібні компетентність і кваліфікація відповідальних осіб. Тому потрібна розробка рекомендацій щодо оцінки надійності прийнятих методів посилення в різних випадках, доступних проектувальникам і кінцевим споживачам.

Згідно техніко-економічного обґрунтування організаційно-технічні заходи забезпечили економію затрат праці у відсотковому відношенні:

$$\Delta Q = (96,06 : 581,3) \cdot 100 \approx 16,53 \%$$

Розрахована економія затрат праці забезпечить зростання продуктивності праці:

$$\Delta B = (100 \cdot \Delta Q) : (100 - \Delta Q) = (100 \cdot 16,53) : (100 - 16,53) = 19,8 \%$$

Таким чином, організаційно-технічні заходи, що рекомендовані, забезпечують як економію (зменшення) витрат праці, так і зростання виробітку ( $\Delta B$ ).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Крогиус М.Э. Типология разрушений памятников культуры. Санкт Петербург: СПбКО, 2014. 153 с.
2. Серов А., Орлович Р., Морозов И. Мониторинг трещин в каменных зданиях: современные методы. *Архитектура, дизайн и строительство*, Санкт-Петербург. 2009. №1[41]. С.62-63
3. Добромыслов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений: справ. пособи. Москва: Ассосиации строительных вузов, 2006. 256с.
4. Гроздов В.Т. К вопросу образования трещин от сезонного перепада температуры в наружных кирпичных стенах *Известия вузов: Строительство*. 1994. №9-10. С. 104-105.
5. Гроздов В.Т. О некоторых ошибках проектирования железобетонных и каменных конструкций и технического обследования зданий и сооружений. Санкт Петербург: 2006. 48 с.
6. Гроздов В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. Санкт Петербург: 2005. 136 с.
7. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей. Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. 316 с.
8. Ройтман А.Г. Предупреждение аварий жилых зданий Москва: Стройиздат, 1990. 240с.
9. Шишкин А.А. Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций. Вып. 2. Москва: Стройиздат, 1964. 293 с.
10. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. Москва: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. 1988. 57с.

11. Лазовский Д.Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений: учеб.-метод. комплекс: в 3 ч. Ч. 2.: Оценка состояния и усиление строительных конструкций. Новополоцк: ПГУ, 2010. 340 с.
12. Леденев, В.В., Скрылев И.В. Предупреждение аварий: учеб.пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. 278 с.
13. Сендеров, Б.В. Аварии жилых зданий. Москва: Стройиздат, 1991. 216 с.
14. Кучеренко В.А. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений. Москва: Стройиздат, 1984. 36 с.
15. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. Москва, 2006. 123с.
16. Шилин А.А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами Москва, 2004. 165с.
17. Орлович Р., Мантегацца Д., Найчук А., Деркач В. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций. *Архитектура, дизайн и строительство*, Санкт -Петербург. 2010. №1[44]. С. 86-87.
18. Клименко Є.В., Білоус І.О. Експериментальні дослідження роботи цегляної кладки на зріз, по не перев'язаному шву. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса. 2010. С.171-180.
19. ДБН В.2.3:98-2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2012–06–01]. Київ. 2011. 71 с. (Національні стандарти України).
20. ДБН В.3.1:1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. [Чинний від 2003–07–01]. Київ. 2003.84 с. (Національні стандарти України).
21. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий Москва: ЦНИИПромзданий. 1997. 141 с.
22. Рекомендации по восстановлению и усилению крупнопанельных зданий полимеррастворами. Тбилиси. 1989. 142с.

23. Воронина В.П. Прочность и деформативность кирпичной кладки и стыков крупнопанельных зданий, инъецированных цементными растворами. дис...к.т.н: 05.23.08/ Москва, 1986. 186 с.

24. Ханов Н.М. Прочность и деформативность кирпичной кладки при местномсжатии с учетом ее инъецирования модифицированными полимерными композициями. дис...д.т.н: 05.23.08/ Москва, 1993. 152 с.

25. ДБН В.2.6:162-2010. Кам'яні і армокам'яні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2011-09-01]. Київ. 2011. 107 с. (Національні стандарти України).

26. Временные указания по восстановлению несущей способности кирпичной кладки методом цементации. Ташкент.: ТашЗНИИЭП, 1966. 74 с.

27. Поляков С.В., Фалевич Б.Н. Каменные конструкции. Москва: Госстройиздат, 1966. 125с.

28. Рекомендации по применению новых типов защитно-конструкционных полимеррастворов для реставрации и консервации памятников и исторических зданий из камня и бетона. Ч. 2.. Москва: Стройиздат, 1987.106 с.

29. Заявка 49-4529 Япония, МКИ С04В 13/22. Способы получения состава для увеличения прочности портландцемента / КасимоКэнсэцу К.К. (Япония). № 4553834; Заявл. 20.06.1970; Опубл. 01.11.1974., № 2-114.

30. Зидрофобизирующие составы ГКЖ-10, ГКЖ-11. МРТУ 6-02271-63.- Москва. 1964. 12 с.

31. Елшин И.М. Синтетические смолы в строительстве. Киев.: Будивельник, 1969. 58с.

32. Круглицкий Н.Н., Тихонов В.Г., Вагнер Г.Р. Влияние добавок цеолитовых пород на свойства цемента. *Строительные материалы и конструкции*.- Тбилиси, 1984. № 3. С. 21-22.

33. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полещук А.И. Усиление железобетонных и каменных конструкций зданий и сооружений. Томск, 1988. 92 с.

34. Махатадзе Л.Н. Комплексный метод исследования сейсмостойкости каменных зданий. Тбилиси.: Мецниереба, 1983. 145с.
35. Степанян В.А. Нормальное сцепление раствора с камнем, Ереван. 1950. 138 с.
36. Басин В.Е. Адгезионная прочность. Москва: Химия, 1981. 208 с.
37. Восстановление и усиление зданий и сооружений полимер растворами. Тбилиси, 1987.135 с.
38. Грановский И.Г., Овчинникова А.И. с. 550814 СССР, МКИ С04В 7/32. Вяжущее, включающее цемент и цеолит / (СССР). Оpubл. 25.06.1978, Бюл. № 23. 4 с.
39. Пальчинский В.Г., Левченко Е.А., Шлойдо Л.И., Пальчинский С.В. Композиция для укрепления каменной кладки / Пат. 2149854 RU С 04 В 28/24.(RU). Оpubл. 27.05.2000. 8с.
40. Болт Б.А. Землетрясения. Москва: Мир, 1981. 256 с.
41. Ройтман А.Г. Деформации и повреждения зданий.. Москва: Стройиздат, 1987. 211 с.
42. Руководство по проектированию каменных и армокаменных конструкций. Москва: Стройиздат, 1974. С. 57-60.
43. Рушинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Москва: Наука, 1979. 192 с.
44. Рыжков И.В., Толстой В.С. Физико-химические формирования свойств смесей с жидким стеклом. Харьков.: Вища школа, 1975,140 с.
45. Гальперина Т.Я., Иванова Р. П., Вертопрахова Л. А. Природные цеолитсодержащие туфы Сибири и Дальнего Востока. *Цемент*, 1990. №2.С.22-25.
46. Белов В.В., Деркач Н.И. Экспертиза и усиление каменных конструкций. *Magazine of civil engineering*, 2010. №7. С.14-20.
47. Дудышкина Л.А. Современные способы ремонта и усиления конструкций. Москва: ЦМИПКС, 1988. 88 с.



48. Лузгин Р.Ю. Изучение влияния жидко стекольной композиции на прочность растворного камня. *Вестник ИркутскогоГТУ*. 2005. № 3 (23). С. 156-157.
49. Лузгин Р.Ю. Результаты практической проверки технологий объёмного инъекционного усиления старинных каменных кладок жидко стекольными композициями. *Вестник ИркутскогоГТУ*. 2007. № 1 (29).С. 44.
50. Арсан Совершенствование технологии усиления грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений: Дис. канд. техн. наук: 05.23.08.-Харьков., 1992. 185с.
51. Clifton James R. Stone consolidating materiale.-Washington.:US. Dep.,1980.46 p.
52. Curtin William G. Design of reinforced and prestressed masonry.- London.: Telford, 1988.244 p.
53. Хэлворсон М. Эффективная работа: OfficeXP, М. Янг.-СПб.: Питер, 2003. 1072 с.
54. Зворыкин Б.Н. Растворы для инъекции каменной кладки. *Теория и практика реставрационных работ*.- Москва: Стройиздат, 1972.- Вып. 3, С. 25.
55. Инструкция по инъецированию кладки массивных опор железнодорожных мостов. Москва: Трансжелдориздат, 1948.39 с.
56. Абдужабаров Х.С. Разработка и исследование фурано-эпоксидных смол и полимербетонов, предназначенных для гидромелиоративного строительства: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Москва, 1979.
57. Справочник по теории вероятности и математической статистике.- Москва: Наука, 1985. 640 с.
58. Петухов А.А., Химико-технологические особенности использования природных и техногенных алюмосиликатных продуктов в качестве активизаторов твердения цемента: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Ленинград,1983.20 с.
59. Поляков С.В. Сцепление в кирпичной кладке. Москва: Госстройиздат,1959. 84 с.

60. Временные технические указания по инъецированию памятников архитектуры.- Москва: ВПНРК, 1974. 22 с.

61. Временные указания по восстановлению несущей способности кирпичной кладки методом цементации. Ташкент: ТашЗНИИЭП, 1966. 74 с.

62. Инструкция по технологи изготовления изделий и конструктивных элементов из бетона и композиций на основе жидкого стекла с добавкой полимеров. Черкассы.: НИИТЭХИМ, 1982. 65с.

63. Исследование и разработка предложений по возможности использования цеолитовых пород в технологи производства цемента: Отчёт о НИР / Сиб-НИИпроектцемент; Руководитель работ Р.П. Иванова № ГР 01830023346; Инв. № 02850032886.-Красноярск, 1984. 158 с.

64. Голованов А.М. Исследование однорастворного способа силикатизации лёссовых грунтов и возможности повышения его эффективности: Дис. канд. техн. наук.- Ростов-на-Дону, 1970. 234 с.

65. Лузгин Р.Ю. Сохранение каменных кладок старинных построек. *Вестник Иркутского ГТУ*. 2005. № 1 (21). С. 170-171.

66. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ. 2016. 52 с. (Національні стандарти України).

67. Павлов І.Д., Терех М.Д., Данкевич Н.О. Методичні вказівки і рекомендації з визначення економічного ефекту в організаційно-технологічній частині для студентів ЗДІА напряму 0921 «Будівництво» денної і заочної форм навчання. Запоріжжя 2010. 49с.

68. Каржинерова Т.И., Копейко А.Е. Исследование кирпичной кладки с трещинами, восстановленной инъецированием. *Науковий вісник будівництва*. Вип.28. Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ, 2004. С.139-143

69. Наукові основи розвитку будівельної галузі України: монографія / за ред. проф. І.А. Арутюнян., Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 460с.

70. Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для вnz / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.

71. Черненко В.К, Осипов О.Ф., Тонкачєєв Г.М. Технологія монтажу будівельних конструкцій: Навчальний посібник., Київ 2010 372 с.
72. Технологія монтажу будівельних конструкцій: Навчальний посібник/ за ред. В.К. Черненка. Київ: 2010 372 с.
73. Современные технологии в строительстве: учебник для студ. высш.учеб.заведен./под ред. А.И. Мєнейлюка.-К.:Освіта України, 2010.549 с.
74. Павлов І.Д., Радкевич А.В. Оптимальні моделі організації будівельного виробництва.: для студ. ЗДІА: навч. посібник.; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 170 с.
75. Павлов І.Д., Терех М.Д., Полтавець М.О. Оптимізація управлінських рішень в будівництві: навч.-метод. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 73 с.
76. Гроздов В.Т. К вопросу образования трещин от сезонного перепада температуры в наружных кирпичных стенах *Известия вузов: Строительство*.1994. №9-10. С. 104-105.
77. Гроздов В.Т. О некоторых ошибках проектирования железобетонных и каменных конструкций и технического обследования зданий и сооружений. Санкт Петербург. 2006. 48 с.