**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**кафедра технології та організації будівництва**



**Методичні рекомендації до навчально-аудиторної роботи**

**з вивчення курсу**

**«АДАПТИВНА АРХІТЕКТУРА ПРИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД»**

**(проект Грантової Угоди № 101084975 — Revitalization — ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH в рамках програми ЄС Еразмус+**

**«ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ АДАПТИВНОЇ АРХІТЕКТУРИ У РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПОКИНУТИХ ПАМ’ЯТОК АРХІТЕКТУРИ СПІЛЬНОЇ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ СПАДЩИНИ»)**

**Розділ 5**

**«Підсилення конструкцій будівель та споруд при ревіталізації архітектурних пам’яток»**

**ЛЬВІВ 2023**

Укладач кандидат технічних наук, доцент Мазурак А.В .

Відповідальний за випуск: кандидат архітектури Степанюк А.В.*.*

Рецензенти: Фамуляк Ю.Є, кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедри технології та організації будівництва ЛНУП, Лучко Й.Й. доктор технічних наук, професор кафедри будівельних конструкцій ЛНУП

*За редакцією автора*

© Львівський національний університет природокористування, 2023 р.

**З М І С Т**

|  |  |
| --- | --- |
| Вступ…………………………………………………………………….  1.Оцінка стану, передумови підсилення конструкцій……………………  2. Підсилення цегляного муру…………………………………………….  Контрольні питання………………………………………………………..  Список використаних джерел…………………… | 3  4  9  13  14 |

**Вступ**

Будівлі і споруди відіграють важливу роль в житті суспільства і суттєво впливають на образ життя людей. Кількість і якість зведених будівель і споруд є об’єктивним показником розвитку економіки держави, її науки, культури і виробництва, а також добробуту народу.

Життя і побут людей в значній мірі зумовлюється наявністю необхідних будівель і споруд, їх відповідністю своєму призначенню, технічним станом, а також збереженням і забезпеченням експлуатаційної придатності [10].

Розробка проєктів планування та забудови історичних населених місць обумовлює проведення спеціальних історико-містобудівних досліджень з розробкою основних схем історичного розвитку міста; оцінкою історикокультурної спадщини; виявленням видових точок розкриття пам’яток архітектури, культури, цінної забудови.

Значне місце серед об’єктів культурної спадщини займають об’єкти архітектури – окремі будівлі, архітектурні споруди, що повністю або частково збереглися в автентичному стані й характеризуються відзнаками певної культури, епохи, певних стилів, традицій, будівельних технологій або є творами відомих авторів [8; 9].

Вагомим фактором розвитку населених пунктів є будівництво нових, реконструкція, модернізація та покращення рівня зовнішнього простору. Задача реконструкції – відтворення початкового вигляду будівлі та покращення її функціонального призначення. Реконструкція – перебудова будівлі чи соруди з метою поліпшення умов експлуатації, зміни геометричних розмірів, функціонального призначення, заміни окремих конструкцій, їх елементів, основних техніко-економічних показників.

Сьогодні існує кілька визначень, що характеризують перебудову: модернізація, капітальний ремонт, реновація чи ревіталізація. У деяких випадках ці визначення тотожні, але є певні розбіжності.

Реновація об’єктів історичної забудови – відновлення зовнішнього вигляду морально й фізично застарілих будівель та споруд (за винятком пам’яток та щойно виявлених об’єктів культурної спадщини) з модернізацією внутрішнього планування відповідно до сучасних вимог та з застосуванням сучасних технологій та матеріалів [8].

Ревіталізація в урбаністиці – процес відтворення, пожвавлення й відновлення міського простору шляхом забезпечення людей якісним і сприятливим середовищем проживання, надання можливостей творчого та професійного зростання, активної соціалізації та культурного розвитку.

Основна мета ревіталізації полягає в розкритті нових можливостей старих форм, відповідно до їхніх сучасних функцій.

**1.Оцінка стану, передумови підсилення конструкцій**

Необхідність підсилення будівельних конструкцій в процесі експлуатації виникає не тільки при реконструкції, але і по причині їх передчасного зносу в результаті непередбачених проектом змін технології виробництва, різноманітних пошкоджень рис-1. Різноманітне поєднання причин необхідності підсилення, а також тип і стан будівельних конструкцій обумовлює використання різних способів підсилення. Тому важливою задачею у цьому плані є вибір ефективного способу підсилення. Методи підсилення конструкцій предметно описані в літературних джерелах і успішно застосовуються в будівництві. [1; 2; 8; 11].

Підсилення конструкцій досягається двома основними способами: 1-збільшенням поперечних перерізів конструкцій; 2-влаштуванням розвантажуючих елементів. Тобто підсилення без зміни їх напруженого стану чи конструктивної схеми (залізобетонні чи металеві обойми, залізобетонні сорочки, нарощування), так із зміною напруженого стану чи конструктивної схеми (попередньо-напружені розпірки, металеві балки, консолі, стійки, підкоси, горизонтальні шпренгельні і комбіновані затяжки).

Так для прикладу підсилення залізобетонних конструкцій при використанні розвантажуючих елементів проводять штивними або неподатливими гнучкими елементами, що мають пружну податливість. Проте цей метод має низку недоліків: зусилля супроводжуються зміною напружено-деформованого стану перерізу, в результаті чого раніше стиснутий бетон може зазнати розтягу, а розтягнутої арматури може бути недостатньо або вона відсутня [1; 4; 5; 6].

Використання штивних розвантажуючих елементів у вигляді металевих чи залізобетонних стійок, підкосів, портальних рам, призведе до підвищення ступеня зовнішньої статичної невизначеності. Підсилення такими елементами є ефективне при створені невеликого попереднього напруження, з метою усунення зазорів між підсилюваною і розвантажуючою конструкцією.

Використання жорстких металевих чи залізобетонних балок, які дають змогу змінити місце передачі навантаження, вимагає усунення зазору розклинюванням, між підсилюваним і підсилюючим елементами по довжині точок контакту.

Гнучкі розвантажуючі елементи балки, шпренгелі, обойми, зв’язки, підвіски, опорні столики із арматури і прокатних профілів влаштовуються переважно попередньо-напруженими. В напружений стан приводяться при допомозі стяжних пристроїв, натяжних муфт, розклинюванням, нагріванням з контролем зусиль. [1; 3]

Процесу прийняття ефективних рішень підсилення конструкцій передує оцінка технічного стану з врахуванням дефектів та пошкоджень табл. 1[1; 3; 6; 7]. Неякісна оцінка дійсного технічного стану несучих конструкцій та споруд і невчасне прийняття заходів із ліквідації пошкоджень може призвести до аварійних ситуацій та небезпечних руйнувань конструкцій, в тому числі і підсиленних [10]

Технічна експертиза будівель (споруд) проводиться з метою виявлення фактичного технічного стану будівельних конструкцій, визначення дійсної несучої здатності конструктивних елементів відповідно до діючих навантажень і даних натурного обстеження (оцінка залишкового ресурсу).

Обсяг, характер і склад діагностики залежать від виду та характеристик об’єкта, а також поставлених завдань.

Під час обстеження будівель чи споруд залежно від технічного завдання і конструктивного рішення предмети дослідження можуть бути такими:

− ґрунти основи;

− тримальні конструкції будівлі чи споруди (фундаменти, ростверки та фундаментні балки, стіни, колони, стовпи; перекриття та покриття; балкони, еркери, сходи; зв’язуванні конструкції, елементи жорсткості; стики й вузли сполучення конструкцій між собою);

− огороджувальні конструкції будівлі (стіни, перегородки, покрівлі, підлоги, віконні та дверні заповнення тощо).

Виконуючи інструментальне обстеження конструкцій застосовуються сучасні методи руйнівного й неруйнівного контролю:

− випробування матеріалів у лабораторних і польових умовах (визначення фактичних фізико-механічних характеристик),

− випробування конструкцій на міцність динамічним та статичним навантаженням;

− тепловізійне та ультразвукове обстеження конструкцій;

− товщинометрія;

− дефектоскопія зварних швів;

− визначення структури та хімічного складу матеріалів;

− розрахунок експлуатаційних навантажень.

Кожна будівля і споруда характеризується відповідними експлуатаційними властивостями, які повинні забезпечуватись на протязі всього терміну служби за рахунок технічно правильної експлуатації. Основою експлуатації є попередження передчасного фізичного зношення, а також усунення виявлених дефектів і пошкоджень будівель і споруд. Це досягається чіткою системою оглядів і здійсненням планово-запобігаючих ремонтів.

.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Причини, що викликають необхідність підсилення конструкцій | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |
|  | | | | | |  | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| Модернізація обладнання, зміна функціонального призначення будівель та споруд | | | | |  | Помилки в проектуванні, виготовленні та виконанні будівельно-монтажних робіт | | | |  | | Фізичне зношення конструкцій в результаті інтенсивної довготривалої експлуатації. | | | | | | |  | Різні пошкодження конструкцій внаслідок порушень правил експлуатації. | | | | | | |  | Зношення конструкцій внаслідок дії корозії. | | | | | | |  | Покальне і повне пошкодження конструкцій в результаті температурних впливів. | | | | | | | |  | Інші причини пошкодження конструкцій і умови що потребують їх подальшого підсилення | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | | |
|  | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | |  | | |  | | | |  | | | | |
| Зміна геометричних розмірів, перерізу, чи конструкції в цілому, а також первинної схеми роботи | | |  | Збільшення навантажень, що діють на конструкцію | | | |  | | Атмосферна корозія матеріалу конструкції | | | |  | Рідина або корозія в електролітах | | | |  | Електрокорозія , що виникає під дією джерела струму або блукаючих струмів | | |  | | Щілинна корозія – корозія в щілинах і зазорах будівельних конструкцій | | | |  | Біологічна – корозія внаслідок дії мікроорганізмів | | | |  | | Вплив низьких температур | |  | | Вплив високих температур | |  | Стихійні природні впоиви | | |  | Аварійні вибухові та ударні впливи | | |  | | Інші чинники та явища | | |

Рис.1 - Причини підсилення конструкцій

Таблиця 1 - Параметри експлуатаційної придатності будівель, місця, способи і засоби їх контролю[10]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметри експлуатаційної придатності | | Місця контролю | Способи і засоби контролю | |
| №  п/п | Назва параметрів |  | №  п/п | Способи і засоби контролю |
| 1 | Стан покрівлі | 1 | Візуально |
| 2 | Стан гідроізоляції | 2 | Замір вологості поверхні, термощуп ТМ |
| 3 | Вологість утеплювач горищних дахів | 3 | Спосіб електричних опорів. Мегомметр |
| 4 | Герметичність в прорізах і всієї будівлі | 4 | Спосіб заміру витрати повітря. Дефектоскоп |
| 5 | Товщина фарбованих покрить | 5 | Товщиномір ІТП-1 |
| 6 | Вологість стін і дерев’яних конструкцій | 6 | Вологомір ПНВ-1, АКХ, термощуп ЦЛЗМ |
| 7 | Теплозахисні якості огороджень | 7 | Тепломір ЛТІХП, психрометри |
| 8 | Міцність залізобетону, цегляної кладки | 8 | Молотки Кашкарова, Фізделя, УЗП-62, АС-3 |
| 9 | Прогини перекрить, осадка | 9 | Тензометри, індикатори, геодезичні прилади |
| 10 | Ширина розкриття тріщин | 10 | Товщиномір, мікроскоп, маяки |
| 11 | Деструкція штукатурки і облицювання | 11 | Присоски, адгезіометр, товщиномір |
| 12 | Газовий склад повітря в приміщеннях | 12 | Газоаналізатори УТ-2, ПГА-ДУ, ПГА-К |
| 13 | Вологість повітря в приміщеннях | 13 | Психрометри, гігрографи |
| 14 | Температура повітря в приміщеннях | 14 | Термометр, термограф М-16 |
| 15 | Температура поверхні стін, конструкцій | 15 | Термощупи ТМ, ЦЛЭМ |
| 16 | Освітлення приміщень | 16 | Люксметр Ю-16 |
| 17 | Звукоізоляційна здатність огороджень | 17 | Комплект шумометричної апаратури |
| 18 | Повітряний режим в кухнях, підвалах, горищах | 18 | Термоанемометр АСО-3, анемометри |
| 19 | Стан горизонтальної гідроізоляції | 19 | Мегомметр М1102 |
| 20 | Корозійна активність ґрунту | 20 | Прилад МС-07, хімічний аналіз грунту |
| 21 | Стан дренажу | 21 | Візуальний огляд з допомогою дзеркала і електроліхтаря |

Обстеження конструкцій будівель і споруд виконують при потребі: – оцінки фізичного зносу конструкцій та інженерних систем (наприклад, якщо планується відновлення незавершеного будівництва); – визначення стану конструкцій внаслідок їх затікання, пожежі тощо; – обстеження конструкцій на предмет подальшого перепланування будівлі, надбудови поверхів, поглиблення підвальній частині; – під час планового капітального ремонту будівель і споруд; – під час реконструкції, модернізації чи ревіталізації будівель і споруд; для виявлення причин деформацій усіх конструктивних елементів [1; 12].

Для визначення технічного стану конструкцій виконується їхнє обстеження. Обстеження й оцінка технічного стану конструкцій включають такі етапи:

1) Вивчення наявної проектної та виконавчої документації, аналіз конструктивної системи будівлі.

2) Натурне обстеження конструкцій, встановлення пошкоджень і деформацій фундаментів, несучих і огороджувальних конструкцій.

3) Аналіз дефектів і пошкоджень, оцінка технічного стану обстежуваних конструкцій.

 4)Підготовка висновку про технічний стан будівельних конструкцій будівель з розробкою рекомендацій щодо забезпечення їхньої безпечної експлуатації.

2. **Підсилення цегляного муру**

Ремонт і підсилення будівельних конструкцій при потребі відновлення чи збільшення їх несучої спроможності та експлуатаційної придатності проводимо на основі даних, отриманих при їх обстеженні рис.2.

При виборі способу підсилення потрібно вибирати і проектувати варіанти на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням:

- необхідного ступеня збільшення (відновлення) несучої спроможності;

- можливості реалізації прийнятого способу в конкретних виробничих умовах;

- ступеня надійності і довговічності конструкцій;

- місцевих умов і досвіду проектування і будівництва [7]

Розрахунки з підсилення кам'яних і армокам'яних елементів проводимо за фактичною міцністю всіх матеріалів несучого кістяка, що беруть участь у роботі у розтягнутій і стиснутій зонах.

Розрахунковий опір кладки приймається на основі висновку про технічний стан будівельних конструкцій об'єкта.

Модуль деформації кладки *Ems*  визначаємо в залежності від величини діючого нантаження відповідно за формулою

*Еms=Еms,0(1–Nse /(1,1RuAms))*,

де *Nse* – розрахункове навантаження, МН;  *Ru* – тимчасовий опір стиску кладки, МПа;  *Ams* – площа перерізу кладки, м2.

Додаткові елементи підсилення враховуємо в спільну роботу зі стінами з урахуванням мінімальної концентрації напружень у місцях взаємодії.

Проектування і влаштування обойм є одним із найефективніших і найпоширеніших методів підсилення кам'яних конструкцій рис.3.

Використання сталевих обойм, які виконуємо з кутників по кутах елемента та обв’язуємо їх полосою чи стрижнями заробляючи їх цементним розчином чи дрібнозернистим бетоном бажано технологією торкретування. Для кращої сумісної роботи елементів з масивом муру перед монтажем нагріваємо їх до температури 100°С.

Залізобетонні обойми виконуємо з бетону класу В12,5-В15 з армуванням сітками та вертикальними стрижнями. Обмежуючи крок поперечних хомутів до 150 мм, а товщину до 100 мм. Залізобетонні обойми найефективніше виконувати в технології торкретування [11].

Несуча здатність підсиленої кладки оцінюється міцністю і перерізом бетону, процентом поперечного армування, повздовжньої арматури, стрижнів і кутників, станом кладки й характером прикладення навантаження.

Розрахунок масиву муру з цегляної кладки, підсиленої обоймою при центральному і позацентровому стиску при ексцентриситетах, які не виходять за межі ядра перерізу *(е0* < 0.17h) , проводимо за формулами [1]:

- для сталевої обойми:

 (2)

- для залізобетонної обойми

 (3)

- для обойми з розчину:

 (4)

 (5)

 (6)

 (7)

 *-* коефіцієнт поперечного армування; *N -* зовнішня повздовжня сила;  -коефіцієнт повздовжнього згину кладки; *А-* площа кладки;  *-* площа стисненої арматури; -площа бетону; -розрахункова міцність хомутів та повздовжньої арматури.

|  |  |
| --- | --- |
| а | б |

Рис. 2 – Пошкодження цегляного муру Палац Фре́дрів-Шепти́цьких в с. Вишня Львівської області: а-вигляд всередині приміщення; б-вигляд з фасаду будівлі

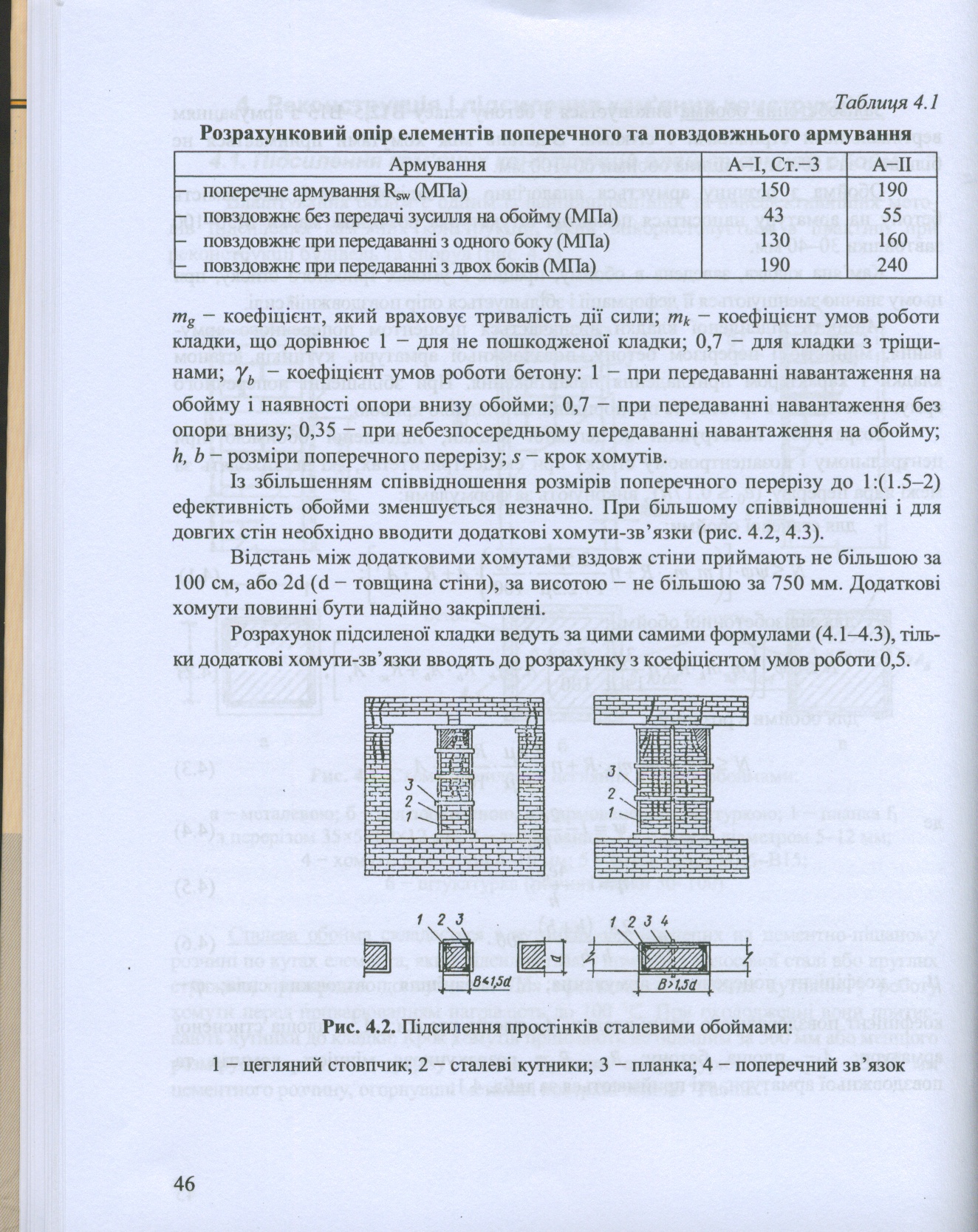


Рис.3 - Підсилення простінків сталевими обоймами: 1 - цегляний стовпчик; 2 - сталеві кутники; 3 - планка; 4 - поперечний зв'язок [1].

Процес підсилення передбачає розвантаження простінків чи стовпів і передачу навантаження на розвантажувальні пристрої допускається робити при навантаженнях до 250 кН клинами, до 500 кН - гвинтовими пристроями, більше 500 кН – гідравлічними домкратами. В усіх випадках необхідно забезпечувати плавну передачу навантажень на розвантажувальні пристрої з постійним контролем стану стояків і клинів. [7]

У варіанті розбирання і перекладання простінків роботи необхідно вести по черзі, забезпечуючи щільність прилягання нової кладки до старої. Верх нової кладки не доводять до старої на 4 - 5 см і заробляють жорстким дрібнозернистим бетоном. Розвантажувальні пристрої демонтовують коли міцність виростає понад 50 % від проектної.

Нова кладка виконується з перев'язкою зі старою тичковими рядами або при використанні гнучких анкерів або поєднуються обидва варіанти. Щільне заповнення швів забезпечує сумісну роботу шарів муру.

**Контрольні питання**

1. Яка основна мета реконструкції?

2. Розкажіть про основні етапи обстеження конструктивних елементів будівель і споруд

3. Роль факторів, що характеризують небезпечні природні й антропогенні процеси в оцінці безпеки перебування в забудові.

4. Яким показником оцінюють доцільність заходів щодо реконструкції будинків?

5. Які відомі способи підсилення конструкцій?

6. Особливості підсилення цегляного муру.

7. Які критерії вливають на спільну роботу шарів чи елементів підсилення?

8. На які показники впливає технічний стан конструкції будівлі чи споруди.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд: навч. посіб. Львів: Видавництво Національного університету»Львівська політехніка», 2008.- 108с.
2. Валовой О.І.,.Еременко О.Ю. Вплив полімерних матеріалів на напружно-деформований стан зони контакту при підсиленні конструкцій нарощуванням. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць. – Рівне: 2008. – Вип. 17. – С. 411 – 417.
3. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник „Центр навчальної літератури", 2004. - 304 с.
4. Мазурак А.В., Ковалик І.В., Михайлечко В.О., Калітовський В.М. Міцність контактних швів під час ремонту чи підсилення бетонних елементів. Вісник Національного університету „Львівська політехніка" Теорія та практика будівництва. - Львів: Видавництво НУ„ЛП", 2013. - №755. - С.249 – 254.
5. Мазурак А. Федоришин А., Кальченко В. Особливості реставрації несучих елементів фасаду. Вісник ЛНАУ. Архітектура і с/г будівництво №22 Львів, 2021.- С.69 – 74.
6. Реконструкція цивільних та промислових будівель і споруд : підручник / [за ред. Е. А. Шишкіна, О. В. Завального] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 404 с. – (Серія «Міське будівництво та господарство»).
7. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд: ДБН В.3.1-1-2002. К.: Державний комітет України з будівництва і архітектури, 2003. - 82с.
8. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія / [Ю. І. Гайко, Є. Ю. Гнатченко, О. В. Завальний, Е. А. Шишкін; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Е. А. Шишкіна] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 353 с.
9. Рибчинський О.В. Місцева громада та збереження спадщини в контексті ревіталізації ринкових площ історичних міст України. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - Київ: КНУБА, 2016. - № 42. – С. 120- 126.
10. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: навч. посіб. [Гавриляк А.І., Базарник І.Б., Кінаш Р.І. та ін.] ; за заг.ред. А.І. Гавриляка.- Львів: Видавництво Національного університету» Львівська політехніка», 2006. – 540с.
11. Kaczarowski F., Kalisz H. Stosowanie betonow natryskowych w robotach remontowych. Inzynieria i Budownictwo, 6 ,1993. - P. 222 – 224.
12. Rayment D.L. “The electron microprobe analysis of the C-S-H phases in a 136-year-old cement paste” Сement and Concrete Research. 1986. P.341-344.