

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

” Відновлення цегляної кладки постраждалої від  
військових дій”

Виконав: студент 2 курсу, групи 601БП

Спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Манько Олександр Миколайович

Керівник: д.т.н., проф. Семко О.В.

Зав. кафедри: д.т.н., проф. Семко О.В.

Полтава – 2023 року

Зміст

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 4  |
| РОЗДІЛ 1. Огляд методів і способів підсилення цегляної кладки пошкодженої військовими діями..... | 5  |
| 1.1 Основні конструктивні рішення виконання цегляних будівель.....                               | 5  |
| 1.2 Огляд основних видів озброєння та його вплив на будівлю.....                                 | 9  |
| 1.3 Огляд публікацій будівель зазнавших пошкодження та руйнування від військових дій.....        | 11 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПО ДІЮЧИМ НОРМАМ.....                                  | 28 |
| 2.1 Загальні положення розрахунку камяних конструкцій по методу граничних станів .....           | 28 |
| 2.1.1 Загальні положення розрахунку .....  | 28 |
| 2.1.2 Класифікація навантажень на конструкції .....  | 29 |
| 2.1.3 Сполучення навантажень на будівлю .....  | 31 |
| 2.2 Розрахунок цегляної кладки за граничним станом першої групи .....                            | 31 |
| 2.3 Розрахунок цегляної кладки за граничним станом другої групи .....                            | 41 |
| 2.4 Висновок.....  | 44 |
| РОЗДІЛ 3. Дія вибуху на будівлю і її поведінка.....  | 46 |
| 3.1 Загальні відомості.....  | 46 |
| 3.2 Поведінка будівельних конструкцій при вибухах .....  | 52 |
| 3.3 Рекомендації по проектування елементів в цегляній кладці .....                               | 53 |
| Висновок .....   | 58 |

|                  |             |                 |               |             |   |                        |             |                |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                 |               |             | <b>601-БП-10588955</b>  |                        |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |   |                        |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | Манько О. М.    |               |             | <b>Відновлення цегляної<br/>кладки пошкодженої від<br/>військових дій</b> | <i>Літ.</i>            | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             |                 |               |             |   |                        | 2           |                |
| <i>Реценз.</i>   |             |                 |               |             |   | ПНТУ ім. Ю. Кондратюка |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> |             |                 |               |             |   |                        |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             |                 |               |             |   |                        |             |                |

|   |    |
|---|----|
| РОЗДІЛ 4. Розробка рекомендацій по підсиленню цегляної кладки пошкодженої від військових дій..... | 60 |
| 4.1 Класифікація пошкодження .....  | 60 |
| 4.2 Підсилення сталевими конструкціями(обойми, підпори, рами) .....                               | 62 |
| 4.2.1 Заміна кам'яної кладки .....  | 63 |
| 4.2.2 Підсилення стін, перестінків .....  | 63 |
| 4.2.3 Підсилення колон .....  | 64 |
| 4.2.4 Підсилення стальними накладками .....   | 66 |
| 4.2.5 Підсилення пластинами .....   | 67 |
| 4.3 Підстилення вуглепластиком.....   | 69 |
| ВИСНОВКИ.....   | 84 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЖДЕРЕЛ.....   | 86 |

|                  |             |                 |               |             |   |                        |             |                |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                 |               |             | <b>601-БП-10588955</b>  |                        |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |   |                        |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | Манько О. М.    |               |             | <b>Відновлення цегляної<br/>кладки пошкодженої від<br/>військових дій</b> | <i>Літ.</i>            | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             |                 |               |             |   |                        | 2           |                |
| <i>Реценз.</i>   |             |                 |               |             |   | ПНТУ ім. Ю. Кондратюка |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> |             |                 |               |             |   |                        |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             |                 |               |             |   |                        |             |                |

# ВСТУП

ОБ'ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ є робота цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

МЕТОЮ РОБОТИ є дослідження методів відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

## ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

1. Аналіз методів розрахунку цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
2. Аналіз типових дефектів
3. Аналіз дефектів цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
4. Аналіз підсилення цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
5. Розробка рекомендацій цегляної кладки пошкодженої від військових дій;

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ: досліджуване питання для України є надзвичайно важливе, так як за час повномасштабного вторгнення Росії було зруйновано та зазнало пошкодження велика кількість промислових та цивільних будівель

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ полягає у підвищенні ефективності відновлення та посилення цегляної кладки пошкодженої від військових дій

НАУКОВА НОВИЗНА полягає в тому, що одержані результати аналізу методів відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій можуть бути використані в подальших дослідженнях і в проектних рішеннях по відновленню та підсиленню цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

|      |      |          |        |      |                 |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                 |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 |  |  |  | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 601-БП-10588955 |  |  |  |      |







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.

Будівлі з конструктивною схемою типу II характеризуються часто

розташованими поперечними стінами, що несуть, що дає можливість

безпосередньо укладати 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

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

601-БП-10588955

Арк.

8

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 Огляд основних видів озброєння та його вплив на будівлю

В даному розділі представлено основні види озброєння та можливий вплив на будівлі в цілому табл. 1.2.

Таблиця 1.2 Основні види озброєння та їх вплив на будівлі

| Вид озброєння (Боеприпас) | Повна руйнація | Часткова руйнація будівлі |            | Руйнація частини перерізу |                               | Дрібні отвори |
|---------------------------|----------------|---------------------------|------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|
|                           |                | Тріщини будівель в цілому | Нахил стін | Наскрізні                 | Ненастрізні(від уламків,куль) |               |
| Кулемети                  |                |                           |            |                           |                               |               |
| 5,4 5 мм                  |                |                           |            |                           | +                             | +             |
| 7.62 мм                   |                |                           |            |                           | +                             | +             |
| 12,7 мм                   |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| 14,5 мм                   |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| Гармати для БТР/БМП       |                |                           |            |                           |                               |               |
| 30мм                      |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| Гранатомети               |                |                           |            |                           |                               |               |
| 30мм,ФГС-17               |                | +                         | +          | +                         | +                             | +             |
| 40мм,РПГ-7                |                |                           | +          | +                         | +                             | +             |
| Танкові гармати           |                |                           |            |                           |                               |               |
| 100 мм                    |                | +                         | +          | +                         |                               |               |

|      |      |          |        |      |  |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------------|------|
|      |      |          |        |      |  | 601-БП-10588955 | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |                 | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                 |      |

|                                      |   |   |   |   |   |  |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|--|
| 125 мм                               |   | + | + | + |   |  |
| <b>АРТИЛЕРІЙСЬКН ОЗБРОЄННЯ</b>       |   |   |   |   |   |  |
| <b>Міномети</b>                      |   |   |   |   |   |  |
| 60 мм                                |   |   |   |   | + |  |
| 80 мм                                |   |   |   |   | + |  |
| 120 мм                               |   | + | + | + | + |  |
| <b>Гаубиці</b>                       |   |   |   |   |   |  |
| 120 мм<br>«2С34<br>Хоста»            | + | + | + | + | + |  |
| 152 мм «<br>2С3<br>Акація»           | + | + | + | + | + |  |
| 155 мм<br>«2А61<br>Пат_Б»            | + | + | + | + | + |  |
| 203 мм<br>«Піон»                     | + | + | + | + | + |  |
| <b>Ракетна артилерія</b>             |   |   |   |   |   |  |
| 122 мм<br>«Град»                     |   | + | + | + |   |  |
| 122/300<br>«Торнадо»                 | + | + | + | + |   |  |
| 220 мм<br>«Ураган»                   | + | + | + | + |   |  |
| 300 мм<br>«Смерч»                    | + | + | + | + |   |  |
| <b>Зенітно-ракетні комплекси</b>     |   |   |   |   |   |  |
| С-300                                | + | + | + | + |   |  |
| С-400                                | + | + | + | + |   |  |
| Точка_У                              | + | + | + | + |   |  |
| Іскандер                             | + | + | + | + |   |  |
| <b>Авіаційна техніка і озброєння</b> |   |   |   |   |   |  |
| Р-27                                 | + | + | + |   |   |  |

|             |             |                 |               |             |                        |             |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------|-------------|
|             |             |                 |               |             |                        | <i>Арк.</i> |
|             |             |                 |               |             |                        | <b>10</b>   |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <b>601-БП-10588955</b> |             |



проблема є актуальною під час подальшого звільнення інших регіонів України від окупації.

Від квітня місяця і до тепер тривають роботи з проведення обстежень будівель і споруд згідно прийнятих методик і постанов Мінрегіонбуда України. Хоча фактично кожен випадок унікальний, але можна виявити певні закономірності в визначенні характеру пошкоджень та їх класифікації з метою вибору методів підсилення та ремонту конструкцій.

Багато в чому якість оцінки залежить від досвіду експерта та інженера-проектувальника що здійснює обстеження. Так в перші місяці при проведенні обстежень провідними організаціями, в тому числі і державними НДІ давалися висновки про частковий демонтаж будівель і споруд, які при проведенні альтернативних обстежень виявлялися поспішними і хибними.

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Актуальною є проблема оцінки технічного стану будівельних конструкцій будівель і споруд з метою визначення можливості їх подальшої експлуатації та методів здійснення підсилення та капітального ремонту. Наслідки ураження ударного та мінно-вибухового ураження, а також наслідки від тривалої дії вогню мають специфічні особливості, які необхідно враховувати при оцінці технічного стану будівельних конструкцій та вибору оптимальних по затратах рішень з їх капітального ремонту та відновлення. Тематика статті є практичною, здійснена спроба зробити первинне узагальнення та аналіз за результатами обстеження житлових будинків, що зазнали уражень у містах України показати досвід побаченого на практиці та вказати на деякі закономірності що вимагають пильної уваги.

Дана проблема, нажаль є актуальною оскільки масштабне відновлення житлового фонду, пошкодженого війною ще не почалося, та на певних територіях тривають бойові дії і руйнування продовжують зростати у кіл-кісних вимірах .

#### ПОПЕРЕДНЄ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

Попереднє обстеження будівель і споруд, що зазнали уражень внаслідок бойових дій регламентується методикою [1] та ДСТУ [3]. Так всі пошкоджені будівлі розділяють на три категорії.

До першої категорії відносять будинки і споруди, де відсутні проблеми пов'язані з порушенням першого граничного стану, ушкодження незначні і можуть бути відновлені шляхом поточного ремонту. Це як правило пошкодження віконних рам і склопакетів, балконних огорож, фасадних систем, незначні отвори в стінах, що не вимагають введення додаткових підсилюючих елементів, пошкодження покрівлі з хвилястих азбоцементних листів, металочерепиці, профнастилу, покрівельної бляхи тощо. Ступінь пошкодження конструкцій будівлі до 20%, однак на практиці згідно [2] цей відсоток ще нижчий до 5..10%, бо будинки зі ступенем пошкоджень вище 10%, як правило, мають серйозніші ураження і їх необхідно відносити вже до другої категорії.

До другої категорії відносять будинки і споруди з більш масовим і ширшим показником ушкоджень від умовних 20% (на практиці вже можна приймати 10%) до 80%, які мають порушення першого граничного стану конструкцій, однак підлягають капітальному ремонту.

До третьої категорії відносять будинки і споруди, які підлягають зносу і мають ураження понад 80%, хоча на практиці фактично можна констатувати, що можуть бути віднесені до даної категорії будинки з меншим сумарним показником уражень, однак відновлення конструкцій знаходиться під серйозним питанням. До третьої категорії як правило відносять повністю згорілі або зруйновані від вибухів невеликі малоповерхові приватні чи багатоквартирні будинки а також більш масштабні будинки що мають серйозні ураження несучих конструкцій.

До таких уражень можна віднести:

- повна відсутність або пошкодження з втратою міцності, стійкості, розкриттям тріщин несучих конструкцій на нижніх поверхах, для відновлення яких необхідно повністю розбирати верхні поверхи, внаслідок чого будівля втрачається повністю. При цьому супутнім фактором є наявність перекосів, крену вище

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

розташованих поверхів конструкцій над пошкодженнями, що вимагає їх демонтажу (див рис.1.1).



Рис. 1.1 Зруйнований каркасний п'ятиповерховий будинок, де відбулася руйнація несучих конструкцій в рівні третього, четвертого поверхів. Був де-мнтований - дане твердження може мати виключення у випадку, коли демонтаж здійснюється частковий в межах первинних каркасних чарунок із збереженням більшої частини будівлі.

Зокрема так було здійснено ремонт будинку в м. Києві (<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>) після потрапляння ракети (див. рис 1.2).



Рис. 1.2. Каркасний будинок, куди потрапила ракета((<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>))

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

наявність масштабних руйнацій верхніх поверхів, внаслідок переважно потрапляння авіаційних ракет, що спричинюють обвалення їх руїн на нижні поверхи із перевантаженням і пошкодженням перекриттів та утворенням завалів (див. рис 1.3).



Рис. 1.3. Будинок після ракетної атаки . Був. демонтований.

Масштабне втрачання цілісності будинку внаслідок руйнування квартирних стояків. Розбирання завалів як правило потребує подальших демонтажних робіт, відновлення цілісності стає під питанням внаслідок неможливості здійснення ефективної перев'язки відновлюваних стін із існуючими, тощо. Дане твердження також особливо актуальне для панельних будинків, які як правило виконані 30..50 років тому із застарілих нині панельних серій, що давно не виробляються і є проблема доступу до прихованих стиків. (див рис.1.4) У той час монолітно-каркасні будівлі з руйнацією в межах квартирного стояка можуть підлягати капітальному ремонту.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 15   |



Рис. 1.4. Будинок з порушенням цілісності секції  
(<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>)

- будинки з цегляними стінами із перекриттями із кругло порожнистих плит, що зазнали масштабних пожеж в межах цілих квартирних стояків із руйнацією круглопоржнистих плит, внаслідок чого потрібна масштабна заміна перекриттів і вартість ремонтних робіт стає економічно недоцільною.

При віднесенні будівель і споруд до тої чи іншої категорії необхідно враховувати наявність перекосів, аварійних тріщин від перевантажень та ударної дії в несучих конструкціях, поточну розрахункову схему, де відбувся перерозподіл зусиль внаслідок руйнування окремих конструкцій тощо.

Однак за результатами обстежень, а також спостереженням руйнування на вулицях населених пунктів, більш розповсюджені пошкодження будівель, які дозволяють їх віднести до другої категорії. І тут оцінка технічного стану та подальших кроків щодо розробки проекту капітального ремонту залежить від досвіду і кваліфікації виконавця даних робіт. Схеми пошкоджень та задачі з підсилення конструкцій, уражених під час бойових дій, в певній мірі вже не відповідають типовим схемам задачам з підручників та посібників

#### ХАРАКТЕР УШКОДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Для будівель другої категорії, що підлягають капітальному ремонту характерні ушкодження, нанесені ударною дією снарядів від гармат 30..125 мм, авіаційних

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955





Рис.1.6. Руйнування торцевої стіни будинку внаслідок вибуху ракети(<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>)

Результатами потрапляння малокаліберних боєприпасів по конструкціях будинків є (див. рис. 1.7, 1.8, 1.9):

- Руйнація віконних прорізів, опорних зон перемичок, самих перемичок;
- Руйнація балконних огорож, пробоїни в балконних плитах
- Пробоїни в перестінках та плитах перекриттів ;
- Повне руйнування перестінків, яке може спричинити обрушення по всьому стояку перекриттів, що обпираються на перестінок. За наявності монолітних поясів через кожні три поверхи, структура будинку від подібних руйнувань лишається як правило не ушкодженою (див. рис.1.7).

|      |      |          |        |      |                 |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                 |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 |  |  |  | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 601-БП-10588955 |  |  |  |      |



Рис. 1.7. Руйнування 60% та 100 % цегляного перестінка.

Як правило вищенаведені руйнування супроводжуються зменшенням розрахункової площі елементів стін, розшаруванням кладки. Це супроводжується характерними повздовжніми тріщинами, які можуть бути викликані як розшаруваннями від удару, так і руйнацією за класичною схемою внаслідок



Рис. 1.8. Розшарування цегляної кладки від удару.



а



б



в

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>601-БП-10588955</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 20   |

Рис 1.9. Наслідки потрапляння боєприпасів по будинку в Гостомелі:  
(<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>)

*а - руйнування балконної плити;*

*б - зруйновані стіни і перегородки;*

*в - руйнація плити перекриття.*

Вибухи мінометних мін можуть в безпосередній близькості внаслідок потрапляння осколків руйнувати поверхню цегляної кладки на глибину до 100..120 мм (див. фото 1.10).



Рис. 1.10 Розшарування простінка по всій площі внаслідок удару мінометною міною по балкону

Можуть відбуватися непрямі небезпечні ураження, коли внаслідок ударного ураження балконної плити відбувається масштабне руйнування цегляної кладки. Такий випадок трапився у м. Буча в багатоповерховому житловому будинку. Внаслідок потрапляння мінометної міни по балкону на 8 му поверсі відбулося розшарування цегляного перестінка по всій площі на висоту поверху, яке первинно проявлялося лише як руйнація крайових ділянок, на які передається навантаження від віконних перемичок. Встановлені маяки показали, що тріщини поступово розкривалися. Було здійснено підпирання

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

інвентарними стійками. (див. фото 1.10). В процесі проектування капітального ремонту конструкції прийняли рішення із перекладанням по захватках цегляного перестінка, яке підтвердило гіпотезу про наявність суцільного розшарування по всій площі.

Всі подібні пошкодження є небезпечними і потребують негайного підпирання у тому числі шляхом тимчасового закладання цеглою суміжних віконних прорізів до подальшого відновлення перестінків.

Проектні рішення передбачають влаштування обійм із металевих кутиків, що повністю сприймають навантаження на простінок, замінюючи його функцію. Також можливі рішення із підпирання та перекладання кладки захватками, коли відбувається повна заміна конструкції.

Пошкодження плит перекриттів, які у житловому будівництві для цегляних будинків використовуються збірні кругло пустотні із попереднім напруженням характеризуються пробоїнами, повздовжніми та/або поперечними тріщинами внаслідок перевантаження від ударної дії. Такі конструкції потребують повної заміни на монолітні ділянки або на перекриття по сталевих балках, що заводяться в пази в стінах.

Для монолітних перекриттів характерні вибоїни і тріщини, які можуть бути замонолічені, оскільки вони, на відміну від систем з порожнистих плит, не мають попереднього напруження арматури.

Більшість рішень можуть бути прийняті згідно рекомендацій [6, 7, 9, 12], тощо.

### НАСЛІДКИ ПОЖЕЖ

Іншим небезпечним явищем є потрапляння кумулятивних боєприпасів, що викликають пожежі, які на момент окупації населених пунктів не гасилися. Хоча згідно будівельних норм України [4, 16, 19] на всі види конструкції встановлена межа вогнестійкості, згідно [10] можна визначити поведінку конструкцій під час пожежі, визначити межу вогнестійкості [6, 12-14], однак дана оцінка не дасть результату, оскільки на етапі обстеження після бойових дій вже стикаються з конструкціями які у своїй більшості не зазнали значних руйнувань, однак перебували під час тривалої дії вогню і температур.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

Перед експертами і проектувальниками стоїть задача повернути будинки до нормальної експлуатації і тут на заваді стають психологічні фактори а також відсутність масового досвіду. Саме тому у первинних експертних висновках у травні-червні 2022, як від державних так і приватних компаній містилися рекомендації «знести секцію», «знести поверх». Такі непрофесійні і безвідповідальні дії ускладнюють відбудову пошкодженого житла в умовах дефіциту коштів, вводять в оману представників місцевої влади, яка формує пріоритетність і черговість проведення капітальних ремонтів будинків та посилюють соціальне напруження і є неприпустимим.

Наслідки пожеж для конструкцій істотно різняться залежно від конструктивної схеми будівлі характеру та ступеня локалізації пожежі. В даній статті буде наведений оглядовий аналіз впливу пожежі на житлові будинки зі стінами з повнотілої чи порожнистої цегли та зі збірним перекриттям з кругло порожнистих плит. Аналіз впливу масштабних пожеж на будівлі із залізобетонним каркасом із застосуванням сучасної термозміцненні арматури потребує проведення чисельних досліджень із врахуванням відпуску арматури. Також в спірних випадках можуть бути проведені натурне випробування будівельних конструкцій [8]

Середня температура пожежі сягає температур 400..800 °С, згідно [11]. Стіни будівель оштукатурені, тому яка правило стіни не зазнають сильних руйнівних впливів, окрім тріщин від нерівномірного лінійного розширення окремих частин будівлі під час пожежі. Це особливо характерно проявляється під час пожеж горищ, мансард та верхніх поверхів, коли відбувається температурне розширення диска перекриття в цілому що викликає горизонтальні деформації в стінах, які в свою чергу не несуть великого на-вантаження, котре могло б компенсувати зсув. Типовий характер тріщин зображено на рис. 1.11.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |                 | 23   |



Рис. 1.11. Типовий характер тріщин на верх-ньому поверсі після пожежі на даху

При проектуванні підсилення треба враховувати фактичну конфігурацію тріщин та їх вплив на несучу спроможність конструкцій – перестінків, тощо. Дані тріщини можуть бути просто за ін'єктовані розчином, стягнуті сталевими тяжами і обіймами, або підсилені армоцементними обіймами.

В будівлях зі стінами з порожнистих щілинних керамблоків під час пожеж внаслідок нерівномірного прогріву може відбуватися відшарування зовнішньої поверхні із розсіпанням щілинних перегородок (див. рис. 1.12).

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |



Рис. 1.12. Характер пошкодження порожнистих керамоблоків від високої температури.

Це особливо небезпечно, коли відбувається подібне руйнування в опорних зонах перемичок та плит перекриттів, де відбувається зминання кладки під локальними навантаженнями. Такі ділянки стін потребують перевірного розрахунку з врахуванням пошкоджень та підсилення традиційними способами [7, 9].

Інша ситуація відбувається із круглопоржністими плитами, які зазнають серйозних уражень від вогню. На умовно першій стадії дії вогню поверхні плит вкриваються кіптявою. При цьому відбувається релаксація попереднього напруження арматури плит. Це також може супроводжуватися збільшеними прогинами та поперечними тріщинами в нижній зоні. При подальшій дії вогню

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

та збільшенні температури, умовно понад 400°C кіптява відлущується і плити набувають умовно нормального сірого кольору бетону з жовтуватим і в подальшому рожеуватим відтінком. При цьому відбувається дегідратація цементного в'язучого та істотне зниження марки на міцність бетону по поверхні. Міцність бетону неруйнівними ударними методами не визначається взагалі. В цей же час внаслідок сильних нерівномірних деформацій та появи зусиль зсуву між верхньою та нижньою полицями відбувається руйнація поперечного перерізу плити. На першому етапі з'являються повздовжні тріщини в нижній полиці та розкриваються пустоти. При подальшому прогресуванні розвиваються тріщини по висоті перерізу і нижня полиця починає відшаровуватися (див рис 1.13).



Рис. 1.13. Типовий характер руйнування круг-порожнистих плит під час тривалого вогню.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 26   |

Фактично при цьому відбувається повне руйнування конструкцій і в подальшому їх експлуатація не можлива

В плитах, що закопчені і не мають порушень цілісності, внаслідок пожежі відбувається релаксація попередніх напружень вже при температурах до 400°C. Це сильно впливає на їх несучу спроможність і має особливо негативний вплив на плити прольотом понад 6 м та системи, армовані канатами.

Підсилення плит може бути виконане шляхом прорізання пазів та заведення каркасів із збільшенням висоти перерізу, шляхом зміни розрахункової схеми – влаштуванням проміжних опор, підведенням балок, заміною на монолітне тощо [6, 12] Також може бути виконана перевірка несучої спроможності конструкції випробуванням на навантаження згідно [8].

#### ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проблема руйнувань інфраструктури населених пунктів внаслідок збройної агресії російської федерації є величезна, яка матиме серйозний вплив на економічну і соціальну сферу України у найближчі роки. Для здійснення обстежень та розробки проектів капітального ремонту актуальним було б продовжувати дослідження та публікувати характерні особливості пошкоджень конструкцій внаслідок бойових дій та надавати рекомендації ДЛЯ ефективного і економічно доцільного їх усунення. Також можуть бути запропоновані способи підвищення ремонтпридатності будівель і споруд після пожеж, таких як відмова на певних прольотах, де це конструктивно можливо, від попереднього напруження арматури плит перекриттів, розробити рекомендації щодо мурування стін, проект підсилення із обов'язковою вимогою влаштування під опорними зонами плит та перемичок повнотілих стінових матеріалів, тощо.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПО ДІЮЧИМ НОРМАМ

### 2.1 Загальні положення розрахунку камяних конструкцій по методу граничних станів

#### 2.1.1 Загальні положення розрахунку

Під граничним розуміти такий стан при якому конструкція перестає задовольняти експлуатаційним вимогам [5] , що пред'являються до неї, тобто втрачає здатність опору зовнішнім навантаженням і впливам або отримує неприпустиму деформацію або місцеві пошкодження

Кам'яні конструкції повинні відповідати вимогам міцності, стійкості, витривалості (граничні стани першої групи), а також вимогам придатності до нормальної експлуатації( граничні стани другої групи).

Розрахунок по першій групі граничних станів повинен захистити конструкцію від ;

- Руйнування (розрахунок на міцність);
- Втрати стійкості форми конструкції (Розрахунок на повздовжній згин, розрахунок стійкості тонкостінних конструкцій);
- Втрата стійкості положення(розрахунок на перекидання, ковзання та зсуву)
- втомлювана руйнація (розрахунок на витривалість);
- руйнування при спільному впливі силових факторів та несприятливих впливів зовнішнього середовища (змінного заморожування-танення, зволоження-висушування, дії агресивної середовища);

Розрахунок за другою групою граничних станів повинно запобігати конструкцію від:

- надмірних(граничних) деформацій(граничних прогинів, поворотів);
- неприпустимого розкриття тріщин;
- досягнення граничних рівнів коливань конструкції;

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

601-БП-10588955

Арк.

28

-втрата стійкості форми, що приводить до неможливості нормальної експлуатації конструкції;

-інших явищ, при яких виникає необхідність обмежити експлуатацію будівлі;

-розшарування багат шарової кладки.

Граничні стани визначаються стандартами на проектування. Розрахунок за граничними станами повинен забезпечити надійність будівлі або споруди на протязі всього терміну експлуатації, а також можливих робіт.

Умови, при яких забезпечується надійність полягають у тому, щоб розрахункові значення навантажень або зусиль не перевищували відповідних граничних значень, встановлених нормами проектування конструкцій

## 2.1.2 Класифікація навантажень на конструкції

При проектуванні слід враховувати навантаження, що виникають під час будівництва та експлуатації будівель, а також виробництва, зберігання та транспортування будівель згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [9]. Дана класифікація навантажень дає можливість робити розрахунок з урахування можливих ситуацій і граничних станів:

-перевірку на міцність, стійкість;

-перевірку на жорсткість, тріщиностійкість в режимі нормальної експлуатації;

-перевірку витривалості при циклічних навантаженнях;

-урахування повзучості та інших процесів при дії постійних і тривалих навантажень;

Згідно з [9], залежно від причин виникнення навантаження та впливи поділяються на основні (які з'являються в результаті природних явищ або діяльності людини) та епізодичні (які реалізуються один або кілька разів протягом терміну служби споруди, і тривалість яких обмежується в часі коротким проміжком часу. Як правило, аварійні навантаження та впливи, як правило, носять епізодичний характер).

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

Залежно від змінності в часі впливи поділяються на постійні (які діють з незначними практично не змінюючись протягом терміну служби споруди) та змінні (для яких характерна зміна їх значення в часі відносно середнього).

Залежно від тривалості безперервної дії змінні навантаження і впливи поділяються на тривалі, короткочасні та епізодичні. Основою для призначень є їх характеристичні значення

При розрахунку несучих конструкцій і фундаментів слід враховувати коефіцієнт надійності за відповідальністю

$\gamma(n)$ . На коефіцієнт надійності за відповідальністю слід множити характеристичні значення навантажень або навантажувальний ефект.

Розрахункові значення навантаження визначаються множенням характеристичних значень на коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma(f)$ , який залежить від типу навантаження.

Використовуються чотири типи розрахункових значень, залежно від характеру навантаження та мети розрахунку:

1) граничне - значення навантаження, що відповідає екстремальній ситуації, яка може виникнути не більше одного разу протягом терміну служби конструкції і використовується для перевірки граничних станів першої групи, вихід за межі яких еквівалентний повній втраті працездатності конструкції;

2) експлуатаційне - значення навантаження, що характеризує умови нормальної експлуатації конструкції. Як правило, експлуатаційне розрахункове значення використовується для перевірки граничних станів другої групи, пов'язаних з труднощами нормальної експлуатації (виникнення неприпустимих переміщень конструкції, неприпустимих вібрацій і неприпустимо великого розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях тощо).

3) циклічне- навантаження, яке використовують для розрахунків на витривалість.

4) квазіпостійне- розрахункове значення навантаження, яке

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

використовується для врахування процесів, що відбуваються під впливом змінних навантажень, і визначається як рівень такого постійного впливу, який еквівалентний за результируючим ефектом реальному випадковому процесу навантаження.

### 2.1.3 Сполучення навантажень на будівлю

Комбінації навантажень представляють собою набір розрахункових значень або відповідних сил та/або переміщень, які використовуються для перевірки конструкції або фундаменту при певному граничному стані та розрахунковій ситуації. Передбачається, що всі навантаження у вибраній комбінації діють на об'єкт розрахунку одночасно.

До складу комбінації включають ті навантаження, які мають найбільш несприятливий вплив на конструкцію (основу) для граничного стану, що розглядається. Не допускається включати в одну комбінацію взаємовиключні впливи.

У будівельних розрахунках можуть використовуватися два види зв'язків: базові та аварійні.

Для перевірки граничних станів першої групи використовуються основні зв'язки, які включають постійні навантаження з кінцевими розрахунковими значеннями, кінцеві розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень.

Для перевірки граничних станів другої групи використовуються головні зв'язки, що містять постійні навантаження з експлуатаційними розрахунковими значеннями і змінні навантаження з експлуатаційними розрахунковими, циклічними або квазіпостійними значеннями.

## 2.2 Розрахунок цегляної кладки за граничним станом першої групи

В процесі експлуатації кам'яні конструкції можуть сприймати центральний, позацентровий або локальний тиск, згинання, зріз та розтяг. Ці типи напруги є найширшими.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

## Центральний стиск

При центральному стиску навантаження передається по всьому перерезу елемента рівномірно (рис 2.1).

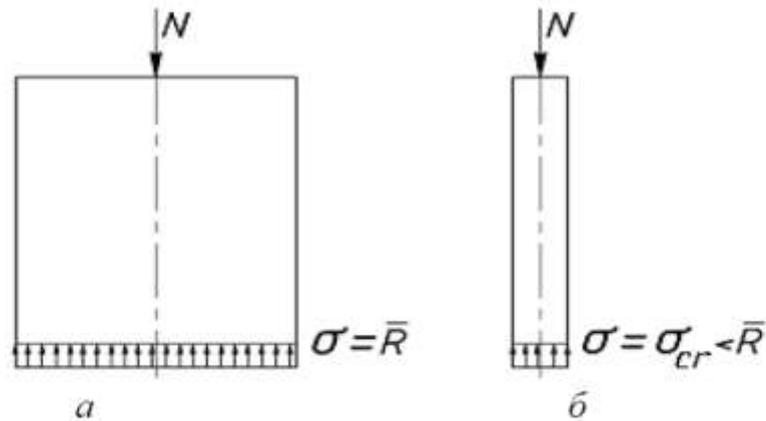


Рис. 3.1. Напружений стан центрально навантаженого елемента перед руйнуванням: *a* – жорсткого; *б* – гнучкого

Руйнування елементів кладки відбуваються в залежності від їх гнучкості. Короткі елементи руйнуються при досягненні напружень у цегляній кладці  $\sigma = \bar{R}$ . Довгі(витягнуті) при втраті стійкості при критичних напруженнях  $\sigma = \sigma_{cr}$ , які будуть менші за межу міцності кладки  $\bar{R}$ . Також на значення руйнівних зусиль впливає тривалість дії навантаження.

Умова виконання розрахунку центрально стиснутих неармованих елементів кам'яної кладки:

$$N \leq N_u,$$

Де  $N$  - розрахункова повздовжня сила

$N_u$  - найбільше повздовжнє зусилля яке може сприймати стиснутий елемент, визначають за формуло:

$$N_u = m_g \varphi R A \quad (2.1)$$







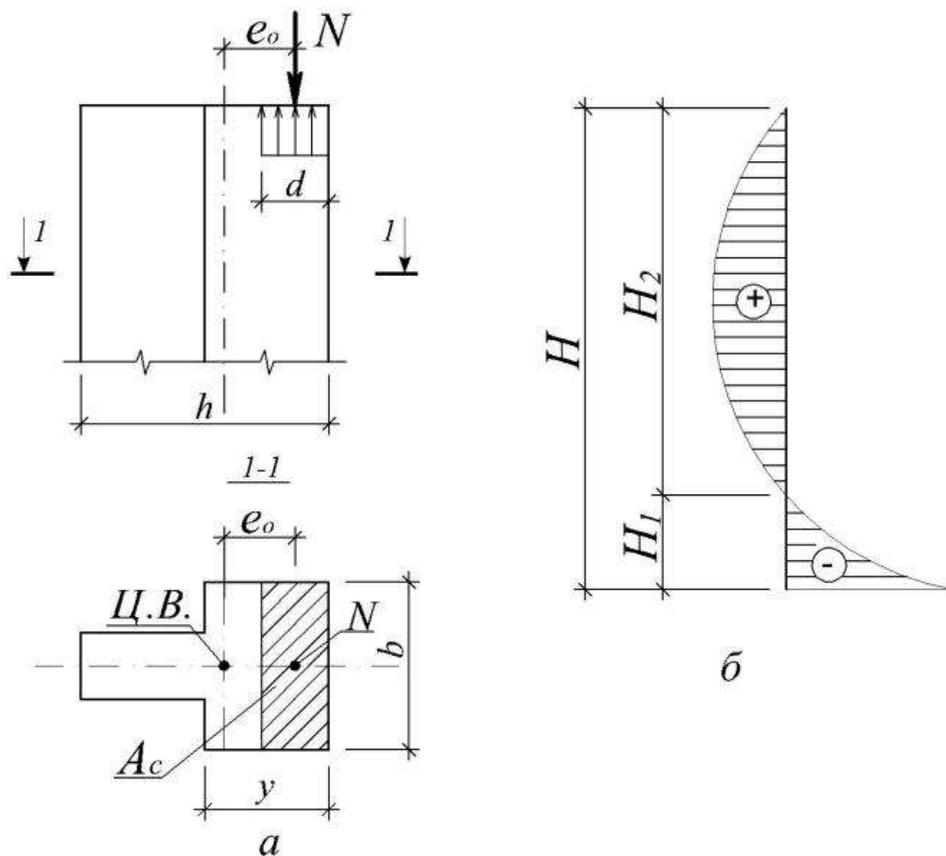


Рис. 2.3. Позацентричний стиск кам'яного елемента:

а – розрахунковий поперечний переріз кам'яного елемента; б – дійсна епюра згинального моменту для позацентрово стиснутого елемента кладки

Міцність стиснутої ділянки стінки при позацентровому стисненні більше, ніж при центральному стисненні. Це пов'язано зі стримуючим ефектом навколишньої розтягнутої або потрісканої (і тому ненавантаженої) кладки. Причому, чим менше відносна висота зони стиснення, тим більше ексцентриситет.

У розрахунках враховано збільшення розрахункової несучої здатності стіни при нецентральному стиску шляхом множення табличного значення розрахункової несучої здатності стіни при стиску  $R$  на коефіцієнт  $\omega$ , який залежить за типом і формою поперечного перерізу стінки (табл. 2.4).

Таблиця 2.3

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

36

### Визначення коефіцієнта $\omega$

| Вид кладки  | Переріз                       |                                |
|---|-------------------------------|--------------------------------|
|   | прямокутний                   | довільної форми                |
| Кладка всіх видів, крім вказаних у п.2.   | $1 + \frac{e_0}{h} \leq 1,45$ | $1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1,45$ |
| Кладка з каменів і крупних блоків із ніздрюватого та крупнопористого бетонів; із природних каменів, у т.ч. бутового | 1                             | 1                              |

*Примітка. Якщо  $2y < h$ , то при обчисленнях значення коефіцієнта  $\omega$  замість  $2y$  беруть  $h$ .*

Умова розрахунку на позацентровий стиск:

$$N \leq N_u$$

При урахуванні гнучкості, тривалості навантаження та ефекту обойми рівняння розрахунку на позацентровий стиск має вигляд:

$$N_u = m_{g1} \varphi_1 R A_c \omega \quad (2.3)$$

де  $A_c$  – площа стиснутої частини перерізу, для прямокутного перерізу визначають за формулами :

$$A_c = v h_c; h_c = h - 2 e_0; A_c = A (1 - 2 e_0 / h), \quad (2.4)$$

тут  $h$  – висота перерізу елемента у напрямку дії згинального моменту.

Для складних видів позоцентрово стиснутих перерізів межі стиснутої частини перерізу визначають із умови рівності нулю статичного моменту відносно осі, яка проходить через точку прикладання стискаючої сили  $N$ .

## Місцевий стиск(зминання)

При операнні конструкції не по всій площі перерізу камяної кладки, а лише по її частині то відбувається місцевий стиск(зминання) кладки (рис 2.4).

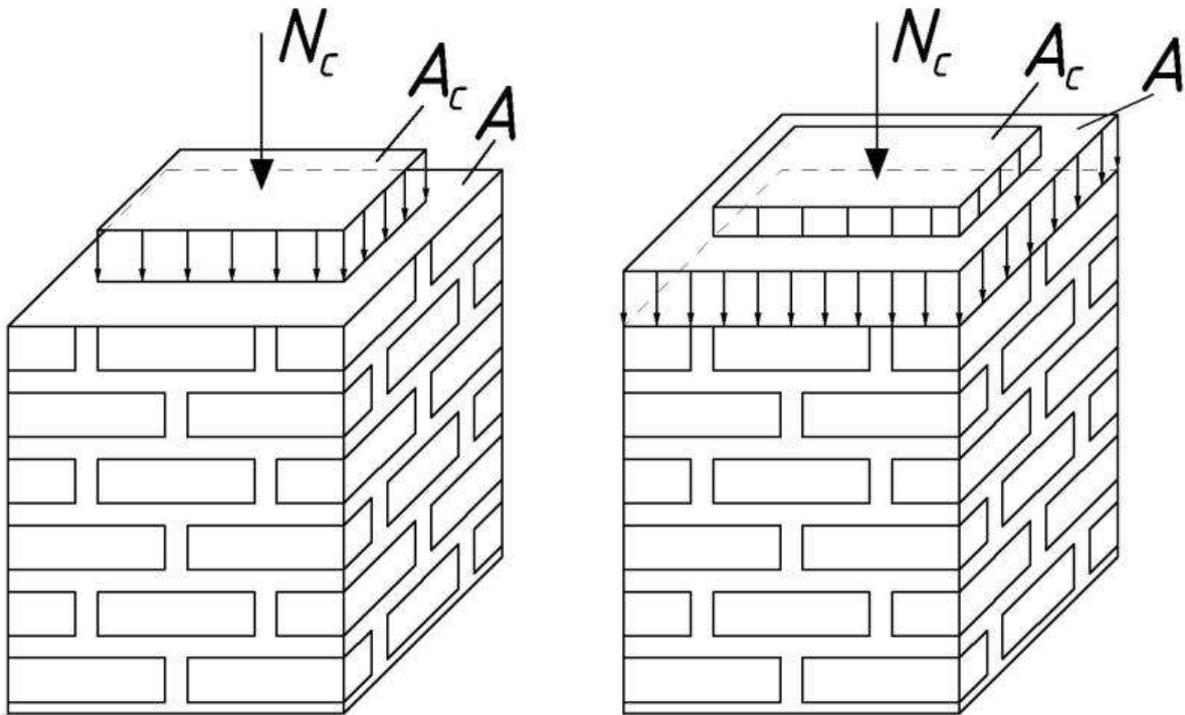


Рис 2.3. приклад навантаження при місцевому стиску

Опір місцевому стиску більший нах осьовому, оскільки ті, що примикають до навантаженої зони, прилягають один до одного ненавантажені зони запобігають його деформаціям, вони самі збільшують його несучу здатність. Є ефект «обойми».

Розрахунковий опір камяної кладки на місцевий стик визначається за формулою:

$$R_c = \xi R \leq \xi_1 R, \quad (2.5)$$

$\xi$  - коефіцієнт, який визначається по формулі:

$$\xi = \sqrt[3]{A/A_c}, \quad (2.6)$$

$R$  – розрахунковий опір цегляної кладки на осьовий стиск;

$A_c$  – площа зрізу, на яку передається навантаження (рис. 2.4)

$A$  – розрахункова (ефективна) площа перерізу при місцевому стиску (рис. 2.4)

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$\xi_1$  - граничний коефіцієнт, що залежить від матеріалу кладки, місця та характеру прикладання навантаження.

Перевірка несучої здатності при місцевому стиску перевіряється за формулою:

$$N_c \leq N_u,$$

$N_c$  - повздовжня сила при місцевому навантаженні;

$N_u$  - Граничне повздовжнє зусилля, яке сприймає цегляна кладка, обчислюється за формулою:

$$N_u = \psi d R_{loc} A_{loc} \quad (2.7)$$

$\psi$  - коефіцієнт повноти епюри навантаження

$d$ -коефіцієнт, який враховує перерозподіл напружень в місці місцевого стиску.

## Згин

Розрахунок згинальних неармованих елементів цегляних конструкцій виконується за формулою:

$$M \leq M_u,$$

де  $M$  - розрахунковий згинальний момент від зовнішнього навантаження

$M_u$  - граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз, вираховується по формулі:

$$M_u = R_{tb} W, \quad (2.9)$$

Де  $W$  - момент опору цегляної кладки;

$R_{tb}$  - розрахунковий опір цегляної кладки розтягу по перерізу

Згинальні елементи розраховуються на поперечну силу за формулою:

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

$$Q \leq Q_u,$$

Де  $Q$  - розрахункова поперечна сила;

$Q_u$  - граничне значення поперечної сили, визначають за формулою:

$$R_u = R_{tw} b z, \quad (2.10)$$

де  $R_{tw}$  - розрахунковий опір цегляної кладки розтягувальним напруження при згині;

$z$  - плече внутрішньої пари сил,

Для прямокутного перерізу цегляної кладки  $z = 2 / 3h$ ,

$b$  і  $h$  - розміри поперечного перерізу елемента.

При проектуванні забороняється цегляні конструкції, що працюють на згинання неперев'язаним перерізом(неармовані) [10]

### Зріз

Розрахунок опору цегляної неармованої кладки виконують по формулі:

$$Q \leq (R_{sq} + 0.8n\mu\sigma_0)A, \quad (2.11)$$

де  $R_{sq}$  - розрахунковий опір цегляної кладки зрізу;

$\sigma_0$  - середнє напруження стиску від найменшої повздовжньої сили

$n$  - коефіцієнт, який враховує тип кладки і її порожнистість;

$A$  - ефективна(розрахункова)площа перерізу;

$\mu$  - коефіцієнт тертя по шву цегляної кладки.

У випадках розрахунку цегляної кладки за перев'язаним перерізом(армуванням)

$$\sigma_0 = 0$$

### Розтяг

При розрахунку цегляної кладки за міцністю при осьовому розтягу використовують наступну формулу:

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

$$N \leq N_u,$$

де  $N$  - розрахункова поздовжня розтягуюча сила;

$N_u$  - максимальне значення розтягуючої сили, яке може сприймати переріз елемента, розраховують за формулою:

$$N_u = R_t A_n, \quad (2.12)$$

де  $R_t$  - розрахунковий опір цегляної кладки за перев'язаним (армованим) перерізом

$A_n$  - розрахункова площа перерізу (без порожнин у каменях).

Не допускається проектування цегляних конструкцій які працюють на осьовий розтяг за неперев'язаним (неармованим) перерізом. [10]

## 2.3 Розрахунок цегляної кладки за граничним станом другої групи

Розрахунок неармованої цегляної кладки за граничним станом виконують для перевірки конструкції на виникнення тріщин та появи деформацій.

В процесі проектування елементів цегляних конструкцій на появу і розкриття тріщин та по деформаціям необхідно виконати розраховувати:

- 1) позацентрово стиснуті елементи ( $e_0 \geq 0,7y$ );
- 2) суміжних конструктив елементів з різним модулем пружності;
- 3) самонесучі стіни, зв'язані з каркасами та працюючі на поперечний згин;
- 4) стінові заповнення каркасів-на переки в площині стіни;
- 5) поздовжньо армовані згинальні, позацентрово стиснуті та розтягнуті елементи, які експлуатуються в агресивного для них середовища;
- 6) інших елементів будівель та конструкцій, в яких поява тріщин не допустима або обмежено умовами експлуатації.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955



## Розрахунок цегляної кладки по деформаціям

Конструкції, я яких по умовах експлуатації не допускається поява тріщин в штукатурних та інших покриттях, повинні бути перевірені на появу деформацій в розтягнутих зонах. Ці деформації для неармованої цегляної кладки будуть визначатися при дії на них нормативних навантажень, які будуть прикладені після нанесення штукатурних або інших покриттів.

Розрахунок по деформаціям розтягнутих поверхонь цегляних конструкцій виконаних із неармованої кладки розраховують по наступним формулам:

при осьовому розтягу:

$$N = E \cdot A \cdot \varepsilon_u ; \quad (2.14)$$

При згині:

$$M = \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{h - y} ; \quad (2.15)$$

При позацентровому стиску:

$$N \leq \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{\frac{A(h - y) \cdot e_0}{I} - 1} ; \quad (2.16)$$

При позацентровому розтягу:

$$N \leq \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{\frac{A(h - y) \cdot e_0}{I} + 1} ; \quad (2.17)$$

В формулах 2.14-2.17:

$N$  і  $M$  - повздовжня сила і момент від нормативних навантажень після нанесення покриттів;

$\varepsilon_u$  - відносна гранична деформація (таблиця 2.6)

$(h - y)$  - відстань від центра ваги перерізу до найбільш віддаленої розтягнутої її грані;

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955



Також виконують розрахунок цегляної кладки за граничним станом другої групи:

-за виникненням і розкриттям тріщин та деформаціям при дії на них нормативних навантажень та перебуванні їх у агресивному середовищі для елементів конструкції.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 45   |

## РОЗДІЛ 3. Дія вибуху на будівлю і її поведінка

### 3.1 Загальні відомості

#### Вступ

Ця розділ розповідає про формування і кількісну оцінку вибухових хвиль, що виникають від використання вибухових речовин. Зокрема, в ньому представлена інформація, що дозволяє оцінити пікові надлишкові тиски і пов'язані з ними імпульси для ряду вибухових речовин, виражені у вигляді масштабованої відстані, що базується на дальності польоту і масі тротилового еквіваленту до фактичної вибухової речовини, що розглядається, як для сферичних, так і для напівсферичних зарядів.

Оцінюються тиски, що виникають в процесі відбиття, і сили, які виникають в результаті вибуху на конструкції, описані для вибухів як ззовні будівлі, так і всередині неї. В останньому випадку розглянуто вплив так званого газового навантаження, що створюється продуктами детонації. Продуктами детонації, кількісно оцінено вплив так званого газового тиску, що створюється продуктами детонації.

### Загальні відомості про вибух

Вибух - це процес раптового вивільнення великої кількості енергії, спричинений раптовим фізичним або хімічним перетворенням речовини або суміші. Він може бути викликаний детонацією або фізичним розкладанням речовини, а також при хімічних перетвореннях, швидкому згорянні газу, пари або пило-повітряних сумішей. Головною особливістю вибуху є миттєва зміна тиску, яка залежить від температури та об'єму продуктів згорання.

Вибух складається з двох стадій:

Перша стадія - перетворення певного виду енергії в енергію сильно стиснутих газів. У випадку порохового вибуху це екзотермічна реакція, яка протікає з дуже високою швидкістю і призводить до утворення сильно стиснутих газів і парів. У випадку ядерного вибуху це швидкі ядерні або

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

601-БП-10588955

Арк.

46

термоядерні реакції - реакції поділу або злиття атомних ядер, які виділяють велику кількість тепла. Продукти реакції, оболонка атомної або водневої бомби і частина навколишнього середовища навколо бомби, негайно перетворюються на гази, нагріті до дуже високих температур і тисків.

На другому етапі відбувається негайне розширення сильно стиснених газів і парів. У процесі розширення потенційна енергія стиснення зазвичай перетворюється на механічну роботу. Ця робота приводить навколишнє середовище в рух, що може спричинити пошкодження конструкцій, якщо виникаючі напруження перевищують межу міцності на розрив. Завдяки швидкості, з якою відбувається реакція у вибуховій речовині, утворені гази, навіть за відсутності міцної оболонки, досягають високого тиску і здатні поширюватися в навколишньому середовищі, генеруючи ударні хвилі в навколишньому середовищі і завдаючи потужного удару, який руйнує і розсіює перешкоди. Таким чином, надзвичайно швидкий прояв тиску, зазвичай дуже високого, є головною особливістю вибуху.

Вибухи можна класифікувати як фізичні, ядерні або хімічні події. Прикладами фізичних вибухів є розрив балону зі стисненим газом, виверження вулкану або бурхливе змішування двох сумішей рідин з різною температурою. При ядерному вибуху енергія, що вивільняється, виникає в результаті утворення різних атомних ядер внаслідок перерозподілу протонів і нейтронів у ядрах, що взаємодіють між собою.

Хімічний вибух полягає у швидкому окисленні паливних елементів (атомів вуглецю і водню), що входять до складу вибухової суміші. Кисень, необхідний для цієї реакції, також міститься у складі сполуки, тому повітря не потрібне для її протікання. Щоб бути ефективною, хімічна зброя повинна вибухати лише тоді, коли це необхідно. Швидкість реакції (набагато більша, ніж горіння палива в атмосферному повітрі) визначатиме корисність вибухового матеріалу для практичного застосування. Більшість вибухових речовин, що використовуються зазвичай, є "конденсованими": вони є або тверді або рідкі. Коли вибухівка вступає в реакцію, вона інтенсивно

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

розкладається з виділенням тепла і утворенням газу. Швидке розширення цього газу призводить до створення ударного тиску в будь-якому твердому матеріалі, з яким вибухівка контактує або вибухових хвиль, якщо розширення відбувається в такому середовищі, як повітря.

Вибух парової хмари відрізняється від вибуху в конденсованій фазі тим, що пари пального поширюються через окислювач (зазвичай повітря) і підпалюються від точкового джерела. Паливно-окислювальна суміш поступово згоряє в результаті хімічної реакції, яка зазвичай є детонаційною (див. нижче), розширення продуктів згорання створює хвилю тиску, яка зазвичай сприяє прискоренню хімічної реакції.

Слід також згадати про вибухи "паливо-повітря", які можуть спричинити пошкодження конструкцій, спів мірні з тими, що спричиняються конденсованими фугасними вибуховими речовинами. У паливно-повітряній зброї, яка представляє собою військове застосування вибуху парової хмари, палива запалюється за допомогою вбудованого детонатора. Руйнівна сила паливно-повітряного вибуху полягає в його здатності створювати високий тиск протягом відносно тривалого часу. Хоча в таких випадках хімічна реакція, як правило, є детонаційною, створюючи тиск, який може бути не таким високим на певній відстані від центру вибуху, як для еквівалентної кількості конденсованої вибухової речовини, руйнівна сила хвилі тиску значно підвищується за рахунок значно більшої тривалості імпульсу, що призводить до значно збільшується імпульсне навантаження на будівлю.

## Класифікація вибухів

Горіння - це термін, який використовується для опису будь-якої реакції окислення, включаючи ті, що вимагають наявності кисню ззовні, а також ті, що використовують кисень, який є невід'ємною частиною реагуючої сполуки. У випадку вибухових матеріалів, які розкладаються зі швидкістю, набагато нижчою за швидкість звуку в матеріалі, процес горіння називається детонацією. Детонація поширюється за рахунок теплоти реакції, що виділяється;

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      |                 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 601-БП-10588955 |      |

напрямок потоку продуктів реакції протилежний напрямку розкладання.

Детонація - це вибухова реакція, яка призводить до утворення ударної хвилі високої інтенсивності.

Більшість вибухових речовин можна активувати, якщо надати їм достатній стимул. Реакція супроводжується великими перепадами тиску і температури на фронті ударної хвилі, і реакція ініціюється миттєво. Швидкість реакції, що описується швидкістю детонації, лежить між 1500 і 9000 м/с, що помітно швидше, ніж розповсюдження теплових процесів, що відбуваються в детонації.

### Класифікація вибухових речовин

Під час вибуху вибухові речовини створюють ударні хвилі, розривають або руйнують матеріали, в яких вони знаходяться або на яких вони розміщені, руйнують матеріали, проникають всередину або на поверхню вибуху в повітрі, поблизу, під землею або під водою, створюють повітряну хвилю, підземні поштовхи або підводні імпульси тиску. Низькомолекулярні вибухові речовини вибухають, створюючи імпульси тиску зазвичай меншої амплітуди і більшої тривалості, ніж у фугасних вибухових речовин. Приклади включають ракетне паливо для запуску снарядів і вибухові суміші, такі як порох.

Класифікація цих матеріалів зазвичай базується на їхній чутливості до ініціювання.

А первинна вибухова речовина - це та, яку можна легко здетонувати простим підпалюванням від іскри, полум'я або удару. Такі матеріали, як фульminat ртуті та оксид свинцю, є первинними вибуховими речовинами. вибуховими речовинами і є типом матеріалів, що містяться в ударному капсулі вогнепальної зброї. боєприпасах.

Вторинні вибухові речовини можна підірвати, хоча й не так легко, як первинні вибухові речовини. Прикладами є тротил і гексоген (також відомий як циклоніт), серед багатьох інших. У військових цілях вторинна вибухова речовина використовується для основного вибухового заряду снаряда або

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

патрона. Для того, щоб досягти необхідних властивостей безпеки, надійності і продуктивності (також з урахуванням економічних міркувань), як у військовому, так і в комерційному виробництві вибухових речовин поширеною практикою є підривання. Для комерційного використання вибухові речовини, як правило, виготовляються з дешевших інгредієнтів: тротил або нітрогліцерин наприклад, змішують з дешевими нітратами. Такий матеріал має зазвичай короткий термін зберігання. Військові вибухові речовини складаються з більш дорогих інгредієнтів (таких як бінарні суміші стабільних сполук, таких як тротил і гексоген або гексоген з тротилом) і зазвичай мають довший термін зберігання.

## Вибухові хвилі

При ініціюванні конденсованої ВВ реакція вибуху спочатку генерує гарячий газ (продукти детонації), а потім газ (продукти детонації), який може перебувати під тиском 10-30 ГПа і температурою близько 3000-4000°C. Відбувається сильне розширення цих газоподібних продуктів і навколишнє повітря витісняється з об'єму, який воно займає. Як наслідок, шар повітря, що оточує газоподібні продукти повітря, що оточує газоподібні продукти, стискається, і цей шар - вибухова хвиля містить у вигляді енергії тиску більшу частину енергії, що виділяється при вибуху.

Оскільки, таким чином, встановлюється нерівновага між сильно стисненим повітрям у вибуховій хвилі і незбуреним повітрям перед ним, вибухова хвиля поширюється назовні від центру вибуху. Загальна енергія в системі тепер постійна, тому що вибухова речовина повністю здетонувала, і тиск на фронті вибухової хвилі зменшується в міру того, як фронт хвилі рухається далі від джерела вибуху. Імпульс газу призводить до його надмірного розширення результатом чого тиск у хвості вибухової хвилі падає нижче нормального атмосферного тиску. Це створює негативну, або всмоктувальну, фазу, яка, таким чином, застосовує гальмівну силу на молекули навколишнього газу, в результаті чого потік змінює напрямок на протилежний – до центру вибуху. Врешті-решт рівновага відновлюється.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955



від будівлі, створюючи область подальшого стиснення повітря біля будівлі. На молекулярному рівні поверхня прикладає до кожної молекули повітря зовнішню силу, достатню для того, щоб надати їй рівний імпульс у зворотному напрямку. За третім законом Ньютона, повітря діє на поверхню з такою ж зовнішньою силою. Саме завдяки цій зміні імпульсу тиск локально підвищується вище падаючого тиску, який міг би виникнути в тому ж місці. Це явище називається відбитим тиском.

### 3.2 Поведінка будівельних конструкцій при вибухах

Залежно від величини тиску розрізняють 4 ступені руйнування будівель.

1. низький ступінь руйнування - руйнування скла, легких перегородок, відкриття легких конструкцій, дверей, воріт відбувається при надмірному тиску ударної хвилі від 5 до 20 кПа. Основні будівельні конструкції не пошкоджені. Ступінь пошкодження становить 10...30%. Наслідки усуваються дрібним або середнім ремонтом.

2. середні руйнування - руйнування перекриття, підлоги, цегляних стін товщиною 51 см, бетонних стін товщиною 26 см починається при надмірному тиску ударної хвилі від 20 до 30 кПа. Ступінь пошкодження становить 30...60 %. Наслідки повинні бути усунені шляхом капітального ремонту.

3. значні руйнування - руйнування будівель зі сталевими конструкціями, цегляними стінами товщиною 64 см, бетонними стінами товщиною 36 см починається при надмірному тиску ударної хвилі від 30 до 50 кПа. Відсоток руйнувань становить 50...90%. Доцільність капітального ремонту є сумнівною.

4. повне руйнування - виникає при тиску ударної хвилі понад 50 кПа. Ступінь пошкодження - 90-100%. Рекомендується розбирання завалів та розчищення території (див. Додаток 41).

Велика увага приділяється запобіганню вибухів. Це включає в себе регулювання технологічних параметрів, встановлення автоматичної сигналізації довибухових концентрацій, а також використання об'ємно-планувальних і конструктивних рішень.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

Забезпечення вибухобезпеки об'єктів, що будуються:

- система інженерно-технічних заходів;
- система вибухозахисту (вибухопопередження);
- система вибухозахисту (вибухозахист) та ін;
- система організаційних заходів.

Вибухозахист - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, призначених для запобігання впливу на людей небезпеки вибуху.

Вибухостійкість - це максимальний тиск вибухової хвилі, який можуть витримати конструкції без втрати несучої здатності або придатності до нормальної експлуатації

### 3.3 Рекомендації по проектуванню елементів в цегляній кладці

У цьому розділі розглядається проектування елементів кладки, що піддаються впливу вибухового навантаження. Цегляна кладка використовується переважно для зведення стін і може бути армованою або неармованою. При правильному проектуванні та виконанні кладка може забезпечити стійкість до помірного тиску вибуху. Однак існують обмеження на кількість і тип армування, що призводить до обмеженої здатності до деформації та зменшується здатність до відскоку через розтягнення тріщин на початковій фазі реакції. Конструкція армованої кладки залежить від поєднання як горизонтальної, так і вертикальної сталевий арматури, що використовується в поєднанні зі спеціальними кладочними блоками, в той час як міцність неармованої кладки стін залежить від їхньої здатності до вигину дію.

### Навантаження на конструкцію при дії вибухового навантаження

Вибухове навантаження, для якого необхідно забезпечити стійкість, ймовірно, є екстремальною подією, і тому має низьку ймовірність виникнення. Відповідні часткові коефіцієнти навантаження вказані в ДБН В.1.2-2:2006[10] як

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955

одиниця; комбіновані коефіцієнти для прикладених навантажень і вітрових навантажень, що діють одночасно з вибуховим навантаженням, наведені в вибуховим навантаженням, визначені в таблиці BS EN1990 NA.A1.3 до  $s_{c1}$  для основної супутньої змінної дії та  $s_{c2}$  для будь-якої іншої змінних впливів і  $s_{c2}$  для будь-яких інших. Наприклад, для офісної або житлової будівлі вибухове навантаження слід розглядатися у поєднанні або з 50% прикладеного навантаження, або з 30% прикладеного навантаження і 20% вітрового навантаження. навантаження і 20% вітрового навантаження, залежно від того, яке з них є більш обтяжливим.

Якщо під час вибухового навантаження присутні інші навантаження, можна вважати, що вони діють постійно протягом усього часу застосування вибухового навантаження. Вплив цих інших навантажень як правило, полягає у зменшенні ефективного опору елемента. Однак, там, де маса пов'язана з такими навантаженнями пов'язана з такими навантаженнями, може виникнути сприятливий ефект в результаті інерційного впливу цих навантажень.

## Поведінка неармованих цегляних стін, що зазнали вибухового навантаження

Незважаючи на те, що неармовані цегляні стіни мають низьку стійкість до вибухових навантажень і навряд чи будуть природним вибором при новому проектуванні, іноді може виникнути необхідність визначити ймовірну реакцію існуючої цегляної конструкції [29, 30] на передбачувану загрозу вибуху загрозу вибухового навантаження. Їх опір буде функцією прогину стіни, конструкції міцності кладки на стиск  $f_d$ , визначеної за [10], і жорсткості опор.

Якщо обидві опори вважаються абсолютно жорсткими і поперечний рух верхньої та нижньої частини стіни не допускається, то під дією вибухового навантаження стіна трісне по центру, як показано на рисунку 3.2. центрі(UFC, 2008). Стіна може зруйнуватися тільки тоді, коли дроблення кладки відбувається вздовж верхнього і нижнього краю стіни і вздовж поверхні руйнування.

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

54

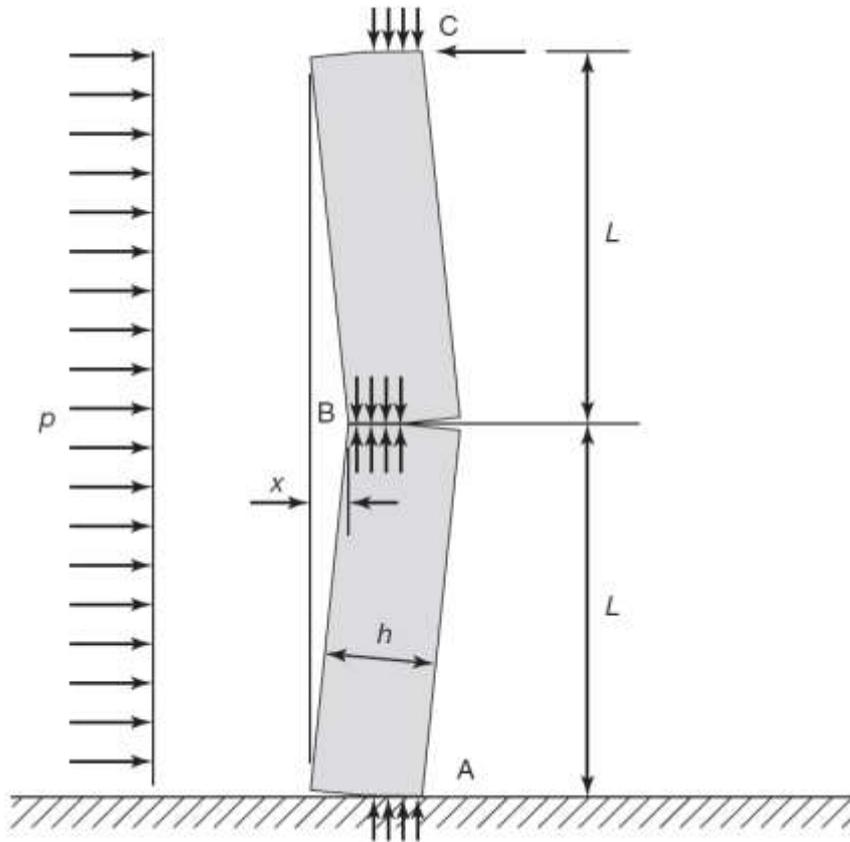


Рис.3.2 Поведінка цегляної стіни з вбудованими опорами

Ефект вигину, що виникає при цьому, має значний вплив на опір стіни. Початкова пружна реакція відбувається до тих пір, поки розчин на розтягнутій поверхні не трісне, після чого опір є функцією відновлювального моменту, створеного власною вагою стіни, довжини одиниці довжини  $W_{пер}$  і стискаючої сили на опорах і  $L/2$ . Слід зазначити, що  $W_{пер}$  - довжина одиниці довжини, а стискаюче зусилля на опорах і  $L/2$ . Слід зазначити, однак, що опір дуже чутливий до невеликих змін геометрії стіни, міцності розчину і кладки. Тому не рекомендується розраховувати вибухостійкість на вигин при стисненні, а якщо це необхідно, то на прямолінійність стіни, точність позиціонування блоків, якість блоків і розчинних швів мають першорядне значення.

від розподілу напружень згину до межі міцності розтягування розчину і відновлювального моменту, зумовленого власною вагою стіни. Для типової кладки, міцності розчину міцності розчину і висоти стіни, можна показати, що шарнір утворюється приблизно на двох третин висоти стіни (рис. 3.3), що

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |







До них відносяться недосконале розуміння механізмів руйнування, а також способів запобігання прогресуючому руйнуванню. Враховуючи недостатню нормативну базу, існує потреба в подальшому розвитку розрахункових методів та рекомендацій щодо розробки практичних розрахункових методів, в тому числі шляхом стандартизації руйнівних навантажень відповідно до типу та використання будівель.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 59   |





| Категорія технічного стану | Дефекти та пошкодження  |
|----------------------------|---|
|                            | та міжвіконних поясах несучих стін більше 5 мм. Осадкові тріщини в стінах (крім простінків* і міжвіконних поясів несучих стін та перемичок) шириною розкриття більше 50 мм. Нахили та випирання стін в межах поверху більше ніж на 1/6 їх товщини (3 см або 1/150 висоти поверху та більше для колон і стовпів). Зміщення (зсув) стін, стовпів та фундаментів по горизонтальних швах або косій штрабі. Відрив поздовжніх стін від поперечних в місцях їх перетину. Розрив або висмикування сталевих з'єднань та анкерів кріплення стін до колон та перекриттів. Пошкодження кладки під опорами ферм, балок, перемичок та інших опорних ділянок у вигляді тріщин, виколів, роздрібнення каменю або зміщення рядів кладки по горизонтальних швах на глибину більше 20 мм; силові вертикальні або косі тріщини по кінцях опор, що перетинають більше двох рядів кладки. Тріщини в перемичках шириною розкриття більше 5 мм та в склепіннях (арках) більше 1 мм. Зміщення плит перекриттів на опорах більше ніж на 1/5 глибини закладання в стінах (1/15 для балок на колонах та стовпах) або 20 мм. Вогневе пошкодження від пожежі кладки армованих та неармованих стін та стовпів на глибину більше 20 мм (без облицювання) |

#### 4.2 Підсилення сталевими конструкціями(обойми, підпори, рами)

Цегляні конструкції підсилюють для відновлення або збільшення несучої здатності та жорсткості. Необхідність в підсиленні виникає в результаті розширенні виробництва, вдосконаленням технології, встановленням нових техніки зумовлене збільшенням навантаження на конструкції будівлі. Також така необхідність може виникати в наслідок пошкодженні будівлі експлуатації, вибухів, в тому числі попадання різних видів боєприпасів , пожежах , замоканні, просіданню ґрунтів тощо.

Рішення технічної можливості та економічної доцільності підсилення та відновлення цегляної кладки приймають в конкретному випадку в залежності від експлуатаційних та економічних міркувань, в залежності від технічного стану будівлі, вартості ремонту та підсиленню в порівнянні з будівництвом нового об'єкту. При відновленні та реконструкції приймають певний метод або тип підсилення на основі техніко-економічних можливих варіантів підсилення. Розглянемо найбільш розповсюджені варіанти підсилення цегляних конструкцій: стіни, простінки, колони.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

### 4.2.1 Заміна кам'яної кладки

Під час надбудови та реконструкції мурованих будівель і споруд, у разі аварійного стану чи пошкодження стін, доцільно повністю замінити кам'яні конструкції. Заміну проводять після встановлення захисту стін металевими або дерев'яними конструкціями(підпори), які тимчасово приймають на себе навантаження, що передається на стіни, перестінки, колони тощо.

Нова кладка виконується з цегли марки не менше М100, на цементному розчині марки не менше М100. В місцях кладки де це потрібно горизонтальні шви армуються сіткою. Верхня частина кладки не заповнюється на 30-40 мм - цей проміжок заповнюється напівсухим цементним розчином >М100, за необхідності в свіжий розчин забиваються металеві клини. Тимчасові кріплення видаляють, коли розчин досягне не менше 50% проектної міцності.

### 4.2.2 Підсилення стін, перестінків

При експлуатації будівель та споруд [4] інколи виникають вертикальні або наклонні тріщини в конструкціях (рис 4.1). причинами виникнення таких тріщин багато, основними являються:

- просадка ґрунту(в тому числі після попадання боєприпасів);
- нерівномірна усадка ґрунту
- замочування

Такі тріщини можуть бути збільшені зверху і затухаючими в цоколі, однаковою товщини по всій висоті будівлі та фундаменті.

Перед початком підсилення потрібно виявити причину появи тріщин. Для цього проводять візуальний огляд будівлі ,заміри, дослужують характер і тип появи тріщин, після чого усувають причину появи таких тріщин.

Підсилення розтрісканих стін в результаті просідання ґрунтів краще всього виконувати так, щоб металеві тяжі сприймали всі горизонтальні навантаження та запобігали подальшому розкриттю та появі нових тріщин. Прикладом даного підсилення показано на рисунку 4.1. Діаметр тяжів вибирають в межах

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955



обойми із армованої штукатурки можуть бути використані коли немає необхідності в великому підсиленні несучою здатності. Превагою її буде мала товщина та можливість використання при різних конструктивних формах колон і стовпів.

Обойма в виді армованої штукатурки складається з вертикальних стрижнів діаметром 6-12 мм, розставлених не більше ніж через 400 мм та хомутів які стягують конструкцію з шагом не більше 150 мм. Після чого це все закривають шаром 3-5 см штукатуркою з цементного розчину марки не нижче М50.

Залізобетонна обойма дає значніше підсилення несучої здатності. Виконують її аналогічно штукатурній, але замість цементного штукатурного розчину заливають бетонну суміш не нижче марки М150 товщиною по розрахунку(4-12 см), діаметр стрижні не менше 12мм.

Стальні обойми дозволяють суттєво підвищити несучу здатність колон, але вони виконуються лише при прямокутному перерізу колони та являються не економічними, так як використання сталі великий в порівнянні з іншими методами.

Стальні обойми складаються із вертикальних кутиків, влаштовані по кутам колони, та хомутів із сталених полос чи круглих стрижнів, приварених до сталених кутиків. Відстань між хомутами повинна бути не більша ніж відстань найденого розміру перерізу та не перевищувати 50 см. Для включення кутів в роботу відразу в роботу їх роблять попередньо напруженими. Кутики об'єднують попарно і за рахунок надрізу мають прогини, які потім стягуються і зварюються(рис4.2, г). попереднє напруження створюється взаємним стягуванням кутиків між собою, випрямляючись вони беруть на себе частину навантаження, таким чином розвантажують колону. Така обойма повинна бути захищена від корозії розчином або спеціальним покриттям.

Цегляні колони з малим ексцентриситетом розраховуються за формулою  
При армованій штукатурці:

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

601-БП-10588955







### 4.3 Підстелення вуглепластиком

Посилення будівель (окремих частин будівель)

Посилення виконують для будівель, в яких є значні вертикальні тріщини на фасаді або місці примикання прибудови/ризаліту до основної частини.

Посилення виконується шляхом влаштування затяжок/поясів.

Посилення виконують:

- наклеюванням горизонтальних вуглецевих односпрямованих стрічок по периметру всієї будівлі або окремого ризаліту;
- посиленням усієї будівлі (частини будівлі) шляхом монтажу вуглецевих сіток на ремонтний склад.

При посиленні вуглецевими стрічками/тканинами підбір перерізів поясів виконують шляхом визначення зусиль в елементах пояса виходячи з різниці, що розраховується, осад частин будівлі. Загальна схема посилення представлена рис.

4.5-4.6

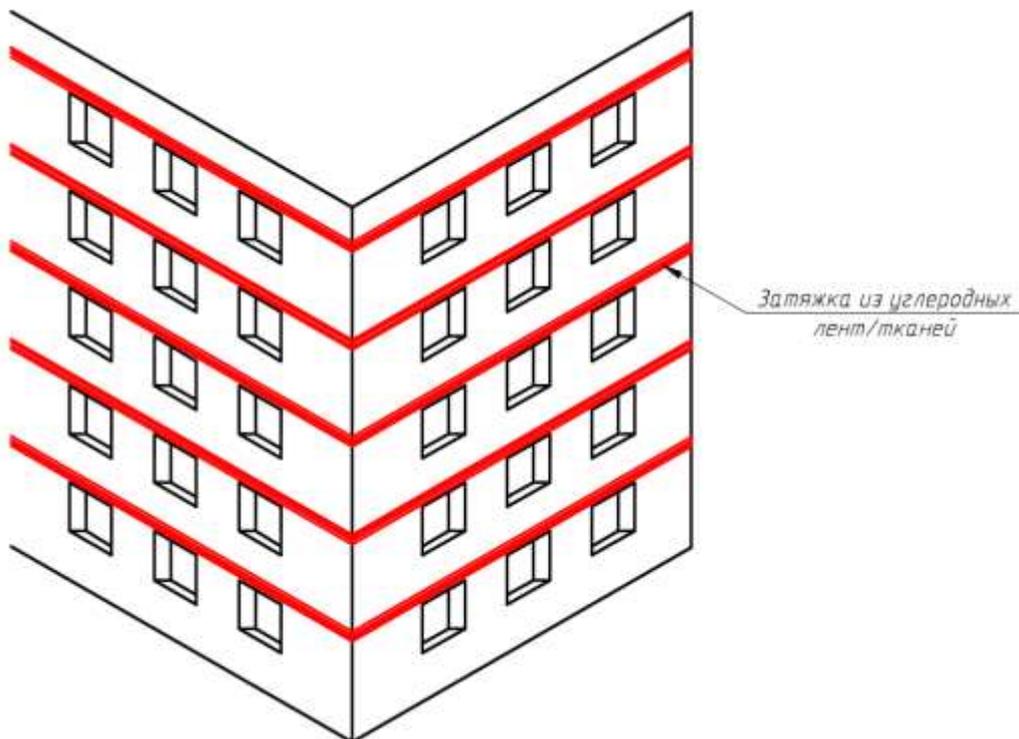


Рисунок 4.5 – Посилення будівлі шляхом влаштування поясів/затяжок із вуглецевих стрічок/тканин

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

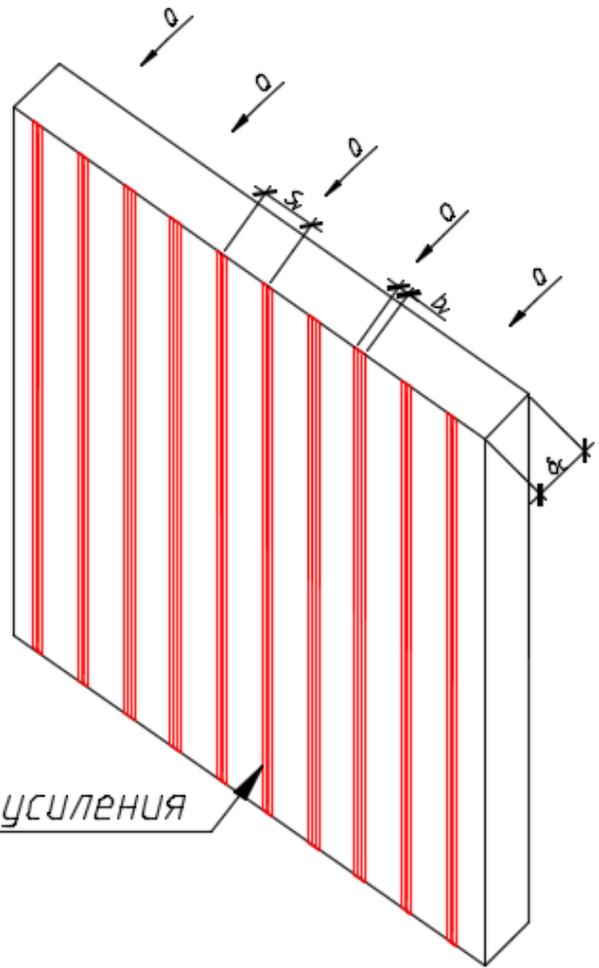
601-БП-10588955











Вертикальные элементы усиления  
(ленты, ламели)

Рисунок 4.10 – Усиление стены при действии горизонтальной нагрузки из плоскости стены

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

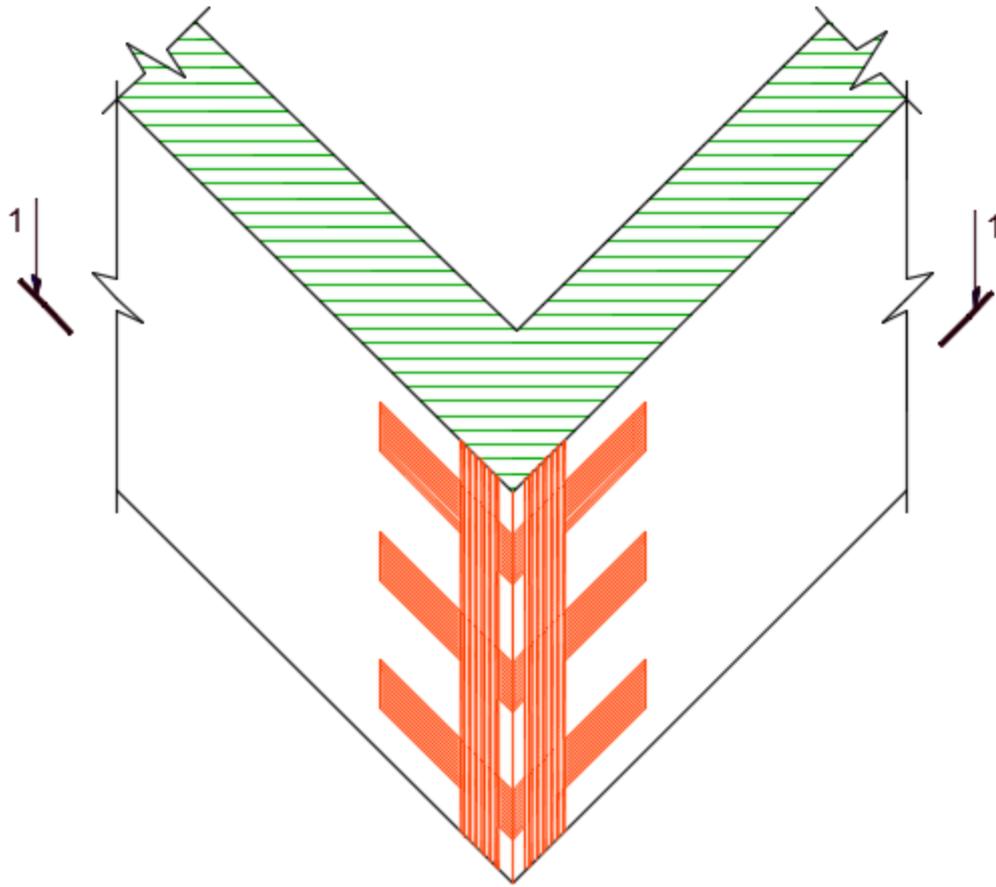
601-БП-10588955

Арк.

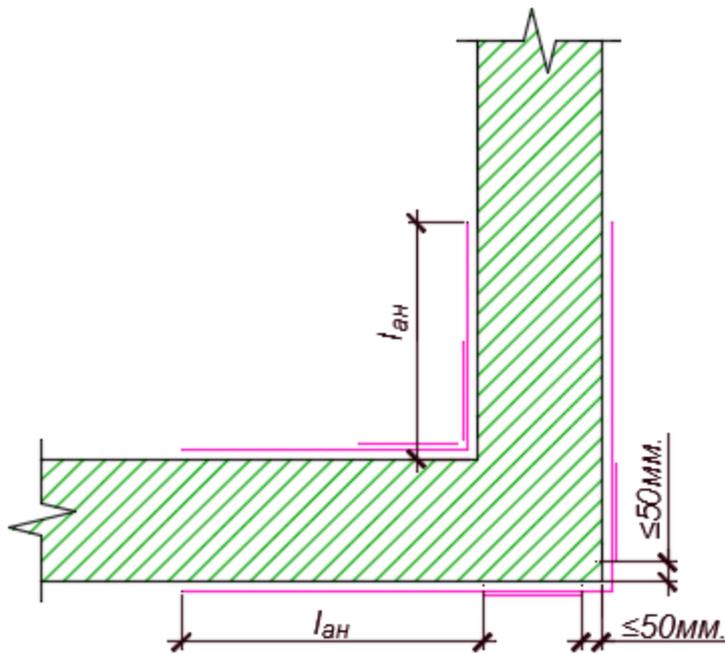
74







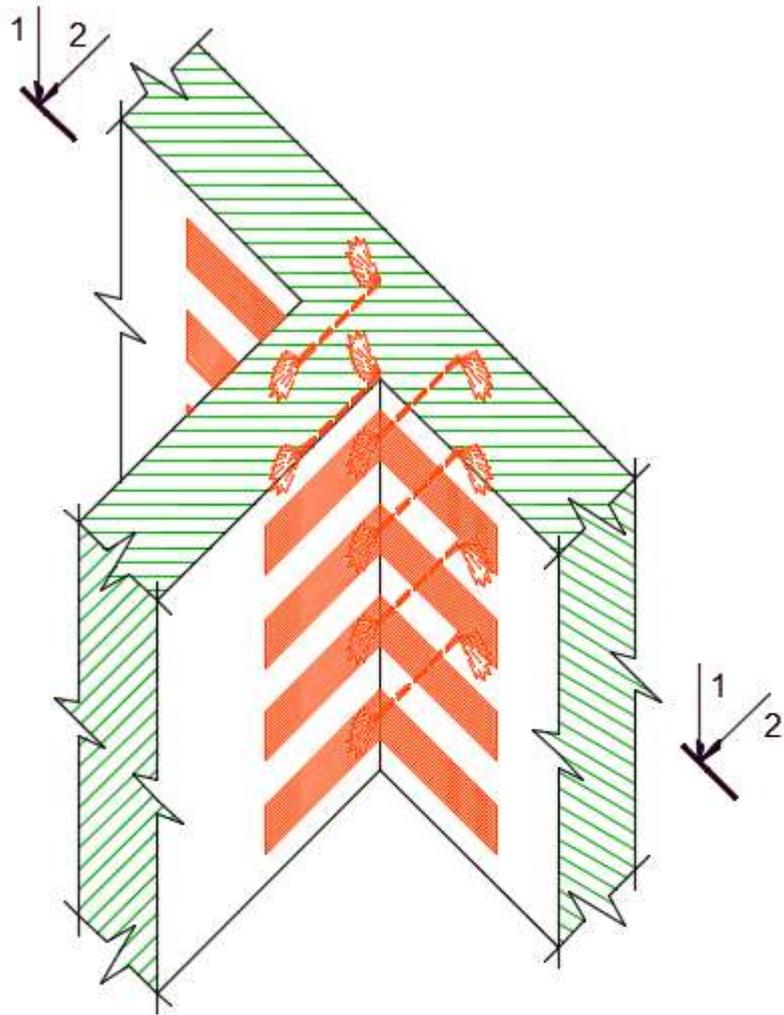
1-1 (умовно)



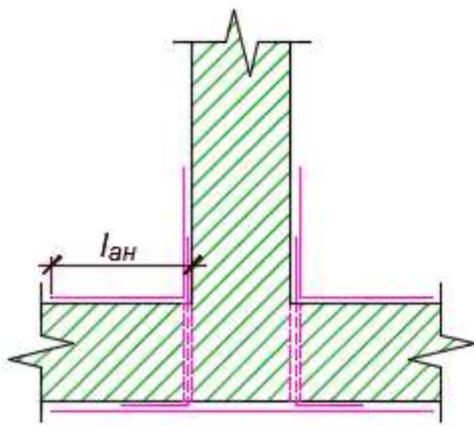
Рисунок

4.13 – Посилення сполучення стін (кутове)

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 77   |



1-1 (условно)



2-2 (условно)

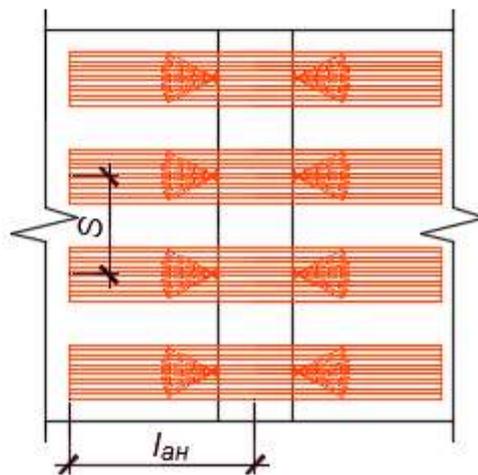


Рисунок 4.14 – Посилення сполучення стін (Т-подібне)

Посилення колон/стовпів

Посилення колон/стовпів здійснюється шляхом влаштування обойм.

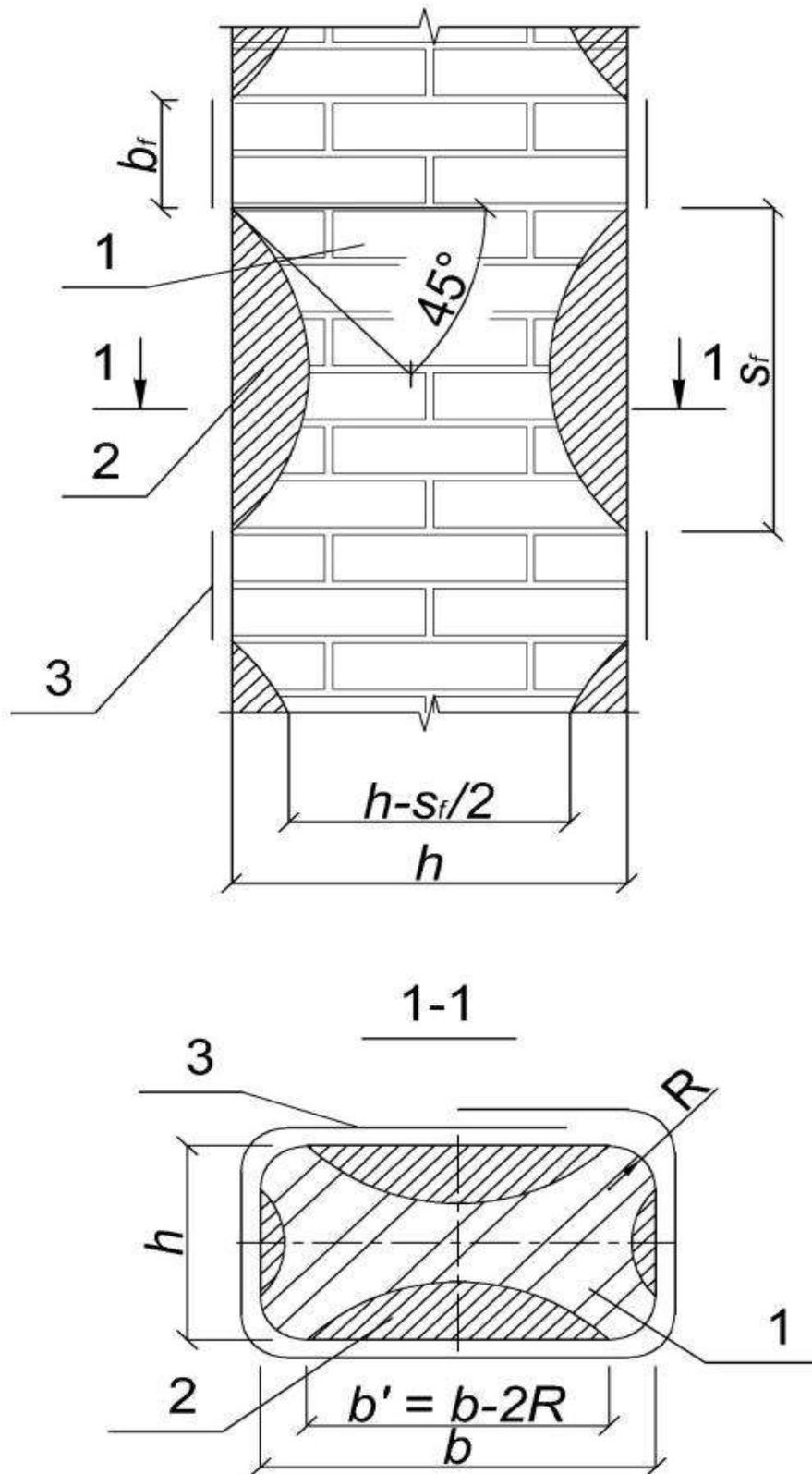
|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

78

Розрахунок посилення проводиться відповідно до [2]. Розрахункова схема представлена на рис. 4.15.



1 – активні зони посилення (посилене ядро);

2 – необжата зона; 3 – СВА

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

79

Рисунок 4.15 - Посилення колони окремими бандажами по висоті

У загальному випадку відновлення або посилення кам'яних та армокам'яних конструкцій з недостатньою несучою здатністю з використанням обойм із СВА слід здійснювати з урахуванням таких положень:

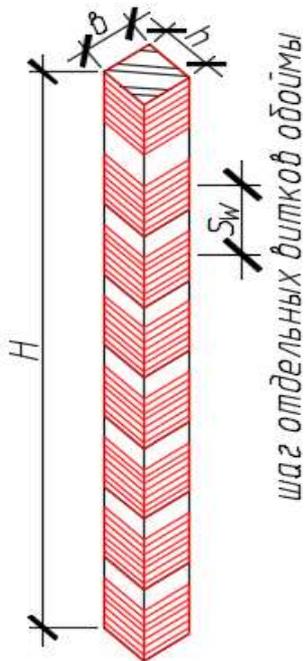
- розрахункове значення ексцентриситету додатка поздовжньої сили для прямокутних поперечних перерізів має бути меншим за  $0,1 h$ ;
- розмір сторони елементів прямокутного перерізу не повинен перевищувати 900 мм;
- Гнучкість кам'яної конструкції прямокутного поперечного перерізу не повинна перевищувати значення  $10 h 15$ .

Відступ від цих положень можливий при науковому супровід профільної наукової організації.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 80   |

Схема усиления представлена рис. 4.16 – 4.17.

Усиление колонны  
квадратного сечения



Усиление колонны  
прямоугольного сечения

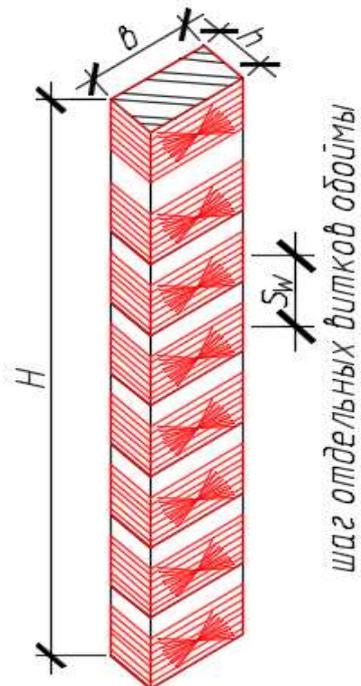


Рисунок 4.16

– Посилення колон (наклейка з розривом)

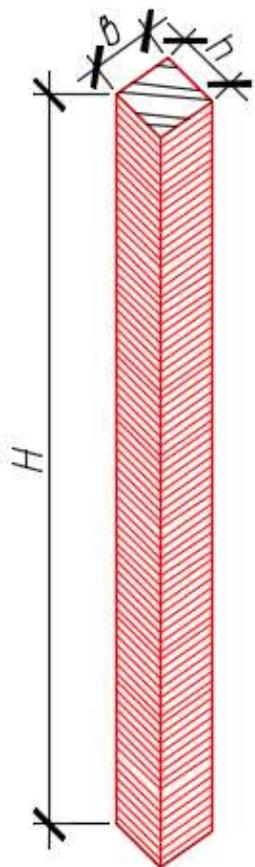
|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

81

Усиление колонны  
квадратного сечения



Усиление колонны  
прямоугольного сечения

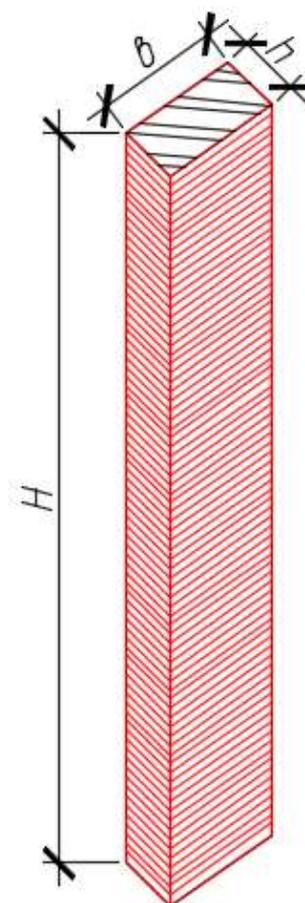


Рисунок 4.17 – Посилення колон (суцільна наклейка)

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

601-БП-10588955

Арк.

82





-збільшення несучою здатності колон, стін, перестінків шляхом обклеювання вуглецевих сіток.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 85   |



- за Єврокодами. Будівельні конструкції. К., ДП НДІБК. 2016. Вип. 83 (2). - С. 380-389
11. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. - К.: Мінбуд України, 2006. - 72 с.
  12. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строитель-ных конструкций аварийных и реконструи-руемых зданий. Атлас схем и чертежей. //То-мск 1990.- 185с
  13. Барашиков А. Я., Малишев О. М. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд/ Навч. пос.– К.: Основа, 2008.– 320 с
  14. Кліменко В. З., Белов І.Д. Випробування та обстеження будівельних конструкцій і спо-руд: підр. /В. З. Кліменко, І. Д. Белов. - К.: Основа, 2005. — 204 с.
  15. Малишев О. М. Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд / Малишев О. М., Віроцький В. Д. , Нілов О. О. та ін.; за ред. О. М. Малишева і Державного підприємства «Головний навч.-метод. центр» України. — К.: Відлуння, 2007. — 708 с.
  16. Васильченко О.В. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуа-цій/ Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Миргород О.В, Стельмах О.А.- Харків: ХНАДУ, 2015 -488с.
  17. Барашиков А.Я., Колякова В.М., Халік Н. Теплотехнічні властивості бетону. //Зб. наук.праць. Ресурсоекономні матеріали, кон-струкції, будівлі та споруди, Рівне: НУВГП. 2008С. 3-7
  18. Немчинов Ю.І., Поклонський В.Г., Коник Х.З., Расюк Р.В., Фесенко О.А. Дослідження вогнестійкості будівельних конструкцій. //Наука та будівництво. К., ДП НДІБК. 2014. №2.С.11 – 16.
  19. Колякова В.М., Божинський М.О., Фесе-нко О.А. Розподіл температури в перерізі за-лізобетонної плити. //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Луцьк: ЛНТУ.2016. №5. С.232-239

|      |      |          |        |      |  |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------------|------|
|      |      |          |        |      |  | 601-БП-10588955 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                 | 87   |



29. BSI (2002) NA to BS EN 1990:2002. UK National Annex for Eurocode 0 – Basis of structural design. BSI, London, UK.
30. BSI (2005) BS EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. BSI, London, UK.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>601-БП-10588955</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 89   |

# *Відновлення цегляної кладки постраждалої від військових дій*

ОБ'ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ є робота цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

МЕТОЮ РОБОТИ є дослідження методів відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

1. Аналіз методів розрахунку цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
2. Аналіз типових дефектів
3. Аналіз дефектів цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
4. Аналіз підсилення цегляної кладки пошкодженої від військових дій;
5. Розробка рекомендацій цегляної кладки пошкодженої від військових дій;

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ: досліджуване питання для України є надзвичайно важливе, так як за час повномасштабного вторгнення Росії було зруйновано та зазнало пошкодження велика кількість промислових та цивільних будівель

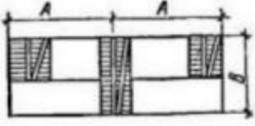
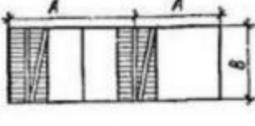
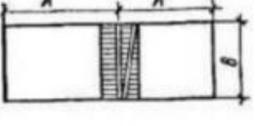
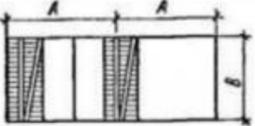
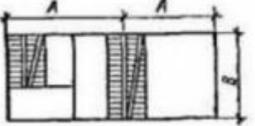
ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ полягає у підвищенні ефективності відновлення та посилення цегляної кладки пошкодженої від військових дій

НАУКОВА НОВИЗНА полягає в тому, що одержані результати аналізу методів відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій можуть бути використані в подальших дослідженнях і в проектних рішеннях по відновленню та підсиленню цегляної кладки пошкодженої від військових дій.

|               |      |              |        |      |  |       |       |
|---------------|------|--------------|--------|------|--|-------|-------|
|               |      |              |        |      | 601-БП-10588955  |       |       |
| Зм            | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |       |       |
| Розроб.       |      | Манько О. М. |        |      | Літ.   | Лист. | Акції |
| Керівник      |      | Семко О. В.  |        |      |  |       | 13    |
| Реценз.       |      |              |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |       |       |
| П. Контр.     |      | Семко О. В.  |        |      | Кодратюка  |       |       |
| Тех. Кадровий |      | Семко О. В.  |        |      |  |       |       |

# РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД МЕТОДІВ І СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ

Основні конструктивні схеми цегляних будівель

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

Основні види озброєння та їх вплив на будівлі

| Вид озброєння (Босприпас)            | Повна руйнація | Часткова руйнація будівлі |            | Руйнація частини перерізу |                               | Дрібні отвори |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------|------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|
|                                      |                | Тріщини будівель в цілому | Нахил стін | Наскрізні                 | Ненастрізні(від уламків,куль) |               |
| <b>Кулемети</b>                      |                |                           |            |                           |                               |               |
| 5,45 мм                              |                |                           |            |                           | +                             | +             |
| 7,62 мм                              |                |                           |            |                           | +                             | +             |
| 12,7 мм                              |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| 14,5 мм                              |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| <b>Гармати для БТР/БМП</b>           |                |                           |            |                           |                               |               |
| 30мм                                 |                |                           |            | +                         | +                             | +             |
| <b>Гранатомети</b>                   |                |                           |            |                           |                               |               |
| 30мм,ФГС-17                          |                | +                         | +          | +                         | +                             | +             |
| 40мм,РПГ-7                           |                |                           | +          | +                         | +                             | +             |
| <b>Танкові гармати</b>               |                |                           |            |                           |                               |               |
| 100 мм                               |                | +                         | +          | +                         |                               |               |
| 125 мм                               |                | +                         | +          | +                         |                               |               |
| <b>АРТИЛЕРІЙСЬКІ ОЗБРОЄННЯ</b>       |                |                           |            |                           |                               |               |
| <b>Міномети</b>                      |                |                           |            |                           |                               |               |
| 60 мм                                |                |                           |            |                           | +                             |               |
| 80 мм                                |                |                           |            |                           | +                             |               |
| 120 мм                               |                | +                         | +          | +                         | +                             |               |
| <b>Гаубиці</b>                       |                |                           |            |                           |                               |               |
| 120 мм «2С34 Хоста»                  | +              | +                         | +          | +                         | +                             |               |
| 152 мм «2С3 Акація»                  | +              | +                         | +          | +                         | +                             |               |
| 155 мм «2А61 Пат_Б»                  | +              | +                         | +          | +                         | +                             |               |
| 203 мм «Піон»                        | +              | +                         | +          | +                         | +                             |               |
| <b>Ракетна артилерія</b>             |                |                           |            |                           |                               |               |
| 122 мм «Град»                        |                | +                         | +          | +                         |                               |               |
| 122/300 «Торнадо»                    | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| 220 мм «Ураган»                      | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| 300 мм «Смерч»                       | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| <b>Зенітно-ракетні комплекси</b>     |                |                           |            |                           |                               |               |
| С-300                                | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| С-400                                | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| Точка У                              | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| Іскандер                             | +              | +                         | +          | +                         |                               |               |
| <b>Авіаційна техніка і озброєння</b> |                |                           |            |                           |                               |               |
| Р-27                                 | +              | +                         | +          |                           |                               |               |
| Х-47М2 «Кинжал»                      | +              | +                         | +          |                           |                               |               |
| Х-59                                 | +              | +                         | +          |                           |                               |               |
| Х-555                                | +              | +                         | +          |                           |                               |               |
| П-800 «Онікс»                        | +              | +                         | +          |                           |                               |               |
| Калібр                               | +              | +                         | +          |                           |                               |               |

# РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД МЕТОДІВ І СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ



Зруйнований каркасний п'ятиповерховий будинок, де відбулася руйнація несучих конструкцій в рівні третього, четвертого поверхів. Був демонтований - дане твердження може мати виключення у випадку, коли демонтаж здійснюється частковий в межах первинних каркасних чарунок із збереженням більшої частини будівлі.

Зокрема так було здійснено ремонт будинку в м. Києві (<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>) після потрапляння ракети.



Рис. 1.2. Каркасний будинок, куди потрапила ракета наявність масштабних руйнацій верхніх поверхів, внаслідок переважно потрапляння авіаційних ракет, що спричиняють обвалення їх руїн на нижні поверхи із перевантаженням і пошкодженням перекриттів та утворенням завалів

В одному п'ятиповерховому будинку 1967 р побудови, близькому до епіцентру вибуху, відбулося обвалення торцевої стіни з першого по п'ятий поверх, яка, як виявилось не мала перев'язки із повздовжньою центральною несучою стіною будинку, що було серйозною помилкою, допущеною під час будівництва



Руйнування торцевої стіни будинку внаслідок вибуху ракети(<http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/270260>)

Масштабне втрачання цілісності будинку внаслідок руйнування квартирних стояків. Розбирання завалів як правило потребує подальших демонтажних робіт, відновлення цілісності стає під питанням внаслідок неможливості здійснення ефективної перев'язки відновлюваних стін із існуючими, тощо. Дане твердження також особливо актуальне для панельних будинків, які як правило виконані 30..50 років тому із застарілих нині панельних серій, що давно не виробляються і є проблема доступу до прихованих стиків. (див рис.1.4) У той час монолітно-каркасні будівлі з руйнацією в межах квартирних стояків можуть підлягати капітальному ремонту.



. Будинок з порушенням цілісності секції

|               |              |          |        |      |  |      |       |
|---------------|--------------|----------|--------|------|--|------|-------|
|               |              |          |        |      | 601-БП-10588955  |      |       |
| Зм            | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |      |       |
| Розроб.       | Манько О. М. |          |        |      | Лист   | арк. | Акції |
| Керівник      | Семко О.В.   |          |        |      |  |      | 13    |
| Реценз.       |              |          |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |      |       |
| Н. Контр.     | Семко О.В.   |          |        |      |  |      |       |
| Тех. Кадровий | Семко О.В.   |          |        |      |  |      |       |

# РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД МЕТОДІВ І СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ

## Результатами потрапляння малокаліберних боєприпасів по конструкціях будинків



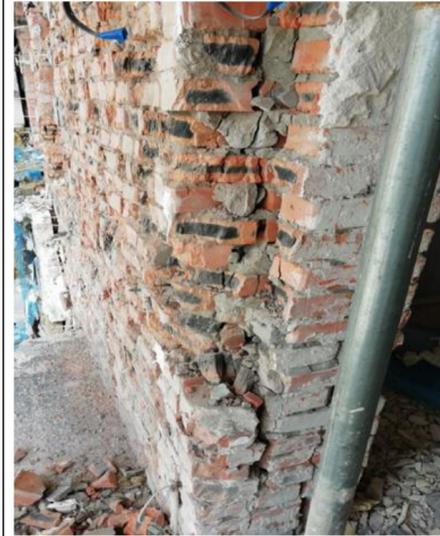
. Руйнування 60% та 100 % цегляного перестінка.

Як правило вищенаведені руйнування супроводжуються зменшенням розрахункової площі елементів стін, розшаруванням кладки. Це супроводжується характерними повздовжніми тріщинами, які можуть бути викликані як розшаруваннями від удару, так і руйнацією за класичною схемою внаслідок



Розшарування цегляної кладки від удару.

Вибухи мінометних мін можуть в безпосередній близькості внаслідок потрапляння осколків руйнувати поверхню цегляної кладки на глибину до 100..120 мм (див. фото 1.10).



Розшарування простінка по всій площі внаслідок удару мінометною міною по балкону



Характер пошкодження порожнистих керамоблоків від високої температури.



Характер пошкодження порожнистих керамоблоків від високої температури.



Типовий характер руйнування круг-порожнистих плит під час тривалого вогню.

|                |              |          |       |      |  |      |        |
|----------------|--------------|----------|-------|------|--|------|--------|
|                |              |          |       |      | 601-БП-10588955  |      |        |
| Зм             | Арк.         | № докум. | Піпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |      |        |
| Розроб.        | Манько О. М. |          |       |      | Літ.   | арк. | Акціїв |
| Керівник       | Семко О.В.   |          |       |      |  |      | 13     |
| Реценз.        |              |          |       |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |      |        |
| Н. Контр.      | Семко О.В.   |          |       |      |  |      |        |
| Тех. Кадровики | Семко О.В.   |          |       |      |  |      |        |

# РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПО ДІЮЧИМ НОРМАМ

## Загальні положення розрахунку кам'яних конструкцій по методу граничних станів

### Загальні положення розрахунку

Під граничним розуміти такий стан при якому конструкція перестає задовольняти експлуатаційним вимогам [5], що пред'являються до неї, тобто втрачає здатність опору зовнішнім навантаженням і впливам або отримує неприпустиму деформацію або місцеві пошкодження

Кам'яні конструкції повинні відповідати вимогам міцності, стійкості, витривалості (граничні стани першої групи), а також вимогам придатності до нормальної експлуатації (граничні стани другої групи).

Розрахунок по першій групі граничних станів повинен захистити конструкцію від ;

-Руйнування (розрахунок на міцність);

- Втрати стійкості форми конструкції (Розрахунок на повздовжній згин, розрахунок стійкості тонкостінних конструкцій);

-Втрата стійкості положення(розрахунок на перекидання, ковзання та зсуву)

-втомлювана руйнація (розрахунок на витривалість);

-руйнування при спільному впливі силових факторів та несприятливих впливів зовнішнього середовища (змінного заморожування-танення, зволоження-висушування, дії агресивної середовища);

Розрахунок за другою групою граничних станів повинно запобігати конструкцію від:

-надмірних(граничних) деформацій(граничних прогинів, поворотів);

-неприпустимого розкриття тріщин;

-досягнення граничних рівнів коливань конструкції;

-втрата стійкості форми, що приводить до неможливості нормальної експлуатації конструкції;

-інших явищ, при яких виникає необхідність обмежити експлуатацію будівлі;

-розшарування багатощарової кладки.

Граничні стани визначаються стандартами на проектування. Розрахунок за граничними станами повинен забезпечити надійність будівлі або споруди на протязі всього терміну експлуатації, а також можливих робіт.

Умови, при яких забезпечується надійність полягають у тому, щоб розрахункові значення навантажень або зусиль не перевищували відповідних граничних значень, встановлених нормами проектування конструкцій

### Класифікація навантажень на конструкції

При проектуванні слід враховувати навантаження, що виникають під час будівництва та експлуатації будівель, а також виробництва, зберігання та транспортування будівель згідно з ДБН В.1.2-2:2006  
Дана класифікація навантажень дає можливість робити розрахунок з урахування можливих ситуацій і граничних станів:

-перевірку на міцність, стійкість;

-перевірку на жорсткість, тріщиностійкість в режимі нормальної експлуатації;

-перевірку витривалості при циклічних навантаженнях;

-урахування повзучості та інших процесів при дії постійних і тривалих навантажень;

Використовуються чотири типи розрахункових значень, залежно від характеру навантаження та мети розрахунку:

1) граничне - значення навантаження, що відповідає екстремальній ситуації, яка може виникнути не більше одного разу протягом терміну служби конструкції і використовується для перевірки граничних станів першої групи, вихід за межі яких еквівалентний повній втраті працездатності конструкції;

2) експлуатаційне - значення навантаження, що характеризує умови нормальної експлуатації конструкції. Як правило, експлуатаційне розрахункове значення використовується для перевірки граничних станів другої групи, пов'язаних з труднощами нормальної експлуатації (виникнення неприпустимих переміщень конструкції, неприпустимих вібрацій і неприпустимо великого розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях тощо).

3) циклічне- навантаження, яке використовують для розрахунків на витривалість.

4) квазіпостійне- розрахункове значення навантаження, яке використовується для врахування процесів, що відбуваються під впливом змінних навантажень, і визначається як рівень такого постійного впливу, який еквівалентний за результуючим ефектом реальному випадковому процесу навантаження.

|              |              |        |        |      |  |                 |
|--------------|--------------|--------|--------|------|--|-----------------|
|              |              |        |        |      |  | 601-БП-10588955 |
| Зм           | Арх.         | № док. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |                 |
| Розроб.      | Манько О. М. |        |        |      | Лист   | Лист            |
| Керманик     | Семко О. В.  |        |        |      |  | 13              |
| Реценз.      |              |        |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |                 |
| Н. Контр.    | Семко О. В.  |        |        |      |  |                 |
| Тех. Кадрови | Семко О. В.  |        |        |      |  |                 |

# РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПО ДІЮЧИМ НОРМАМ

Розрахунок цегляної кладки за граничним станом першої групи

**Центральний стиск**

При центральному стиску навантаження передається по всьому перерізу елемента рівномірно (рис 2.1).

Рис. 3.1. Напружений стан центрально навантаженого елемента перед руйнуванням: а – жорсткого; б – гнучкого

Руйнування елементів кладки відбуваються в залежності від їх гнучкості. Короткі елементи руйнуються при досягненні напружень у цегляній кладці  $\delta = \bar{R}$ .

Довгі (витягнуті) при втраті стійкості при критичних напруженнях  $\delta = \delta_{cr}$ , які будуть менші за межу міцності кладки  $\bar{R}$ . Також на значення руйнівних зусиль впливає тривалість дії навантаження.

Умова виконання розрахунку центрально стиснутих неармованих елементів кам'яної кладки:

$$N \leq N_u$$

Де  $N$  - розрахункова поєздовжня сила  
 $N_u$  - найбільше поєздовжнє зусилля яке може сприймати стиснутий елемент, визначають за формулою:

$$N_u = m_g \phi R A$$

**Розтяг**

При розрахунку цегляної кладки за міцністю при осьовому розтягу використовують наступну формулу:

$$N \leq N_u$$

де  $N$  - розрахункова поєздовжня розтягуюча сила;  
 $N_u$  - максимальне значення розтягуючої сили, яке може сприймати переріз елемента, розраховують за формулою:

$$N_u = R_t A_n \quad (2.12)$$

де  $R_t$  - розрахунковий опір цегляної кладки за перев'язаним (армованим) перерізом  
 $A_n$  - розрахункова площа перерізу (без порожнин у каменях).

Не допускається проектування цегляних конструкцій які працюють на осьовий розтяг за неперев'язаним (неармованим) перерізом. [10]

**Позацентричний стиск**

Позацентричний стиск являється найбільш розповсюдженим видом силового навантаження на кам'яні конструкції (стіни, простінки, колони).

Як вже зазначалося, кам'яна кладка має пружно-пластичну властивість, тому для розрахунку кам'яних конструкцій на позацентричний стиск не застосовують формули за якими розраховується на цей вид впливу елементи з пружних матеріалів.

Характер напруженого стану кладки при нецентральному напруженні залежить від ексцентриситету  $e_0$  прикладеної сили  $N$ . При малих ексцентриситетах весь поперечний переріз напружений (рис. 2.2, а). При збільшенні ексцентриситету епора напружень стає частково стиснутою, а частково розтягнутою (рис. 2.2, б).

Рис. 2.2. Напруження при позацентричному стиску а - весь переріз стиснутий; б - поява розтягу у частині перерізу; в - виникнення тріщини у розтягнутій частині перерізу

Навіть великих ексцентриситетах, та при малих навантаженнях, у розтягнутій зоні елемента можуть виникнути напруги, що перевищують граничну несучу здатність стіни на розтяг при згині, і можуть виникнути горизонтальні тріщини (рис. 2.2, в). Поява таких тріщин не призводить до руйнування елемента, якщо значення напруги в зоні стиснення не перевищує граничного значення. Розривне навантаження може в кілька разів перевищувати навантаження, яке викликало утворення тріщин у розтягнутій зоні стіни.

**Місцевий стиск (змінання)**

При операнні конструкції не по всій площі перерізу кам'яної кладки, а лише по її частині то відбувається місцевий стиск (змінання) кладки (рис 2.4).

Рис. 2.3. приклад навантаження при місцевому стиску

Опір місцевому стиску більший нах осьовому, оскільки ті, що примикають до навантаженої зони, прилягають один до одного ненавантаженої зони запобігають його деформаціям, вони самі збільшують його несучу здатність. Є ефект «обойми».

Розрахунковий опір кам'яної кладки на місцевий стиск визначається за формулою:

$$R_c = \xi R \leq \xi_1 R \quad (2.5)$$

$\xi$  - коефіцієнт, який визначається по формулі:

$$\xi = \sqrt[3]{A/A_c} \quad (2.6)$$

$R$  - розрахунковий опір цегляної кладки на осьовий стиск;  
 $A_c$  - площа зрізу, на яку передається навантаження (рис. 2.4)  
 $A$  - розрахункова (ефективна) площа перерізу при місцевому стиску (рис. 2.4)

$\xi_1$  - граничний коефіцієнт, що залежить від матеріалу кладки, місця та характеру прикладання навантаження.

**Згин**

Розрахунок згинальних неармованих елементів цегляних конструкцій виконується за формулою:

$$M \leq M_u$$

де  $M$  - розрахунковий згинальний момент від зовнішнього навантаження  
 $M_u$  - граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз, вираховується по формулі:

$$M_u = R_{tb} W \quad (2.9)$$

Де  $W$  - момент опору цегляної кладки;  
 $R_{tb}$  - розрахунковий опір цегляної кладки розтягу по перерізу

**Зріз**

Розрахунок опору цегляної неармованої кладки виконують по формулі:

$$Q \leq (R_{sq} + 0.8n\mu\sigma_0) A \quad (2.11)$$

де  $R_{sq}$  - розрахунковий опір цегляної кладки зрізу;  
 $\sigma_0$  - середнє напруження стиску від найменшої поєздовжньої сили  
 $n$  - коефіцієнт, який враховує тип кладки і її порожнистість;  
 $A$  - ефективна (розрахункова) площа перерізу;  
 $\mu$  - коефіцієнт тертя по шву цегляної кладки.

У випадках розрахунку цегляної кладки за перев'язаним перерізом (армуванням)

$$\sigma_0 = 0$$

папа

# РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПО ДІЮЧИМ НОРМАМ

Розрахунок цегляної кладки за граничним станом другої групи

Розрахунок неармованої цегляної кладки за граничним станом виконують для перевірки конструкції на виникнення тріщин та появи деформацій. В процесі проектування елементи цегляних конструкцій на появу і розкриття тріщин та по деформаціям необхідно виконати розрахувати:

$$e_0 \geq 0,7y$$

- 1)позацентровано стиснуті елементи(
- 2)суміжних конструктив елементі з різним модулем пружності;
- 3)самонесучі стіни, зв'язані з каркасами та працюючі на поперечний згин;
- 4)стінові заповнення каркасів-на перекіс в площині стіни;
- 5)поздовжньо армовані згинальні, позацентровано стиснуті та розтягнуті елементи, які експлуатуються в агресивного для них середовища;
- 6)інших елементі будівель та конструкцій, в яких поява тріщин не допустима або обмежено умовами експлуатації.

## Розрахунок цегляної кладки на розкриття тріщин

Розрахунок по розкриттю тріщин(швів кладки) позацентровано

стиснутих елементів цегляної кладки [6] при  $e_0 \geq 0,7y$  потрібно розрахувати по формулі:

$$N \leq \frac{\gamma_r R_{tb} A}{A(h-y)e_0 - I} - 1, \quad (2.13)$$

де  $I$  - момент інерції перерізу в площині дії згинального моменту;  
 $y$  - відстань від центра ваги перерізу до його стиснутого краю;  
 $R_{tb}$  - розрахунковий опір цегляної кладки при згині по неперев'язаному перерізу;  
 $\gamma_r$  - коефіцієнт умов роботи цегляної кладки при розрахунку на розкриття тріщин (таблиця 2.5)

## Розрахунок цегляної кладки по деформаціям

Конструкції, я яких по умовах експлуатації не допускається поява тріщин в штукатурних та інших покриттях, повинні бути перевірені на появу деформацій в розтягнутих зонах. Ці деформації для неармованої цегляної кладки будуть визначатися при дії на них нормативних навантажень, які будуть прикладені після нанесення штукатурних або інших покриттів.

Розрахунок по деформаціям розтягнутих поверхонь цегляних конструкцій виконаних із неармованої кладки розраховують по наступним формулам: при осьовому розтягу:

$$N = E \cdot A \cdot \varepsilon_u; \quad (2.14)$$

$$M = \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{h-y}; \quad (2.15)$$

При згині:

При позацентровому стиску:

$$N \leq \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{A(h-y) \cdot e_0 - I} - 1; \quad (2.16)$$

При позацентровому розтягу:

$$N \leq \frac{E \cdot A \cdot \varepsilon_u}{A(h-y) \cdot e_0 + I} + 1; \quad (2.17)$$

В формулах 2.14-2.17:

$N$  ;  $M$  - повздовжня сила і момент від нормативних навантажень після нанесення покриттів;

$\varepsilon_u$  - відносна гранична деформація (таблиця 2.6)

$(h-y)$  - відстань від центра ваги перерізу до найбільш віддаленої розтягнутої її грані;

$I$  - момент інерції перерізу;

$E$  - модуль деформації, визначений по формулі  $E = 0,8 \cdot E_0$ , де  $E_0$  модуль пружності.

Деформації по результату розрахунків не повинні перевищувати величину відносних деформацій  $\varepsilon_u$ ,приведену в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

### Значення максимально допустимої відносної деформації розтягу кладки $\varepsilon_u$

| Вид і призначення покриття  | $\varepsilon_u$     |
|---|---------------------|
| Гідроізоляційна цементна штукатурка для конструкцій, які сприймають гідростатичний тиск рідин                 | $8,0 \cdot 10^{-4}$ |
| Кислотостійка штукатурка на рідкому склі або однашарове покриття із кам'яного литва на кислотостійкій замазці | $0,5 \cdot 10^{-4}$ |
| Дво- та тришарове покриття із прямокутних плиток із кам'яного литва на кислотостійкій замазці:                |                     |
| - уздовж довгої сторони плиток  | $1,0 \cdot 10^{-4}$ |
| - уздовж короткої сторони плиток  | $0,8 \cdot 10^{-4}$ |

У випадку невиконанні умов міцності необхідно збільшити розмір перерізу або підібрати більш міцніші матеріали.

## Висновок

При розрахунку цегляна кладки повинна забезпечувати основі вимоги які вказані нормативних документах [1], а саме, розрахунок розрахунок цегляної кладки за граничним станом першої групи:

- центральний стиск, при якому напруження діє на весь переріз і розподіляється рівномірно;
  - позацентровий стиск, при якому силі діє з певним ексцентриситетом. При невеликому ексцентриситету весь переріз стискаються, і при його збільшення переріз стає в певній зоні стиснутий і в іншій розтягнутий;
  - зминання, при якому обпирання відбувається по частині перерізу цегляної стіни;
  - згин та зріз, при дії згинальних моментів на кладку;
- Також виконують розрахунок цегляної кладки за граничним станом другої групи:  
 -за виникненням і розкриттям тріщин та деформаціям при дії на них нормативних навантажень та перебуванні їх у агресивному середовищі для елементів конструкції.

|                |              |        |        |      |  |      |         |
|----------------|--------------|--------|--------|------|--|------|---------|
|                |              |        |        |      | 601-БП-10588955  |      |         |
| Зм.            | Арх.         | № док. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |      |         |
| Розроб.        | Манько О. М. |        |        |      | Літ.   | Лрк. | Акрциїв |
| Кервник        | Семко О.В.   |        |        |      |  |      | 13      |
| Реценз.        |              |        |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |      |         |
| П. Контр.      | Семко О.В.   |        |        |      |  |      |         |
| Тех. Кадровики | Семко О.В.   |        |        |      |  |      |         |

# РОЗДІЛ 3. ДІЯ ВИБУХУ НА БУДІВЛЮ

## Загальні відомості

### Загальні відомості про вибух

Вибух - це процес раптового вивільнення великої кількості енергії, спричинений раптовим фізичним або хімічним перетворенням речовини або суміші. Він може бути викликаний детонацією або фізичним розкладанням речовини, а також при хімічних перетвореннях, швидкому згорянні газу, пари або пило-повітряних сумішей. Головною особливістю вибуху є миттєва зміна тиску, яка залежить від температури та об'єму продуктів згорання.

Вибух складається з двох стадій:

Перша стадія - перетворення певного виду енергії в енергію сильно стиснутих газів. У випадку порохового вибуху це екзотермічна реакція, яка протікає з дуже високою швидкістю і призводить до утворення сильно стиснутих газів і парів. У випадку ядерного вибуху це швидкі ядерні або термоядерні реакції - реакції поділу або злиття атомних ядер, які виділяють велику кількість тепла. Продукти реакції, оболонка атомної або водневої бомби і частина навколишнього середовища навколо бомби, негайно перетворюються на газ, нагріті до дуже високих температур і тисків.

На другому етапі відбувається негайне розширення сильно стиснених газів і парів. У процесі розширення потенційна енергія стиснення зазвичай перетворюється на механічну роботу. Ця робота приводить навколишнє середовище в рух, що може спричинити пошкодження конструкцій, якщо виникаючі напруження перевищують межу міцності на розрив. Завдяки швидкості, з якою відбувається реакція у вибуховій речовині, утворені газ, навіть за відсутності міцної оболонки, досягають високого тиску і здатні поширюватися в навколишньому середовищі, генеруючи ударні хвилі в навколишньому середовищі і завдаючи потужного удару, який руйнує і розсіює перешкоди. Таким чином, надзвичайно швидкий прояв тиску, зазвичай дуже високого, є головною особливістю вибуху.

### Класифікація вибухів

Горіння - це термін, який використовується для опису будь-якої реакції окислення, включаючи ті, що вимагають наявності кисню ззовні, а також ті, що використовують кисень, який є невід'ємною частиною реагуючої сполуки. У випадку вибухових матеріалів, які розкладаються зі швидкістю, набагато нижчою за швидкість звуку в матеріалі, процес горіння називається детонацією. Детонація поширюється за рахунок теплоти реакції, що виділяється;

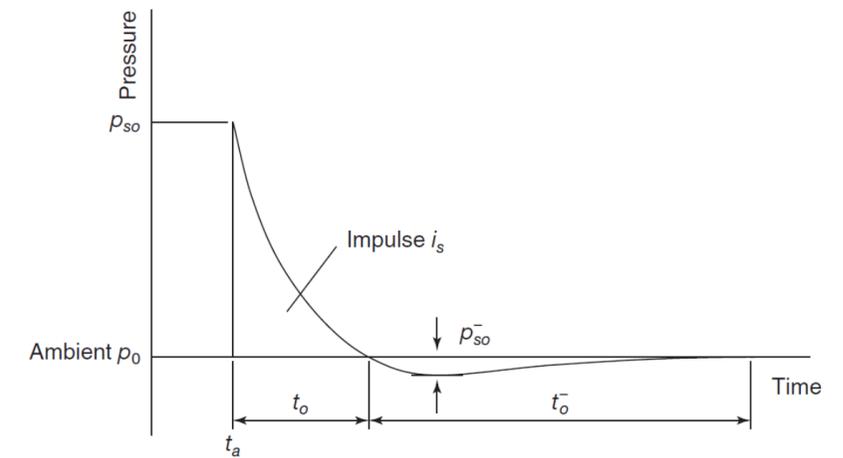
напрямок потоку продуктів реакції протилежний напрямку розкладання.

Детонація - це вибухова реакція, яка призводить до утворення ударної хвилі високої інтенсивності.

Більшість вибухових речовин можна активувати, якщо надати їм достатній стимул. Реакція супроводжується великими перепадами тиску і температури на фронті ударної хвилі, і реакція ініціюється миттєво. Швидкість реакції, що описується швидкістю детонації, лежить між 1500 і 9000 м/с, що помітно швидше, ніж розповсюдження теплових процесів, що відбуваються в детонації.

### Вибухові хвилі

При ініціюванні конденсованої ВВ реакція вибуху спочатку генерує гарячий газ (продукти детонації), а потім газ (продукти детонації), який може перебувати під тиском 10-30 ГПа і температурою близько 3000-4000С. Відбувається сильне розширення цих газоподібних продуктів і навколишнє повітря витісняється з об'єму, який воно займає. Як наслідок, шар повітря, що оточує газоподібні продукти повітря, що оточує газоподібні продукти, стискається, і цей шар - вибухова хвиля містить у вигляді енергії тиску більшу частину енергії, що виділяється при вибуху. Типовий профіль тиску і часу у фіксованій точці простору для вибухової хвилі у вільному повітрі показано на рисунку 3.1. Піковий тиск у негативній фазі, як правило, невеликий відносно відносно пікового тиску в позитивній фазі.



Типовий профіль тиску-час для вибухової хвилі у вільному повітрі

|                |              |        |        |      |  |      |       |
|----------------|--------------|--------|--------|------|--|------|-------|
|                |              |        |        |      | 601-БП-10588955  |      |       |
| Зм.            | Арх.         | № док. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |      |       |
| Розроб.        | Манько О. М. |        |        |      | Лист   | арк. | Акції |
| Керманик       | Семко О.В.   |        |        |      |  |      | 13    |
| Реценз.        |              |        |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |      |       |
| П. Контр.      | Семко О.В.   |        |        |      | Кодратюка  |      |       |
| Тех. Кадровики | Семко О.В.   |        |        |      |  |      |       |

# РОЗДІЛ 3. ДІЯ ВИБУХУ НА БУДІВЛЮ

## Поведінка неармованих цегляних стін, що зазнали вибухового навантаження

Незважаючи на те, що неармовані цегляні стіни мають низьку стійкість до вибухових навантажень і навряд чи будуть природним вибором при новому проектуванні, іноді може виникнути необхідність визначити ймовірну реакцію існуючої цегляної конструкції [29, 30] на передбачувану загрозу вибуху загрозу вибухового навантаження. Їх опір буде функцією прогину стіни, конструкції міцності кладки на стиск  $f_d$ , визначеної за [10], і жорсткості опор.

Якщо обидві опори вважаються абсолютно жорсткими і поперечний рух верхньої та нижньої частини стіни не допускається, то під дією вибухового навантаження стіна трісне по центру, як показано на рисунку 3.2. центрі(UFC, 2008). Стіна може зруйнуватися тільки тоді, коли дроблення кладки відбувається вздовж верхнього і нижнього краю стіни і вздовж поверхні руйнування.

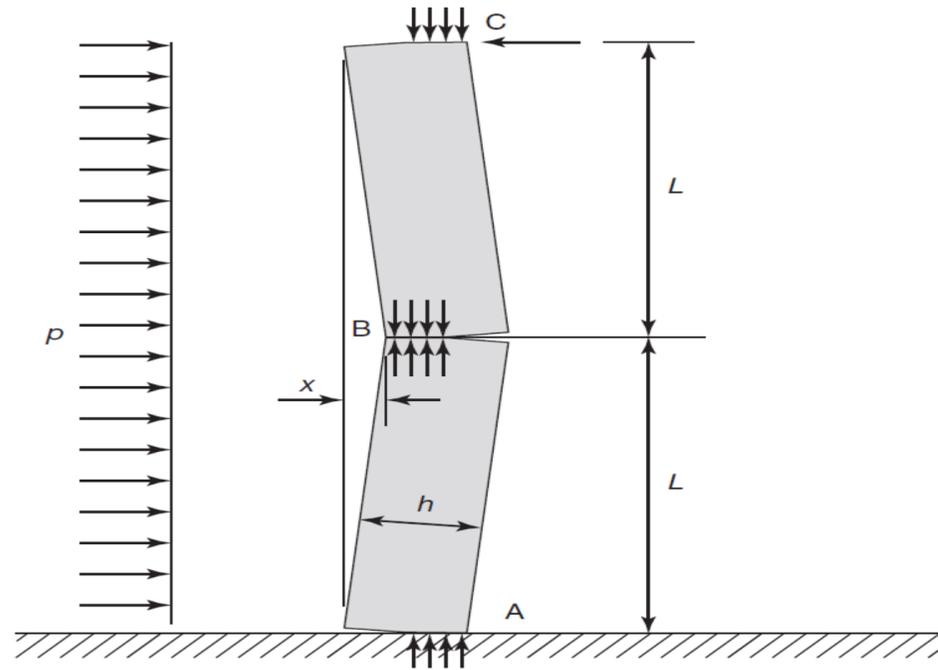


Рис.3.2 Поведінка цегляної стіни з вбудованими опорами

Ефект вигину, що виникає при цьому, має значний вплив на опір стіни.

Початкова пружна реакція відбувається до тих пір, поки розчин на розтягнутій поверхні не трісне, після чого опір є функцією відновлювального моменту, створеного власною вагою стіни, довжини одиниці довжини  $W_{пер}$  і стискаючої сили на опорах і  $L/2$ . Слід зазначити, що  $W_{пер}$  - довжина одиниці довжини, а стискаюче зусилля на опорах і  $L/2$ . Слід зазначити, однак, що опір дуже чутливий до невеликих змін геометрії стіни, міцності розчину і кладки. Тому не рекомендується розраховувати вибухостійкість на вигин при стисненні, а якщо це необхідно, то на прямолінійність стіни, точність позиціонування блоків, якість блоків і розчинних швів мають першорядне значення.

Від розподілу напружень згину до межі міцності розтягування розчину і відновлювального моменту, зумовленого власною вагою стіни. Для типової кладки, міцності розчину міцності розчину і висоти стіни, можна показати, що шарнір утворюється приблизно на двох третин висоти стіни (рис. 3.3), що призводить до функції "опір - прогин", як показано на рис. 3.4. як показано на рисунку 3.4 (UFC, 2008).

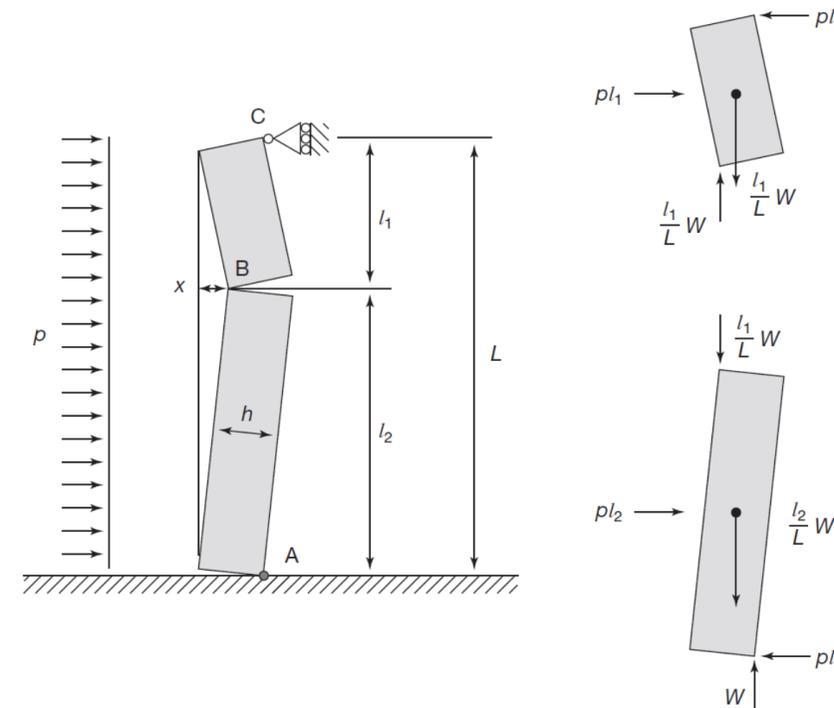


Рис 3.3 Поведінка стіни, що вигинається, за відсутності дії на неї опор (UFC, 2008)

|               |              |          |        |      |  |       |          |
|---------------|--------------|----------|--------|------|--|-------|----------|
|               |              |          |        |      | 601-БП-10588955  |       |          |
| Зм            | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |       |          |
| Розроб.       | Манько О. М. |          |        |      | Літ.   | Ларк. | Акриційв |
| Керівник      | Семко О.В.   |          |        |      |  |       | 13       |
| Реценз.       |              |          |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |       |          |
| П. Контр.     | Семко О.В.   |          |        |      | Кодратюка  |       |          |
| Тех. Кадровий | Семко О.В.   |          |        |      |  |       |          |

# РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПІДСИЛЕННЮ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Класифікаційні ознаки технічного стану цегляних основ та фундаментів

| Категорія технічного стану | Дефекти та пошкодження  |
|----------------------------|---|
| "1"                        | Дрібні тріщини у цоколі; фізико-геологічні процеси і явища, які негативно впливають на умови експлуатації об'єкта, відсутні.  |
| "2"                        | Окремі глибокі тріщини у цоколі і стінах; викривлення горизонтальних ліній цоколя; місцеві вибоїни, відколи, порушення штукатурного шару цоколя; деформації, що порушують нормальну експлуатацію об'єкта, відсутні; місцеві деформації поверхні ґрунтів, вимощень; осідання (просідання), показники яких не перевищують встановлених проектом і нормами значення. |
| "3"                        | Наскрізні тріщини у цоколі з поширенням на висоту об'єкта, викривлення і значне осідання окремих ділянок із стабілізацією деформацій; деформації, які порушують нормальну експлуатацію об'єкта; проявлення різкої втрати стійкості ґрунтів; осідання (просідання), показники яких перевищують встановлених проектом і нормами значення.                           |
| "4"                        | Прогресуючі наскрізні тріщини на висоту об'єкта; руйнування цоколя, перекося прорізів; аварійні значення зсуву плит та балок; руйнування конструктивних елементів, що визначають стійкість об'єкта; деформації аварійного характеру; прогресуючі деформації ґрунтової основи.   |

## Заміна кам'яної кладки

Під час надбудови та реконструкції мурованих будівель і споруд, у разі аварійного стану чи пошкодження стін, доцільно повністю замінити кам'яні конструкції. Заміну проводять після встановлення захисту стін металевими або дерев'яними конструкціями(підпори), які тимчасово приймають на себе навантаження, що передається на стіни, перестінки, колони тощо.

Нова кладка виконується з цегли марки не менше М100, на цементному розчині марки не менше М100. В місцях кладки де це потрібно горизонтальні шви армуються сіткою. Верхня частина кладки не заповнюється на 30-40 мм - цей проміжок заповнюється напівсухим цементним розчином >М100, за необхідності в свіжий розчин забиваються металеві клини. Тимчасові кріплення видаляють, коли розчин досягне не менше 50% проектної міцності

Натурні класифікаційні ознаки технічного стану цегляних конструкцій

| Категорія технічного стану | Дефекти та пошкодження  |
|----------------------------|---|
| "1"                        | Дефекти та пошкодження відсутні   |
| "2"                        | Розморожування, вивітрювання та руйнування кладки, відшарування облицювання на сумарну глибину (з обох боків) до 15 % товщини. Вертикальні та похилі силові тріщини від стискальних зусиль, що перетинають не більше двох рядів кладки. Інші тріщини з шириною розкриття до 0,5 мм у випадку їх допустимості згідно з проектом та чинними нормами з проектування. Вогневе пошкодження від пожежі кладки армованих та неармованих стін та стовпів на глибину до 5 мм (без облицювання)   |
| "3"                        | Розморожування, вивітрювання та руйнування кладки, відшарування облицювання на сумарну глибину (з обох боків) до 25 % товщини. Вертикальні та похилі силові тріщини від стискальних напружень в несучих стінах та стовпах на висоту не більше чотирьох рядів кладки при числі тріщин не більше чотирьох на 1 м ширини. Нормальні тріщини в розтягнутій зоні в несучих колонах та стовпах шириною розкриття більше 0,5 мм. Інші тріщини в несучих колонах і стовпах, простінках <sup>1</sup> та міжвіконних поясах несучих стін до 5 мм. Осадові тріщини <sup>2</sup> в стінах (крім простінків <sup>1</sup> і міжвіконних поясів несучих стін та перемичок) шириною розкриття до 50 мм. Нахили та випирання стін та фундаментів в межах поверху не більше ніж на 1/6 їх товщини (не більше 3 см або 1/150 висоти поверху для колон і стовпів). Виникнення вертикальних тріщин між поздовжніми та поперечними стінами. Розриви або висмикування окремих сталевих з'єднань та анкерів кріплення стін до колон та перекриттів. Місцеве (крайове) пошкодження кладки на глибину до 20 мм під опорами ферм, балок, прогонів та перемичок у вигляді вколів, роздрібнення каменю або силових тріщин по кінцях опор, що перетинають не більше двох рядів кладки. Тріщини в перемичках шириною розкриття до 5 мм та в склепіннях (арках) до 1 мм. Зміщення плит перекриття на опорах не більше ніж на 1/5 глибини закладання (1/15 для балок на колонах та стовпах), але не більше 20 мм. Вогневе пошкодження від пожежі кладки армованих та неармованих стін та стовпів на глибину до 20 мм (без облицювання) |
| "4"                        | Обвали ділянок стін, масове випадіння цегли (каміння). Руйнування (в т.ч. розкриття та зміщення по швах) кладки в заїку та п'ятах склепінь і арок; візуально виявлені прогини в цих конструкціях. Розморожування та вивітрювання кладки на сумарну глибину (з обох боків) більше 25 % товщини. Вертикальні та косі силові тріщини від стискальних напружень в несучих стінах та стовпах на висоту більше чотирьох рядів кладки (довжиною більше 350 мм) та від двох до чотирьох рядів при числі тріщин більше чотирьох на 1 м ширини. Інші тріщини в несучих колонах і стовпах, простінках  |

та міжвіконних поясах несучих стін більше 5 мм. Осадові тріщини в стінах (крім простінків<sup>1</sup> і міжвіконних поясів несучих стін та перемичок) шириною розкриття більше 50 мм. Нахили та випирання стін в межах поверху більше ніж на 1/6 їх товщини (3 см або 1/150 висоти поверху та більше для колон і стовпів). Зміщення (зсув) стін, стовпів та фундаментів по горизонтальних швах або косій штрабі. Відрив поздовжніх стін від поперечних в місцях їх перетину. Розрив або висмикування сталевих з'єднань та анкерів кріплення стін до колон та перекриттів. Пошкодження кладки під опорами ферм, балок, перемичок та інших спорних ділянках у вигляді тріщин, вколів, роздрібнення каменю або зміщення рядів кладки по горизонтальних швах на глибину більше 20 мм; силові вертикальні або косі тріщини по кінцях опор, що перетинають більше двох рядів кладки. Тріщини в перемичках шириною розкриття більше 5 мм та в склепіннях (арках) більше 1 мм. Зміщення плит перекриття на опорах більше ніж на 1/5 глибини закладання в стінах (1/15 для балок на колонах та стовпах) або 20 мм. Вогневе пошкодження від пожежі кладки армованих та неармованих стін та стовпів на глибину більше 20 мм (без облицювання)

## 4.1. Підсилення стін, перестінків

При експлуатації будівель та споруд [4] інколи виникають вертикальні або наклонні тріщини в конструкціях (рис 4.1). причинами виникнення таких тріщин багато, основними являються:

- просадка ґрунту(в тому числі після попадання боєприпасів);
- нерівномірна усадка ґрунту
- замочування

Такі тріщини можуть бути збільшені зверху і затухаючими в цоколі, однаковою товщини по всій висоті будівлі та фундаменті.

Перед початком підсилення потрібно виявити причину появи тріщин. Для цього проводять візуальний огляд будівлі, заміри, дослужують характер і тип появи тріщин, після чого усувають причину появи таких тріщин.

Підсилення розтрісканих стін в результаті просідання ґрунтів краще всього виконувати так, щоб металеві тяжі сприймали всі горизонтальні навантаження та запобігали подальшому розкриттю та появи нових тріщин. Прикладом даного підсилення показано на рисунку 4.1. Діаметр тяжів вибирають в межах

20-40 мм(в залежності від розмірів будівлі. Краї арматури закріплюють за допомогою гайок на спеціальних металевих пластинах. Тяжі стикують між собою і потім стягують спеціальною муфтою. Тяжі ставлять повздовж стін які розтріскалися на всіх рівнях або на рівнях розтріскування.

Тріщини заробляють розчином, а ті які дуже великі закладають цегло, перев'язуючи її з сіно.

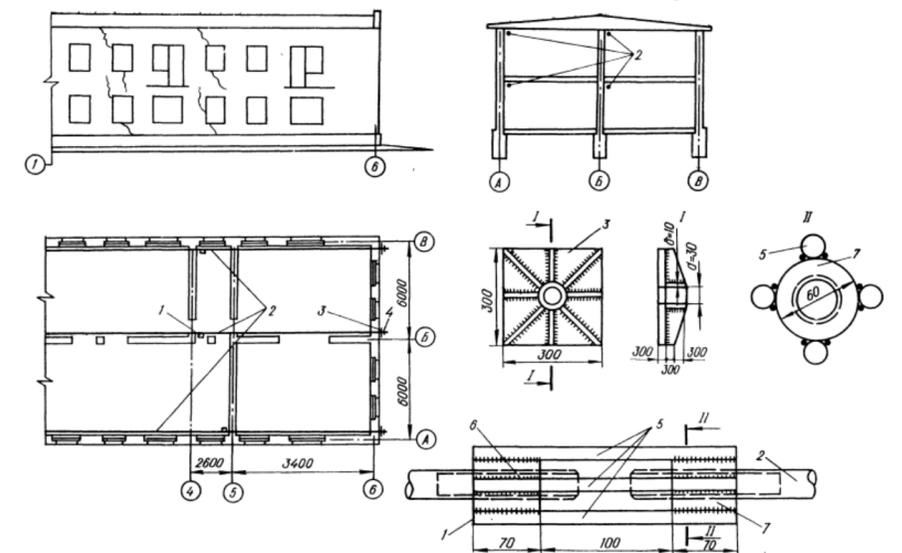


Рис. 4.1 Підсилення цегляних стін:  
1-стягуюча муфта; 2- тяж діаметром 25 мм; 3- опорна плита; 4- гайка М25; 5- з'єднувальні стрижні; 6- подовжена гайка з лівою різьбою М25; 7- подовжена гайка з правою різьбою М25

# РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПІДСИЛЕННЮ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

## Підсилення колон

Одним із самих розповсюджених методів підсилення колон є взяття її в обойму. Існують три основні види взяття в обойму: залізобетонна (рис 4.2, а), стальна (рис 4.2, б) та в виді армованої штукатурної обойми (рис 4.2, в).

обойми із армованої штукатурки можуть бути використані коли немає необхідності в великому підсиленні несучою здатності. Превагою її буде мала товщина та можливість використання при різних конструктивних формах колон і стовпів.

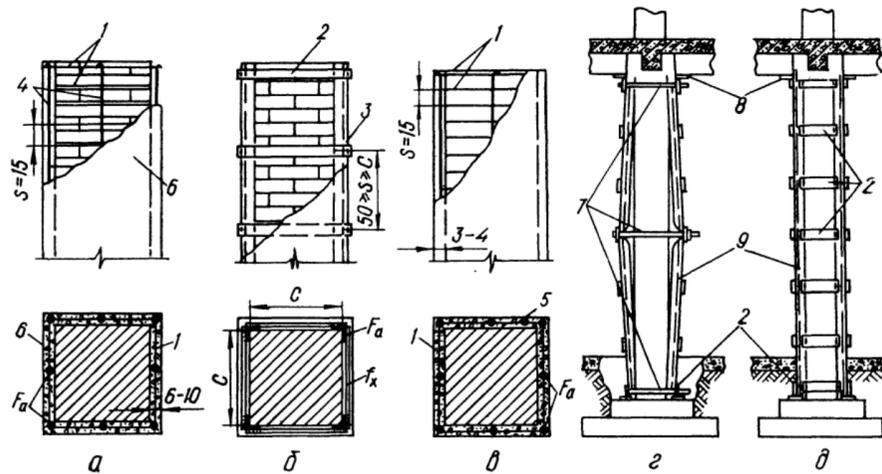


Рис. 4.2 підсилення цегляних колон обоймами: а- залізобетонний; б- сталлюю; в- армованою штукатуркою; г- загальний вид із кутів до закінчення робіт; д- загальний вид після закінчення робіт, 1- хомути; 2- планки; 3- сварка; 4- стрижні; 5- штукатурка; 6- бетонна суміш; 7- стягуючий болт; 8- опорна плита; 9- стійка із кутиків.

## Підсилення стальними накладками

Одночасно з влаштуванням обойми рекомендується ін'єктувати тріщини в кладці під тиском спеціальними розчинами, кам'яну кладку просочують розчинами, що збільшують її міцність. Альтернативним методом підсилення цегляних стін будівель та інженерних споруд є підсилення металевими накладками з швелерів, пластин (рис. 4.3). Накладки встановлюють на поверхні з обох боків стіни, або ж влаштовують у штрабах з подальшим їх замоноличенням цементно-піщаним розчином марки М100. З'єднують накладки між собою стяжними болтами, встановленими в висвердлені отвори у стіні з подальшим їх замоноличенням розчином.

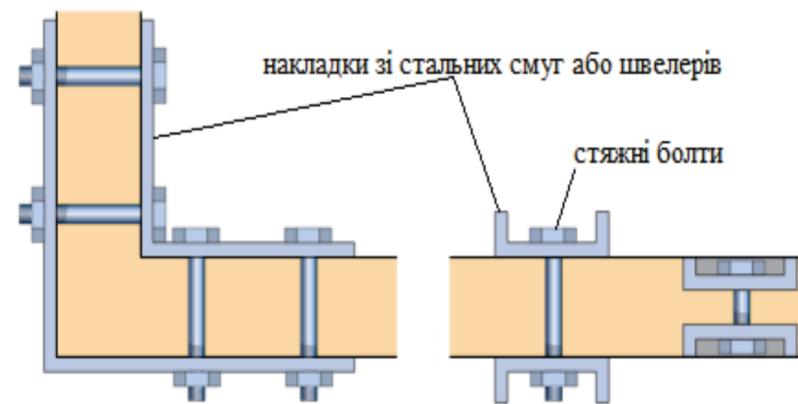


Рис. 4.3. Підсилення цегляних стін стальними накладками

## Підсилення цегляних перемичок пластинами

Цегляні перемички над проїмами будівель підсилюють шляхом розклинювання тріщин металевими пластинами-клинами та заробкою їх цементно-піщаним розчином (рис 4.4, а); влаштуванням накладок з металевих прокатних кутників на цементно-піщаному розчині (рис. 4.4 б); при великих прольотах – встановленням накладок із кутників з додатковим їх кріпленням тяжами (рис. 4.4в); влаштуванням накладок зі стійками із прокатних кутників на важкому розчині (рис. 4.4г).

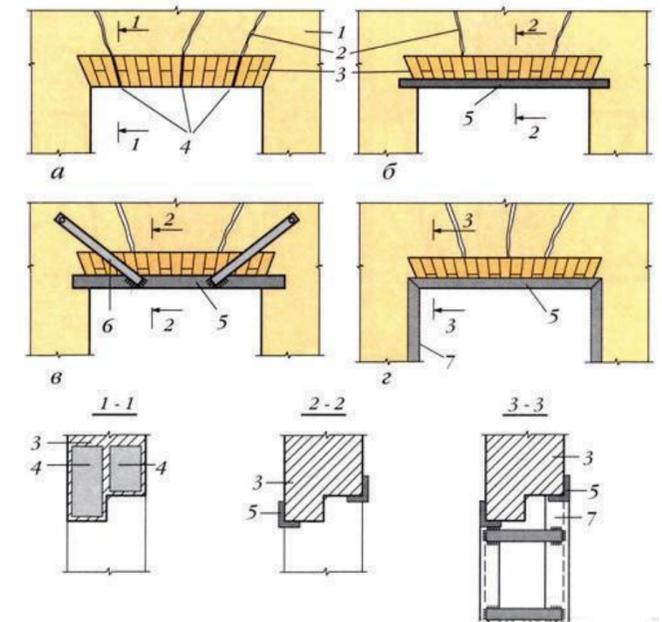


Рис. 4.4. Підсилення цегляних перемичок накладками на стяжних болтах

|               |              |        |        |      |  |      |          |
|---------------|--------------|--------|--------|------|--|------|----------|
|               |              |        |        |      | 601-БП-10588955  |      |          |
| Зм            | Арк.         | № док. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |      |          |
| Розроб.       | Манько О. М. |        |        |      | Лит.   | Лар. | Акриційв |
| Керівник      | Семко О.В.   |        |        |      | 13   |      |          |
| Реценз.       |              |        |        |      | ПНТУ ім. Ю. Кодратюка                                      |      |          |
| Н. Контр.     | Семко О.В.   |        |        |      |  |      |          |
| Тех. Кадровий | Семко О.В.   |        |        |      |  |      |          |

# РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПІДСИЛЕННЮ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПОШКОДЖЕНОЇ ВІД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

## Підстелення вуглепластиком

Посилення будівель (окремих частин будівель)  
 Посилення виконують для будівель, в яких є значні вертикальні тріщини на фасаді або місці примикання прибудови/ризаліту до основної частини.  
 Посилення виконується шляхом влаштування затяжок/поясів.  
 Посилення виконують:

- наклеюванням горизонтальних вуглецевих односпрямованих стрічок по периметру всієї будівлі або окремого ризаліту;
- посиленням усієї будівлі (частини будівлі) шляхом монтажу вуглецевих сіток на ремонтний склад.

При посиленні вуглецевими стрічками/тканинами підбір перерізів поясів виконують шляхом визначення зусиль в елементах пояса виходячи з різниці, що розраховується, осад частин будівлі

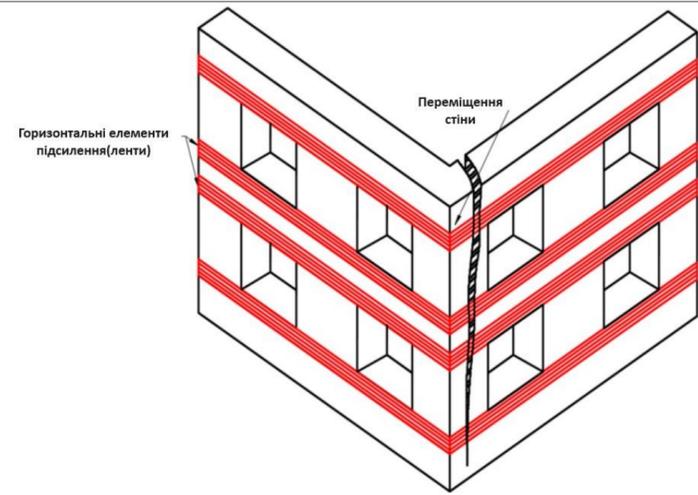


Рисунок 4.6 – Посилення будівлі при руйнуванні сполучення торцевої стіни та основної частини шляхом влаштування поясів/затяжок із вуглецевих стрічок/тканин

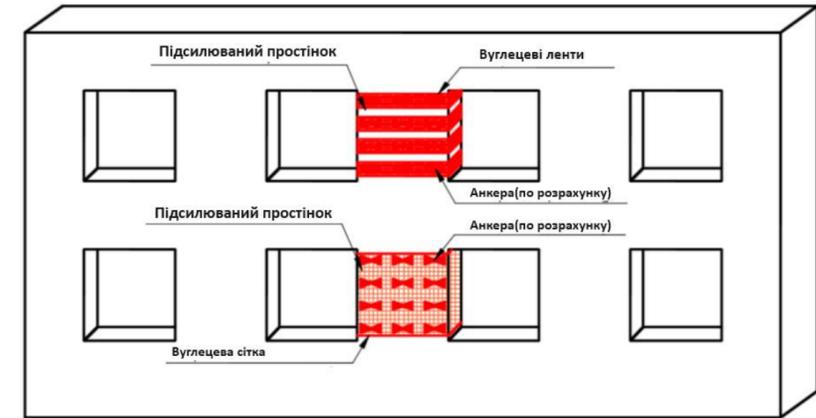


Рисунок 4.8 – Посилення позацентрово стиснених простінків

Ремонт/відновлення локальних пошкоджень кладки (тріщини, руйнування тощо) виконуються вуглецевими стрічками, тканинами, ламінатами на епоксидних адгезивах (сполучних) та сітками на полімерцементному складі.  
 Довжина анкерування (заводу за розрахунковий переріз) приймається не менше ніж 500 мм і не менше двох довжин цегли/каменю з якого виконана кладка.  
 Принципова схема посилення локальних ділянок показано на рис. 4.12.

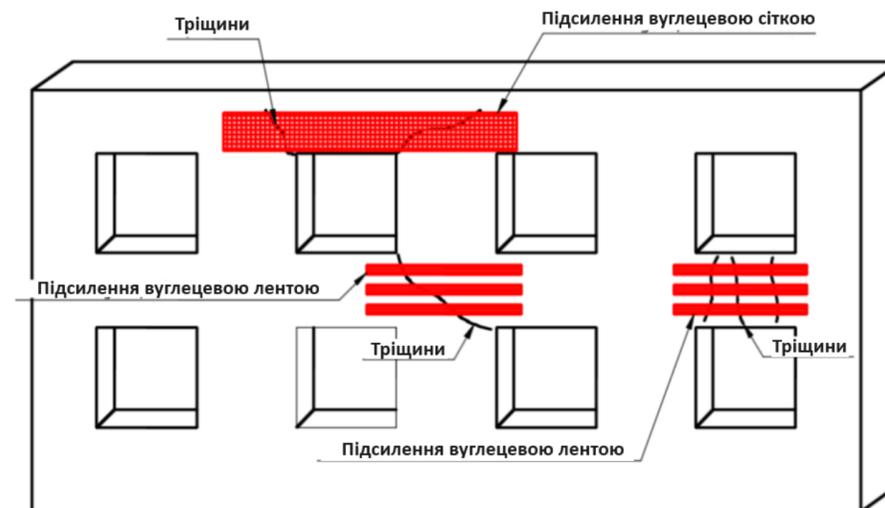


Рисунок 4.12 – Посилення стіни при дії горизонтального навантаження у площині стіни

# ВИСНОВКИ

В деяких випадках при підсиленні цегляних конструкцій пошкоджених від військових дій слід враховувати техніко-економічні показники та доцільність відновлення та підсилення конструкцій будівлі.

В результаті пошкодження або при просіданні ґрунтів виникають вертикальні або наклонні тріщини, при чому вони можуть бути як по частині так і по всій будівлі. Спочатку виявляють причину появи утворення тріщин і усувають її. Після чого встановлюються металеві тяжі, які не допускають подальше розкриття та появу нових тріщин.

При пошкодженні колон їх беруть в обойми(штукатурні, залізобетонні, металеві),котрі підвищують несучу здатність колони.

Одночасно з влаштуванням обойм рекомендується ін'єктувати тріщини в кладці під тиском спеціальними розчинами, кам'яну кладку просочують розчинами, що збільшують її міцність. Альтернативним методом підсилення цегляних стін будівель та інженерних споруд є підсилення металевими пластинами.

Зазвичай цегляні перемички підсилюють шляхом улаштуванням металевих пластин. Цегляні перемички над проймами будівель підсилюють шляхом розклинюванню тріщин металевими пластинами-клинами та заробкою їх цементно-піщаним розчином.

Посилення вуглепластиком виконують для будівель, в яких є значні вертикальні тріщини на фасаді або місці примикання прибудови/ризаліту до основної частини.

Посилення виконується шляхом влаштування затяжок/поясів.

Посилення виконують:

- наклеюванням горизонтальних вуглецевих односпрямованих стрічок по периметру всієї будівлі або окремої ділянки;
- посиленням усієї будівлі (частини будівлі) шляхом монтажу вуглецевих сіток на ремонтний склад.

|               |              |          |        |      |  |                 |        |  |
|---------------|--------------|----------|--------|------|--|-----------------|--------|--|
|               |              |          |        |      |  | 601-БП-10588955 |        |  |
| Зм            | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата | Відновлення цегляної кладки пошкодженої від військових дій |                 |        |  |
| Розроб.       | Манько О. М. |          |        |      | Лист   | Лист            | Акціїв |  |
| Керівник      | Семко О.В.   |          |        |      |  |                 | 13     |  |
| Реценз.       |              |          |        |      | ПНТУ ім. Ю.  |                 |        |  |
| Н. Контр.     | Семко О.В.   |          |        |      | Ковдрацюка   |                 |        |  |
| Тех. Кадровий | Семко О.В.   |          |        |      |  |                 |        |  |