



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ
ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТА БУДІВЕЛЬ

Навчальний посібник

Частина 1

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво»

Харків 2012

УДК 693.55:693.56

ББК 38.51
П 32

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво» (№ 1/11-10246 від 04.11.11 р.).

Авторський колектив:

д-р хім. наук А.М. Пługін – розділи 1, 2.1, 2.8
канд. техн. наук С.В. Мірошніченко – розділи 2.2, 2.4, 2.6, додатки
асист. І.Г. Корнієнко – розділи 2.3, 2.5
асист. О.В. Афанасьєв – розділи 2.7, 2.9

Рецензенти:

професори Г.Ш. Салія (ХДТУБА),
Г.А. Молодченко (ХНАМГ)

Підсилення конструкцій та будівель: Навч. посібник /
П 32 А.М. Пługін, С.В. Мірошніченко, І.Г. Корнієнко та ін.; За
ред. А.М. Пługіна. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Ч.1. – 198
с., табл. 5, рис. 217.
ISBN 978-966-2033-70-0

У навчальному посібнику розглядаються теоретичні та прикладні основи посилення залізобетонних і кам'яних конструкцій, наведено необхідний матеріал, у т.ч. довідковий, для виконання розрахунково-графічних робіт з посилення аварійних конструкцій та виконання дипломного проекту з реконструкції і ремонту будівель і споруд. У посібнику використані розробки проектних та наукових організацій, а також досвід і розробки кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд УкрДАЗТ.

Посібник призначено для студентів, які навчаються за спеціальностями 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво» і 7.100502 «Залізничні споруди та колійне господарство», а також за спеціалізаціями експлуатаційної спрямованості при цих спеціальностях.

УДК 693.55:693.56
ББК 38.51

ISBN 978-966-2033-70-0

© Українська державна академія залізничного транспорту, 2012.
© А.М. Пługін, С.В. Мірошніченко, І.Г. Корнієнко, О.В. Афанасьєв, 2012

Навчальний посібник

Пługін Аркадій Миколайович,
Мірошніченко Сергій Валерійович,
Афанасьєв Олександр Валерійович
та ін.

**ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ
ТА БУДІВЕЛЬ**

Частина 1

Відповідальний за випуск Мірошніченко С.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 25.01.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 5,0. Тираж 300. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ
ТА БУДІВЕЛЬ**

Навчальний посібник

Частина 1

Харків 2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Українська державна академія залізничного транспорту

**А.М.Плугін, С.В.Мірошніченко, І.Г.Корнієнко,
О.В.Афанасьєв**

ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТА БУДІВЕЛЬ

Навчальний посібник

Частина 1

Харків 2012

УДК 693.55:693.56

Підсилення конструкцій та будівель: Навч. посібник/
А.М.Плугін, С.В.Мірошніченко, І.Г.Корнієнко, О.В.Афанасьєв;
За ред. А.М.Плугіна. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Ч.1. – 157 с.

У навчальному посібнику розглядаються теоретичні та прикладні основи посилення залізобетонних і кам'яних конструкцій, наведено необхідний матеріал, у т.ч. довідковий, для виконання розрахунково-графічних робіт з посилення аварійних конструкцій та виконання дипломного проекту з реконструкції і ремонту будівель і споруд. У посібнику використані розробки проектних та наукових організацій, а також досвід і розробки кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд УкрДАЗТ.

Посібник призначено для студентів, які навчаються за спеціальностями 7.092101 „Промислове та цивільне будівництво” і 7.100502 „Залізничні споруди та колійне господарство”, а також за спеціалізаціями експлуатаційної спрямованості при цих спеціальностях.

Іл. 217, табл. 5, бібліогр.: 38 назв.

Посібник написали:

д.х.н. А.М.Плугін – розділи 1, 2.1, 2.8

к.т.н. С.В.Мірошніченко - розділи 2.2, 2.4, 2.6, додатки

ас. І.Г.Корнієнко - розділи 2.3, 2.5

ас. О.В.Афанасьєв – розділи 2.7, 2.9

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту
України (лист від 04.11.11р.) як навчальний посібник для
студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за
спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво»*

Рецензенти:

професори Г.Ш.Салія (ХДТУБА),

Г.А. Молодченко (ХНАМГ)

©Українська державна академія залізничного
транспорту, 2012

© А.М.Плугін, С.В.Мірошніченко, І.Г.Корнієнко,

Вступ	5
1. Ознаки аварійного стану несучих конструкцій будівель і споруд	6
1.1. Загальні положення щодо оцінки аварійності будівельних конструкцій	6
1.2. Ознаки аварійного стану ґрунтової основи	10
1.3. Ознаки аварійного стану фундаментів	14
1.4. Ознаки аварійного стану залізобетонних конструкцій	16
1.5. Ознаки аварійного стану кам'яних конструкцій	32
1.6. Ознаки аварійного стану конструкцій великопанельних будинків	35
2. Методи посилення залізобетонних і кам'яних конструкцій	39
2.1. Посилення основ при реконструкції й капітальному ремонті	40
2.2. Посилення аварійних фундаментів будинків	45
2.2.1. Посилення кладки цементацією	45
2.2.2. Ремонт і посилення тіла фундаментів матеріалами на основі полімерів	46
2.2.3. Улаштування захисних розчинних сорочок	47
2.2.4. Часткова заміна кладки фундаменту	48
2.2.5. Посилення залізобетонних фундаментів обоймами	48
2.2.6. Посилення шляхом підведення конструктивних елементів під подошву фундаментів	55
2.2.7. Зміна конструктивного рішення фундаментів	61
2.2.8. Посилення фундаментних плит	63
2.2.9. Посилення окремих фундаментів	67
2.2.10. Посилення фундаментів палями	68
2.2.10.1. Посилення набивними й буронабивними палями	70
2.2.10.2. Посилення забивними палями	73
2.2.10.3. Посилення палями, що вдавлюються	74
2.2.10.4. Посилення буроін'єкційними палями	76
2.2.11. Посилення фундаментів способом "стіна в ґрунті"	77
2.2.12. Посилення фундаментів опускними колодязями	78
2.3. Основні способи посилення несучих конструкцій.	
Загальна характеристика	81
2.4. Посилення колон	82
2.4.1. Посилення консолей колон	88
2.4.2. Додаткові вимоги, пропоновані до посилення стиснутих елементів	89

2.5. Посилення плит монолітних залізобетонних покриттів і перекриттів	91
2.6. Посилення залізобетонних балок	94
2.6.1. Посилення залізобетонних балок без розвантаження	95
2.6.2. Посилення попередньо напруженої арматури балок	99
2.6.3. Посилення залізобетонними й металевими підтримуючими конструкціями	100
2.7. Посилення стінових панелей	105
2.7.1. Посилення вузлів кріплення зовнішніх стін великопанельних будинків	112
2.7.2. Посилення залізобетонних сходових маршів і площадок	114
2.7.3. Посилення балконних плит і козирків	116
2.8. Посилення кам'яних стін	121
2.8.1. Способи посилення кам'яних стін	121
2.8.2. Посилення цегляних стовпів і простінків	140
2.8.3. Посилення цегляних перемичок	144
2.8.4. Посилення залізобетонних перемичок	147
2.8.5. Посилення вузлів опирання залізобетонних перемичок цегляних стін	150
2.9. Посилення підпірних стін	153
Бібліографічний список	159
Додаток 1. Технічні вимоги до складу ЗС-3	163
Додаток 2. Приклад закріплення основи монумента	165
Додаток 3. Порядок готування суперпластифікованої цементно-водяної суспензії (СПЦВС)	171
Додаток 4. Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту	173
Додаток 5. Приклади відновлення споруджень за допомогою металоін`екційної обойми	180
Додаток 6. Приклад посилення стійок металоін`екційними обоймами	184
Додаток 7. Приклад посилення балок за допомогою попередньо напружених струнопакетів у комплексі з металевою напівобоймою	189
Додаток 8. Приклад посилення кам'яної споруди за допомогою армокам'яних поясів, попередньо напружених міні-поясів і посилення підводної частини металевою обоймою	193
Предметний покажчик	198

ВСТУП

Необхідність посилення будівельних конструкцій у процесі експлуатації виникає не тільки при реконструкції й технічному переозброєнні підприємств, але й внаслідок передчасного корозійного або механічного їхнього зношування, у результаті ускладнень або не передбачених проектом змін умов технології виробництва при діючому обладнанні, різних пошкоджень і т.п. Все це викликає підвищений інтерес до проблеми посилення існуючих будівельних конструкцій.

Серед будівельних конструкцій, застосовуваних сьогодні в будівлях і спорудах, переважають залізобетонні й кам'яні. Тому вивчення й практичне застосування ефективних способів посилення залізобетонних і кам'яних конструкцій має велике народногосподарське значення.

У навчальному посібнику викладені основні рекомендації, які можуть бути використані при проектуванні посилення залізобетонних і кам'яних конструкцій, а також ознаки аварійності.

1. ОЗНАКИ АВАРІЙНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Аварії будівельних конструкцій будівель і споруд наносять значний економічний збиток і часто супроводжуються пораненням і загибеллю людей.

Відбуваються аварії будівельних конструкцій звичайно через сукупність причин: помилок при проектуванні, низької якості матеріалів, використовуваних для несучих конструкцій, порушення технології виготовлення й монтажу будівельних конструкцій, недотримання правил експлуатації будівель і споруд.

Аварії будівельних конструкцій рідко відбуваються раптово. Звичайно можна спостерігати ряд провісників аварії. Якщо вчасно помітити ознаки аварії, що наближається, то можна вчасно вжити профілактичних заходів: вивести людей з небезпечної зони, зробити розвантаження аварійної конструкції, установити тимчасові кріплення й т.п. Тому так важливо інженерно-технічному персоналу будівельних та експлуатаційних організацій знати ознаки аварійного стану конструкцій. Цьому питанню присвячено даний розділ.

1.1. Загальні положення щодо оцінки аварійності будівельних конструкцій

Термін «аварія» і пов'язані з ним поняття «аварійний стан», «передаварійний стан» не мають твердих загальноприйнятих тлумачень. У даному розділі під аварією будівельних конструкцій будівлі або споруди мається на увазі обвалення будівельної конструкції або всього будинку або споруди в цілому, а також одержання ними таких деформацій, які унеможливають їхню експлуатацію.

Під **аварійним** станом мається на увазі такий стан конструкції будівлі або споруди, при якому з великим ступенем імовірності найближчим часом можна чекати її аварію.

Передаварійним станом будемо називати такий стан конструкції, коли у випадку продовження несприятливих впливів (нерівномірне осідання фундаменту, перепади температури,

агресивність середовища й т.п.) може відбутися аварія конструкції.

Аварія будівельних конструкцій можлива через наявність у них прихованих дефектів, у результаті крихкої роботи конструкції, коли руйнування відбувається без попередніх великих деформацій. У цьому випадку встановити факт наявності аварійного стану конструкції дуже важко.

Однак у більшості випадків **аварії** конструкції передують розвиток великих деформацій, поява й розкриття тріщин та інші видимі ознаки аварійного стану.

Метою даної роботи є опис ознак, за якими можна визначити, що стан конструкції є аварійним.

Поряд з візуальним і візуально-інструментальним обстеженням для встановлення аварійності конструкції звичайно роблять перевірочні розрахунки конструкції. При перевірочних розрахунках про аварійний стан конструкції судять за ступенем перевищення фактичної несучої здатності конструкції з урахуванням виявлених у ній дефектів над розрахунковою.

В існуючих нормах проектування прийняте таке положення: якщо який-небудь переріз конструкції досяг першої групи граничних станів, то цей граничний стан настає й у всій конструкції. Відносно аварійного стану це справедливо для статично визначених систем. У статично невизначених системах досягнення в якому-небудь одному перерізі граничного стану звичайно не пов'язане з обваленням конструкції. Це також повинно бути враховано при вирішенні питання про визнання стану конструкції аварійним. Аналіз результатів обстеження й перевірочних розрахунків дозволяє дати достовірну відповідь на питання, чи є стан конструкції аварійним.

При цьому можна зустріти такі випадки:

1) обстеження конструкцій виявляє ознаки, за якими можна судити, що конструкція знаходиться в аварійному стані; це ж підтверджують і перевірочні розрахунки;

2) обстеження виявляє ознаки аварійного стану конструкції, але перевірочні розрахунки це не підтверджують;

3) результати перевірочних розрахунків говорять про наявність аварійного стану конструкції, а обстеження ознак такого стану не виявляє.

У першому випадку, безперечно, варто вважати, що наявний аварійний стан конструкції.

У другому випадку варто проаналізувати перевірочні розрахунки, а саме: чи враховано при їхньому виконанні вплив виявлених дефектів будівельних конструкцій, чи правильно прийнята розрахункова схема.

Якщо при перевірочних розрахунках помилок не зроблено, то не має достатніх підстав вважати стан конструкцій аварійним. Залежно від виду конструкції та виявлених дефектів у ряді випадків можна визнати такий стан конструкцій передаварійним.

У третьому випадку потрібно ще раз обстежити конструкцію, і якщо при цьому не буде виявлено ознак аварійності, то не з'явиться й підстав для твердження про аварійний стан конструкції. Дуже часто зустрічаються випадки, коли руйнівне навантаження значно перевершує несучу здатність конструкції, підраховану за діючими нормами.

Слід зазначити, що правильність висновку про аварійний стан конструкції в значній мірі залежить від кваліфікації особи, що робить такий висновок.

У ряді посібників, інструкцій з обстеження будівельних конструкцій рекомендується при зниженні несучої здатності конструкції більш ніж на 50% вважати такий стан конструкцій аварійним або навіть говорити про їх повне руйнування. Із цього приводу варто зазначити, що аварійний стан залежить не тільки від несучої здатності конструкції (ступеня зниження передбаченої проектом несучої здатності), але й від зусиль, викликаних зовнішнім впливом. Що стосується обвалення конструкції, то воно може відбутися й при меншому зниженні її несучої здатності. Якщо конструкція обвалилася, отже, вона повністю вичерпала свою фактичну несучу здатність.

Своєчасне встановлення причин і ступеня небезпеки дефектів і руйнувань конструкцій дозволяє розробити ефективні способи ремонту й посилення, що забезпечують необхідні вимоги щодо довговічності й надійності подальшої роботи елементів.

Наявний досвід обстеження будівель і споруд, аналіз аварій і руйнувань показують, що основними причинами їх є: помилки при розробленні проектної документації; помилки й відступи від проекту, допущені при проведенні робіт як у процесі нового

будівництва, так і при реконструкції; порушення правил експлуатації.

При спорудженні цегляних будинків найпоширенішими помилками є: порушення правил проведення робіт (особливо при проведенні робіт у зимовий час); застосування неякісних матеріалів; відступу від проекту (відсутність розподільних подушок під опорами балок і т.д.). У процесі експлуатації кам'яних конструкцій спостерігається часте замочування кладки технологічними рідинами, водою з покрівлі, капілярною вологою, що надходить у стіни з ґрунту, й т.ін. До проектних помилок у кам'яних будинках належать недостатнє конструктивне забезпечення стійкості стін, застосування для кладки зв'язаних між собою внутрішніх і зовнішніх стін різних за міцністю й жорсткістю матеріалів і т.ін.

До дефектів залізобетонних конструкцій належать помилки виготовлення й укладання бетонної суміші й арматури, недотримання проектного положення елементів і величини навантажень на них, недостатня міцність бетону й арматури. Як правило, такі дефекти є прихованими й виявляються тільки при ретельному обстеженні. Дефекти й руйнування при експлуатації виникають через вплив на конструкції розчинів солей, лугів, кислот, промаслень бетону елементів, дії високих температур, заморожувань і т.п., а також відколів і руйнувань під дією експлуатаційних навантажень. Аналіз дефектів пов'язаний із установленням причин руйнувань і визначенням ступеня небезпеки для подальшої експлуатації.

При експлуатації будівель і споруд важливо правильно оцінити характер і небезпеку наявних пошкоджень і дефектів, що виникають, чітко класифікувати їх, щоб вибрати найбільш раціональні засоби і призначити оптимальні терміни ремонтних робіт.

При цьому поняття «пошкодження» і «дефекти» необхідно чітко відокремлювати. У взаємозв'язку цих понять пошкодження є наслідком дефектів, отже, дефекти – причина пошкоджень.

Дефект – це невідповідність конструкції якимсь параметрам, нормативним вимогам, проекту. Так, завищення товщини швів кладки – це дефект, а заниження її – це пошкодження внаслідок дефекту швів. Інший приклад: провали вимощення вважають

дефектом, в той час як це типове пошкодження, викликане дефектами при її влаштуванні (невиконання пошарового ущільнення до пружного віддання трамбівки і т.п.).

Знос і пошкодження будівель прискорюються при прояві дефектів, допущених у ході вишукувань і вибору ділянок для будівництва, при проектуванні і спорудженні будівель, а також через порушення правил експлуатації.

Дефектів будівель у нормальних умовах не повинно бути; вони є наслідком або недостатньої кваліфікації вишуквачів, проектувальників, будівельників і працівників, що приймають будівлі в експлуатацію, або наслідком недбалості цих осіб.

Приховані і явні дефекти зустрічаються в фундаментах, стінах, покриттях, обробці, тобто практично в усіх конструкціях. Вони бувають небезпечними і можуть призвести до руйнування окремого елемента або всієї споруди. Деякі з них можна усунути під час ремонту. Бувають дефекти, що весь термін служби споруди потрібно компенсувати експлуатаційними витратами, наприклад, на посилене опалення будівлі при завищеній щільності матеріалу стін.

Дефекти в фундаментах і стінах, тобто в основних конструкціях, є найбільш небезпечними, так як їх прояв призводить до деформацій і руйнування всієї будівлі. Менш небезпечні у відношенні стійкості будівлі дефекти в перегородках та інших другорядних конструкціях; вони, однак, істотно знижують експлуатаційні якості приміщень або будівель у цілому.

Перелік дефектів і причин їх виникнення дуже великий. Отже, дефект – це імовірна першопричина пошкодження. Його можна і необхідно уникнути, але багато дефектів дуже складно або зовсім неможливо усунути. Такі дефекти прискорюють знос і пошкодження споруд.

1.2. Ознаки аварійного стану ґрунтової основи

Аварійним станом ґрунтової основи є такий його стан, коли конструкції будівлі або споруди, що опираються на цю основу, знаходяться в аварійному стані через незадовільну роботу основи.

Отже, про аварійність ґрунтової основи судять за станом конструкцій, що опираються на неї.

Норми проектування основ будівель і споруд [34] обмежують відносну різницю осідання, середнє й максимальне осідання фундаментів. При перевищенні граничних значень цих деформацій у конструкціях, що опираються на основу, варто очікувати появи тріщин. Однак не завжди при цьому настане аварійний стан конструкцій будівель і споруд. У багатьох випадках відбувається лише порушення нормальних умов експлуатації.

Природна основа, якщо виключити стихійні лиха (землетрус, зсуви), може прийти в аварійний стан у випадках, коли:

- при проектуванні будівлі або споруди неправильно оцінені міцнісні й деформаційні властивості ґрунтів основи;
- порушено технологію котлованих робіт;
- допущено заморожування ґрунтів, що обдимаються;
- розташування знову проєктованих фундаментів під стовпи й колони в безпосередній близькості від існуючих фундаментів стін без улаштування додаткових конструктивних заходів, спрямованих на запобігання ґрунтів під подошвою існуючих фундаментів від впливу додаткового тиску;
- улаштування знову проєктованих фундаментів у випадках безпосереднього примикання їх до існуючих із глибиною закладення нижче подошви останніх;
- збільшення висоти підвальних приміщень за рахунок виймання ґрунту, що в ряді випадків призводить до значного скорочення глибини закладання подошви фундаментів з боку підвалу;
- перерозподіл навантажень на фундаменти без урахування їх дійсної несучої здатності;
- улаштування прибудов або збільшення їхньої поверховості без достатніх даних про ґрунти основи.

При новому будівництві до помилок належать різні порушення зведення фундаментів, наприклад:

- тривалий простій відкритих котлованів, у результаті чого ґрунти піддаються впливам (промерзання, відтавання, набрякання, розм'якшення й т.ін.), що погіршує властивості ґрунтів;

- порушення структури ґрунтів під динамічним впливом працюючих механізмів, що особливо небезпечно для водонасичених пилюватих ґрунтів;

- засипання пазух котлованів водопроникними ґрунтами;

- неточності в розбивці фундаментів і їхня невідповідність проектним розмірам;

- застосування бетонів зниженої, в порівнянні із проектною, марки;

- довільна заміна конструкцій і матеріалів;

- неякісне виконання стиків і сполучень.

При ремонтно-будівельних роботах, крім зазначених вище можуть бути помилки, пов'язані з порушеннями технології, наприклад:

- пробивання прорізів фундаментів без попередньої установки розвантажувальних перемичок і прогонів;

- розроблення котловану біля раніше споруджених фундаментів на глибину, що перевищує проектну, і неякісне його зворотне засипання;

- затоплювання котловану виробничими або господарськими водами.

При експлуатації можливе погіршення умов роботи й виникнення деформацій, наприклад, через вимивання, віднесення й розрідження ґрунтів при протіканнях підземних систем водопостачання, каналізації, теплотраси та ін.; систематичного замочування ґрунтів і фундаментів через незадовільний стан вимощення, тротуарів по периметру будинку, несправного стану труб і т.ін.

Наявність зазначених і подібних їм помилок приводить надалі до необхідності посилення основ або фундаментів. Однією з основних причин появи й розвитку наднормативних деформацій фундаментів є зміна властивостей основи і її недостатня несуча здатність.

Найбільш часта зміна властивостей ґрунтів буває пов'язана зі зміною їх вологісного режиму. Зміна гідрогеологічних умов селитебної зони відбувається через інтенсивну забудову території, що порушує умови поверхневого стоку; збільшення площ асфальтових та інших покриттів, при яких у зв'язку зі зміною теплового режиму відбувається конденсація й скупчення

вологи в ґрунтах; витоку води з комунікацій (водопроводу, каналізації та ін.).

Як приклад, коли порушення природної структури ґрунтової основи призвело до аварійного стану частини надземних конструкцій, можна навести спорудження житлового п'ятиповерхового великопанельного будинку. При розробленні котловану була пошкоджена водопровідна магістральна труба, і частина котловану, відритого в суглинку, довгий час була залита водою, що призвело до значного перезволоження ґрунтів. Після спорудження будинку відбулося випирання ґрунтів з-під подошви фундаментів з руйнуванням підлоги підвалу. Три секції будинку, побудовані на розрідженому ґрунті, просіли й відірвалися від двох раніше споруджених секцій. Ширина тріщин угорі будинку досягла 4 см (рис. 1). Армований пояс, передбачений проектом у зв'язку з неоднорідністю основи, при цьому розірвався. У цілому цей будинок не можна було визнати аварійним, тому що деформації основи стабілізувалися й обвалення будинку не відбулося.

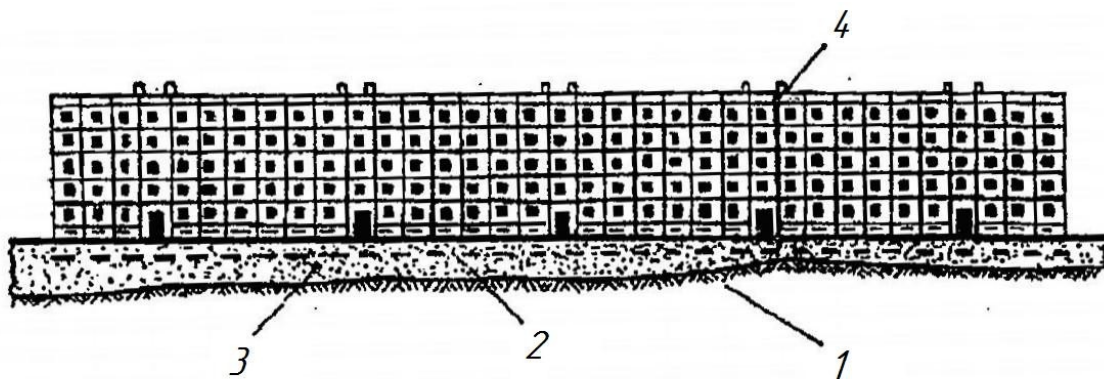


Рис. 1. Схема деформації великопанельного житлового будинку при значній нерівномірній деформації ґрунтової основи в результаті її замочування:

- 1 – скельний ґрунт; 2 – суглинок;
- 3 – пошкоджена водопровідна труба; 4 – тріщина

Аварійним у цьому випадку можна вважати стан стінових панелей у зоні тріщин, тому що були порушені зв'язки панелей одна з одною і з'явилися тріщини в простінках.

Прикладом досягнення аварійного стану надземних конструкцій у результаті промерзання ґрунтів, що обдимаються,

можуть служити деформації надземної частини двоповерхового цегляного житлового будинку в період будівництва.

Будівництво будинку велось в зимовий період. Вікна підвалу не були засклені. Засипаний у підвал керамзитовий гравій прикрив основи фундаментів біля зовнішніх стін. Внутрішні поздовжні стіни мали фундамент, який заглиблений щодо підлоги підвалу всього на 50 см. Ґрунт під цими стінами промерзнув, відбулося його обдимання. У результаті будинок розколовся уздовж на дві частини. Ширина тріщини вгорі торцевих стін досягла 8-10 см. У цьому випадку будинок у цілому не був в аварійному стані. Тільки стан поздовжніх внутрішніх стін під перемичками можна було вважати аварійним, тому що при подальшому розвитку деформацій обдимання з'являлася можливість обвалення перемичок і перекриттів, опертих на них. Після відновлення в літню пору жорсткості стін шляхом установаження тяжів і закладення тріщин, а також утеплення підвалу до наступної зими наслідків морозного обдимання основи не залишилося. Якби будинок залишився з не утепленим до наступної зими підвалом, виникла б реальна небезпека обвалення ділянок стін.

При реконструкції будинку часто влаштовують експлуатовані технічні підвали замість існуючих раніше напівпрохідних підвалів. При цьому звичайно поглиблюють підвал так, що відстань між подошвою фундаменту й поверхнею підлоги підвалу становить менше 50 см, а іноді подошва виявляється навіть вище підлоги підвалу.

В останньому випадку завжди настає аварійний стан ґрунтової основи. Якщо позначка підлоги підвалу наближається до позначки подошви фундаменту на відстань менше 50 см, то необхідно зробити розрахунок основи по несучій здатності (по першій групі граничних станів), тобто перевірити основу на можливість випирання ґрунтів з-під подошви фундаментів.

1.3. Ознаки аварійного стану фундаментів

Аварійний стан фундаментів настає через незадовільну роботу ґрунтової основи або через недостатню міцність тіла фундаменту.

При незадовільній роботі ґрунтової основи у фундаменті утворюються наскрізні тріщини, вони звичайно мають велику ширину розкриття, рідко розташовані, перетинають фундамент по всій висоті й заходять у стіни.

Ці тріщини не завжди приводять до аварійного стану надземних конструкцій. Тріщини викликають перерозподіл зусиль по довжині фундаментів, що може привести до перевантаження окремих ділянок фундаментів і їхнього руйнування. Це звичайно супроводжується й місцевими руйнуваннями тіла фундаменту біля перемичок над прорізами. У місцях перевантаження утворюються слабо розкриті часто розташовані вертикальні тріщини й спостерігається вертикальне розшарування тіла фундаменту. Останнє визначається при простукуванні вертикальних поверхонь фундаментів. У місцях розшарування звук при простукуванні глухий. Такий стан ділянок фундаментів варто вважати аварійним.

При недостатній міцності тіла фундаментів у них також з'являються часто розташовані слабо розкриті тріщини й спостерігається вертикальне розшарування. *Це аварійний стан.*

Поява тріщин у стінках фундаментів стаканного типу під окремі колони, відсутність належного омонолічування стику колони з фундаментом варто визнати аварійним станом фундаменту, тому що в цьому випадку не забезпечується передбачене проектом закладення колони у фундаменті, що приводить до збільшення зусиль в окремих елементах каркаса.

У практиці обстеження зустрічаються випадки, коли в повністю змонтованому каркасному будинку закладення колон у фундамент здійснювалося тільки за допомогою тимчасових дерев'яних клинів, без бетону омонолічування.

При реконструкції будинку, коли роблять поглиблення підвалів, не завжди звертають увагу на конструкцію фундаментів. У будинках, споруджених у минуле століття, часто нижня частина фундаменту виконувалася з каменів округлої форми в розпір зі стінками траншеї без застосування сполучного розчину. Поглиблювати підлогу при цьому нижче верху такої кладки неприпустимо.

Інколи при реконструкції подібних будинків, що мали подібний фундамент, замість напівпрохідного підвалу робили

експлуатований підвал. При цьому на велику висоту оголяли кладку з каменів округлої форми. Камені почали випадати із кладки фундаменту. Стіни, що опираються на цей фундамент, набули більших деформацій, перекриття просіли, перегородки впали. Якщо вчасно не вжити заходів для укріплення стін і фундаментів, ділянки стін почнуть руйнуватися, і будинок необхідно буде розібрати повністю. У цьому випадку перший же камінь, що випав з фундаменту, був досить достовірною ознакою *аварійного стану* фундаменту. Від моменту вивалу перших каменів до обвалення стін може пройти кілька років.

Слід зазначити, що в процесі експлуатації основи й фундаменти працюють як єдина система, що зазнає одночасного впливу багатьох з перерахованих факторів (зміна властивості основ, експлуатаційні впливи, природні явища, господарська діяльність поблизу будинків та ін.). Як правило, ці фактори або чинять одночасний негативний вплив на основи й фундаменти, або, впливаючи на один елемент цієї системи, в остаточному підсумку приводять до необхідності посилення всієї системи.

Крім перерахованих, до посилення може привести й ряд інших причин, наприклад, руйнування від динамічних впливів. Класифікація причин, що викликають необхідність посилення [29], наведена на рис. 2.

1.4. Ознаки аварійного стану залізобетонних конструкцій

Відповідно до положення норм проектування залізобетонних конструкцій [32] граничний стан за міцністю настає в перерізі стиснутих, позацентрово стиснутих і залізобетонних елементів, що згинаються, тоді, коли деформації в найбільш стиснутих волокнах досягають граничних значень. Це вважається руйнуванням перерізу елемента. У повністю розтягнутих перерізах граничний стан настає тоді, коли напруга в арматурі досягає розрахункових опорів арматури розтягання.

У залізобетонних конструкціях причинами появи тріщин можуть бути несилові й силові впливи.

До несилових можна віднести корозійні, усадочні, температурні та інші тріщини (рис. 3). Поява й характер розкриття силових тріщин залежить від багатьох факторів (від

виду, профілю, якості й розташування арматури, від ступеня її попередньої напруги, міцності бетону на розтягання, виду й розташування навантаження). Як правило, тріщини від силових впливів перпендикулярні до головних напруг, що розтягують, діючих у перерізах елементів до виникнення тріщин. Основні форми тріщин залізобетонних елементів наведені в табл. 1. Характерні види тріщин деяких конструкцій дані на рис. 3.

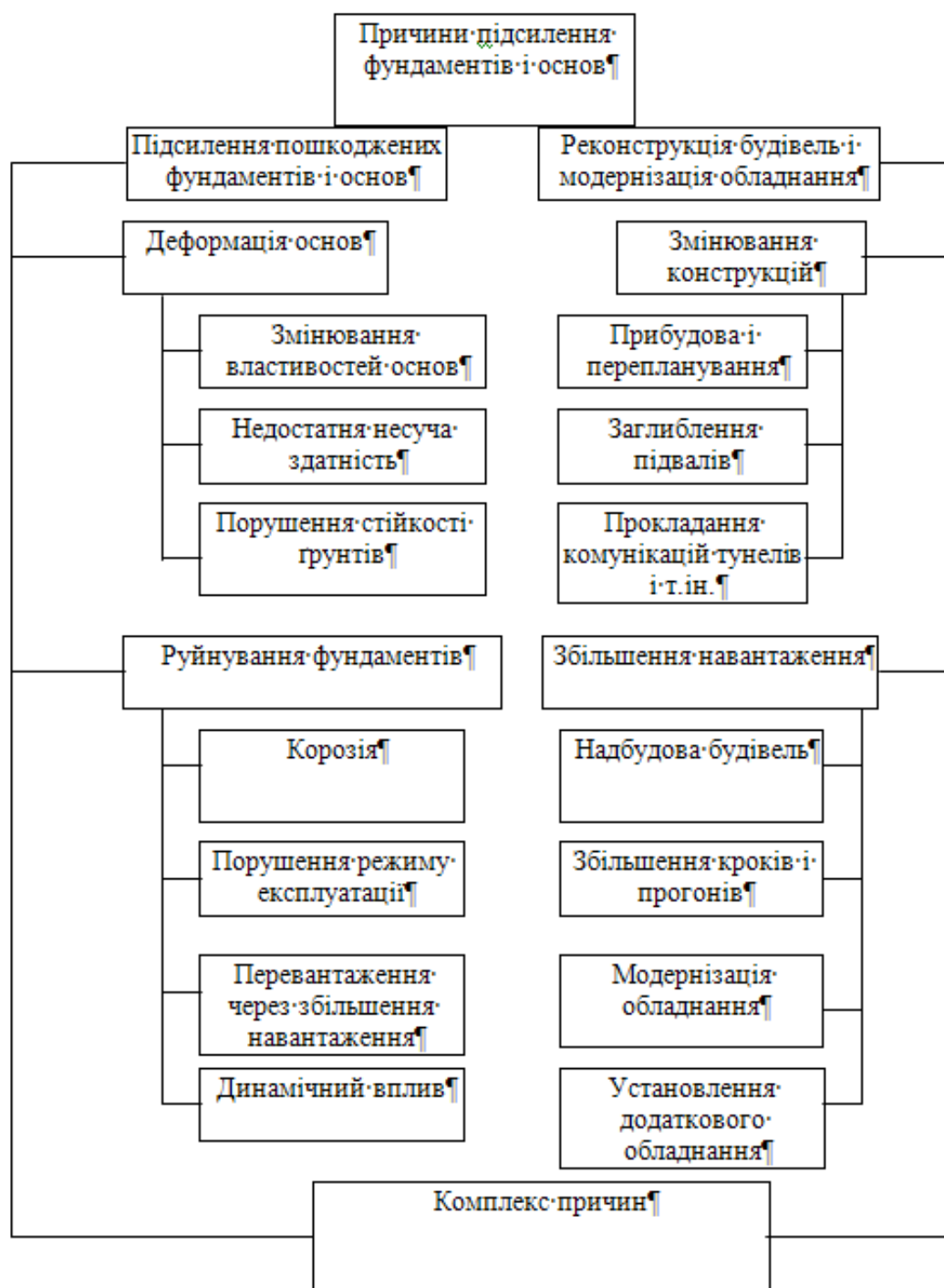
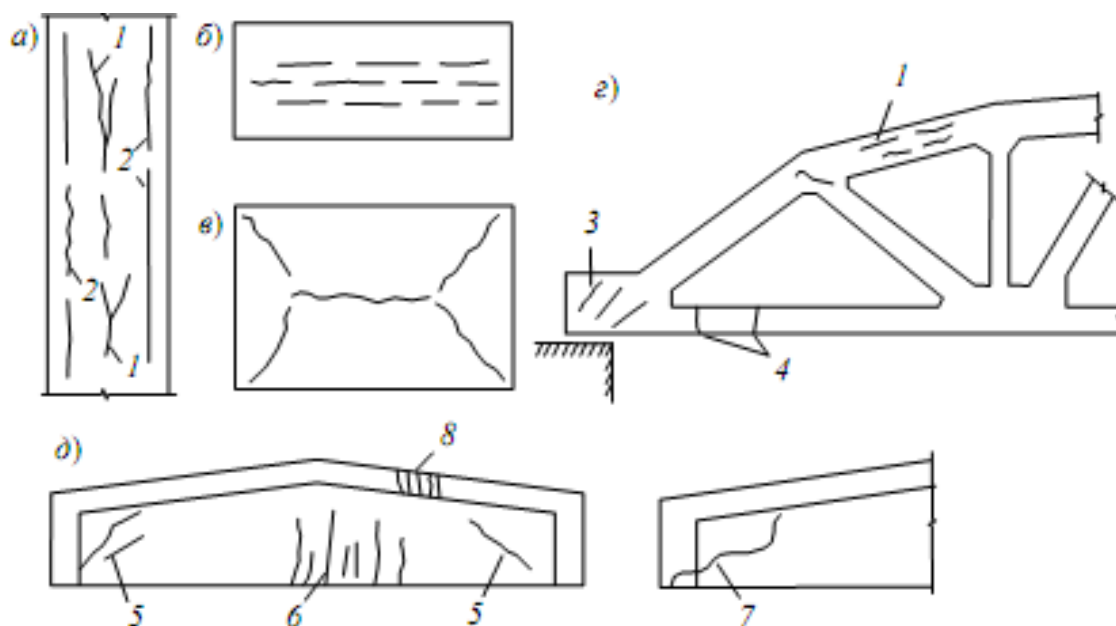


Рис. 2. Класифікація причин посилення основ і фундаментів



1 – термічні; 2 – корозійні; 3 – від недоліку поперечної арматури і порушень анкерування арматури, що напружується; 4 – від розтягування при недостатній попередній напрузі; 5 – косі в зоні максимальної поперечної сили; 6 – в зоні максимального згинального моменту; 7 – від порушення анкерування поздовжньої арматури і відсутності її зв'язку з хомутами; 8 – руйнування стиснутої зони бетону

Рис. 3. Характерні тріщини: *а* – в колоні; *б* – в стелі балочної плити; *в* – те ж, в опертої по контуру; *г* – у фермі; *д* – у балці

У процесі аналізу стану конструкцій необхідно не тільки встановити причину виникнення тріщин, але й визначити ступінь їхнього впливу на подальшу роботу елементів. При оцінці варто керуватися відповідними вказівками [27]. Як приклад на рис. 4 наведені схеми тріщин, що свідчать про руйнування елементів залізобетонних конструкцій. У ряді випадків, незважаючи на наявність відзначених при обстеженні дефектів і пошкоджень, несуча здатність конструкцій залишається більш високою, ніж потрібно при нових навантаженнях після проведення реконструкції або капітального ремонту. Резерви несучої здатності дозволяють уникнути значних витрат на посилення або заміну конструкцій і в цьому зв'язку виявлення їх є найбільш важливе завдання на наступному після обстеження етапі підготовки вихідних даних для реконструкції або капітального ремонту.

Форми тріщин у залізобетонних конструкціях

Вид тріщини	Схема тріщини	Елементи конструкцій
Наскрізна з паралельними стінками		Центрально розтягнуті
Прохідна клиноподібна		Позацентрово розтягнуті
Наскрізна внапуск		Центрально та позацентрово розтягнуті
Ненаскрізна клиноподібна		Позацентрово стиснуті з великими ексцентриситетами та елементи, що згинаються при невеликій висоті перерізу
Замкнена коса		Елементи, що згинаються

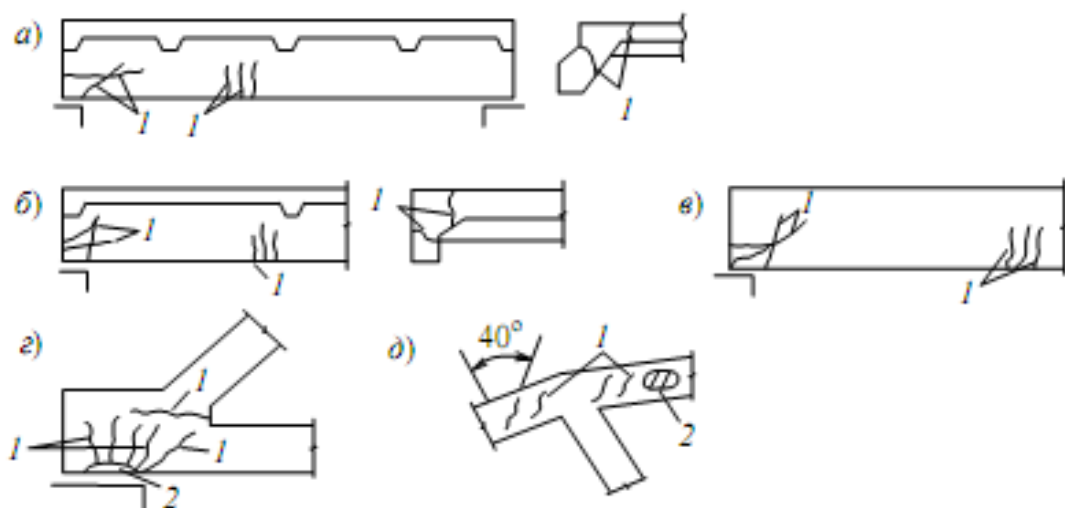


Рис. 4. Схеми руйнування: а – плит ПКЖ; б – плит ПНС; в – напруженої розрізної балки; г – опорного вузла ферми; д – стиснутого вузла ферми: 1 – тріщини; 2 – відколи лещаток

Найбільш простим і досить ефективним шляхом виявлення резервів є перерахування конструкцій за сучасними нормами. Виявлення резервів у цьому випадку пов'язане з удосконалюваннями методів розрахунку конструкцій, зменшенням нормативних тимчасових навантажень, зниженнями коефіцієнтів запасу й т.ін.

У статично визначених позацентрово стиснутих і позацентрово розтягнутих елементах, що згинаються, при великих ексцентриситетах напруги у розтягнутій арматурі досягають значення розрахункових опорів (фізичної або умовної границі текучості), що неминуче приведе до руйнування перерізу елемента при невеликому збільшенні навантаження.

У статично невизначених елементах, у цьому випадку, відбудеться утворення пластичного шарніра, що викличе перерозподіл зусиль між опорними й прогоновими перерізами елемента.

Звідси можна зробити висновок, що поява текучості в розтягнутій арматурі статично визначених елементів є аварійним станом (рис. 5). У статично невизначених конструкціях граничний стан настає тоді, коли почне руйнуватися стиснута зона бетону (рис. 6). Про досягнення розтягнутою арматурою границі текучості можна судити за шириною розкриття тріщин на рівні арматури.

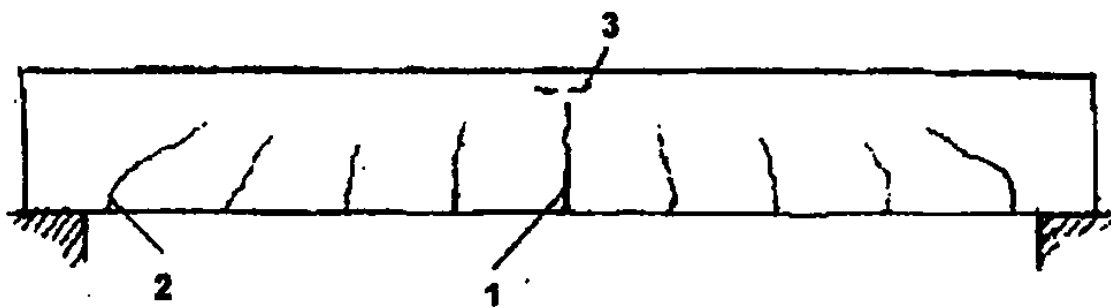


Рис. 5. Схема тріщин у статично визначеному залізобетонному елементі, що згинається:

1 – нормальна тріщина, у якій арматура досягла границі текучості; 2 – похила тріщина; 3 – поздовжня тріщина в стиснутій зоні елемента

Якщо знехтувати розтяжністю бетону, то розкриття тріщин буде дорівнювати абсолютному подовженню арматури на ділянці між тріщинами

$$\alpha_{crc} = \varepsilon_{sm} l_{crc}, \quad (1)$$

де ε_{sm} — середнє значення відносної деформації арматури на ділянці між тріщинами

$$\varepsilon_{sm} = \psi_s \varepsilon_s, \quad (2)$$

де ψ_s — відношення середніх відносних деформацій на ділянці між тріщинами до відносних деформацій арматури у перерізі із тріщиною ε_s . Орієнтовно можна прийняти $\psi_s = 0,9$.

Відносні деформації арматури при досягненні границі текучості ε_{spl} можна прийняти для арматури, що має фізичну границю текучості: зі сталі класу А-I = 0,0011; зі сталі класу А-II = 0,0019; зі сталі класу А-III = 0,0028.

Для арматури, що не має фізичної границі текучості, відносні деформації при досягненні умовної границі текучості можна обчислити за формулою

$$\varepsilon_{s,pl} = (R_{s,ser} - \sigma_{sp2}) / E_s + 0,002, \quad (3)$$

де σ_{sp2} — напруга в попередньо напруженій арматурі при нарузі в бетоні, рівному нулю з урахуванням усіх втрат.

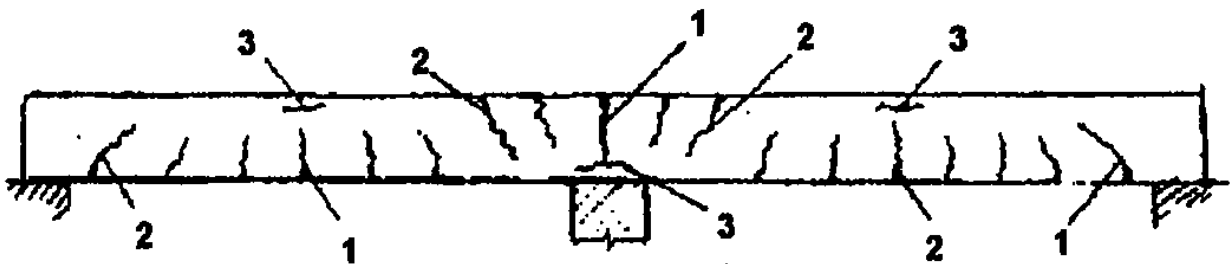


Рис. 6. Схема тріщин у розтягнутій і стиснутій зонах у статично невизначеному залізобетонному елементі, що згинається:
1 – нормальні тріщини; 2 – похилі тріщини; 3 – поздовжні тріщини в стиснутій зоні елемента

Для орієнтовних розрахунків можна прийняти $\sigma_{sp2} = 0,6R_{s,sw}$.

Тоді для арматури зі сталі класу А-IV $\varepsilon_{s,pl} = 0,0032$; класу А-V $\varepsilon_{s,pl} = 0,0037$; класу В-II $\varepsilon_{s,pl} = 0,0048$; класу К-7 $\varepsilon_{s,pl} = 0,0037$.

При такому підході до вирішення поставленого завдання розкриття тріщин, що відповідає досягненню границі текучості в арматурі, можна подати у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

Розкриття тріщин $a_{cr,c}$ при досягненні в арматурі границі текучості, мм

Класи сталі	Відстань між тріщинами $l_{cr,c}$				
	50	100	150	200	250
А-I	0,06	0,1	0,2	0,2	0,3
А-II	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
А-III	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
А-IV	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7
А-V	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8
А-VI	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1
ВII	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1
Вр-II	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
К-7	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Таким чином, щоб судити про те, чи досягла арматура границі текучості, потрібно знати не тільки розкриття тріщин, але й відстань між ними. Варто звернути увагу на те, що при малих відстанях між тріщинами текучість в арматурі буде спостерігатися при розкритті тріщин значно меншому, ніж передбачено у [34] з умови схоронності арматури від корозії.

При з'ясуванні питання про досягнення границі текучості в поперечній арматурі (поперечних стрижнях, хомутах), враховуючи те, що похилі тріщини звичайно розташовуються під кутом 45° до осі елемента, значення розкриття тріщин у табл. 2 варто помножити на коефіцієнт 0,7. За відстань між тріщинами в цьому випадку варто приймати відстань по нормалі до осі елемента між двома сусідніми тріщинами або (якщо тріщина одна) довжину поперечного стрижня.

Про досягнення граничних деформацій у стиснутій зоні бетону судять за появою тріщин, які паралельні осі елемента (рис. 5, 6), і відшаруванням у цій зоні бетону.

Якщо похила тріщина у вільній опорі елемента виходить на розтягнуту грань і розкриття тріщини перевищило 0,5 мм, то це свідчить про те, що відбулося просмикування поздовжньої арматури на опорі. Якщо одночасно з'явилися поздовжні тріщини в бетоні над кінцем похилої тріщини, то настав аварійний стан конструкції у зв'язку з її руйнуванням по похилому перерізу (рис. 7).

Тріщини в бетоні вздовж поздовжньої розтягнутої арматури можуть утворитися з таких причин:

- корозія арматури, що супроводжується збільшенням її діаметра;
- випрямлення арматурних стрижнів, що спочатку мають вигин;
- просмикування арматури на вільній опорі.

У всіх трьох випадках порушується зчеплення арматури з бетоном, що збільшує деформативність елемента й знижує його несучу здатність. Про аварійний стан елемента можна говорити в тому випадку, якщо при цьому розкриття нормальних і похилих тріщин перевищує зазначені в табл. 2 і є поздовжні тріщини з утворенням відшарувань бетону у стиснутій зоні.

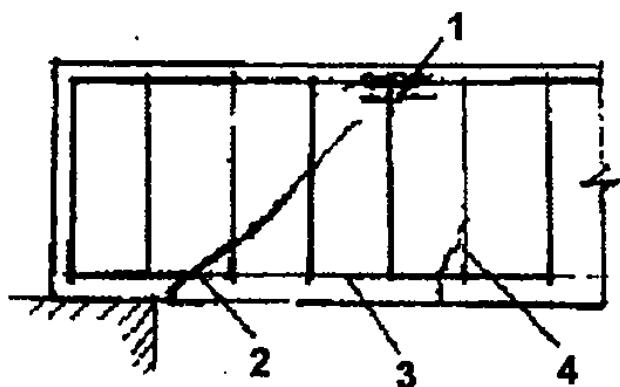


Рис. 7. Схема руйнування залізобетонного елемента по похилому перерізу через просмикування арматури на вільній опорі:
1 – поздовжні тріщини в стиснутій зоні елемента; 2 – похила тріщина; 3 – поздовжня розтягнута арматура; 4 – поперечна арматура

При корозії високоміцної арматури у попередньо напружених залізобетонних конструкціях з'являється небезпека раптового крихкого руйнування конструкції через обрив арматури. Тому наявність корозії високоміцної арматури є ознакою аварійного стану конструкції.

Поздовжні тріщини вздовж стиснутої арматури свідчать про те, що або відбулася корозія арматури, або її стрижні почали втрачати стійкість через надмірно велику відстань між поперечними стрижнями (рис. 8). В обох випадках відбувається зниження несучої здатності елемента не тільки за рахунок зміни зусиль, які сприйме стиснута арматура, але й за рахунок зменшення стиснутої зони бетону. Такий стан є аварійним.

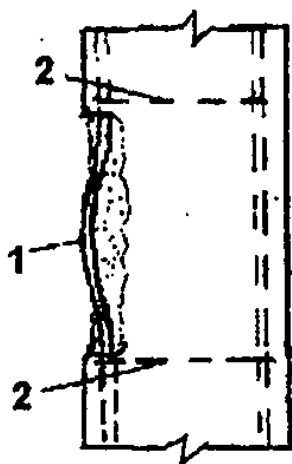


Рис. 8. Схема руйнування в стиснутій зоні бетону при втраті стійкості стрижнями стиснутої арматури: 1 – поздовжня стиснута арматура; 2 - поперечна арматура

Наявність тріщин у консолі колони звичайно є ознакою великого перевантаження консолі й загрожує обваленням конструкції, що опирається на неї. Тому колона із тріщинами в консолях є аварійною. Відхилення колони від вертикалі, допущене в процесі монтажу, не завжди служить показником її незадовільної роботи. При надійному зв'язку колони, що відхилилася, з перекриттями й хорошим омонолічуванням останніх її деформація в горизонтальному напрямку можлива тільки при деформації всього температурно-усадочного блока, тобто додаткове зусилля від нахилу колони буде розподілятися між всіма колонами температурно-усадочного блока [3, 4].

Якщо ж відхилення колони від вертикалі відбулося в процесі експлуатації будинку й супроводжується нерівномірним осіданням фундаментів, то це може свідчити про наближення

аварії будинку й вимагає негайної оцінки стану всіх конструкцій, що примикають до відхиленої колони. Порушення цілісності стиків сполучених елементів є ознакою аварійного стану конструкції, що відхилилася, і елементів, що опираються на неї.

У процесі експлуатації будівлі або споруди залізобетонні конструкції можуть одержати різні пошкодження. Найчастіше пошкодження бувають механічного або фізико-хімічного характеру.

У результаті механічних ударів по поверхні конструкції можуть відбутися місцеві пошкодження бетону й арматури. Відколи бетону найнебезпечніші в стиснутій зоні елемента. При ударі можливі пошкодження арматури у вигляді її деформації або зменшення розмірів поперечного перерізу.

Якщо при ударі утворилося скривлення арматурного стрижня з відшаруванням захисного шару, то відбувається зниження граничного зусилля, що може сприйняти стрижень, який деформований.

У розтягнутому стрижні граничне зусилля можна обчислити [3, 7, 8] за формулою

$$N_{su} = \delta_l R_s \pi r^2, \quad (4)$$

де δ_l – відносне значення граничного зусилля в стрижні з урахуванням наявності скривлення, яке можна визначити за графіком на рис. 9 залежно від відносного значення стріли скривлення e_0/d ; r – радіус поперечного перерізу скривленого стрижня.

У стиснутому стрижні при втраті його зв'язку з бетоном граничне зусилля можна обчислити як у сталевому позацентрово стиснутому елементі за формулою

$$N_{su} = R_s \varphi_e \pi r^2, \quad (5)$$

де φ_e – коефіцієнт, визначений по табл. 74 [35] залежно від наведеного відносного ексцентриситету m_{ef} і умовної гнучкості λ .

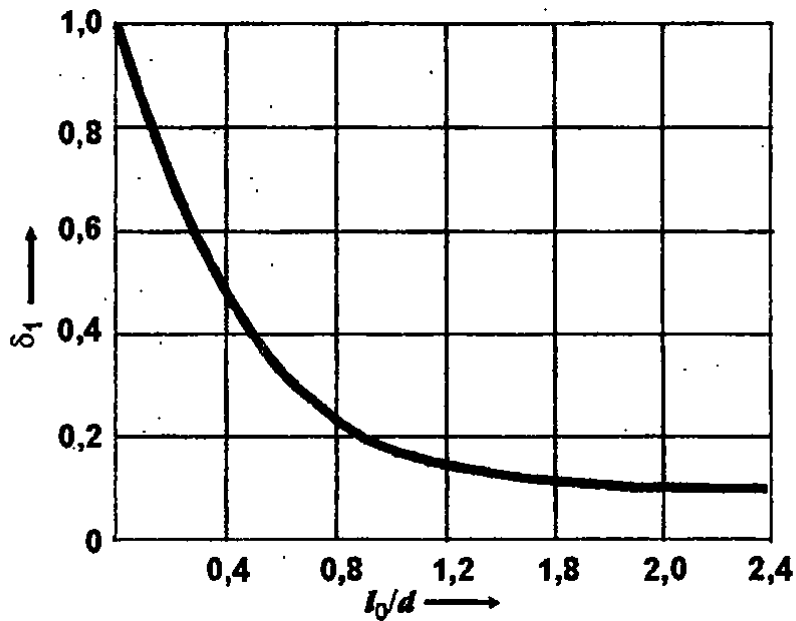


Рис. 9. Залежність відносного зусилля $\delta_l = 4N/R_s\pi d^2$ у стрижні від відносного ексцентриситету e_0/d

Значення m_{ef} обчислюється за формулою

$$m_{ef} = \eta m, \quad (6)$$

де η – коефіцієнт форми перерізу, який можна прийняти рівним 1; m – відносний ексцентриситет, визначений за формулою

$$m = 4e_0/r \quad (7)$$

Умовна гнучкість λ обчислюється за формулою

$$\lambda = 2s\sqrt{R_s/E_s}/r, \quad (8)$$

де s – крок поперечної арматури.

Якщо при ударі утворилося пошкодження арматурного стрижня, яке призвело до зниження розміру його поперечного перерізу без втрати зв'язку арматури з бетоном, то граничне значення в пошкодженому розтягнутому або стиснутому стрижні можна обчислити за формулою

$$N_{su} = \delta_2 \gamma_s R_s \pi r^2, \quad (9)$$

де δ_2 — коефіцієнт, що характеризує ступінь зниження міцності пошкодженого арматурного стрижня, значення якого можна

визначити за графіком на рис. 10, залежно від відносної глибини пошкодження стрижня h_1/d ; γ_s — коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг біля місця пошкодження стрижня

$$\gamma_s = 1 - 0,2h_1/r. \quad (10)$$

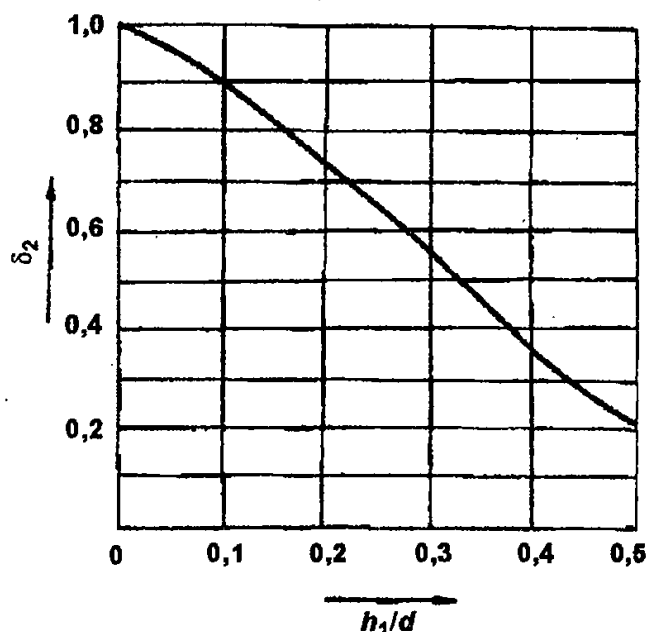


Рис. 10. Залежність ступеня зниження міцності арматурного стрижня δ_2 від відносної глибини пошкодження h_1/d

Якщо арматурний стрижень при ударі одержав одночасно й скривлення із втратою зв'язку з бетоном, і дефект у вигляді зменшення розміру поперечного перерізу в площині, перпендикулярній площині вигину, то в розтягнутому стрижні граничне зусилля можна визначити з вираження

$$N_{su} = \delta_1 \delta_2 \gamma_s R_s \pi r^2. \quad (11)$$

У стиснутому стрижні в цьому випадку відбувається зниження зусилля N_{su} залежно від стрілки скривлення й глибини пошкодження стрижня. Орієнтовно значення N_{su} для стиснутого стрижня можна одержати з виразу

$$N_{su} = \delta_2 \gamma_s \varphi_s R_s \pi r^2. \quad (12)$$

Обчисливши несучу здатність елемента з урахуванням граничного розрахункового зусилля в пошкодженому

арматурному стрижні, порівнявши її з розрахунковим зусиллям в елементі й урахувавши наявність і характер тріщин у бетоні, ухвалюють рішення щодо можливості визнання конструкції аварійною.

При наявності однобічного пошкодження розтягнутої арматури руйнування залізобетонних елементів відбувається з розривом пошкодженої арматури при відносно невеликих деформаціях елементів. Звідси висновок: однобічні пошкодження розтягнутої арматури свідчать про аварійний стан залізобетонної конструкції.

При впливі агресивного середовища відбувається зміна міцності бетону, місцеве його руйнування, корозія арматури.

Якщо при пошкодженні залізобетонних конструкцій з'являються розглянуті вище ознаки, що свідчать про велике їхнє перевантаження (тріщини, відшарування бетону у стиснутій зоні елементів та ін.), то пошкоджені конструкції варто вважати аварійними.

У деякій технічній літературі пропонується відносний прогин звичайних залізобетонних елементів, що згинаються, перевищуючий 1/150 прогону, вважати ознакою аварійного стану конструкції.

В інших джерелах, наприклад [23], аварійний стан конструкції пропонується вважати при відносному прогині, більшому або рівному 1/50.

Однак сам по собі великий прогин залізобетонних елементів свідчить лише про їх малу жорсткість.

Про близькість до аварійного стану залізобетонних елементів, що згинаються, можна судити за значеннями відносного прогину, що відповідає досягненню граничного стану за міцністю, що визначається за формулою

$$f/l = \delta M_u l^2 / B, \quad (13)$$

де δ – коефіцієнт, що залежить від розрахункової схеми елемента, що згинається; M_u – граничний згинальний момент, що може сприйняти нормальний переріз елемента при досягненні граничного стану першої групи; B – жорсткість елемента.

Для прямокутного перерізу з одинарною арматурою

$$N_u = R_s b h_0^2 \mu (1 - 0,5 \mu R_s / R_b), \quad (14)$$

де μ – коефіцієнт армування

$$\mu = A_s / b h_0. \quad (15)$$

При короткочасному навантаженні значення B можна обчислити за формулою.

$$B = 0,85 E_s \mu b h_0^3 (1 - \mu R_s / R_b) (1 - 0,5 \mu R_s / R_b), \quad (16)$$

а при тривалому впливі навантаження й відносної вологості повітря $W \approx 40\%$

$$B = 1,7 E_s \mu b h_0^3 [1 - \mu R_s / (0,9 R_b)] \times [1 - 0,5 \mu R_s / (0,9 R_b)]. \quad (17)$$

Після підстановки (14) і (16) у рівняння (13) одержуємо

$$f / l = \delta R_s l / [0,85 E_s (1 - \mu R_s / R_b) h_0], \quad (18)$$

а після підстановки (14) і (17) у рівняння (13) маємо

$$f / l = \delta R_s l / \{1,7 E_s [1 - \mu R_s / (0,9 R_b)] h_0\}. \quad (19)$$

Тому що прогин елементів, що згинаються, відрховується від прямолінійної осі елемента, то в попередньо напружених балках зі значення відносного прогину, підрахованого за формулою (18), варто відняти відносний вигин від короткочасної дії зусилля попереднього обтиснення P , підрахований за формулою

$$f_1 / l = P e_{op} l / (8 E_b J_{red}), \quad (20)$$

а зі значення відносного прогину, підрахованого за формулою (19), відняти ще й додатковий відносний вигин від усадки й повзучості бетону, визначений з виразу

$$f_2 / l = (\varepsilon_b - \varepsilon_b') l / 8 h_0, \quad (21)$$

де ε_b і ε'_b — відносні деформації бетону від усадки й повзучості на рівні відповідно розтягнутої арматури і найбільш стиснутої грані перерізу, що обчислюються за [34].

Якщо відносний прогин елемента перевищує значення, обчислені за формулами (18) і (19), але тріщини в розтягнутій зоні розкриті не більш, ніж наведені в табл. 2, і відсутні ознаки руйнування стиснутої зони, *то варто вважати стан конструкції передаварійним*.

При розкритті тріщин у розтягнутій зоні більше наведених у табл. 2 і наявності ознак початку руйнування стиснутої зони бетону *стан конструкції варто вважати аварійним*.

На рис. 11 наведена залежність відносного прогину f/l залізобетонних елементів, що згинаються, від відношення прогону l до робочої висоти перерізу h_0 при досягненні в нормальних перерізах першої групи граничних станів для балок прямокутного перерізу з бетону класу В20 при арматурі зі сталі класу А-III і $\mu = 0,015$.

З рис. 11 видно, що досягнення граничного стану першої групи в нормальному перерізі може відбуватися при значеннях відносних прогинів, що помітно відрізняються від $1/150$ як в один, так і в інший бік. Таким чином, для використання критерію відносного прогину залізобетонних конструкцій при встановленні їхнього аварійного стану варто робити щораз розрахунок значення відносного прогину, виходячи з конкретних умов (прогону й схеми елемента, що згинається, класів бетону й арматури, коефіцієнта армування).

У ряді випадків, коли немає видимих ознак перевантаження залізобетонних конструкцій, вони можуть знаходитись в передаварійному стані. Це буває тоді, коли не забезпечується стійкість конструкції.

Сюди можна віднести пропуски або неякісне виконання вертикальних зв'язків, відсутність або непроектне виконання зварювання закладних деталей. У цих випадках навіть при незначному збільшенні навантажень може відбутися обвалення конструкцій.

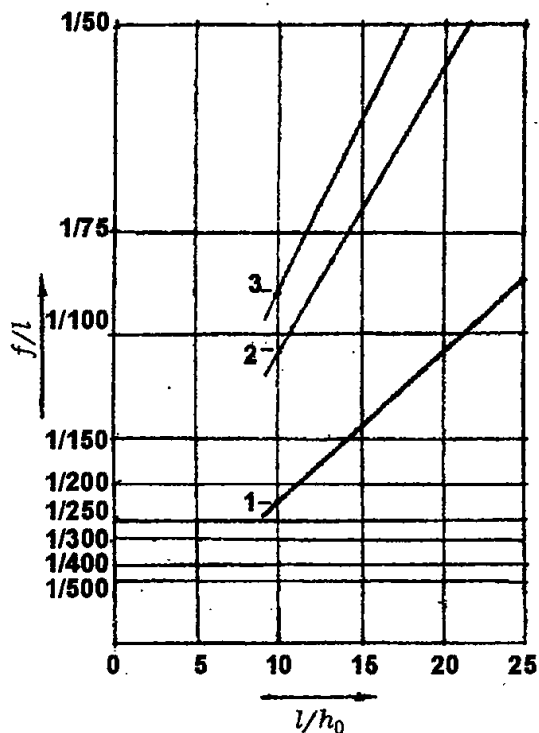


Рис. 11. Залежність відносного вигину f/l залізобетонного елемента, що згинається, від відношення прогону l до робочої висоти перерізу h_0 при класі бетону В20, класі арматури А-III і $\mu = 0,015$:
 1 – для однопрогонової вільно опертої балки й короткочасної дії навантаження; 2 – те ж для тривалої дії навантаження; 3 – для консольної балки й короткочасної дії навантаження [9]

Останнім часом збільшилась кількість випадків обвалення балконів і козирків.

Якщо балконна плита або козирок залізобетонні, то ознаки їхнього аварійного стану пов'язані з дефектами як розтягнутої арматури, так і стиснутої зони бетону.

При незадовільному стані або відсутності гідроізоляції балконних плит і козирків у результаті багаторазового впливу атмосферних опадів і перепадів температури відбувається руйнування верхньої й нижньої зон плит, що викликає корозію арматури і бетону.

При пошкодженні корозією арматурних стрижнів більш ніж на 30% варто вважати стан плит балконів і козирків аварійним.

При недостатній щільності бетону, зволоженні його через погану гідроізоляцію плити й періодичному заморожуванні й відтаванні відбувається швидке руйнування нижньої поверхні плити. При цьому зменшується робоча висота перерізу плити. Руйнування більш ніж на 30% по глибині бетону плити є ознакою її аварійного стану.

1.5. Ознаки аварійного стану кам'яних конструкцій

Про велике перевантаження елементів кам'яної кладки можна судити за наявністю в них тріщин. Тріщини можуть бути видимі, які виходять на поверхню кладки, і невидимі - внутрішнє розшарування. Однак не всі тріщини в кладці свідчать про її перевантаження. Тріщини в кам'яній кладці можуть з'являтися також у результаті нерівномірного осідання фундаментів і температурного впливу [5 - 8].

При нерівномірному осіданні фундаментів і температурному впливі в результаті перерозподілу зусиль між елементами кладки може відбутися перевантаження окремих елементів з утворенням у них тріщин силового походження (рис. 12).

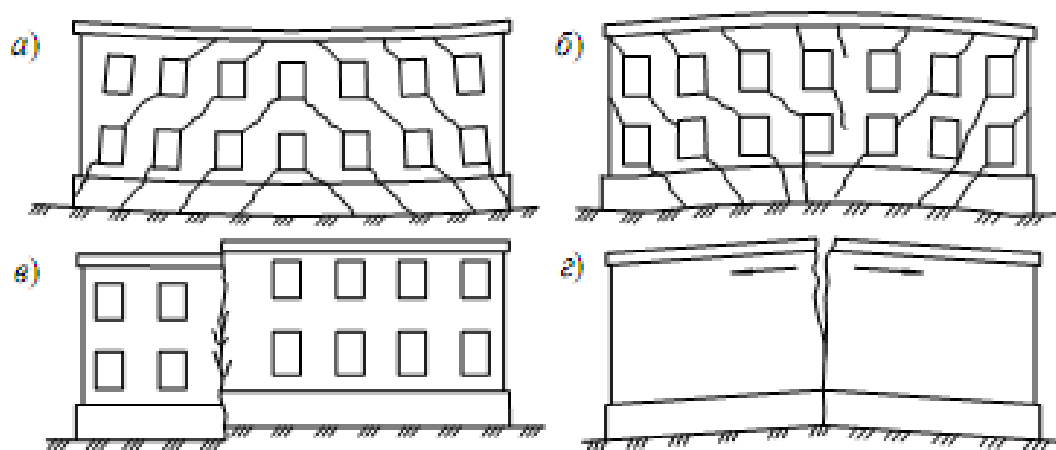


Рис. 12. Тріщини в кам'яних стінах при:

a – осіданні середньої частини будівлі; *б* – осіданні крайніх частин будівлі; *в* – просіданні частини будівлі; *г* – розламі будівлі

Настання аварійного стану кам'яної кладки у зв'язку з її перевантаженням відповідає третій стадії напружено деформованого стану кладки. Ця стадія характеризується появою часто розташованих вертикальних тріщин, що мають невелике розкриття й проходять через вертикальні шви кладки й кілька рядів каменю (рис. 13). Тріщини, що виходять на зовнішню поверхню кам'яного елемента, звичайно супроводжуються внутрішнім розшаруванням кладки. Це можна встановити при простукуванні кам'яного елемента. Якщо є його внутрішнє розшарування, то при ударі по поверхні кладки чутний глухий звук. Як говорять будівельники, кладка при цьому «бухтить».

Внутрішнє розшарування кладки часто приводить до витріщання зовнішнього шару кладки.

Рекомендації [25] пропонують вважати неприпустимим відхилення від вертикалі елемента кам'яної кладки більш ніж на $1/3$ висоти перерізу елемента. При урахуванні цих рекомендацій варто вважати, що якщо відхилення від вертикалі допущено при виконанні кладки, то горизонтальна складова зусилля, що виникає від цього відхилення, буде гаситися сполученням елемента, що відхилився, з іншими ділянками кладки й перекриттями. При такому відхиленні від вертикалі кам'яного елемента варто зробити його розрахунок з урахуванням зв'язку з елементами, що примикають (кладка й перекриття) [5, 7, 8]. Якщо розрахунок покаже задовільний стан кладки, то не буде підстав вважати такий елемент аварійним.

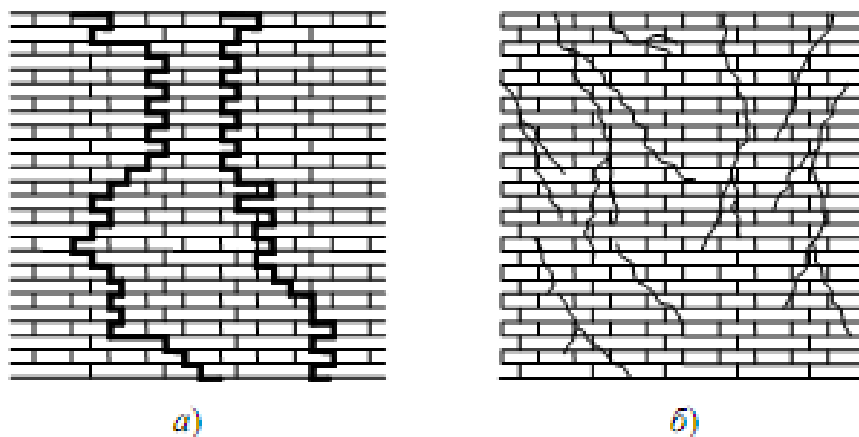


Рис. 13. Тріщини від невідповідності несучої здатності кладки при навантаженні при стані кладки: *а* – задовільному (знос до 40%); *б* – незадовільному (знос більше 40%)

У процесі аналізу стану конструкцій необхідно не тільки встановити причину виникнення тріщин, але й визначити ступінь їхнього впливу на подальшу роботу елементів.

При відхиленні ділянок стіни або стовпа від вертикалі з відривом їх від сусідніх елементів стін, викликаним нерівномірним осіданням фундаментів, у випадку, коли стабілізації осідання не відбулося, з'являється небезпека обвалення елементів кам'яної кладки, що відкололися. Це варто вважати аварійним станом кладки.

Небезпечним є поява тріщин у кладці під кінцями балок, прогонів, перемичок більших прогонів або під опорними подушками (рис. 14). При цьому виникає можливість обвалення елемента, що опирається на кладку. Це аварійний стан елемента.

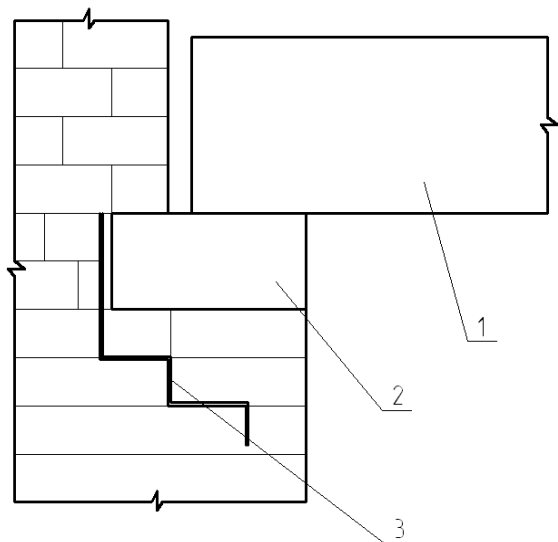


Рис. 14. Схема руйнування кам'яної кладки під опорною подушкою:
1 – балка; 2 – опорна подушка; 3 – похила тріщина

При недостатньому опиранні плит перекриттів на стіни може відбутися відкол кладки під кінцем плити, а також просмикування арматури плити на опорі. При відсутності видимих ознак руйнування кладки під кінцем плити й похилих тріщин у плиті стан плити варто *вважати передаварійним*. У випадку збільшення навантаження на плиту вона може обвалитися.

Тріщини в кладці, викликані нерівномірним осіданням фундаментів, температурним впливом, а також відсутність перев'язок поздовжніх і поперечних стін приводять до зниження просторової жорсткості будинку. Це *передаварійний стан будинку*. У випадку появи значних горизонтальних зусиль може відбутися обвалення конструкцій. Тому просторову жорсткість будинку завжди потрібно відновлювати [1, 5, 6].

Відомі випадки обвалення цегляних стін, що стоять окремо, і не розкріплені перекриттями й стінами перпендикулярного напрямку, від дії вітрового навантаження. Це може відбутися при порушенні технології спорудження нових стін або розбирання старих.

Стіну, що стоїть окремо, можна вважати аварійною, якщо її висота виявляється більше визначеної за формулою

$$H \geq h^2 \gamma_f \rho g / (c \omega \gamma), \quad (22)$$

де h – товщина стіни; γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, рівний 0,9; ρ – щільність кладки; g – прискорення сили ваги; c – аеродинамічний коефіцієнт, прийнятий за [36]; ω – швидкісний напір, прийнятий за [36]; γ – коефіцієнт надійності за вітровим навантаженням.

1.6. Ознаки аварійного стану конструкцій великопанельних будинків

Фундаменти, перекриття, сходи великопанельних будинків мають ті ж ознаки аварійного стану, що й аналогічні конструкції інших будинків.

Специфічні ознаки аварійного стану мають стінові панелі й вузли з'єднання стінових панелей один з одним і з плитами перекриттів.

Обвалення великопанельного будинку може відбутися в результаті великого нерівномірного осідання фундаментів, яке призвело до порушення цілісності окремих панелей і вузлів їхнього сполучення. Також можлива аварія великопанельного будинку через руйнування окремих несучих панелей при недостатній їхній несучій здатності або через низьку якість горизонтальних швів.

При якісному виконанні вузлів сполучення стінових панелей між собою і з плитами перекриттів руйнування однієї стінової панелі не повинно призводити до прогресуючого обвалення всього будинку або всіх конструкцій, розташованих вище. Це забезпечується спеціальною конструкцією вузлів сполучення елементів великопанельних будинків, що допускають великі пластичні деформації. Проконтролювати якість виконання вузлів сполучення можна тільки в процесі проведення будівельно-монтажних робіт або при розкритті вузлів спорудженого будинку. Однак в останньому випадку наноситься значний

збиток цілісності конструкцій, їхньому зовнішньому вигляду й утрудняється експлуатація приміщень на період цих робіт. Варто мати на увазі, що зв'язки у вузлах сполучення елементів великопанельних будинків один з одним повинні виконуватися строго за проектом. Як зменшення, так і збільшення поперечного перерізу зв'язків будуть мати негативні наслідки. При зменшенні поперечного перерізу зв'язку буде недостатня міцність з'єднання, а при збільшенні поперечного перерізу відбудеться зменшення пластичної деформації зв'язку [7, 8].

Окремі навісні стінові панелі можуть випасти зі стіни через руйнування зв'язків. Провісником цього є вихід панелі із площини стіни, поява іржавих плям у місцях розташування сталевих зв'язків і тріщин у горизонтальних і вертикальних швах по периметру панелі.

Якщо навісні панелі прикріплені до каркаса, то зазори, навіть значні, між панеллю й каркасом не можуть служити підставою для визнання панелі *аварійною*.

У більшості випадків наявність великого зазора між деякими стіновими панелями й колонами каркаса свідчить про недбалий монтаж каркаса, тобто про те, що колони змонтовані не в одній площині. У цьому випадку варто перевірити положення сумнівної панелі щодо зовнішньої поверхні стіни. Якщо панель не виходить назовні щодо зовнішнього боку стіни, то її стан варто визнати задовільним.

Вертикальні й горизонтальні тріщини в стінових панелях збільшують їхню проникність. Горизонтальні тріщини, крім того, знижують жорсткість панелі з її площини.

Небезпечним є наявність похилих тріщин (рис. 15), тому що вздовж тріщини може відбутися зсув частин панелі з наступним їхнім руйнуванням [22]. Ознакою можливого руйнування є й поява тріщин і відшарованого бетону біля горизонтальних швів між панелями, що свідчить про велику неоднорідність розчинної постелі в цьому шві.

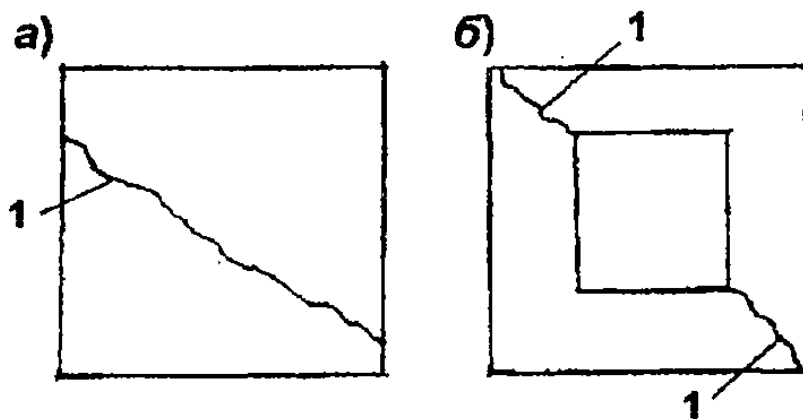


Рис. 15. Схема похилих тріщин у стіновій панелі:
 а – без прорізу; б – із прорізом; 1 – тріщини

Відшарування й випадання зовнішнього захисного шару не може бути ознакою аварійного стану стінової панелі. При руйнуванні зовнішнього захисного шару з'являється небезпека зволоження стіни дощем і зниження її теплотехнічних властивостей.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттю «аварійний стан».
2. Що таке «ознаки аварійного стану конструкцій»?
3. Наведіть ознаки аварійного стану ґрунтової основи.
4. Наведіть причини, коли природна основа може прийти в аварійний стан.
5. Наведіть причини пошкоджень залізобетонних конструкцій.
6. Наведіть ознаки аварійного стану фундаментів.
7. Наведіть ознаки аварійного стану залізобетонних конструкцій.
8. Наведіть ознаки аварійного стану кам'яних конструкцій.
9. Наведіть ознаки аварійного стану конструкцій великопанельних будинків.
10. У яких випадках аварійна основа може прийти в аварійний стан?

11. Які тріщини можуть виникати в залізобетонних конструкціях?
12. Який вплив мають механічні пошкодження на аварійність стану конструкції?
13. Як впливає ширина розкриття тріщин на аварійний стан конструкції?
14. Про що свідчать поздовжні тріщини вздовж стиснутої арматури?
15. Про що свідчать тріщини у консолі колони?
16. Про що свідчать однобічні пошкодження розтягнутої арматури?
17. Причини корозії арматури залізобетонних конструкцій.

2. МЕТОДИ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Посилення елементів виконують з метою збільшення їх несучої здатності і жорсткості. Посилення елементів може бути також потрібно у зв'язку з пошкодженнями, отриманими елементами при зведенні конструкцій, експлуатації або при пожежі і тому подібне. Рішення про технічну можливість і економічну доцільність посилення залізобетонних конструкцій повинне прийматися у кожному конкретному випадку залежно від експлуатаційних вимог і стану конструкцій, а також за результатами порівняння вартості посилення з вартістю зведення нової конструкції.

Усі засоби підсилення можна розділити на три основні групи: відновлення несучої здатності конструкцій, збільшення несучої здатності конструкцій, розвантаження конструкцій, а також існують спеціальні випадки посилення окремих елементів і конструкцій.

Відновлення несучої здатності конструкцій відбувається з конструкціями, які мають дефекти, що були отримані при монтажі або експлуатації конструкції. В такому випадку конструкція обстежується, проводиться розрахунок і виконується посилення на величину недостатньої несучої здатності. У якості засобів підсилення використовують, як правило, відновлення тих матеріалів або конструкційних елементів які мають недостатню несучу здатність.

Збільшення несучої здатності конструкцій використовують у разі необхідності зміни технологічного процесу з використанням більш важкого обладнання, у разі збільшення навантаження за рахунок реконструкції і т.ін. Такі роботи можуть проводитися із зміною розрахункової схеми або пружного стану, а також без зміни розрахункової схеми і пружного стану. Для посилення без зміни розрахункової схеми і пружного стану використовують різні обойми, сорочки або нарощування. При цьому велику увагу необхідно приділяти надійному об'єднанню елементів посилення з існуючою конструкцією. Для посилення із зміною розрахункової схеми або пружного стану використовуються додаткові елементи: опори, розпірки, шпренгелі, хомути і т.ін.

У деяких випадках використовують розвантаження конструкцій, тобто передача навантаження з одних конструкцій (з недостатньою несучою здатністю) на інші (в разі, якщо їх

несуча здатність достатня для сприймання збільшеного навантаження). Розвантаження може бути тимчасовим (на період заміни дефектної конструкції) і постійним (тобто дефектна конструкція не замінюється, частина навантаження передається на інші конструкції).

Класифікація засобів посилення будівельних конструкцій наведена у табл. 3.

Для збільшення довговічності посилення та самої конструкції необхідно передбачати (для конструкцій, які знаходяться під агресивним впливом) захист полімерними захисними матеріалами. Найкраще себе зарекомендували матеріали на основі поліуретанових та епоксидних смол (дод. 1).

2.1. Посилення основ при реконструкції й капітальному ремонті

Усі способи посилення основ можна розділити на дві основні групи:

- посилення шляхом закріплення ґрунтів;
- підвищення міцності основ глибинним ущільненням ґрунтів.

Посилення основ шляхом закріплення ґрунтів полягає у зв'язуванні часток ґрунту. Закріплення підвищує механічну міцність, вологостійкість, довговічність. Залежно від технології закріплення й процесів, що відбуваються в ґрунті, методи закріплення діляться на три види: хімічні, фізико-хімічні й термічні.

Сутність хімічних методів полягає в тому, що в ґрунт через попередньо занурені в нього перфоровані труби (ін`єктори) нагнітають малов'язкі розчини. Перебуваючи в ґрунті розчини вступають у хімічну реакцію із ґрунтом і, затверджуючись у ньому, поліпшують хімічні властивості основи.

Хімічні способи діляться на дві групи. До першого належать способи, що використовують силікатні розчини і їхні похідні, до другого – способи, що застосовують органічні полімери (акрилові, карбомідні, резорцино-формальдегідні, фуранові смоли й т.ін.).

Найбільше поширення мають способи *силікатизації*.
Матеріалом для силікатизації є рідке скло – колоїдний розчин силікату натрію.

При *однорозчинній силікатизації* в ґрунт ін'єктується гелетвірний розчин, що складається із двох або трьох компонентів: розчини силікату натрію й затверджуючого реагенту (розчинів кислот, органічних сполук). У результаті реакції, що протікає, ґрунт цементується гелем кремнієвої кислоти.

При *дворозчинній силікатизації* процес закріплення зводиться до почергового нагнітання в ґрунт розчину силікату натрію й розчину хлористого калію. У процесі взаємодії розчинів утворюється гідрогель кремнієвої кислоти. Пісок після ін'єкції стає водонепроникним. Приклад закріплення ґрунтів основи наведено у дод. 2.

При *газовій силікатизації* як затверджувач силікату натрію використовується вуглекислий газ.

Газ нагнітають у ґрунт для його попередньої активізації. Після цього ін'єктують силікат натрію, а потім у ґрунт подають вуглекислий газ. Спосіб застосовується для піщаних і просадних лесових ґрунтів, а також ґрунтів з високим вмістом органічних речовин. Закріплені піски набувають міцності 0,8...1,5 МПа, а лесові ґрунти 0,8...1,2 МПа.

При *електросилікатизації* використовується комбіноване застосування постійного електричного струму й силікатних розчинів. Спосіб призначений для закріплення перезволожених дрібнозернистих ґрунтів і супісків, а також лесових ґрунтів, у які рідке скло проникає погано (коефіцієнт фільтрації менше 0,1 м/доб).

При *аеросилікатизації* ґрунтів використовують стиснене повітря, що подають у ґрунт разом із закріплюючим розчином рідкого скла. Подача стисненого повітря дозволяє отримати в ґрунті радіально спрямовані від ін'єктора променеподібні ділянки закріпленого ґрунту.

При великих об'ємах накачування тампонажних матеріалів застосовують *глинисто-силікатні розчини*, що являють собою суміші водяних розчинів високодисперсних глин з невеликою домішкою силікату натрію. Силікат натрію викликає виникнення в порах ґрунту еластичного гелю, що забезпечує водонепроникність ґрунтового масиву.

До інших хімічних методів належать *амонізація й смолізація*.

При *амонізації* в ґрунт під невеликим тиском нагнітається газоподібний аміак. Метод дозволяє надати лесовим ґрунтам властивості непросадочності.

При *смолізації* в ґрунти ін'єктуються водянні розчини синтетичних смол (карбомідних, епоксидних, фуранових та ін.) разом з затверджувачами (кислотами, кислими солями). Після взаємодії з затверджувачами смола полімеризується. Смолізація використовується при закріпленні піщаних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації 0,5...45 м/доб і лесових ґрунтів. Ґрунти стають водонепроникними й мають міцність на стиск до 1...5 МПа.

Вибір способу й зон хімічного закріплення ґрунту залежить від характеристик основи, форми й розмірів фундаменту, навантажень, що діють [26]. Зони закріплення в плані можуть бути стрічковими, суцільними, переривчастими, кільцевими й фігурними (рис. 16). Залежно від цього й властивостей ґрунту визначається відстань між ін'єкторами і їхнє положення (вертикальне, похиле, горизонтальне, комбіноване (рис. 17)).

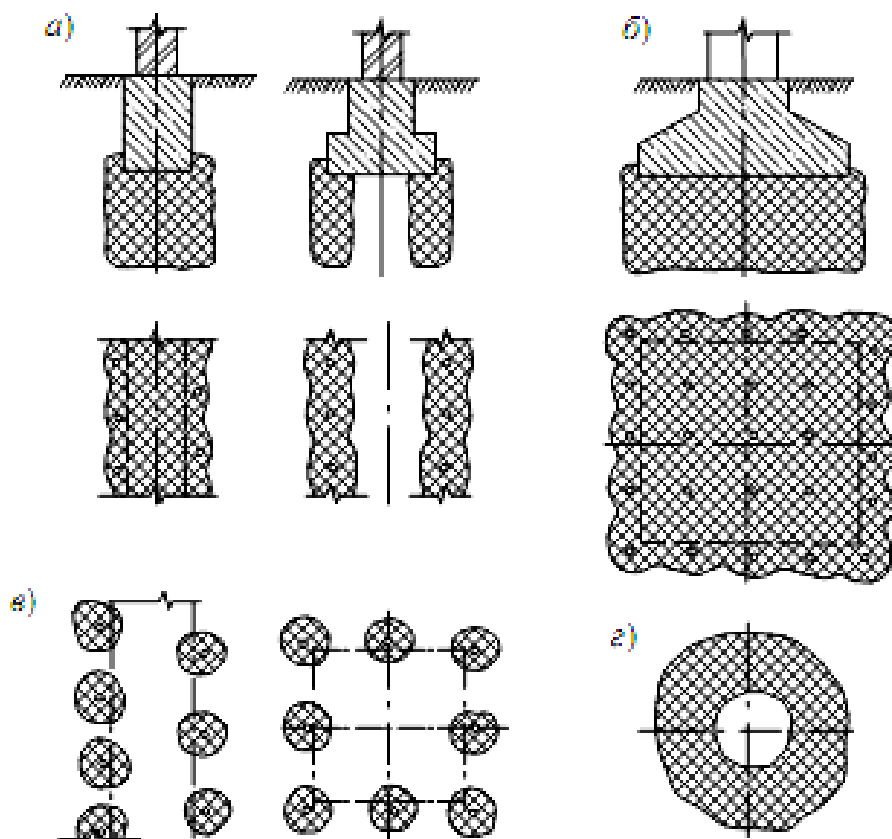


Рис. 16. Зони хімічного закріплення ґрунтів основ: *a* – стрічкова; *б* – суцільна; *в* – стовпчаста; *г* – кільцева

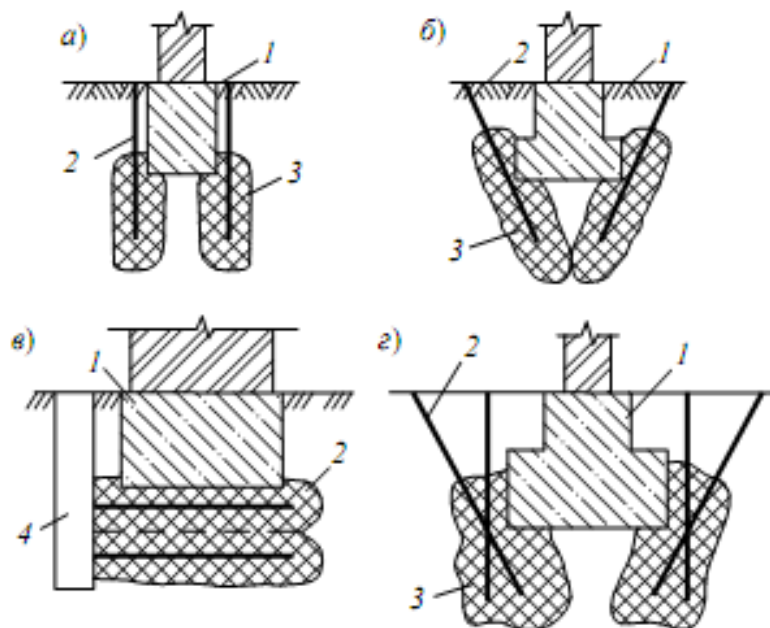


Рис. 17. Варіанти розташування ін'єкторів при закріпленні ґрунтів основи:
1 – фундамент; 2 – ін'єктор; 3 – зона закріплення; 4 – шахта

До *фізико-хімічних* методів закріплення ґрунтів належать цементация, ґрунтоцементация, бітумізация й глинізация.

При *цементации* в ґрунт через ін'єктори нагнітається цементний, цементно-піщаний або цементно-глинистий розчин. Додавання глини до 5 % сприяє поліпшенню якості робіт. Метод застосовують для закріплення піщаних, великоуламкових ґрунтів і тріщинуватих скельних порід.

При *ґрунтоцементации* для зміцнення основ улаштовують ґрунтоцементні (мулоцементні) палі. Для улаштування паль ґрунт у пробурюваній свердловині перемішується з в'язким матеріалом без виймання його зі свердловини. Метод застосовується для закріплення слабких ґрунтів при спорудженні поблизу експлуатованих будинків нових, створенні підземних конструкцій у слабких ґрунтах (наприклад, мулопаль, ґрунтоцементних стрічкових фундаментів і т.п. [26]), улаштування протифільтраційних завіс та ін.

При *глинізації* для заповнення свердловин використовують глиняні розчини. Застосовується вона в тріщинуватих породах, що мають коефіцієнт фільтрації від 5 до декількох тисяч метрів на добу.

При бітумізації як ін'єктовану речовину використовують розігрітий бітум або холодну бітумну емульсію. Спосіб рекомендується для піщаних ґрунтів з коефіцієнтами фільтрації 10...50 м/доб. Через складність технології метод застосовується дуже обмежено.

Термічне закріплення ґрунтів (випал) застосовується в основному при закріпленні просадних ґрунтів. У пробурених у ґрунті свердловинах спалюють газоподібне, рідке або тверде паливо.

Одночасно у свердловину подають повітря. Випал роблять при температурі 400...800⁰С протягом 5...10 днів. Навколо свердловини утворюється стовп закріпленого ґрунту діаметром 1,5...3,0 м з міцністю 1...3 Па.

Іноді в практиці застосовується *електротермічний спосіб випалу ґрунту*. Як джерело використовуються ніхромові електронагрівники. Свердловини у всіх випадках можуть пробурюватися вертикально, похило й горизонтально.

Перелік деяких способів закріплення ґрунтів основ, умови й ефективність їхнього застосування дані в [11, 26]. Більш докладно з принципами й технологією закріплення ґрунтів можна ознайомитися в [26, 31].

2.2. Посилення аварійних фундаментів будинків

Вибір способів ремонту й посилення стрічкових і стовпчастих фундаментів мілкового закладання залежить від причин, що викликають необхідність посилення, особливостей конструктивного рішення фундаментів, навантажень, що діють, а також від інженерно-геологічних умов і розмірів робочої площадки. Від прийнятого способу посилення або ремонту істотно залежить організація й технологія проведення робіт.

Основні способи посилення фундаментів мілкового закладання з їхньою короткою характеристикою подані нижче.

2.2.1. Посилення кладки цементацією

Спосіб застосовується, коли кладка ослаблена, а збільшення навантаження на фундамент не передбачається. Цементація проводиться в порожнечі кладки через ін'єктори цементного

розчину під тиском до 1 МПа. Через 1 ін'єктор заповнюється площа кладки діаметром 0,6 - 1,2 м (рис. 18).

Звичайне число місць ін'єкції залежить від ступеня руйнування кладки фундаментів. Роботи з укріплення доцільно вести захватками довжиною 2,0...2,5 м. Іноді для зменшення витрати розчину бічні поверхні фундаменту перед цементацією покривають цементною штукатуркою.

У бутових фундаментах зустрічається такий вид дефектів, як розрив стрічкового фундаменту при обдиманні ґрунту. Такий вид дефекту також усувається цементацією (рис. 19).

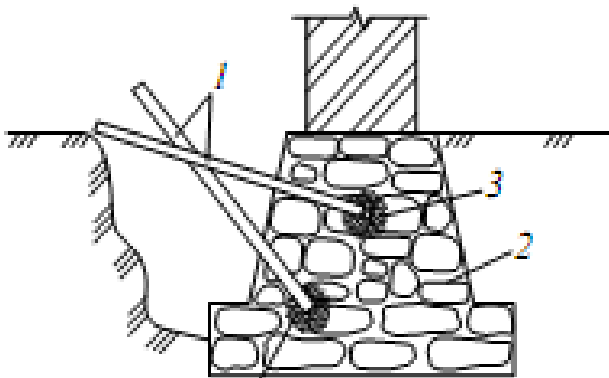


Рис. 18. Посилення кладки цементацією:

1 – ін'єктори; 2 – посилюваний фундамент; 3- цементний розчин, що нагнітається

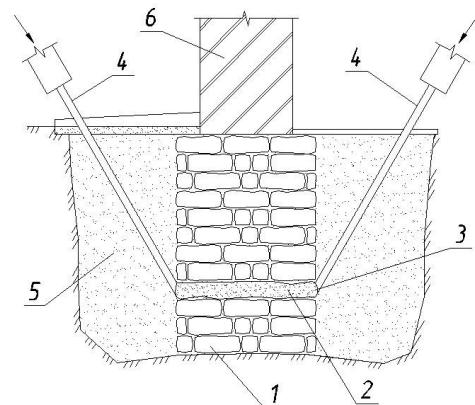


Рис. 19. Усунення розриву стрічкового фундаменту:

1 – посилюваний фундамент; 2 – розрив у фундаменті; 3 – цементний розчин, що нагнітається; 4 – ін'єктори; 5 – ґрунт, що не обдимається; 6 – цегляна стіна

Для цементації краще використовувати суперпластифіковану цементно-водяну суспензію (СПЦВС). Порядок приготування та використання наведено у дод. 3 та [38].

2.2.2. Ремонт і посилення тіла фундаментів матеріалами на основі полімерів

Спосіб заснований на використанні полімербетонів, полімерних розчинів і мастик для закладення тріщин у тілі фундаментів та ін'єктування їх усередину. Для закладення тріщин шириною 2 мм і більше й раковин глибиною менш 50 мм

використовуються полімеррозчини й полімермастики. Якщо руйнування більш значні і є оголення арматури, відновлення виконують полімербетоном або полімеррозчином, нанесенням торкрет-бетону. При наявності порожнеч, тріщин та інших дефектів усередині тіла для укріплення його використовують ін'єкційне лікування полімерними сумішами смол із затверджувачами, так само як і при цементації (рис. 18). У зв'язку з високою вартістю смол ін'єктування їх обмежується невеликими обсягами дефектів. Більш докладно з принципами використання полімерних матеріалів при ремонті й посиленні фундаментів можна ознайомитися в [21, 24].

2.2.3. Улаштування захисних розчинних сорочок

Спосіб застосовується при ремонті незначних зовнішніх пошкоджень фундаментів. Для цього в кладку в шаховому порядку через 0,5 м зашпаровуються металеві анкери, до яких прикріплюється арматурна сітка, і потім наноситься розчин на крупному піску простим обштукатурюванням (рис. 20) або торкретуванням. Іноді замість розчину наносять бетон, застосовуючи пневмонабризк (рис. 21) або укладання в опалубку.

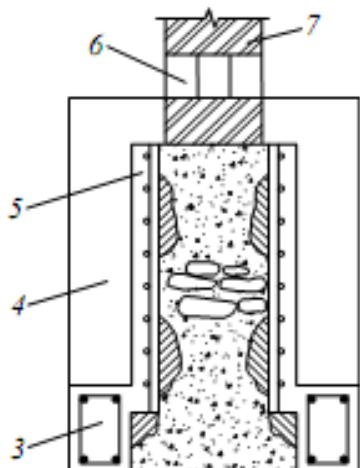


Рис. 20. Варіант посилення кладки стрічкового фундаменту:
1 – фундамент; 2 – тріщини в східцях; 3 – поздовжня балка на східці; 4 – контрфорс;
5 – сорочка; 6 – рандбалки;
7 – стіна будинку

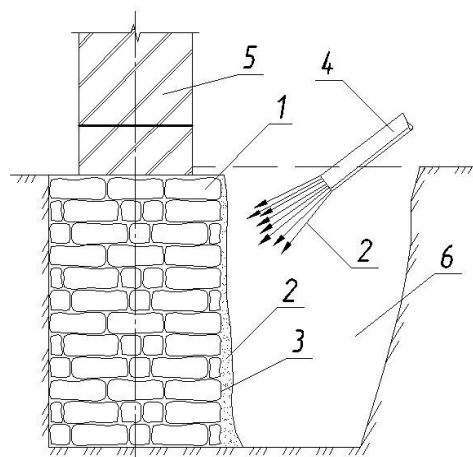


Рис. 21. Закріплення бутової кладки торкретбетоном:
1 – існуючий фундамент;
2 – набризк бетону;
3 – поверхня фундаменту;
4 – цемент-гармата; 5 – стіна;
6 – розкрита пазуха фундаменту

Даний спосіб звичайно застосовується разом з іншими заходами посилення. Приклад такого посилення даний в [31]. Через появу тріщин у східцях стрічкового фундаменту їх підсилили шляхом улаштування над східцями поздовжніх залізобетонних балок (рис. 20). Балки опираються на контрфорси, ширина яких визначається з розрахунку на зминання кладки в місцях перетинання ригеля й контрфорсу із кладкою стіни. Відстань між контрфорсами знаходиться з розрахунку балок на вигин. Весь фундамент беруть в залізобетонну сорочку, монолітно пов'язану з балками.

Більш докладно з принципами улаштування сорочок можна ознайомитися в [26, 31].

2.2.4. Часткова заміна кладки фундаменту

Часткова заміна кладки фундаменту проводиться при ремонтах із середнім ступенем руйнування тіла фундаменту. Спосіб застосовується коли навантаження на фундамент збільшується, а несуча здатність основи достатня.

2.2.5. Посилення залізобетонних фундаментів обіймами

Посилення залізобетонних фундаментів обіймами через простоту й надійність улаштування одержало значне поширення в практиці. Обійми, що влаштовуються без поглиблення фундаменту, можуть виконуватися як без збільшення площі подошви, так і з її розширенням. За матеріалом вони можуть бути бетонними й залізобетонними. Останні більш надійні, тому що охоплюють посилюваний фундамент, обтискуючі його при усадці бетону.

Обійми без збільшення площі подошви фундаментів улаштовуються рідко. Їх застосовують у тих випадках, коли тіло фундаменту має недостатню міцність, а його подошва й основа знаходяться у хорошому стані. З цією метою застосовують у вигляді матеріалів, як правило, або фібробетон (рис. 22), або залізобетон (рис. 23).

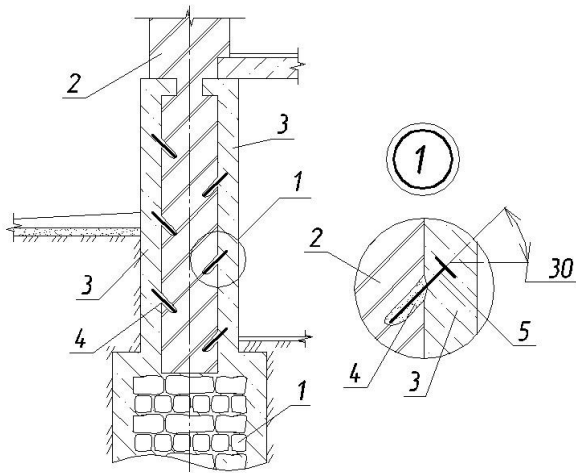


Рис. 22. Закріплення стін підвалу й фундаменту улаштуванням обойми з фібробетону:
 1 – існуючий фундамент;
 2 – стіна підвалу; 3 – обойма з фібробетону; 4 – отвори розміром 20-30 мм і глибиною до 250 мм; 5 – металеві анкери з арматури періодичного профілю, які встановлені на епоксидному компаунді

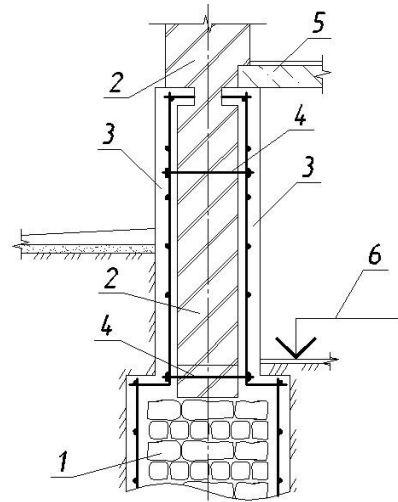


Рис. 23. Закріплення стін підвалу й фундаменту улаштуванням залізобетонної обойми:
 1 – існуючий фундамент;
 2 – стіна підвалу; 3 – обойма із залізобетону; 4 – анкери;
 5 – надпідвальне перекриття;
 6 – позначка підлоги підвалу

У роботі [31] наведений приклад посилення обоймою без розширення збірних окремих фундаментів під стовпами в житловому будинку. Через неякісне виконання робіт фундаменти довелося підсилити обоймою, схема якої наведена на рис. 24.

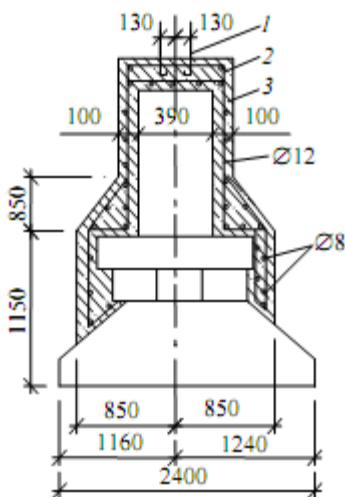


Рис. 24. Варіант посилення залізобетонною обоймою збірного окремого фундаменту:
 1 – анкерні болти; 2 – зварні сітки; 3 – обойма

Обойми зі збільшенням площі підшови фундаменту влаштовуються у фундаментах мілкового закладання, виконаних з різних кладок, бетону або залізобетону. Виготовлення обойм можливе як на всю висоту фундаменту, так і на частину висоти (рис. 25). Застосовують даний спосіб при збільшенні навантаження на фундамент і при недостатній несучій здатності основи.

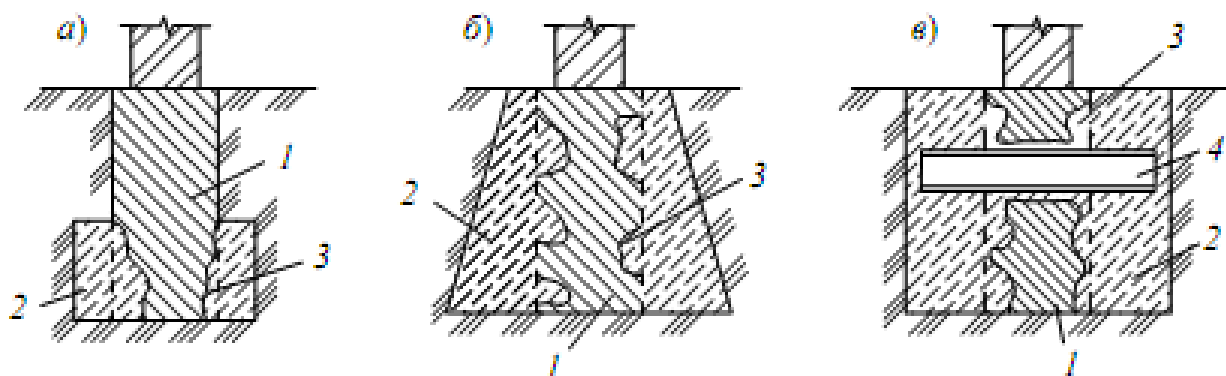


Рис. 25. Схеми посилення стрічкових фундаментів бетонними обоймами:

а – обойма в підшові; *б*, *в* – трапецієподібна й прямокутна обойми на всю висоту фундаменту: 1 – фундамент; 2 – обойма; 3 – штроби; 4 – балка посилення

Для забезпечення достатнього зчеплення бетону обойми з фундаментом поверхню його очищають і додатково обробляють, наносячи насічки або влаштовуючи штроби (рис. 25). При необхідності додаткового збільшення зчеплення обойми з фундаментом її анкерують шляхом улаштування шурфів і установлення в них анкерних стрижнів.

У стрічкових фундаментах протилежні стінки обойми кріплять між собою анкерами або поперечними балками (рис. 26). Вибір способу залежить від конкретних умов. Наприклад, у випадку, коли матеріал тіла фундаменту досить міцний й потрібне тільки розширення підшови, сполучення бічних обойм можна виконати за допомогою арматурних елементів (рис. 26). Для цього через пробиті в кладці отвори (крок близько 2 м) пропускаються П-подібні арматурні стрижні й потім до них приварюються поздовжні стрижні. При такому улаштуванні знижується тиск по підшові фундаменту, підвищується

жорсткість будинку й можливість сприйняття додаткових зусиль, що виникають, наприклад, при нерівномірних деформаціях ґрунтів основ.

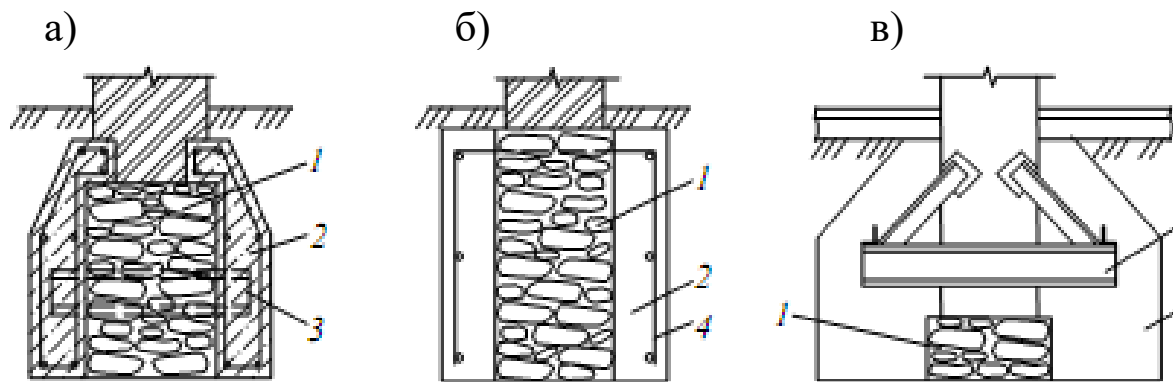


Рис. 26. Варіанти посилення бутових і бутобетонних фундаментів:

а – обоймами із кріпленнями їх балками й штробами;
б – арматурними елементами; *в* – жорстким металевим каркасом: 1 – існуючий фундамент; 2 – обойма посилення; 3 – металева балка; 4 – арматурні стрижні; 5 – металевий каркас

Аналогічне рішення можливе й при улаштуванні стрічкових збірних фундаментів (рис. 27, а). У цьому випадку спільна робота фундаментів і обойм забезпечується горизонтальними штробами в кладці стін і пропущеними через шви арматурними стрижнями. При необхідності значного збільшення площ підшви застосовуються більш жорстка система розвантажувальних балок із улаштуванням підкосів, що опираються на кладку (рис. 26, в). Для забезпечення жорсткості в поздовжньому напрямку балки між собою зв'язують кутиками й арматурними стрижнями. Після обетонування фундамент має підвищену несучу здатність. На рис. 27, б наведене подібне рішення для збірного стрічкового фундаменту. Товщина обойми й необхідна величина розширення підшви визначаються розрахунками з урахуванням підвищення розрахункового навантаження у випадку реконструкції або зниження несучої здатності ґрунтів при експлуатації.

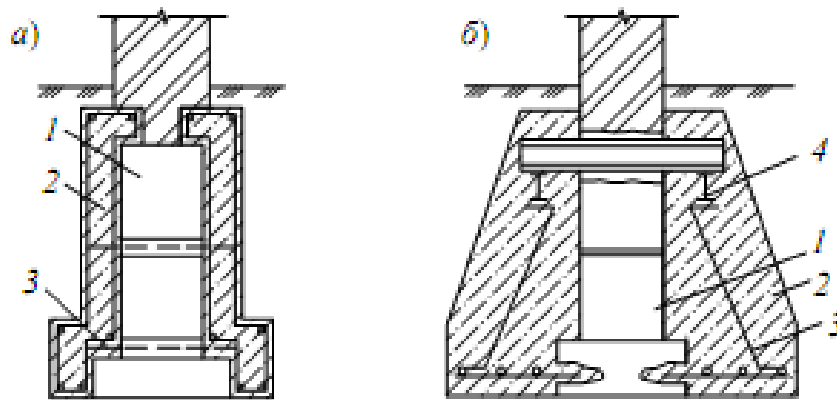


Рис. 27. Варіант посилення збірних стрічкових фундаментів за допомогою горизонтальних штроб і монолітної обойми (а), металевого каркаса й монолітної обойми (б):
1 – фундамент; 2 – обойма; 3 – арматурні стрижні

При необхідності не тільки розширення підшви, але й підвищення міцності тіла стін підвалу або колон обойми фундаментів і стін роблять єдиними [31] (рис. 28).

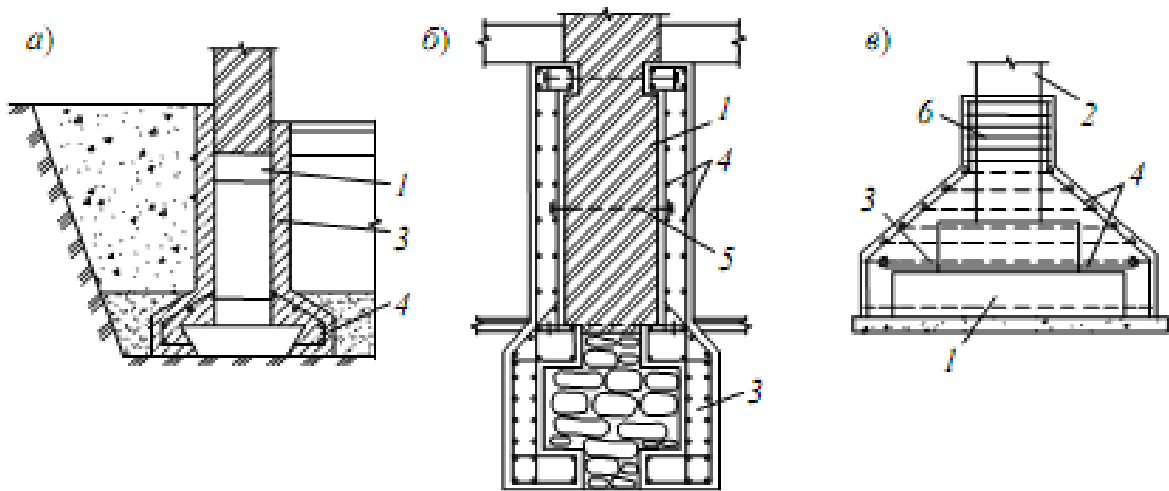


Рис. 28. Варіанти посилення обоймами стін (а), (б) і стовпів підвалу (в):

1 – стіна підвалу й фундаменту; 2 – стовп; 3 – обойма;
4 – арматурні стрижні; 5 – арматурні тяжі; 6 – хомути

Після посилення розширена частина фундаменту починає сприймати частину діючих і додаткових навантажень. У випадках великого збільшення навантажень елементи розширення повинні бути введені в роботу шляхом попереднього обтиснення основи (рис. 29). Для поліпшення спільної роботи елементів посилення з

існуючим фундаментом і передачі частини навантаження на елементи посилення необхідно передбачити улаштування розвантажувальних металевих балок, а також застосування з'єднуючих анкерів (рис. 30, 31).

У цей час у практиці є значна кількість способів обтиснення. Для стрічкових фундаментів, зокрема, може бути застосований спосіб, наведений у [2, 11, 31]. Суть його полягає в установленні із двох боків фундаменту додаткових залізобетонних збірних блоків розширення, нижню частину яких стягують анкерами з арматурної сталі, пропущеними через них і існуючі фундаменти. Верхня частина блоків відтискується від поверхні фундаментів клинами або домкратами. У результаті цього блоки повертаються навколо нижніх, закріплених анкерами точок, і подошвою обтискують неуцільнений ґрунт основи. Після обтиснення зазор між блоками й фундаментом розклинюється й заповнюється бетоном (рис. 32).

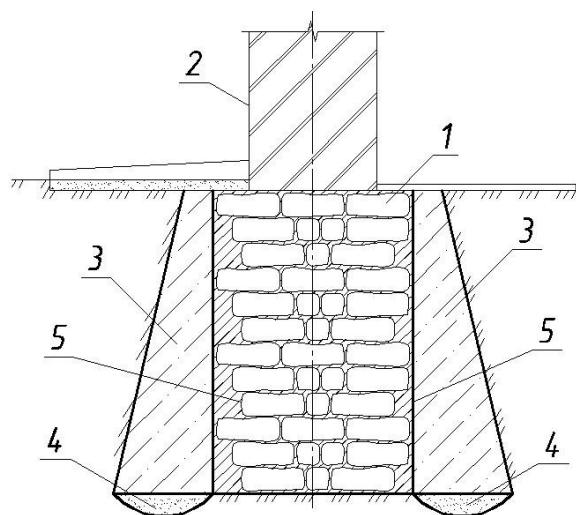


Рис. 29. Посилення опорної площі улаштуванням приливів з бетону: 1 – посилюваний фундамент; 2 – цегляна стіна; 3 – приливи з бетону; 4 – зони ущільненого ґрунту; 5 – поверхня посилюваного фундаменту

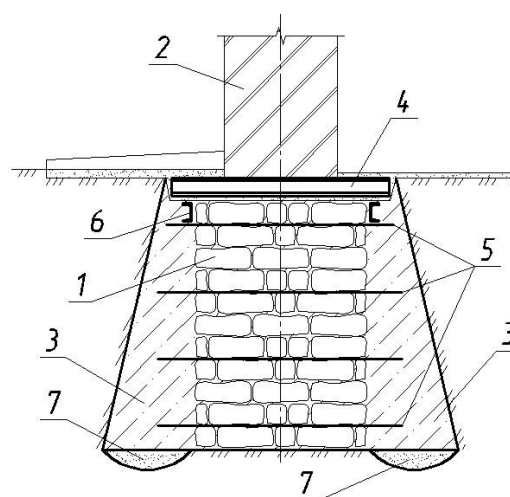


Рис. 30. Посилення опорної площі улаштуванням приливів з бетону: 1 – посилюваний фундамент; 2 – цегляна стіна; 3 – приливи з бетону; 4 – металеві балки, встановлювані в пробиті отвори; 5 – металеві анкери з арматури; 6 – металеві балки, що закріплюються до поперечних балок; 7 – зони ущільненого ґрунту

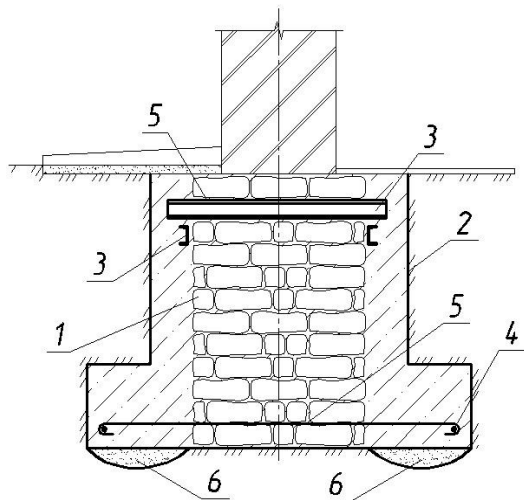


Рис. 31. Посилення опорної площі улаштуванням приливів з бетону:

- 1 – посилюваний фундамент;
- 2 – бетон; 3 – металева балка;
- 4 – анкер; 5 – отвори, забиті розчином під тиском; 6 – зони ущільненого ґрунту

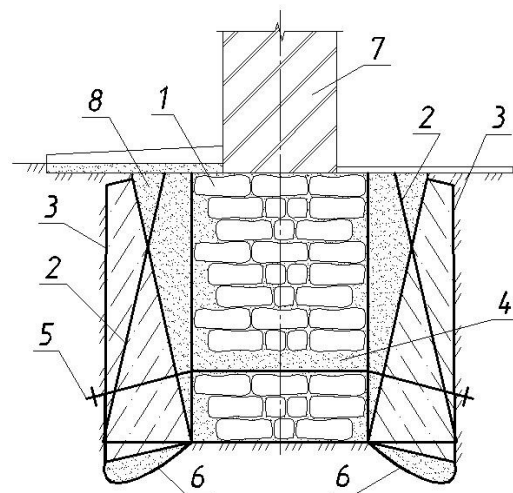


Рис. 32. Збільшення опорної площі збірними залізобетонними елементами з обтисненням ґрунту основи:
1 – посилюваний фундамент; 2, 3 – елементи розширення до й після розсунення; 4 – отвір, що зашпаровується цементним розчином під тиском; 5 – анкер; 6 – зони ущільненого ґрунту; 7 – стіна; 8 – дрібнозернистий бетон

Відомий і інший спосіб посилення з обтисненням основи [31]. Суть його полягає в установленні по периметру фундаментів блоків обойми, які шляхом горизонтальних зусиль обтиснення тяжами вдавлюються в ґрунт (рис. 33,а). Для полегшення занурення блоків у ґрунт поверхні контакту блоків і фундаменту змазуються антифрикційними матеріалами. При стягуванні тяжів, пропущених через притискні щити, блоки посилення здавлюються й сповзають до підшви уздовж фундаменту, обтискаючи тим самим ґрунт. Після обтиснення між блоками й поперечними балками, що проходять через стіну будинку, установлюють клини, а блоки зв'язують фіксуючим затягуванням.

Розглянуті способи придатні у випадках, коли фундамент не має консолей. При наявності їх застосовують, наприклад, спосіб, схема якого дана на рис. 33, б. У цьому випадку за допомогою домкратів через задалегідь покладені бетонні елементи на ґрунт

основи передається тиск, трохи менший, ніж під подошвою фундаменту. Перед зняттям домкратів установлюють розпірні клини, а потім улаштовують бетонну обойму [2].

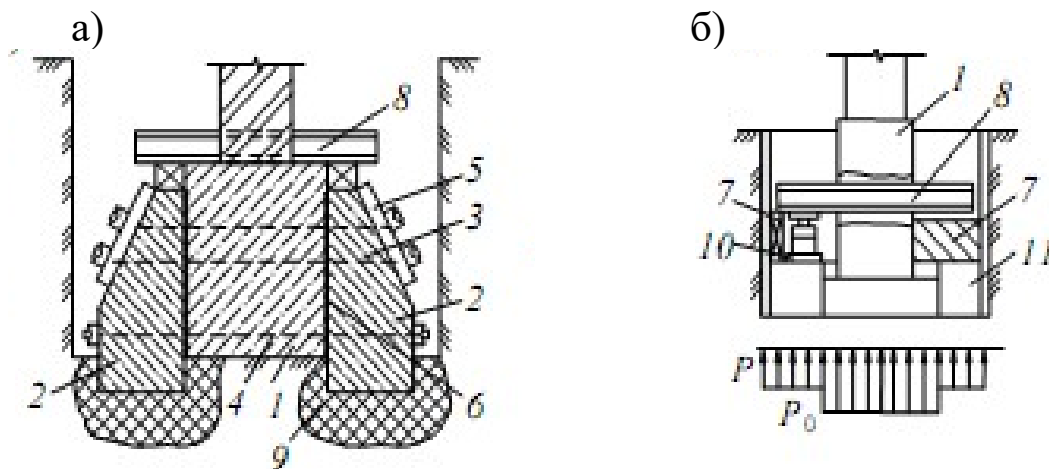


Рис. 33. Варіанти посилення з попереднім обтисненням основи:
 1 – фундамент; 2 – блоки; 3 – тяжі; 4 – фіксоване затягування;
 5 – притискний щит; 6 – антифрикційне покриття; 7 – клини;
 8 – поперечна балка; 9 – обтиснута основа; 10 – домкрат;
 11 – збірний банкет

Більш докладно зі способами й технологією улаштування обойм і включенням їх у спільну з фундаментами роботу можна ознайомитися в науково-технічній літературі [2, 11, 26, 31].

2.2.6. Посилення шляхом підведення конструктивних елементів під подошву фундаментів

Як додаткові елементи, підведені під існуючі фундаменти, використовують плити, стовпи й суцільні стіни. Можливі схеми посилення згідно з [26] наведені на рис. 34.

У випадку незначного збільшення глибини закладення з одночасним розширенням подошви фундаменту під неї підводять залізобетонні плити (рис. 34, а). Для цього на ділянках довжиною 1...2 м ґрунт під фундаментом відкопують і на місці виготовляють монолітну залізобетонну плиту або монтують збірні залізобетонні елементи. Після обтиснення ґрунту в основі

проміжок між плитою й підшоною фундаменту заповнюють бетоном, ретельно ущільнюючи його вібраторами.

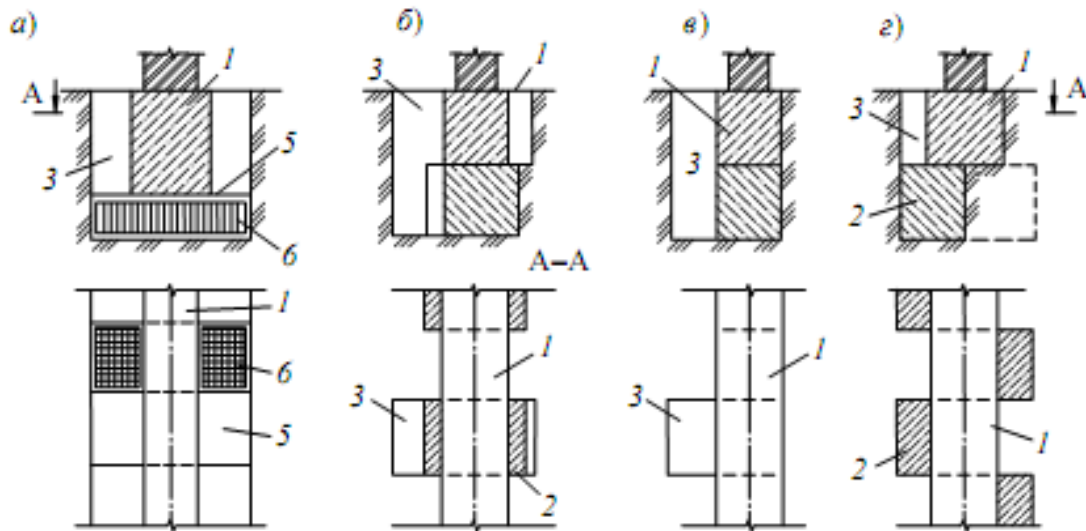


Рис. 34. Варіанти посилення підведенням конструкції під фундаменти у вигляді: а - залізобетонних плит, балок; б, в - окремих стовпів; г - суцільної стіни:

1 - фундамент; 2 - стовп; 3 - шурф; 4 - суцільна стіна; 5 - плита; б - арматурний каркас

Окремі стовпи під фундамент підводять у тих випадках, коли можлива передача навантаження на більш міцний ґрунт, розташований на невеликій глибині від підшови. Стовпи розташовують по лінії або в шаховому порядку на певній відстані один від одного (рис. 34, б, в).

У випадку недостатньої несучої здатності основи або при необхідності улаштування підвалу, під фундаменти підводять суцільну стіну (рис. 34, г). Іноді стіну виконують із одночасним збільшенням площі підшови.

Для кам'яних фундаментів часто застосовують посилення за допомогою залізобетонних плит і приливів. Залізобетонні плити можуть улаштуватися як по низу фундаменту, так і безпосередньо під стінами (рис. 35). При цьому треба враховувати, що залізобетонна плита повинна знаходитися нижче рівня промерзання ґрунтів. Для виключення промерзання ґрунтів в основі плити можна застосовувати зворотне засипання керамзитом або іншим утеплювачем (рис. 35). Крок затягувань з

арматури не повинен перевищувати 0,5 м. У зв'язку зі складностями при проведенні робіт із улаштування плит в основі фундаменту, часто плити замінюють залізобетонними приливами (рис. 36). У зоні підшви елементів посилення в обов'язковому порядку потрібне ущільнення ґрунту. Як правило, ущільнення ґрунту можна досягти шляхом підсипання щебеню з наступним трамбуванням його.

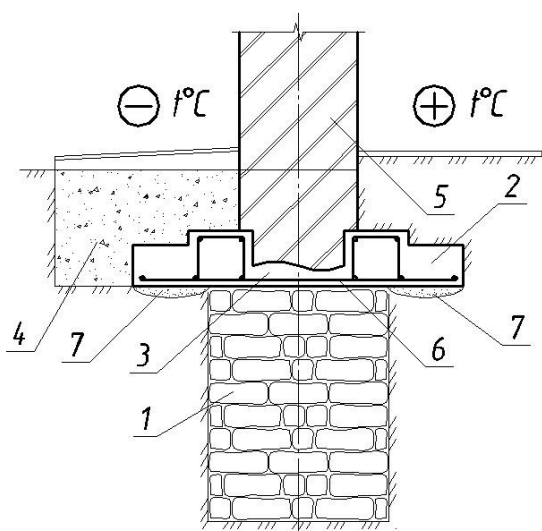


Рис. 35. Збільшення опорної площі улаштування монолітної залізобетонної подушки:
 1 – посилюваний фундамент;
 2 – монолітна залізобетонна подушка; 3 – отвір, що зашпаровується цементним розчином під тиском;
 4 – засипання з утеплювача;
 5 – стіна; 6 – з'ясування з арматури;
 7 – ущільнений ґрунт

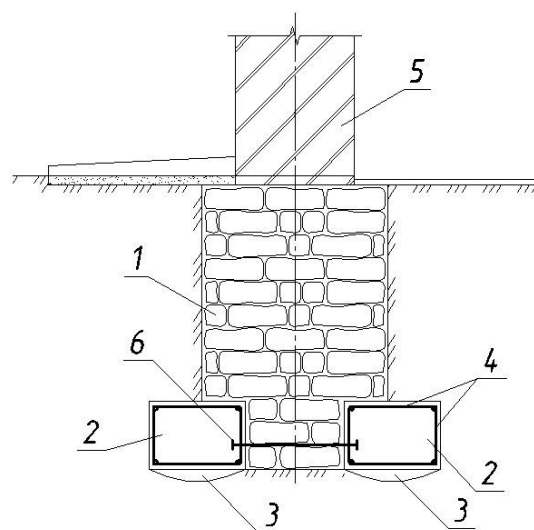


Рис. 36. Збільшення опорної площі улаштування залізобетонних приливів:
 1 – посилюваний фундамент;
 2 – монолітні приливи із залізобетону; 3 – ущільнений ґрунт; 4 – арматура посилення;
 5 – стіна; 6 – з'ясування з арматури

Цегляні фундаменти можна підсилювати додатковою кам'яною кладкою. При цьому нова кам'яна кладка може вбудовуватися в існуючий фундамент (рис. 37), а також прибудовуватися поруч (рис. 38). У цьому випадку для забезпечення спільної роботи старої й нової кладки частина

навантаження від стін передається на нову кладку через металеві балки, розташовані із кроком 1-2 м.

Як варіант можна розглядати однобічне збільшення площі з передачею навантаження на нову частину фундаменту через металеві балки (рис. 39) та установлення бетонних приливів поруч з існуючим фундаментом, на які навантаження також передається через металеві балки (рис. 40).

У практиці часто доводиться стикатися з необхідністю посилення не всього фундаменту, а його частини. Наприклад, у випадку замочування ґрунтів основи й у зв'язку із цим втратою несучих властивостей цими ґрунтами в якійсь локальній зоні можна після усунення замочування підсилити фундамент безпосередньо в цій зоні (рис. 41). У цьому випадку цього можна домогтися шляхом пошарового ущільнення ґрунту в місці осідання й для проведення робіт з ущільнення ґрунту під існуючий фундамент установлюється монолітна залізобетонна балка, яка опирається на щільний ґрунт.

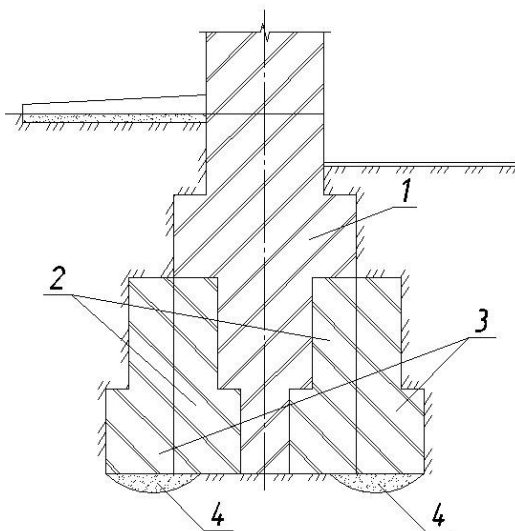


Рис. 37. Збільшення опорної площі улаштуванням додаткової цегляної кладки: 1 – посилюваний цегляний фундамент; 2 – ділянки часткового розбирання старого фундаменту; 3 – додаткова цегляна кладка; 4 –

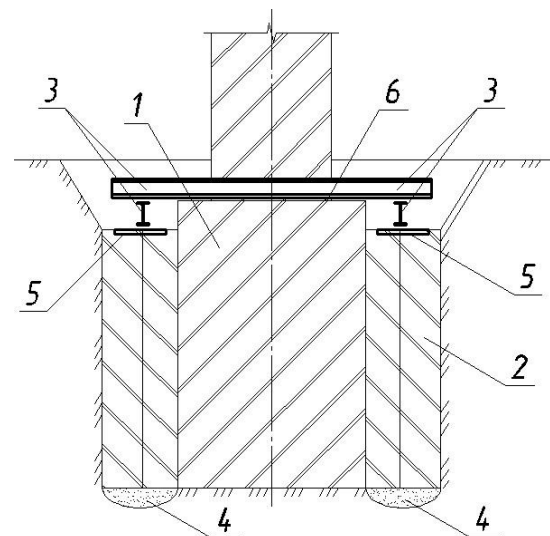


Рис. 38. Збільшення опорної площі улаштуванням додаткової кам'яної кладки: 1 – посилюваний цегляний фундамент; 2 – додаткова цегляна кладка; 3 – металеві балки; 4 – ущільнений ґрунт; 5 – металеві упори; 6 – отвори в стіні, що

ущільнений ґрунт

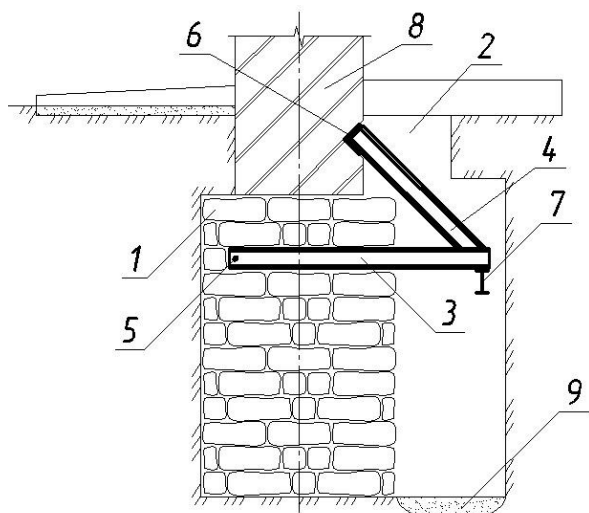


Рис. 39. Однобічне збільшення опорної площі:

- 1 – посилюваний фундамент;
- 2 – монолітний бетонний банкет;
- 3 – несуча балка;
- 4 – підкіс;
- 5 – анкер;
- 6 – упорний кутик;
- 7 – розподільна балка;
- 8 – стіна;
- 9 – ущільнений ґрунт

заповнені цементним розчином

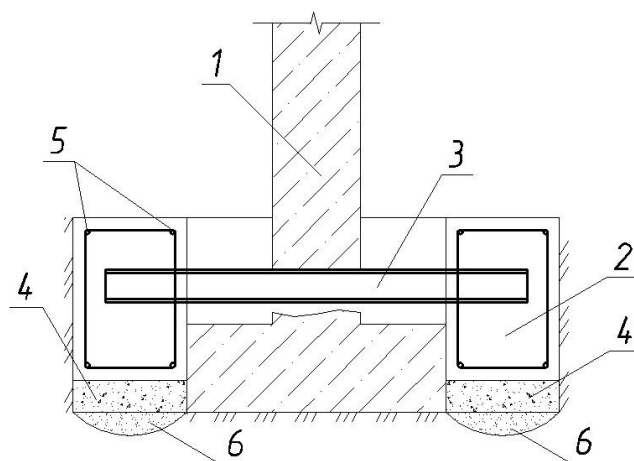


Рис. 40. Збільшення ширини підшви стрічкового фундаменту улаштуванням приливів з бетону:

- 1 – існуючий фундамент;
- 2 – приливи з бетону;
- 3 – металеві балки;
- 4 – бетонна підготовка;
- 5 – арматурні каркаси;
- 6 – ущільнений ґрунт

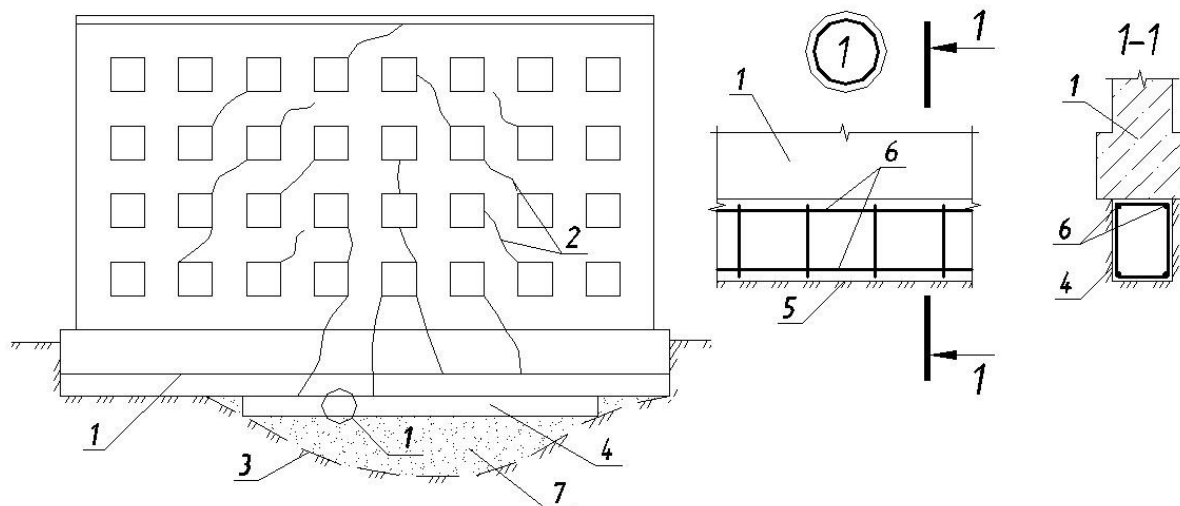


Рис. 41. Розвантаження ослабленої частини фундаменту улаштуванням в основі залізобетонної балки: 1 – посилюваний фундамент; 2 – тріщини в стінах; 3 – контур осадової вирви;

4 – монолітна залізобетонна балка; 5 – поверхня основи; 6 – арматурний каркас; 7 – засипання вирви ґрунтом з пошаровим трамбуванням

При значному ослабленні тіла фундаменту й необхідності його заглиблення іноді більш вигідно розібрати старий і побудувати новий з необхідною глибиною закладання. Для стрічкових фундаментів послідовність операцій улаштування фундаментів наведена на рис. 42. Спочатку через стіну пропускають розвантажувальні балки, надійно опираючи їх на опори зі шпальних кліток або домкрати. Останні більш зручні, тому що дозволяють регулювати положення балок. Після передачі навантаження від стін на опори старий фундамент розбирається окремими захватками довжиною 2,0...3,5 м і влаштовується новий на більш глибокій позначці.

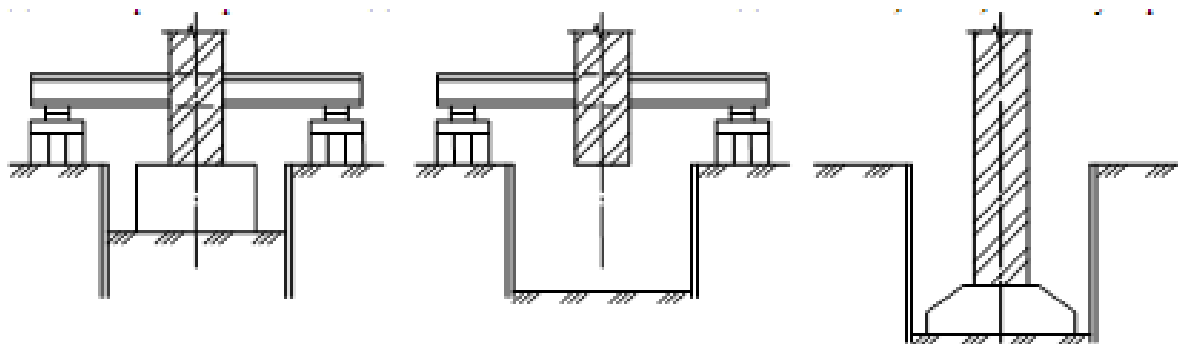


Рис. 42. Перебудова стрічкового фундаменту з розбиранням старої кладки фундаменту

Між новим фундаментом і стіною для забезпечення їхньої спільної роботи проводиться ін'єктування піщано-цементного розчину під тиском. Потім здійснюється засипання котловану й демонтаж розвантажувальних конструкцій.

У випадку неможливості поглиблення існуючого фундаменту по старих осях можна підвести нові елементи з їхнім поглибленням і передачею частини навантаження на них (рис. 43). Для цього на деякій віддаленості від фундаменту розробляються нові котловани до ґрунту з більшою несучою здатністю. Улаштовуються нові фундаменти на цій позначці, а

навантаження від будинку передають на нові фундаменти через балки, які розташовані із кроком 1-2 м.

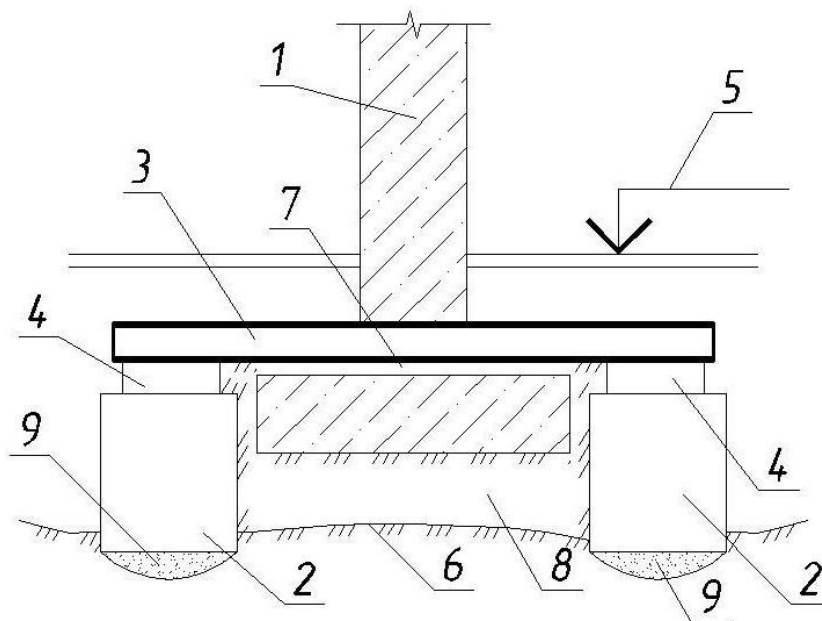


Рис. 43. Підведення нових елементів з поглибленням фундаменту:

- 1 – стрічковий фундамент; 2 – додаткові опори-фундаменти;
- 3 – балки посилення; 4 – прокладки; 5 – позначка підлоги підвалу;
- 6 – шар ґрунту з більшою несучою здатністю;
- 7 – отвір у фундаментній стіні; 8 – шар слабого ґрунту;
- 9 – ущільнений ґрунт

2.2.7. Зміна конструктивного рішення фундаментів

У практиці використовуються прийоми посилення шляхом перебудови стовпчастих фундаментів у стрічкові (рис. 44). Для цього між стовпами влаштовують залізобетонну стіну у вигляді перемички, нижню частину якої підводять під подошву існуючого фундаменту. Перемичка охоплює також підколонник.

У випадку незначного підвищення несучої здатності перемичка може виконуватися з розширеною подошвою. При необхідності улаштування підвалу перемичку роблять на всю висоту стовпів. При значному збільшенні навантаження стовпчасті фундаменти перебудовуються в перехресно-стрічкові

й плитні, а стрічкові в плитні (рис. 45). Технологія перебудови фундаментів наведена в [26].

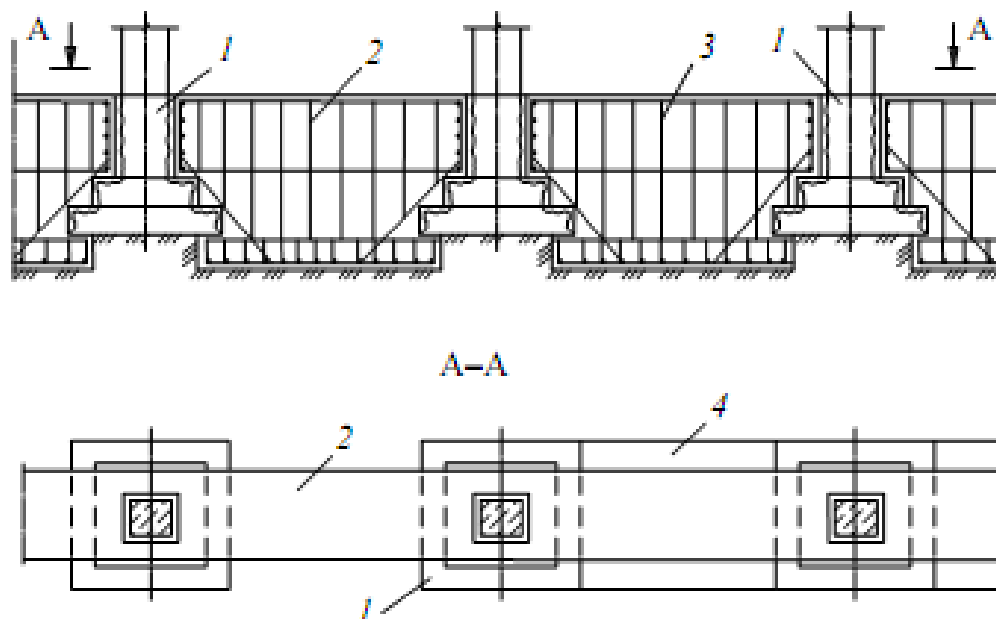


Рис. 44. Перебудова стовпчастих фундаментів у стрічкові:
 1 – стовпчастий фундамент; 2 – залізобетонна перемичка;
 3 – арматурні каркаси; 4 – розширена частина перемички

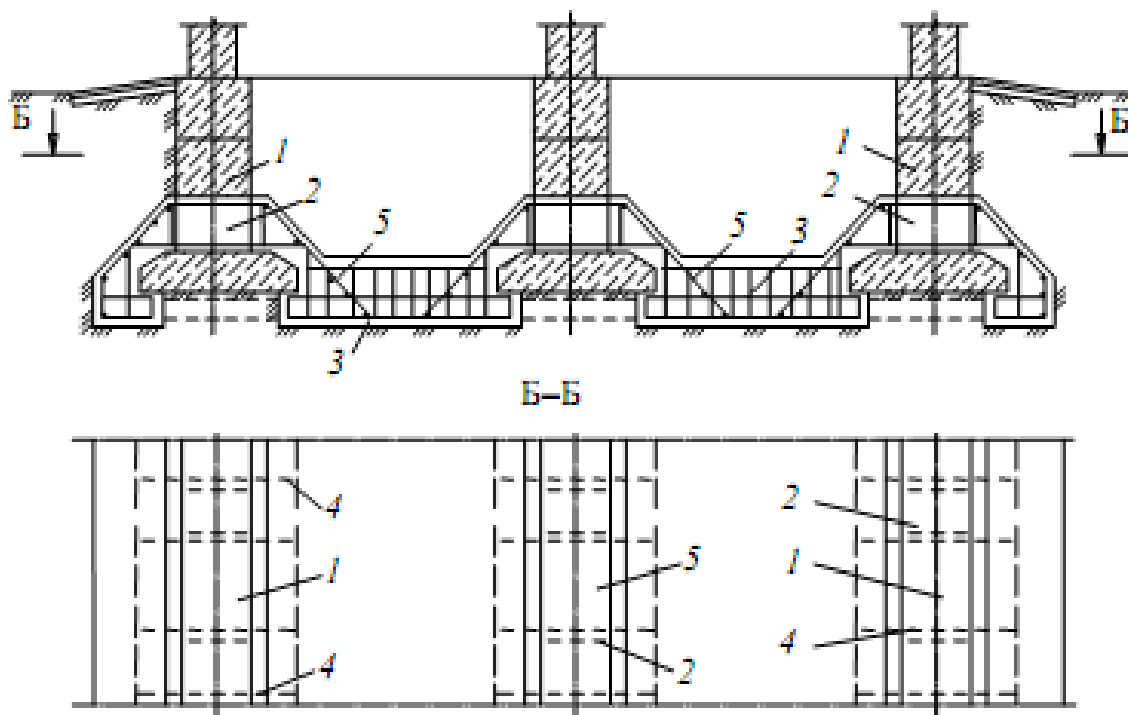


Рис. 45. Перебудова стрічкових фундаментів у плитні:

- 1 – стрічковий фундамент; 2 – отвори в стрічковому фундаменті;
 3 – нова плита; 4 – пропуски плити під стрічковим фундаментом;
 5 – арматурні каркаси

2.2.8. Посилення фундаментних плит

При використанні суцільних фундаментів найбільша кількість із перерахованих способів посилення непридатна через конструкційні особливості таких фундаментів. До найбільш частих дефектів варто віднести руйнування стаканів цих фундаментних плит, а також руйнування самої плити. При посиленні стаканів найбільше поширення набуло застосування залізобетонної обойми й розвантаження стаканів шляхом передачі навантаження від колони на плиту. Улаштувати залізобетонну обойму можна як навколо стакана (рис. 46), так і укласти в обойму весь фундамент, включаючи плиту методом нарощування (рис. 47).

У ряді випадків можна використовувати метод посилення шляхом передачі частини навантаження від колони на плиту. При цьому розвантажується стакан колони (рис. 48) за рахунок введення невеликої попередньої напруги в підкосах. З цією метою верхня й нижня обв'язки з'єднуються підкосами за допомогою зварювання, при цьому нижня обв'язка повинна бути додатково розігріта. У зв'язку з цим після остигання виникає деяке зусилля, що розвантажує стакан.

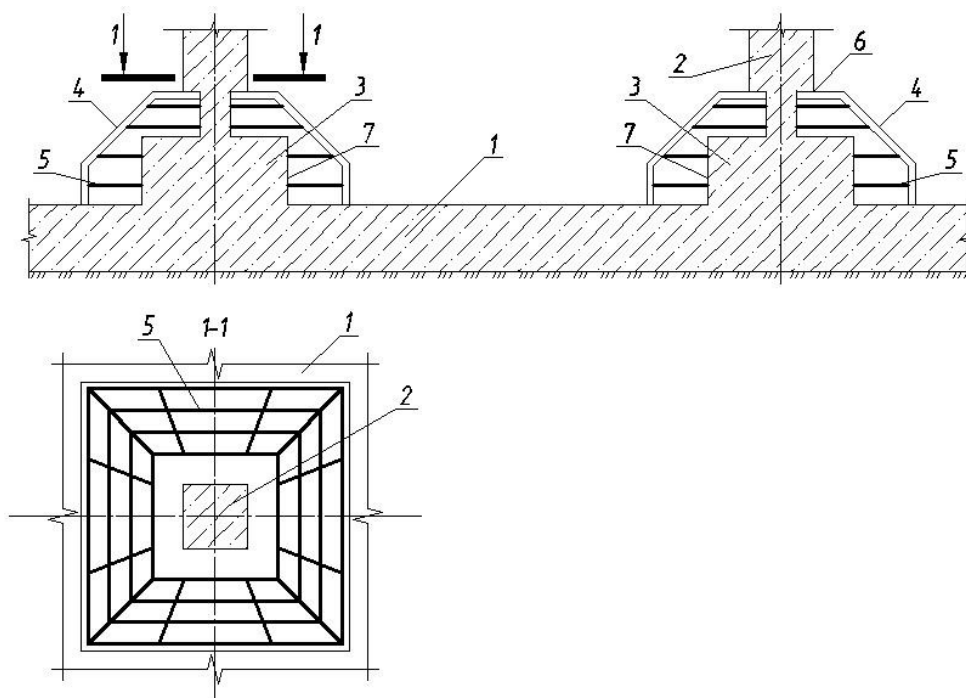


Рис. 46. Улаштування залізобетонної обойми навколо стакана:

- 1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан; 4 – залізобетонна обойма навколо колони й стакана;
 5 – арматурний каркас обойми; 6 – зрубаний захисний шар бетону колони в зоні обойми; 7 – поверхня стакана

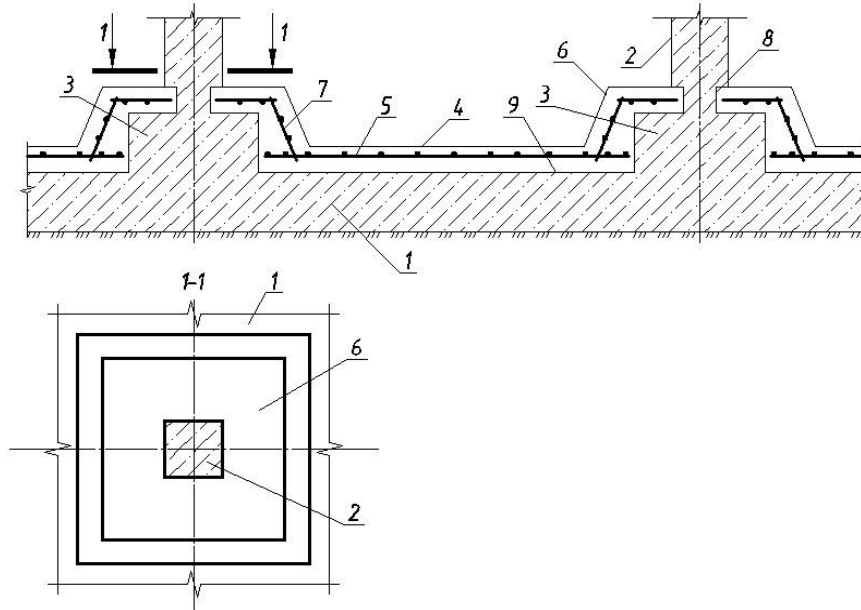


Рис. 47. Нарощування плити зверху при забезпеченні зчеплення поверхонь:

- 1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан; 4 – плита нарощування; 5 – арматурна сітка плити нарощування; 6 – залізобетонна обойма навколо колони й стакана; 7 – арматурний каркас обойми; 8 – вирубаний захисний шар бетону колони в зоні обойми; 9 – поверхня стакана й плити, підготовлена до бетонування

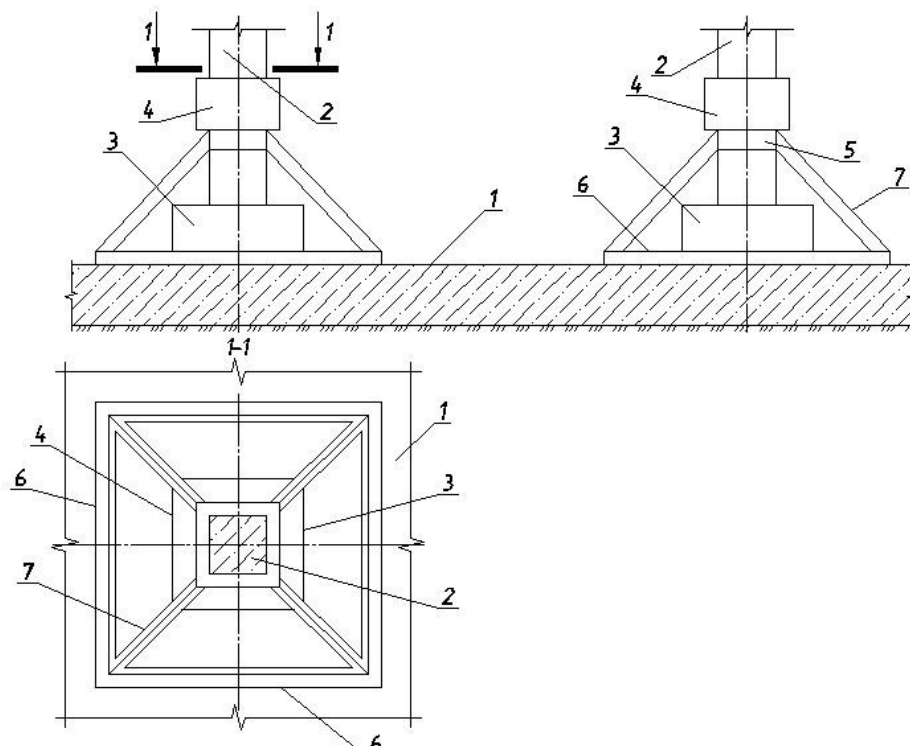


Рис. 48. Передача частини навантаження від колони на плиту:
 1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан;
 4 – залізобетонна обойма навколо колони; 5 – верхня обв'язка з кутика;
 6 – нижня обв'язка з кутика; 7 – підкоси з кутика

При посиленні плитної основи особливу увагу доцільно звертати на якість поверхні плити. При можливості підготувати поверхню плити для нормального зчеплення нового бетону зі старим досить улаштувати плиту товщиною до 10 см із улаштуванням арматурної сітки (рис. 47). При значному забрудненні поверхні, а також при великих руйнуваннях необхідно додатково з'єднати нову плиту зі старою через арматурні гнуті стрижні, розташовані в шаховому порядку через 0,8-1 м (рис. 49).

При необхідності посилення тільки по лінії колон застосовують посилення залізобетонними (рис. 50) і металевими (рис. 51) балками. При використанні металевих балок обов'язково слід застосовувати попередній розігрів нижньої обв'язки для виникнення попереднього натягу.

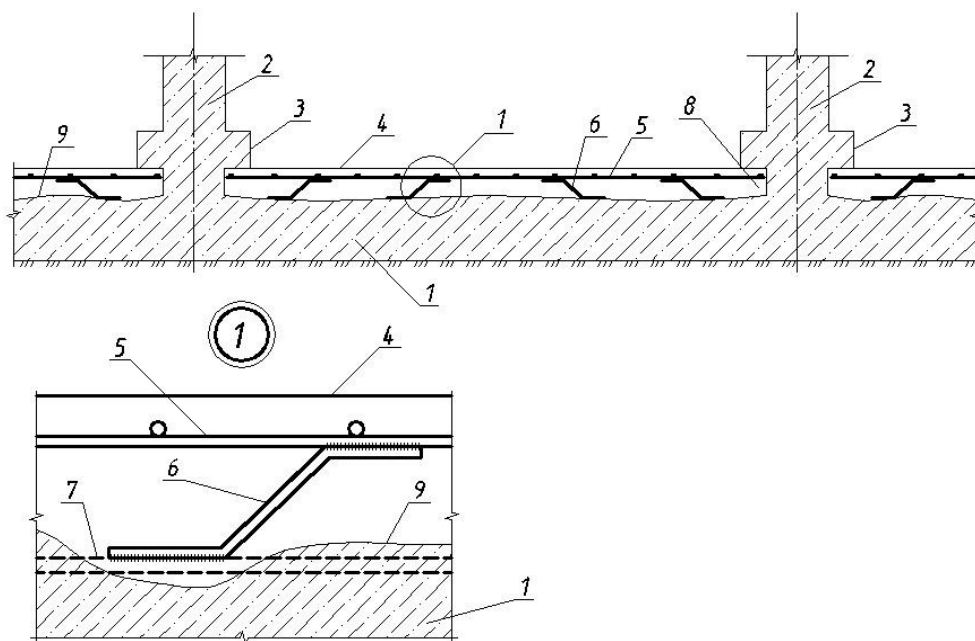


Рис. 49. Нарощування плити зверху при недостатньому зчепленні поверхонь:

1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан;
 4 – плита нарощування; 5 – арматурна сітка плити нарощування;
 6 – арматурні гнуті стрижні; 7 – оголена робоча

арматура посилюваної плити; 8 - вирубаний захисний шар бетону колони в зоні обійми; 9 – поверхня стакана й плити, підготовлена до бетонування

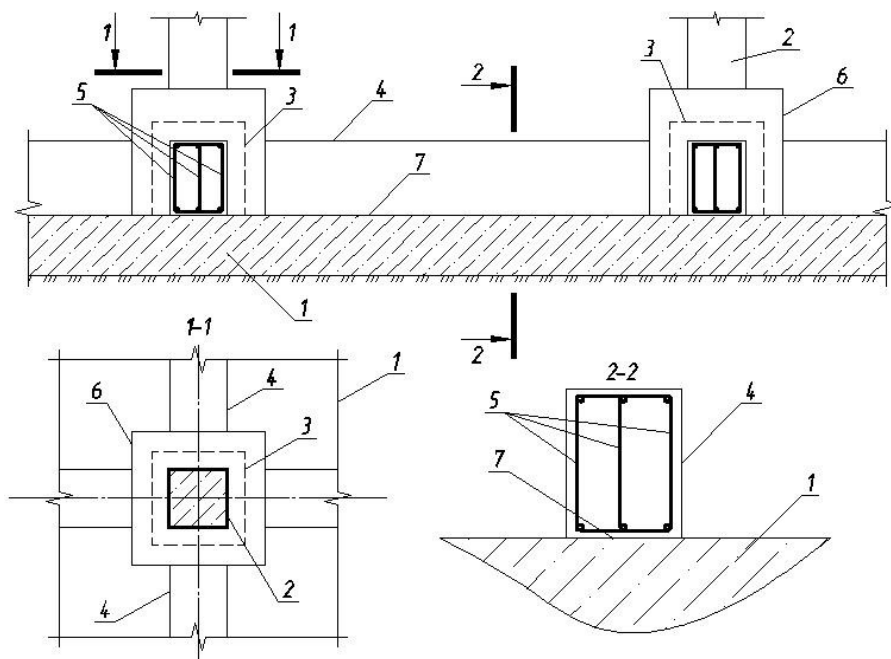


Рис. 50. Улаштування залізобетонних балок по лініях колон:
 1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан; 4 – залізобетонні балки посилення; 5 – арматурні каркаси балок посилення; 6 – залізобетонні обійми навколо колон (опори для балок посилення); 7 – поверхня стакана й плити, підготовлена до бетонування

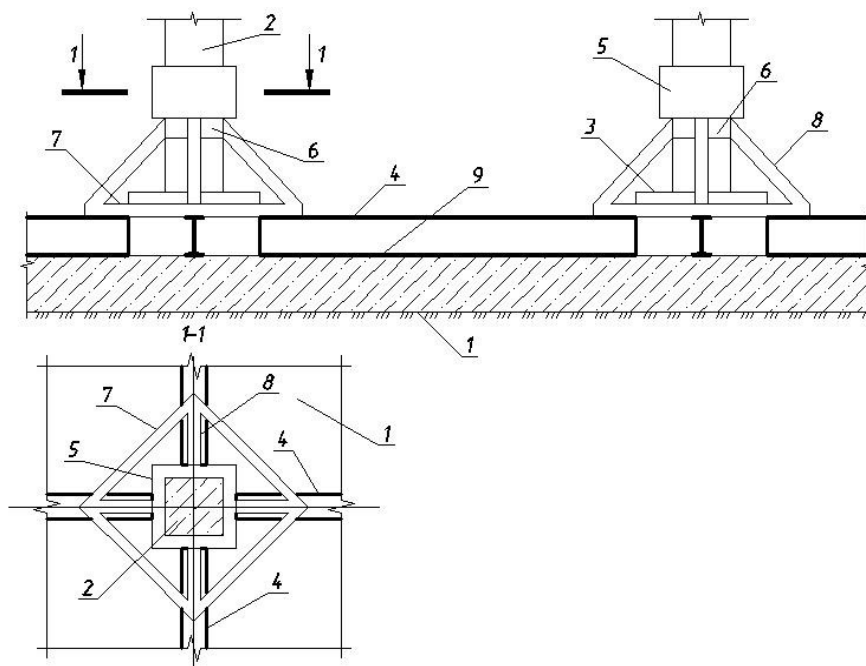


Рис. 51. Улаштування металевих балок по лініях колон:

1 – посилювана плита; 2 – залізобетонна колона; 3 – залізобетонний стакан; 4 – металеві балки посилення; 5 – залізобетонні обойми навколо колон; 6 – верхня обв'язка з кутика; 7 – нижня обв'язка з кутика; 8 – підкоси з кутника; 9 – вирівнювальний шар розчину під балками посилення

2.2.9. Посилення окремих фундаментів

У практиці доводиться стикатися з необхідністю посилення окремих фундаментів. Має сенс розглядати окремо посилення стаканної й плитної частини фундаменту. Стакан (підколонник) проти розколювання варто підсилювати за допомогою залізобетонної або металеві обойми. Посилення залізобетонною обоймою не відрізняється від посилення обоймою інших фундаментів. Посилення металеві обоймою має свої особливості (рис. 52). По периметру стакана встановлюються поздовжні кутики на розчині й між собою з'єднуються металевими пластинами на зварюванні. Після цього вся конструкція штукатуриться цементно-піщаним розчином.

При можливості продавлювання фундаменту колоною варто зменшити навантаження під колоною. Цього можна досягти шляхом улаштування металеві обойми з передачею частини навантаження на верх стакана (рис. 53). При проведенні робіт треба враховувати необхідність повного прилягання елементів посилення до існуючих конструкцій. Це досягається застосуванням під металеві пластили вирівнювального шару розчину, а також з'єднання пластин обойми з арматурою колони за допомогою зварювання.

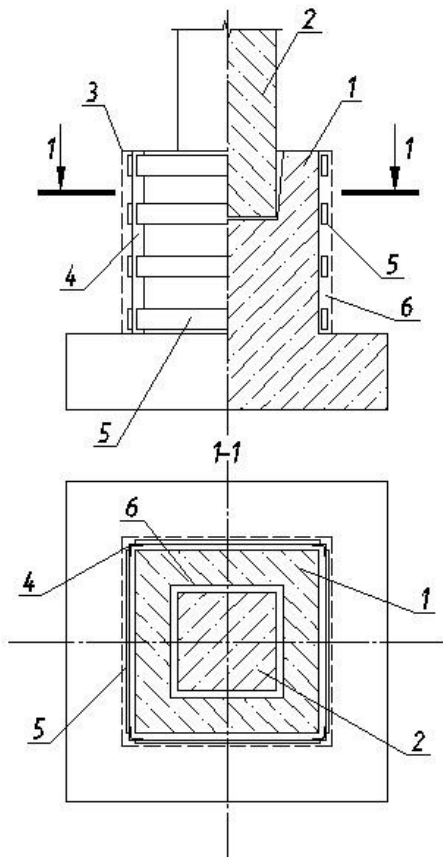


Рис. 52. Улаштування
металевої обойми навколо
підколінника:

1 – підколонна частина
фундаменту; 2 – колона;
3 – металева обойма
посилення; 4 – поздовжні
кутики обойми; 5 –
поперечні планки; 6 –
штукатурка

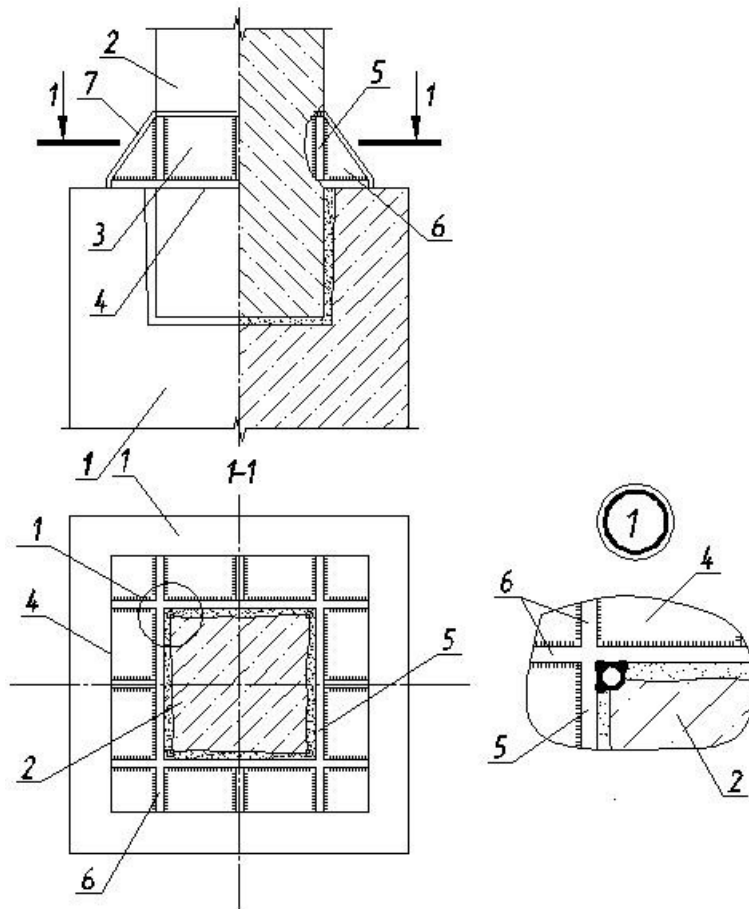


Рис. 53. Улаштування металевої обойми навколо колони:

1 – підколонна частина фундаменту; 2 – колона; 3 – металева обойма посилення; 4 – опорна пластина; 5 – пластини обойми; 6 – ребра жорсткості; 7 – обетонювання обойми

Для посилення плитної частини окремого фундаменту поряд із залізобетонними обоймами застосовують посилення залізобетоном методом нарощування як зверху (рис. 54, а), так і знизу (рис. 54, б). При проведенні робіт методом нарощування знизу необхідно враховувати, що фундамент повинен бути попередньо розвантажений.

2.2.10. Посилення фундаментів палями

Палі застосовують для передачі навантаження від фундаментів на більш міцні шари ґрунту в тих випадках, коли основа має високу деформативність і спостерігаються підземні води, що ускладнюють процес розширення або заглиблення фундаментів.

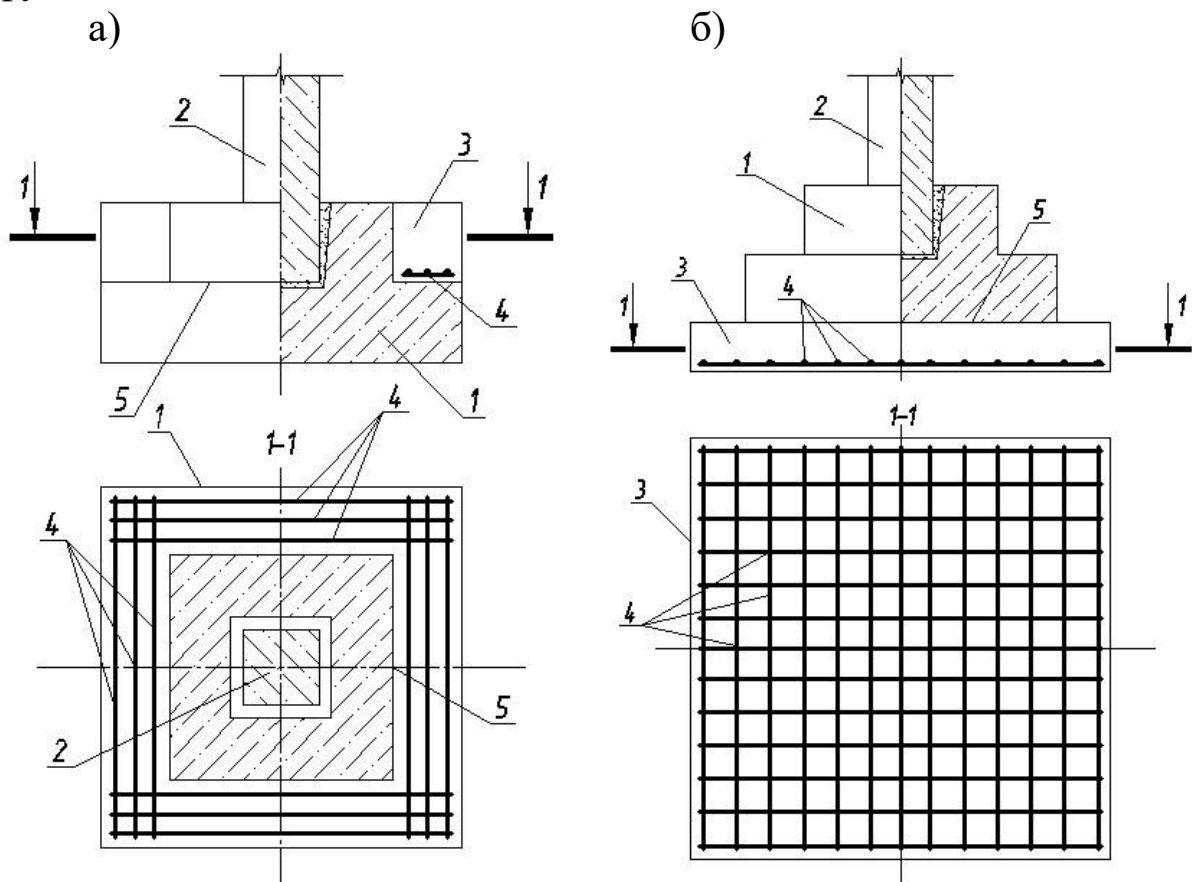


Рис. 54. Улаштування залізобетонного нарощування:

a – зверху; *б* – знизу: 1 – посилювана плитна частина фундаменту (нижній східець); 2 – колона; 3 – залізобетонне нарощування; 4 – арматура нарощування; 5 – поверхня фундаменту

У всіх випадках посилення роблять двома прийомами: пересадкою фундаменту на виносні палі або підведенням паль під подошву фундаменту. Виносні палі застосовують при високому рівні ґрунтових вод, а ті, що підводяться, при низькому. У стрічкових фундаментах виносні палі влаштовують з одного або двох боків фундаменту, у стовпчастих фундаментах вони розташовуються як із двох протилежних сторін, так і по всьому периметру (рис. 55).

Палі, що підводять під подошву, можуть установлюватися в один, кілька рядів або кущами. Голови паль із посилюваними фундаментами з'єднуються ростверками, виконуваними у вигляді залізобетонних поясів для стрічкових фундаментів або залізобетонних обойм для стовпчастих. Довжину паль призначають із розрахунку залежно від характеристик ґрунтів і навантажень на фундамент.

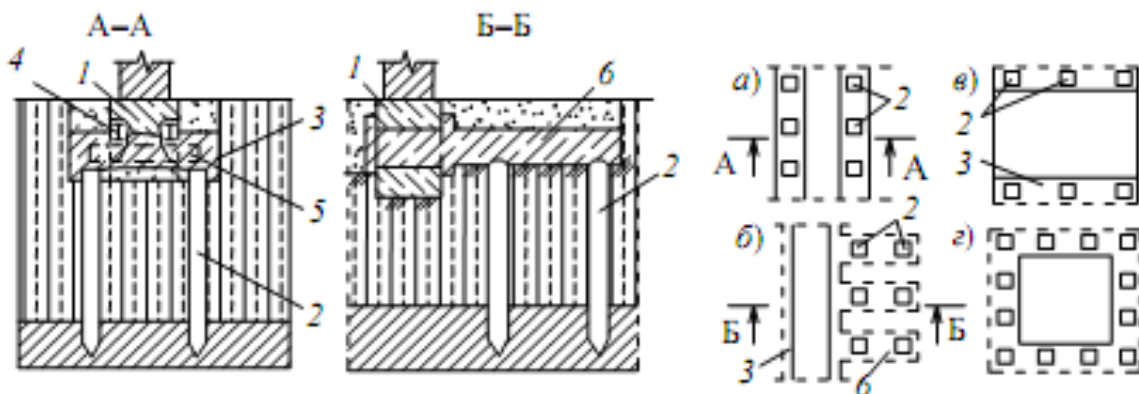


Рис. 55. Посилення стрічкових і стовпчастих фундаментів палями:

1 – посилюваний фундамент; 2 – паля; 3 – ростверк;
4 – рандбалка; 5 – поперечні балки; 6 – важільний ростверк

У практиці застосовується велика кількість способів посилення фундаментів палями різного конструктивного рішення [2, 11 - 13, 16, 26, 30, 31]. Деякі з них розглянуті нижче.

2.2.10.1. Посилення набивними й буронабивними палями

Набивні палі влаштовують зануренням в основу обсадочних труб діаметром 250...375 мм із наступним добуванням з них ґрунту й заповненням їх бетоном із трамбуванням або ущільненням стисненим повітрям (пневмонабивні палі). Іноді можуть бути використані набивні палі, які виконані за технологією гвинтового продавлювання [26]. Свердловини утворюють спіралеподібними снарядами, при проходці яких ґрунт не видобувається, а ущільнюється. У випадку улаштування буронабивних палей пробурюють свердловини, установлюють арматурні каркаси й бетонують стовбур.

При посиленні стовпчастих фундаментів набивними й буронабивними палями спочатку бетонують палі. Потім голови палей із арматурними випусками зв'язують залізобетонною обоймою, що виконується навколо існуючого фундаменту (рис. 56, а). Кінці палей повинні бути заглиблені в міцний ґрунт. Для посилення можуть бути поставлені дві, чотири або більше палей, розташованих симетрично.

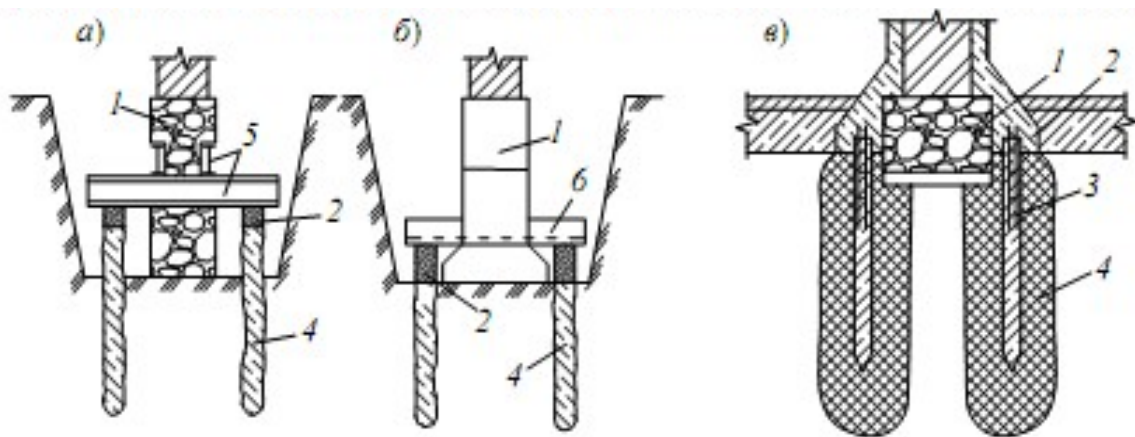


Рис. 56. Варіанти посилення стрічкових (а, б) і стовпчастих (в) фундаментів набивними палями:

1 – фундамент; 2 – ростверк; 3 – набивні палі; 4 – зона ущільненого ґрунту; 5 - металеві балки; 6 – балка, що бетонується на місці

При посиленні стрічкових фундаментів виносні палі розміщують паралельними рядами по обидва боки фундаменту.

Винос палів визначається зручністю розташування бурового устаткування. У випадках посилення виносними палями фундаментів з бутового мурування в них на необхідній висоті влаштовують штроби, у які монтують металеві поздовжні балки (рандбалки). Під поздовжніми балками встановлюють поперечні металеві балки. Крок балок 2,0...3,5 м. Після установки балок по верху палів бетонується стрічковий ростверк. Для забезпечення спільної роботи фундаменту й установлених палів роблять розклинення проміжку між ростверком і поперечними балками. Схема такого рішення наведена на рис. 56,б. У збірних стрічкових фундаментах може використовуватися варіант, схема якого наведена на рис. 56,в. При цьому в стіні фундаменту отвори не пробивають, а поперечні залізобетонні балки виготовляють на місці, поєднуючи їх арматурними стрижнями, що пропускаються через горизонтальні шви кладки. Балки працюють спільно зі стіною за рахунок сил тертя й зчеплення.

Можливий варіант посилення стрічкових фундаментів улаштуванням буронабивних палів, розташованих з одного боку від фундаменту із залізобетонними (рис. 57) або металевими (рис. 58) балками. Причому в цьому випадку палі ближнього ряду працюють на стиск, а палі дальнього від існуючого фундаменту ряду працюють на висмикування, крім того вони обладнуються анкером або хомутом, що зв'язує їх з балкою.

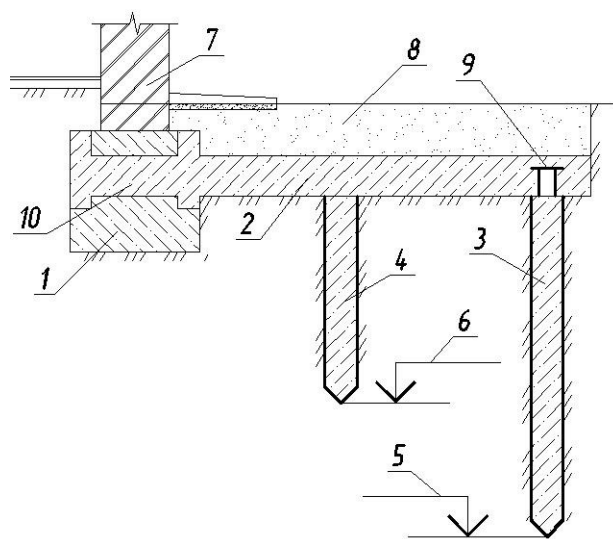


Рис. 57. Улаштування виносних буронабивних палів із

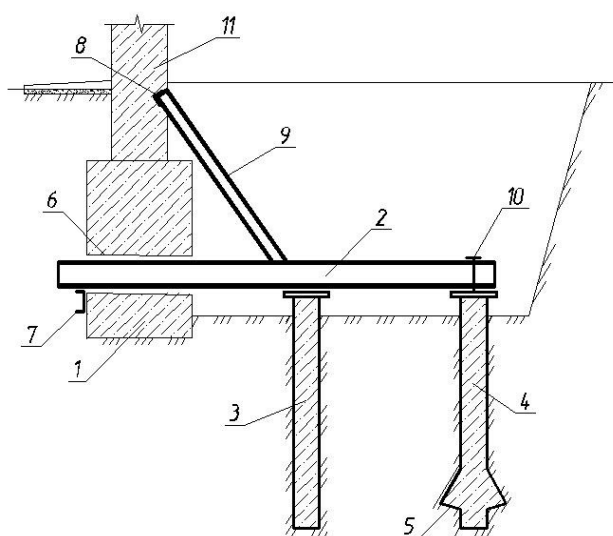


Рис. 58. Улаштування виносних буронабивних палів із опорним

залізобетонними балками:
 1 – фундамент, що руйнується;
 2 – монолітна залізобетонна балка;
 3, 4 – буронабивні палі;
 5, 6 – позначки низу палі;
 7 – стіна; 8 – засипання;
 9 – анкер; 10 – проріз у фундаменті для балки

посиленням і металевими балками: 1 – фундамент, що руйнується; 2 – монолітна залізобетонна балка; 3, 4 – буронабивні палі; 5 – розширення палі; 6 – отвір в існуючому фундаменті, що зашпаровується бетоном; 7 – металева балка-обв'язка; 8 – опорний кутик; 9 – підкіс; 10 – хомут; 11 – стіна

Іноді зустрічаються випадки, коли стовпчастий фундамент не сприймає повною мірою згинальний момент. У такому випадку роблять посилення анкерними палями, які влаштовують або через тіло існуючого фундаменту (рис. 59), або поруч із існуючим фундаментом (рис. 60). У цих випадках буронабивні палі-анкери влаштовують діаметром 150-200 мм довжиною 2-3 м.

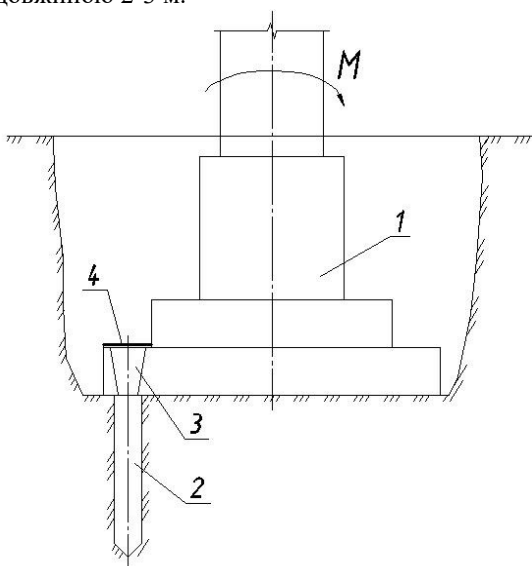


Рис. 59. Посилення стовпчастого фундаменту анкерами при дії значного моментного навантаження: 1 – посилюваний фундамент; 2 – анкери з буронабивних армованих палі, що працюють на висмикування;

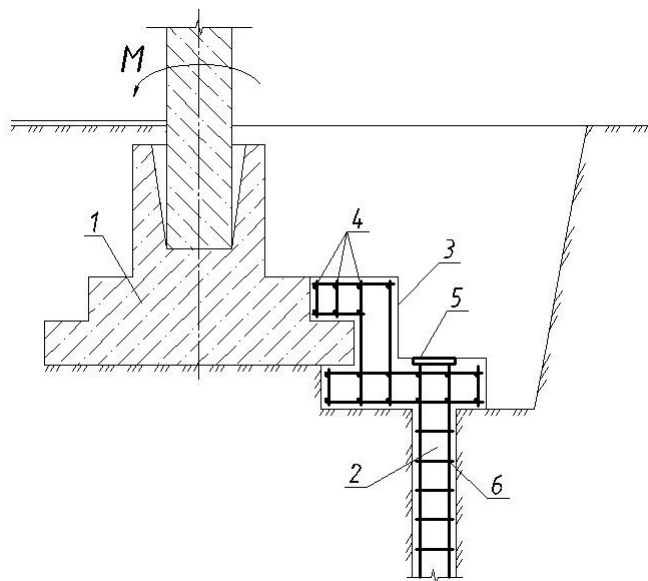


Рис. 60. Посилення стовпчастого фундаменту анкерами при дії значного моментного навантаження: 1 – посилюваний фундамент; 2 – анкери з буронабивних армованих палі, що працюють на висмикування; 3 – елемент посилення з моно-

3 – конусний отвір у фундаменті, заповнюваний надалі бетоном; 4 – металеві пластини, до яких приварюється арматура анкерів

літного залізобетону; 4 – арматура посилення; 5 – металеві пластини, до яких приварюється арматура анкерів; 6 – арматура анкерних паль

2.2.10.2. Посилення забивними паллями

Забивні паллі влаштовують у тих випадках, коли неможливо застосувати інші види паль. Технологічні схеми в принципі не відрізняються від розглянутих раніше. Деякі особливості наведені на рис. 61, 62.

Особливість посилення полягає в тому, що ближній ряд паль служить своєрідною опорою, а дальній ряд працює на висмикування, що дозволяє зменшити навантаження на існуючий фундамент.

За розвантажувальну балку може бути використано як залізобетонну, так і металеву балку. Обов'язковою умовою такого посилення є надійне прикріплення паллі крайнього ряду до балки, що забезпечується встановленням хомутив при використанні металевих балок, а також надійним анкеруванням при використанні залізобетонних балок.

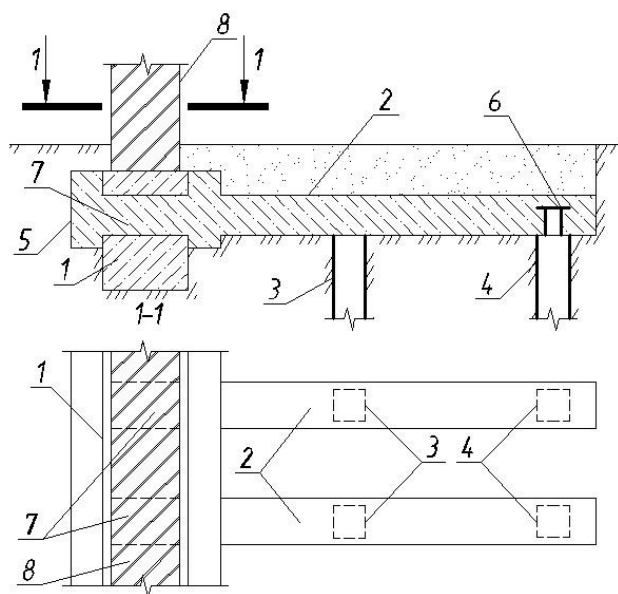


Рис. 61. Улаштування виносних забивних паль із залізобетонними балками:
 1 – розвантажувальний фундамент; 2 – монолітна залізобетонна балка;
 3, 4 – забивні паллі; 5 – залізобетонний пояс; 6 – анкер;
 7 – проріз у фундаменті для балок; 8 – стіна

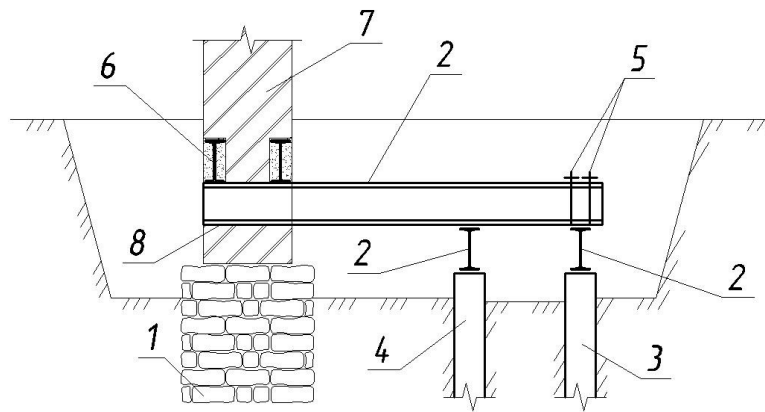


Рис. 62. Улаштування виносних забивних палів із металевими балками:

- 1 – розвантажувальний фундамент; 2 – металеві балки обв'язки;
 3, 4 – забивні палі; 5 – хомути; 6 – поздовжні балки; 7 – стіна;
 8 – проріз у стіні, що зашпаровується бетоном

2.2.10.3. Посилення палями, що вдавлюються

У цей час накопичений великий досвід підвищення несучої здатності фундаментів палями, що вдавлюються. Палі можуть бути як суцільними, так і складатися з окремих елементів. Цей спосіб має цілий ряд переваг: відсутність динамічних і вібраційних впливів на будинок при улаштуванні посилення, немає необхідності в посиленому армуванні стовбура палі, висока точність установки палей, мінімальне забруднення навколишнього середовища й незначні енерговитрати при улаштуванні.

Стрічкові фундаменти можна підсилювати за допомогою виносних палей, що вдавлюються, із трубчастих елементів довжиною 0,8...1,2 м, розташовуваних попарно з двох боків стіни, схема подібного посилення згідно з [26] наведена на рис. 63,а. Палі занурюють домкратами, зусилля від яких передаються на залізобетонні балки, що виготовляються спільно із суцільним залізобетонним поясом, що потім омонолічується з палями.

Вдавлення палей здійснюється одночасно з двох боків стіни. Трубчасті елементи в міру вдавлення стикуються між собою за допомогою зварювання. Після вдавлення, демонтажу домкратів і упорних балок заповнюються порожнини палей бетоном, установлюється арматура й опалубка оголовка палей і через отвори в балці проводиться їхнє бетонування. У ряді випадків під

стрічкові фундаменти палі можна підводити в один ряд. Роботи виконують із шурфів, відкопаних до підшови або нижче підшови фундаментів (рис. 63, б).

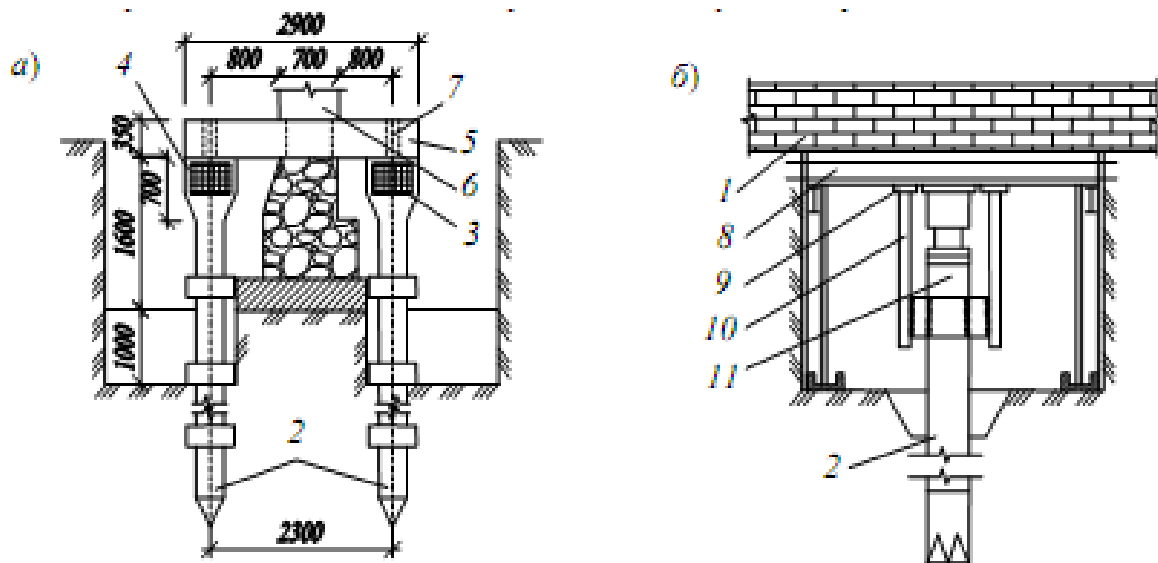


Рис. 63. Варіанти посилення фундаментів трубчастими палями, що вдавлюються:

- 1 – фундамент; 2 – металеві трубчасті палі; 3 – арматурний каркас;
- 4 – оголовок; 5 – залізобетонна балка; 6 – стіна; 7 – отвір;
- 8 – наддомкратна балка; 9 – клини; 10 – кутики; 11 – домкрат

Для передачі навантаження на палю між домкратом і палею встановлюється розподільна подушка.

Щоб не знімати домкрат після кожного вдавлення, його приварюють до подушки. Після вдавлення ланки поршень домкрата піднімають нагору й палю нарощують черговою ланкою. При вдавленні необхідної кількості ланок палю закріплюють за допомогою кутиків і клинів, забирають домкрат і заповнюють порожнечу труби бетоном, а шурф - бетоном.

У будівельній практиці часто використовують складені залізобетонні палі, що вдавлюються, "Мега". Палі складаються із трьох типів секцій; головної, рядових і нижньої. Спочатку відкопують шурф нижче підшови фундаменту й встановлюють нижню секцію. Потім на неї прикріплюють головну секцію й зверху ставлять домкрат, що впирається в спеціальний розподільний елемент. Після вдавлення нижньої секції домкрат демонтують, знімають головну секцію, встановлюють рядову секцію, потім головну й монтують знову домкрат. Після вдавлення встановленої рядової секції операцію повторюють

доти, поки кінець палі не досягне проектної позначки. На останньому етапі проміжок між розподільним елементом і палею розклинують і заповнюють бетоном. У випадку передачі більших навантажень палі "Мега" роблять виносними у два ряди. При цьому вони зв'язуються поперечними залізобетонними балками. Докладніше з технологією улаштування палей, що вдавлюються, можна ознайомитися в [2, 11, 26, 31].

2.2.10.4. Посилення буроін'єкційними палями

Посилення буроін'єкційними палями дозволяє виконувати роботу без розроблення котлованів, оголення тіла фундаментів і порушення структури ґрунту основи [31, 34]. Сутність цього способу полягає в улаштуванні під фундаментом твердих коренеподібних палей, що передають більшу частину навантаження на більш щільні шари ґрунту. Палі виконують вертикальними або похилими за допомогою установок обертального буріння, що дозволяють пробурювати свердловини через розташовані вище стіни й фундаменти.

У свердловини встановлюють арматурні каркаси й через ін'єкційні труби нагнітають цементно-піщаний розчин або дрібнозернистий бетон. Відмінною рисою даного типу палей є їхній малий діаметр (127...190 мм) і відносно велике в порівнянні з діаметром заглиблення (більше 100). Найбільше поширення буроін'єкційні палі одержали при посиленні основ і фундаментів реконструйованих і реставрованих будинків. Палі мають значну міцність на розтягання, тому їх іноді використовують як анкери в конструкціях, підданих впливу горизонтальних сил. Деякі схеми посилення буроін'єкційними палями наведені на рис. 64.

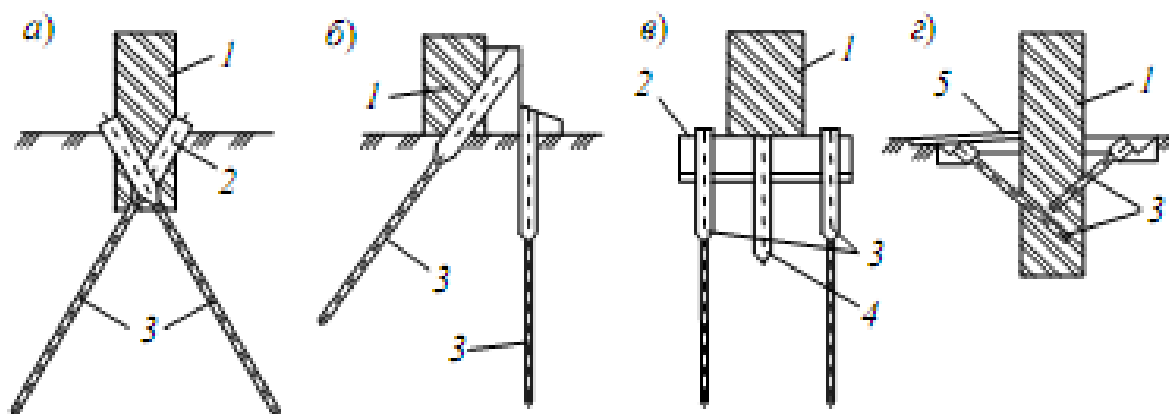


Рис. 64. Посилення буроін'єкційними палями:
1 – стіна будинку; 2 – стеля, що підводиться; 3 – буроін'єкційні палі; 4 – існуючі палі; 5 – розподільні плити

2.2.11. Посилення фундаментів способом "стіна в ґрунті"

Спосіб застосовують при посиленні фундаментів, розташованих поблизу фундаментів інших будинків, на стиснутій площадці, у складних ґрунтових умовах і т.п. Конструктивні рішення посилення (глибокими стінами або прямокутними стовпами) залежать від причин посилення ґрунтових умов, величини й характеру навантажень на фундамент, а також ряду інших факторів. Наприклад, при улаштуванні глибоких виїмок або підвалів поблизу існуючого фундаменту, посилення проводиться глибокими стінами, які влаштовують між виїмкою й фундаментом (рис. 65, а). При цьому підвищення стійкості стіни досягається улаштуванням анкерних кріплень. Збільшення несучої здатності стовпчастих фундаментів може забезпечуватися спорудженням навколо них глибоких стін або стовпів прямокутного перерізу із дво- або чотирибічним розташуванням (рис. 65, б,в), а іноді у вигляді замкнутого короба (рис. 65,г). Стіни й стовпи поєднуються з фундаментом залізобетонною обоймою. При необхідності одночасного збільшення стійкості основи й посилення фундаменту влаштовують паралельні глибокі стіни, об'єднані стінами-перемичками меншої глибини (рис. 65,д). За рахунок укладання у тверду обойму при такому рішенні значно підвищується стійкість основи й одночасно підсилюється фундамент.

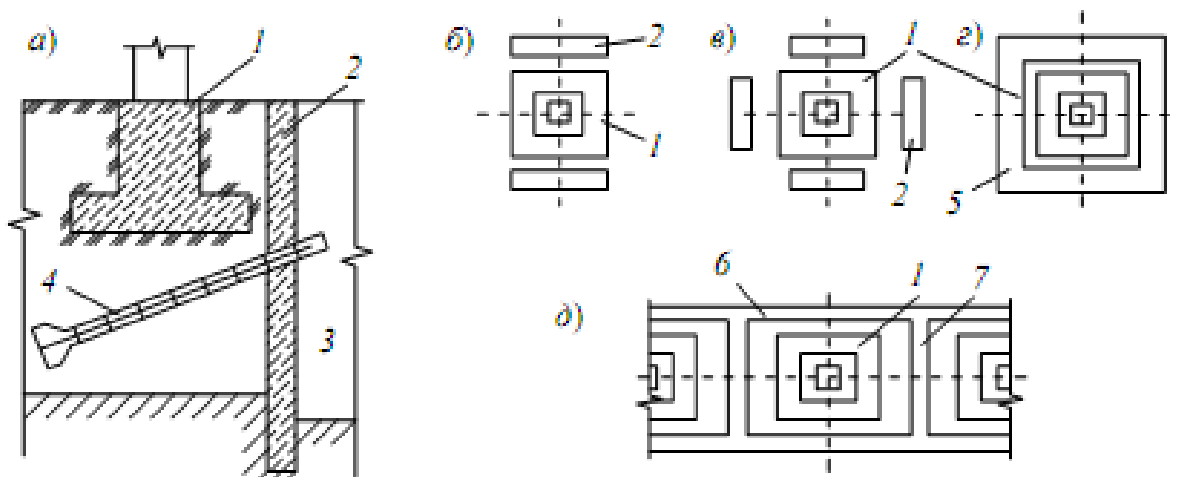


Рис. 65. Схеми посилення фундаментів способом «стіна в ґрунті»:
 1 – фундамент; 2 – стіна в ґрунті або прямокутний стовп;
 3 – виїмка; 4 – анкер; 5 – стіна у вигляді короба; 6 – глибокі
 стрічки або стіни; 7 – стіни перемички

Іноді посилення фундаментів роблять комбінованими способами, одночасно влаштовуючи "стіни в ґрунті" і палі, а також застосовуючи різні способи закріплення ґрунтів і основ.

2.2.12. Посилення фундаментів опускними колодзями

Посилення фундаментів опускними колодзями дозволяє підвищити несучу здатність за рахунок укладання ґрунту основи у тверду обойму. Колодязь (круглий або прямокутний у плані) опускають шляхом виймання ґрунту по зовнішньому периметру його стін. При цьому основа фундаменту зберігається непорушеною та укладається в обойму (рис. 66). Розміри колодзя в плані і його глибина визначаються розрахунком, при цьому ґрунт усередині колодзя розглядається як тіло у твердій обоймі [31].

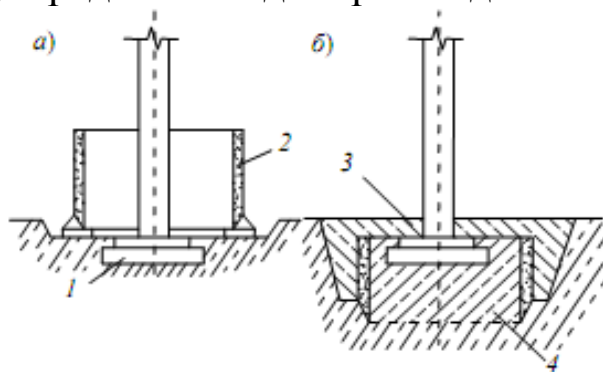


Рис. 66. Посилення фундаменту опускними колодзями:

а – установлення опускного колодзя перед зануренням;
б – занурення колодзя на проектну глибину: 1 – фундамент; 2 – колодязь; 3 – котлован; 4 – основа, що

обтискується

При посиленні ростверків у випадку великого ступеня їхнього зношування влаштовують залізобетонні обойми. Можлива схема обойми дана на рис. 67,а. Арматура обойми повинна бути замкнутою по периметру ростверка. По можливості її варто робити попередньо напруженою. У випадку ґрунтів, що обпливають, і наявності великої кількості води посилення роблять із застосуванням способу "стіна в ґрунті" (рис. 67,б). Іноді під ростверк підводять додаткові залізобетонні стрічки, підсилюючи тим самим ростверк і верхні ділянки палей (рис. 67,в).

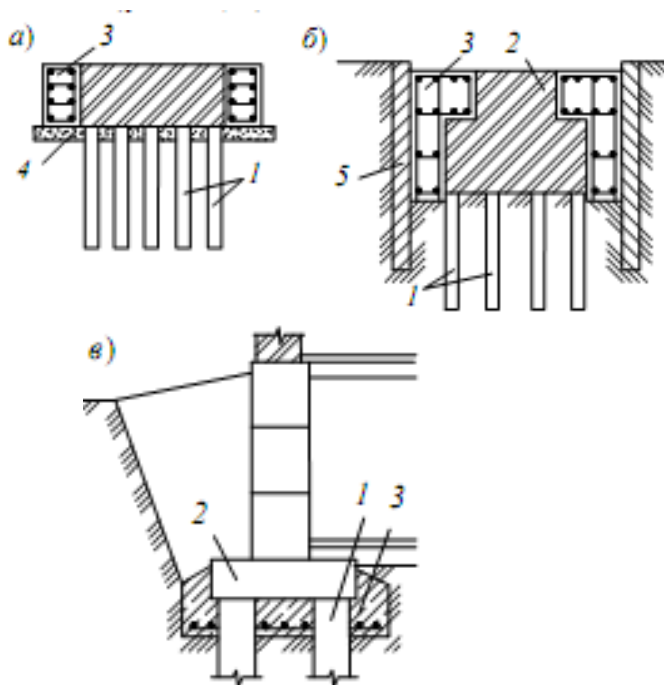


Рис. 67. Посилення ростверків палевих фундаментів:
1 – палі; 2 – ростверк;
3 – залізобетонна обойма;
4 – зацементований щебінь; 5 – замкнуте огородження «стіна в ґрунті»; 6 – залізобетонна стрічка

Окремі випадки посилення ростверків наведені на рис. 68-71.

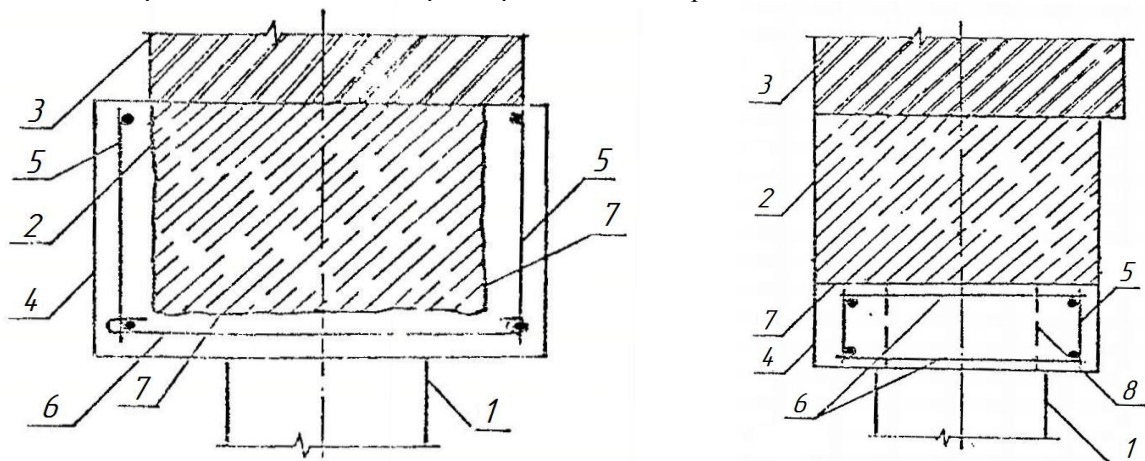


Рис. 68. Улаштування залізобетонної сорочки знизу ростверка:

1 – залізобетонна паля; 2 – залізобетонний посилюваний ростверк; 3 – існуюча стіна; 4 – залізобетонна сорочка; 5 – вертикальні арматурні каркаси; 6 – сполучні стрижні; 7 – поверхня ростверка, підготовлена до бетонування

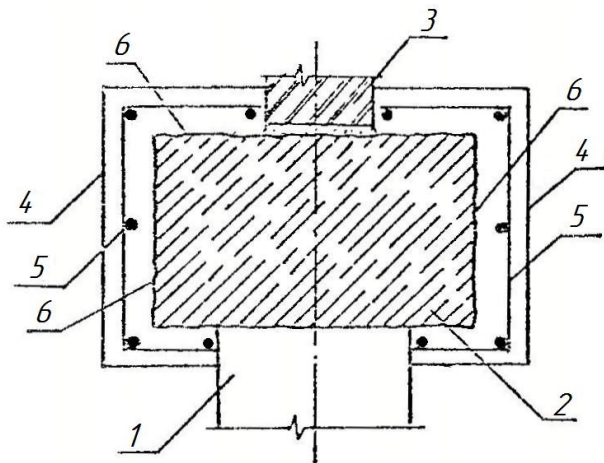


Рис. 70. Устрій залізобетонної сорочки з боків ростверку:

1 – залізобетонна паля; 2 – залізобетонний посилюваний ростверк; 3 – існуюча бетонна стіна; 4 – залізобетонна сорочка; 5 – арматурні П-подібні каркаси; 6 – поверхня ростверка, підготовлена до бетонування

Рис. 69. Нарощування ростверка знизу: 1 – залізобетонна паля; 2 – залізобетонний посилюваний ростверк; 3 – існуюча стіна; 4 – залізобетонне нарощування знизу; 5 – вертикальні арматурні каркаси; 6 – сполучні стрижні; 7 – поверхня ростверка, підготовлена до бетонування; 8 – вирубаний по поверхні захисний шар бетону палі

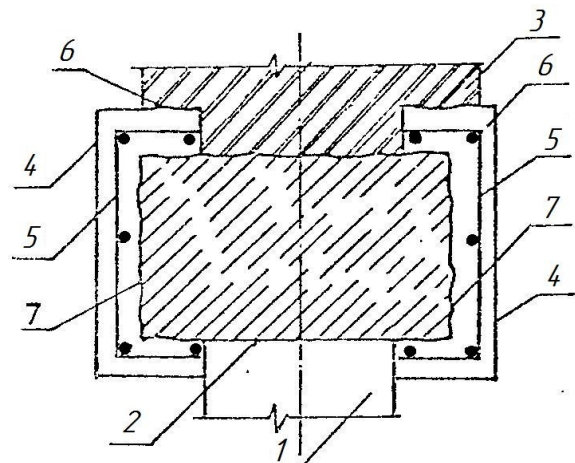


Рис. 71. Улаштування залізобетонної сорочки з боків ростверка: 1 – залізобетонна паля; 2 – залізобетонний посилюваний ростверк; 3 – існуюча кам'яна стіна; 4 – залізобетонна сорочка; 5 – арматурні П-подібні каркаси; 6 – пази, вирубані в стіні для улаштування сорочки; 7 – поверхня ростверка, підготовлена до бетонування

Посилення палевих фундаментів у випадку їх недостатньої несучої здатності можна виконувати влаштуванням додаткових палей або нарощуванням існуючих палей додатковими секціями. Найчастіше влаштовують додаткові виносні палі. Приклад останнього даний на рис. 72.

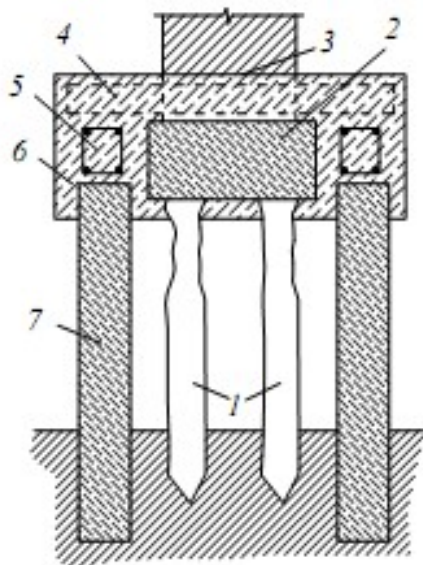


Рис. 72. Варіант посилення пальових фундаментів виносними палями:
 1, 2 – палі й ростверк фундаменту; 3 – отвір для пропускання горизонтальної балки; 4 – поперечна балка; 5 – поздовжня балка; 6 – новий ростверк; 7 – додаткова виносна паля; 8 – щільний ґрунт

2.3. Основні способи посилення несучих конструкцій. Загальна характеристика

Посилення залізобетонних несучих конструкцій досягається двома основними способами:

- улаштуванням розвантажувальних елементів (зміною конструктивної схеми);
- посиленням бетоном і залізобетоном (тобто збільшенням поперечних перерізів конструкцій).

При цьому розрізняють розвантажувальні елементи жорсткі або невіддатливі й гнучкі, що мають пружну віддатливість. До перших належать елементи посилення, жорсткість яких мало відрізняється від жорсткості посилюваної конструкції, до других – елементи, жорсткість яких значно менше жорсткості посилюваної конструкції.

Введення розвантажувальних елементів, що включаються в спільну роботу з посилюваною конструкцією, супроводжується зміною початкової розрахункової схеми конструкції (тобто підвищенням ступеня зовнішньої статичної невизначеності або зміною місця передачі навантаження) і/або її напруженого стану.

Посилення бетоном або залізобетоном не викликає зміни розрахункової схеми посилюваної конструкції і її напруженого стану.

Жорсткі розвантажувальні елементи застосовуються (головним чином) у тих випадках, коли необхідне значне збільшення навантаження після посилення конструкції й коли не можливо здійснити їх достатню попередню напругу, гнучкі - для посилення конструкцій, на які діє (в основному) постійне навантаження й коли посилення виконується при повному або майже повному завантаженні конструкції.

Посилення бетоном і залізобетоном застосовується (за інших рівних умов) при необхідності збільшення несучої здатності й забезпеченні експлуатаційної надійності конструкції в умовах агресивного середовища. Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного складу наведена у дод. 4.

2.4. Посилення колон

Для посилення колон застосовується кілька типів обойм, які відрізняються між собою конструктивними особливостями, матеріалом, проведенням робіт і ефективністю посилення.

Одним з типів залізобетонних обойм є **обойми зі звичайною поздовжньою й поперечною арматурою** (рис. 73) без зв'язку обойми з арматурою посилюваної колони. Перед бетонуванням обойми необхідно обов'язково зробити підготовку поверхні посилюваної конструкції (виконати насічку бетону й промити його струменем води). Товщина обойми колони залежить від ступеня посилення й звичайно не більше 300 мм і не менше 70-80 мм (у крайньому випадку 50 мм). Клас бетону обойми приймається за класом бетону посилюваної колони, але не нижче В25.

Площа поздовжньої арматури обойми визначається розрахунком, але її діаметр повинен бути не менш 16 мм для стиснутих і 12 мм – для розтягнутих зон. Поперечна арматура приймається діаметром не менш 6 мм і встановлюється із кроком 15 діаметрів поздовжньої арматури, але не більше трикратної товщини обойми й не більше 200 мм. У місцях можливої концентрації напруг крок хомутів повинен бути зменшений удвічі.

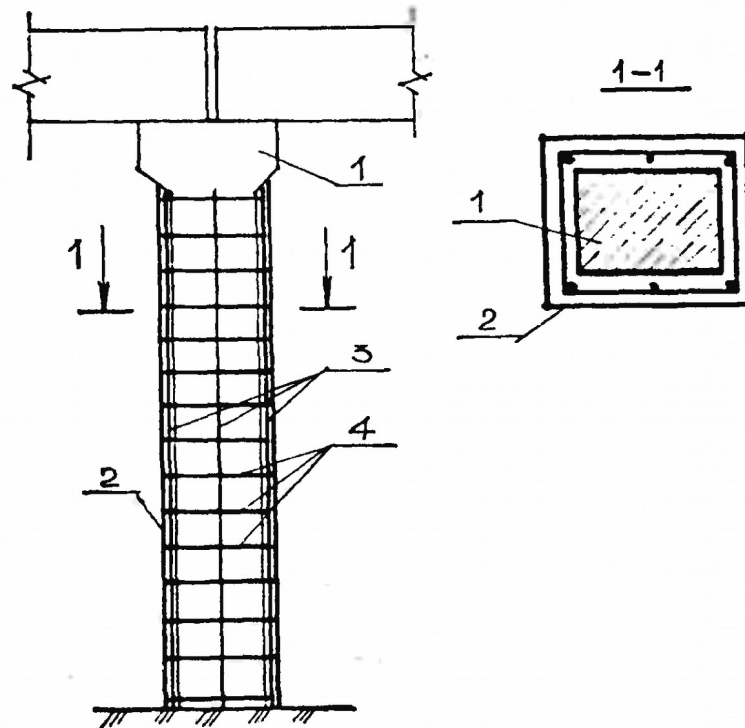


Рис. 73. Улаштування залізобетонної обойми:
 1 – посилювана колона; 2 – залізобетонна обойма; 3 – поздовжня арматура; 4 – хомути

При улаштуванні місцевої обойми на пошкодженій ділянці вона повинна виходити за його межі не менше п'яти товщин обойми, не менше ширини більшої грані колони й не менше 400 мм.

Залізобетонні обойми можуть бути виконані з поперечною арматурою у вигляді спіральної обмотки із дрової арматури. При конструюванні обойм повинні витримуватися такі умови:

- спіралі в плані повинні бути круглими;
- відстань між витками спіралі в осях повинна бути не менш 40 мм, не більше $1/5$ діаметра перерізу ядра обойми, охопленого спіраллю, і не більше 100 мм;
- спіралі повинні охоплювати всю робочу арматуру.

Кути посилюваної колони сколюють від бетону до арматури, спіраль навивають по цих стрижнях із кріпленням до додаткових вертикальних стрижнів, які установлені біля кожної грані колони. Товщина обойми визначається діаметром ядра всередині спіралі, але приймається не менше 70 мм. Спіраль виготовляють із арматури діаметром не менше 6 мм.

Залізобетонні обойми зі спіральною обмоткою мають підвищену несучу здатність при центральному стиску.

Посилення колон може проводитися одно-, дво- або трибічним нарощуванням (сорочками) (рис. 74).

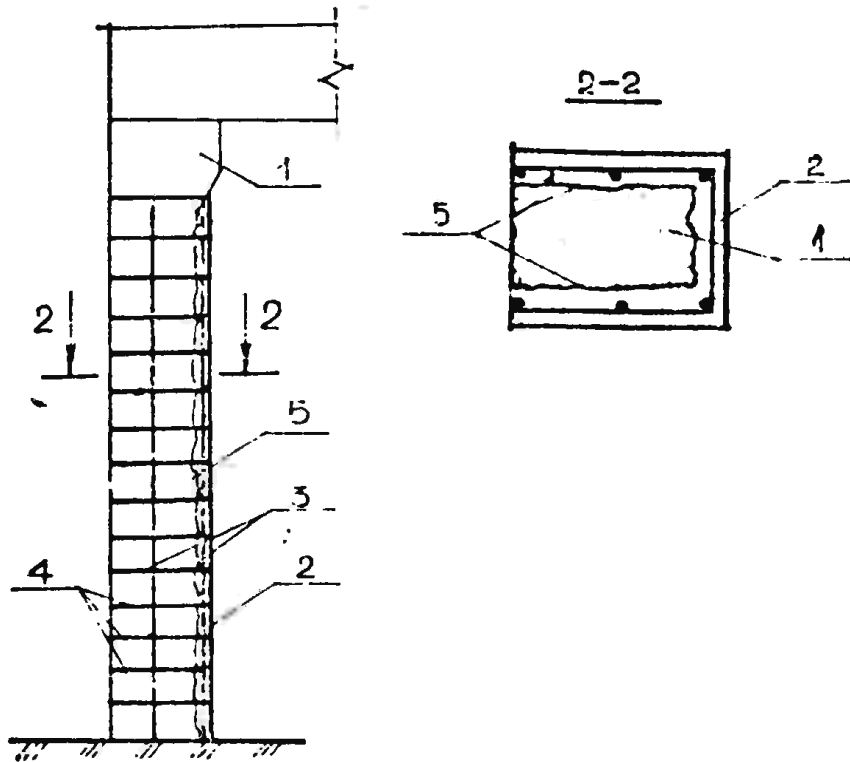


Рис. 74. Улаштування залізобетонної сорочки:

1 – посилювана колона; 2 – залізобетонна сорочка; 3 – поздовжня арматура; 4 – хомути; 5 – підготовлена поверхня колони

Армування нарощування складається з поздовжньої й поперечної арматури. Особливу увагу варто приділяти анкеруванню поперечної арматури по кінцях поперечного перерізу нарощування. При посиленні колон хомути повинні приварюватися до хомутів посилюваної колони.

Відстань між існуючою й додатковою арматурою забезпечується приварюванням останньої до стрижнів першої через коротиші або через спеціальні приварки - «качки»-відгини, косі хомути, прямі хомути й сполучні планки; приварка проводиться через 500-1000 мм по довжині стрижня швами довжиною 50-100 мм.

Посилення колон нарощуванням можна здійснювати збірними залізобетонними плитами зі з'єднанням плит на зварюванні закладних деталей (рис. 75) або на петльових випусках (рис. 76).

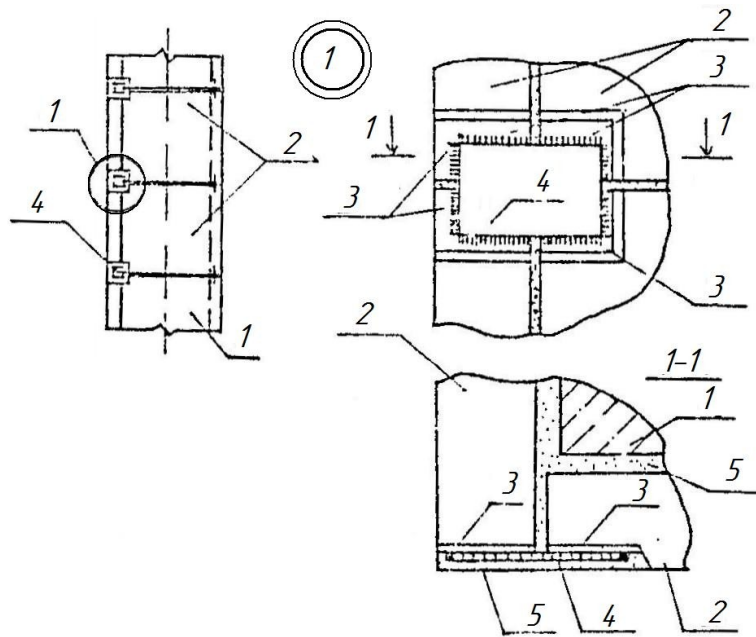


Рис. 75. Посилення колон зі з'єднанням плит обойм на зварюванні закладних деталей:

- 1 – посилювана колона; 2 – збірні залізобетонні плити обойми;
- 3 – закладні деталі в плитах обойми; 4 – накладка на зварюванні;
- 5 – цементно-піщаний розчин

Хороші результати показує посилення залізобетонних колон металоін'єкційними обоймами (рис. 77, дод. 5 та дод.6). У цьому випадку можна домогтися посилення колони без зміни габаритів самої конструкції. Перед початком виконання робіт зруйнована поверхня бетону очищається до арматури або до щільного бетону. Іржа на поверхні арматури також повинна бути очищена. Металеві листи посилення очищаються й на внутрішню поверхню зварюванням встановлюються додаткові арматурні стрижні, які, крім посилення конструкції, забезпечують надалі спільну роботу конструкції обойми й колони. Металеві листи обойми встановлюються на колону за допомогою анкерів або наскрізних або вклеєних на епоксидній смолі в тіло бетону. Всі шви надійно з'єднуються зварюванням. Крім того, по кутах колони встановлюються металеві кутики. Після монтажу металоконструкцій у порожнечу між металом і бетоном ін'єктується цементно-піщаний розчин або суперпластифікована цементно-водяна суспензія з низкою усадкою й високою щільністю. При малих зазорах (до 10-20 мм) краще застосовувати СПЦВС, при більших – розчин.

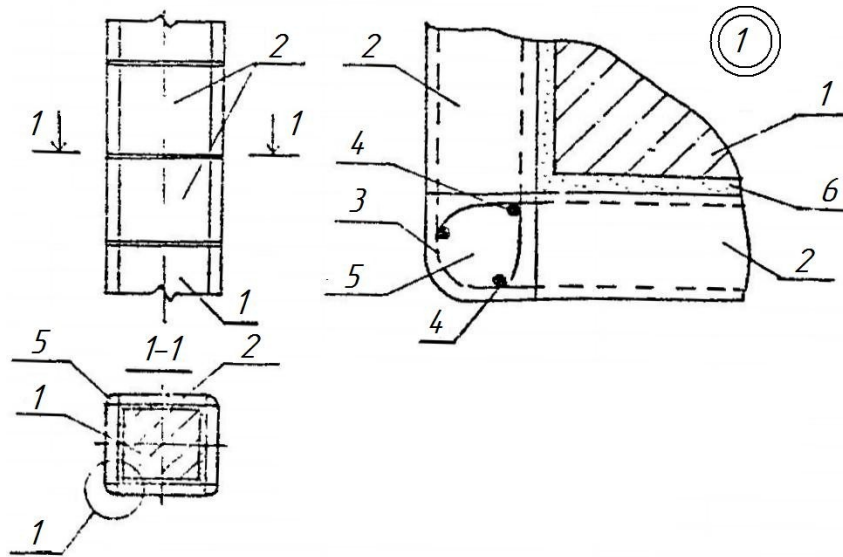


Рис. 76. Посилення колон зі сполукою плит обойм на петльових випусках: 1 – посилювана колона; 2 – збірні залізобетонні плити обойми; 3 – петльові випуски арматури із плит; 4 – вертикальні арматурні стрижні; 5 – обетонювання стику; 6 – цементно-піщаний розчин

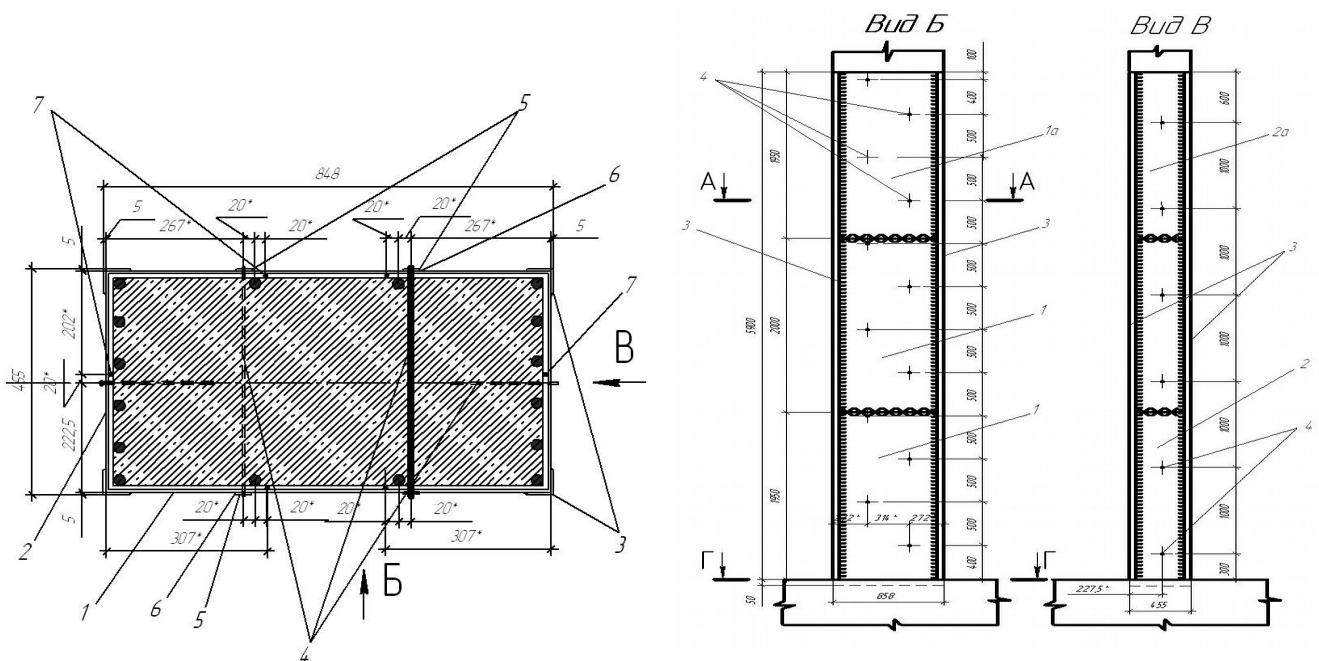


Рис. 77. Приклад посилення залізобетонної колони металоін'єкційною обоймою:

- 1, 2 – металеві листи посилення; 3 – кутики; 4 – анкери;
5 – шайби; 6 – зварні шви; 7 – додаткова арматура

При посиленні центрально і позацентрово стиснутих колон під навантаженням рекомендується влаштовувати *попередньо напружені металеві розпірки* (рис. 78). Конструкція розпірки складається із двох кутиків, зв'язаних між собою привареними сполучними планками з листового металу. Угорі й унизу кожного кутика розпірки необхідно приварити спеціальні планки, за допомогою яких розпірка передає навантаження при монтажі, натягу й експлуатації на упорні кутики. Упорні планки розпірок виконуються зі смугової або листової сталі й повинні бути не тонше 15 мм, а по площі відповідати перерізу розпірок. Планки повинні виступати за грані кутиків розпірок на 100-120 мм і мати у випусках отвори для пропуску монтажних болтів.

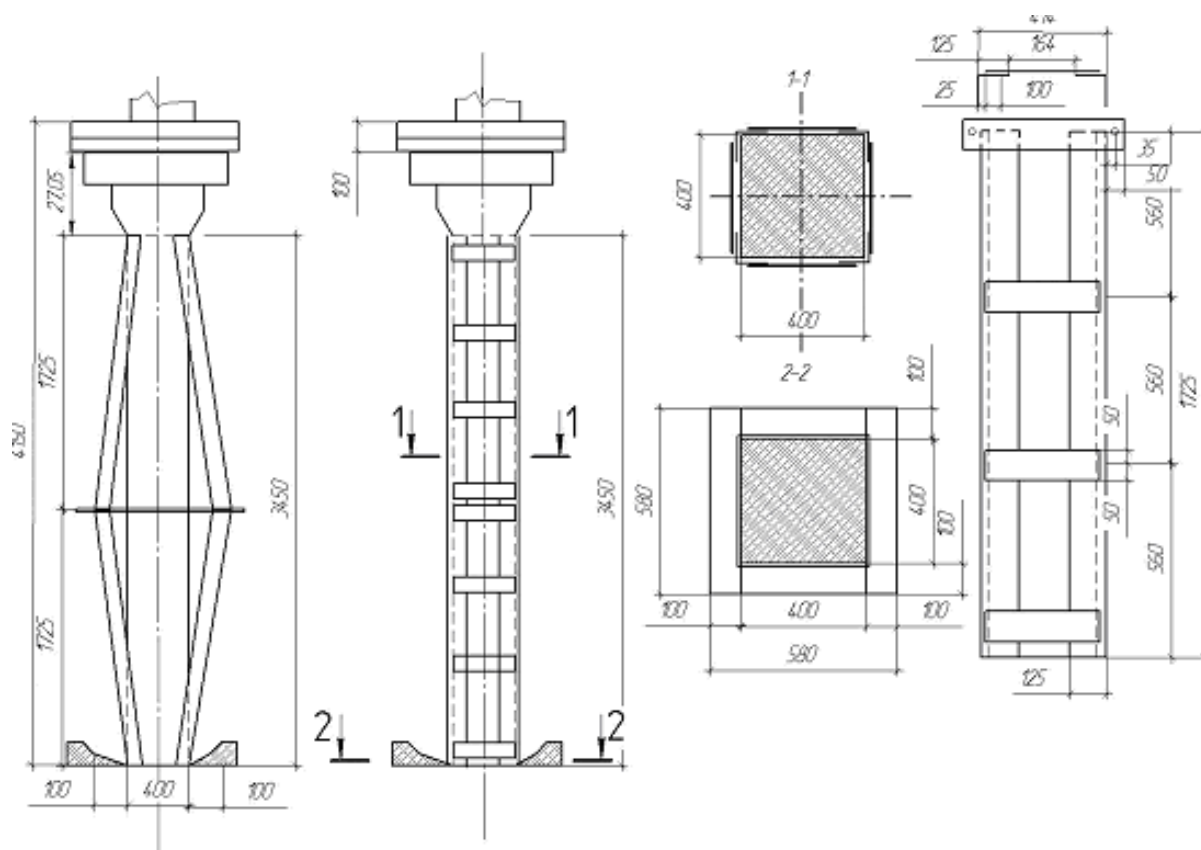


Рис. 78. Приклад посилення центрально стиснутих колон під навантаженням за допомогою попередньо напружених металевих розпірок

Монтаж розпірок проводять із перегином їх у середині висоти. Для полегшення перегину в бічних полицях кутиків необхідно передбачити вирізи. Площа поперечного перерізу розпірок у цих місцях відновлюється приварюванням

спеціальних планок, які одночасно використовують для установки натяжних болтів. Змонтовані й щільно підігнані розпірки мають перегини.

Для створення попереднього напруження стиску розпірки необхідно випрямити після їхнього монтажу, тобто надати їм вертикальне положення й забезпечити щільне прилягання до посилюваної колони. Досягається це за допомогою закручування гайок натяжних болтів. Величина перегину в середині довжини розпірок визначається залежно від необхідного попереднього напруження з розрахунку. За оптимальну величину попереднього напруження розпірок рекомендується приймати 6-8 кН/см².

2.4.1. Посилення консолей колон

Посилення консолей колон може проводитися металевими конструкціями за схемами (рис. 79) накладними й горизонтальними попередньо напруженими тяжами. Аналогічний ефект може бути досягнутий і стягуванням гілок хомутів.

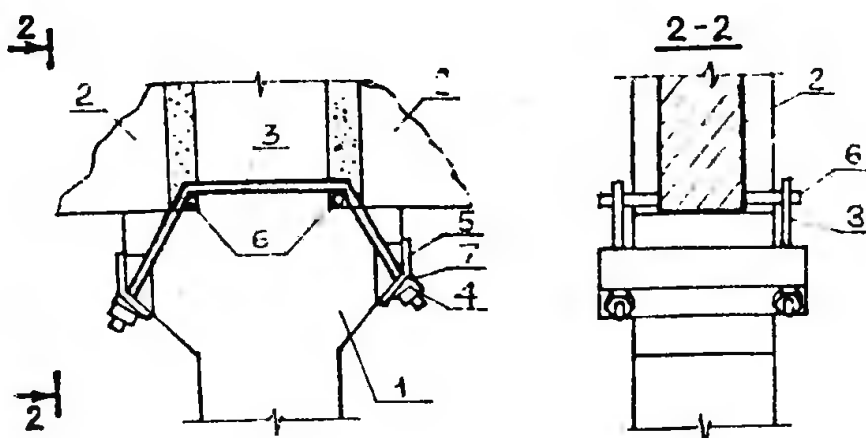


Рис. 79. Улаштування похилих тяжів:

1 – посилювана консоль; 2 – ригелі; 3 – попередньо напружені тяжі; 4 – гайки; 5 – нижній упор із пластин; 6 – верхні опори із пластин і стержнів; 7 – похилі шайби

Посилення колон, що мають місцеві руйнування або які потребують улаштування на колоні упорів для опирання конструкції посилень (консолей), рекомендується проводити залізобетонними обоймами, армованими хомутами або спіраллю,

а також (при великих консольних виносках упору) робочою арматурою консолі у вигляді посилених хомутів і похилих стрижнів (рис. 80).

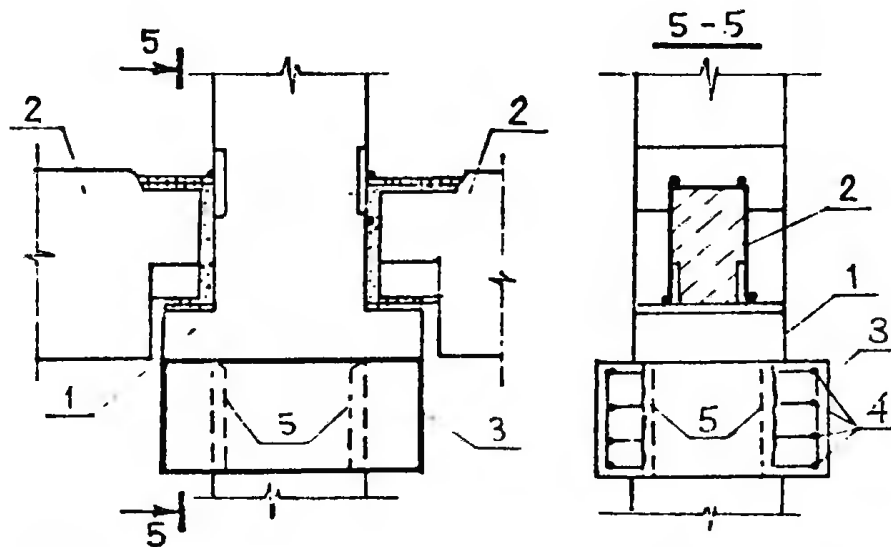


Рис. 80. Улаштування залізобетонних обойм хомутів:
 1 – посилювана консоль; 2 – ригелі; 3 – залізобетонна обойма-хомут; 4 – горизонтальна замкнута арматура обойми;
 5 – вирубаний захисний шар бетону колони на ділянці улаштування обойми

Необхідна висота обойми повинна становити за межами посилюваної ділянки не менше 5 товщин обойми, не менше ширини більшої грані колони й не менше 40 см, а армування – хомутами діаметром не менш 6 мм із кроком не більше товщини обойми (рекомендується армування не менш 1% перерізу обойми).

При улаштуванні упору необхідна площа поверхні ковзання обойми по поверхні колони може бути визначена за умовним опором бетону колони на зріз.

2.4.2. Додаткові вимоги, пропоновані до посилення стиснутих елементів

Мінімальна товщина обойм, сорочок і нарощування приймається 6 см, клас бетону не менше В25.

Робочу арматуру в обоймах, сорочках і нарощуваннях варто приймати діаметром 12-25 мм, поперечну арматуру в нарощуваннях, застосовувану для кріплення робочої арматури до посилюваного елемента, - 10-25 мм.

У місцях улаштування обойм або нарощувань для забезпечення кращого зчеплення старого й нового бетонів необхідно оббити поверхневий шар бетону в тих місцях, де встановлюється додаткова робоча арматура, а там, де будуть встановлені хомути або сітки, досить зробити насічку бетонної поверхні посилюваної конструкції. Перед бетонуванням підготовлену бетонну поверхню за 1-1,5 год до бетонування змочують водою (перед укладанням бетону поверхня повинна бути вологою, але не мокрою, зі слідами відкритої води).

Консистенція бетону для конструкції посилення приймається з осіданням конуса 5-10 см. Бетон рекомендується готувати на звичайному портландцементі.

Металеві обойми застосовують для посилення центрально і позацентрово стиснутих елементів. Вони складаються з гілок, з'єднаних між собою планками. Гілки обойм виконують із профільної сталі, а планки (хомути) - з листової або арматурної сталі класів А-I, А-II, А-III.

Гілки металевих обойм можуть установлюватися по всій довжині елемента з упором у вузли конструкцій або тільки на ослабленій ділянці. Сполучні планки (хомути) і гілки можуть бути попередньо напруженими й без напруження.

Величина попереднього напруження в хомутах приймається конструктивно в межах 6-10 кН/см² і в розрахунках не враховується.

Найбільш ефективні обойми з попередньо напруженими гілками, що дає можливість негайно включати їх у спільну роботу з посиленою конструкцією й розвантажити посилюваний елемент. Для включення металевих обойм у роботу величина попереднього напруження приймається 4-6 кН/см².

Установлення гілок обойми проводиться з перегином у середині довжини. При випрямленні створюється попереднє напруження в гілках обойми.

Розрахунок обойм ведеться з урахуванням спільної роботи їх з посилюваними стиснутими елементами залізобетонних конструкцій. Втрати напруг варто враховувати коефіцієнтом умов роботи $m = 0,9$.

Попередньо напружені розпірки виконують із профільної сталі (кутиків, швелерів і двотаврів).

Величина попереднього напруження в розпірках для включення їх у роботу повинна знаходитися в межах 4 - 6 кН/см². Втрати напруження розпірок ураховуються коефіцієнтами умови роботи.

Упорні пристрої обойм і розпірок необхідно забезпечити від зсувів і впирати у вузли конструкції.

Упорні пристрої конструкції посилення складаються з відрізків профільної сталі, посиленої ребрами жорсткості, з кутиків або швелерів.

Упорні планки повинні щільно примикати до упорних пристроїв, а на період монтажу обойми й розпірки вгорі й знизу зв'язують спеціальними монтажними кріпильними болтами.

Стягування вигнутих гілок розпірок здійснюється за допомогою стяжних болтів, установлених у місцях перегину розпірок. Сполучні планки або хомути приварюють до розпірок після створення в них попереднього напруження.

Більш докладно конструкції посилення колон викладені в [12 - 14, 16, 22, 23, 30].

2.5. Посилення плит монолітних залізобетонних покриттів і перекриттів

Бетонування зверху плити, що збільшує висоту перерізу, армованою протиусадочною сіткою, і, при необхідності, арматурою над опорами (балками), що працює на негативний момент (рис. 81); посилена конструкція розраховується з посиленням, як монолітна; зчеплення між старим і новим бетоном забезпечується очищенням поверхні від пилу, тривалим зволоженням старого бетону до бетонування із прибиранням калюж води перед самим бетонуванням і ретельним доглядом (зволоженням) за новим бетоном.

Бетонування другої самостійно армованої плити поверх старої у випадку, якщо зчеплення бетону нової й старої плит не може бути забезпечене через промаслення, забруднення й т.п. У цьому випадку несуча здатність плити розраховується як сума несучих здатностей старої й нової плит (рис. 82).

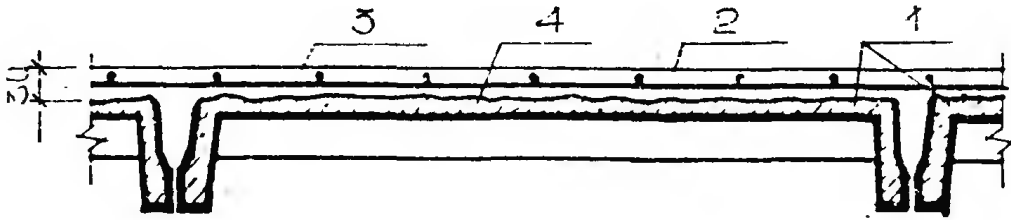


Рис. 81. Нарощування зверху збірних ребристих плит при забезпеченні зчеплення поверхонь:

- 1 – посилювані плити; 2 – монолітний шар бетону;
3 – конструктивна арматура посилення; 4 – поверхня зчеплення монолітного бетону із плитою

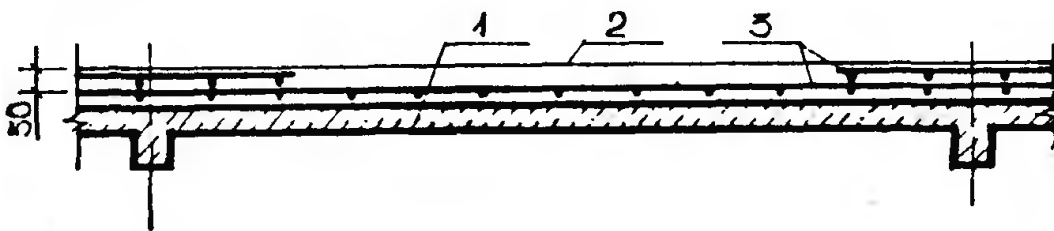


Рис. 82. Нарощування монолітних плит при недостатньому зчепленні поверхонь:

- 1 – посилювана плита; 2 – монолітний шар бетону;
3 – робоча арматура посилення

Підведення поперечних балок із зміною розрахункової схеми плити з балкової на оперту або забиту по контуру. Розрахунок посилення плити ведеться по новій статичній схемі як опертої (або затисненої по контуру) з урахуванням робочої й розподільної арматури; балки, що підводяться, армуються зварним каркасом і бетонуються в підвісній опалубці крізь щілини, прорубані в старій плиті; ширина балок приймається до

100 мм, а висота 1:10 - 1:12 прольоту; можуть бути підведені й сталеві балки.

Збірні плити покриттів і перекриттів рекомендується підсилювати також підведенням балок або монолітних, які бетонуються крізь щілини в плитах у підвісній опалубці, або металевих, які підводяться знизу й зверху посилюваної плити. (рис. 83, 84).

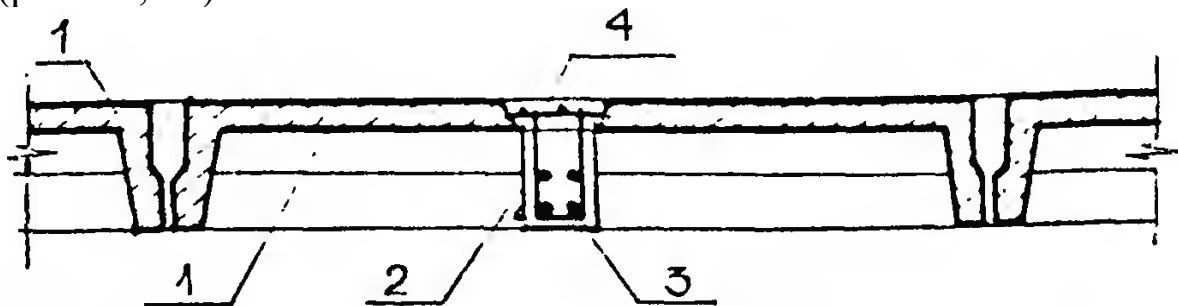


Рис. 83. Підведення ребер з монолітного залізобетону:

- 1 – посилювані плити; 2 – ребро з монолітного залізобетону;
- 3 – арматурний каркас ребра посилення; 4 – вирубані прорізи в полиці плити (зі збереженням сіток) для укладання бетону

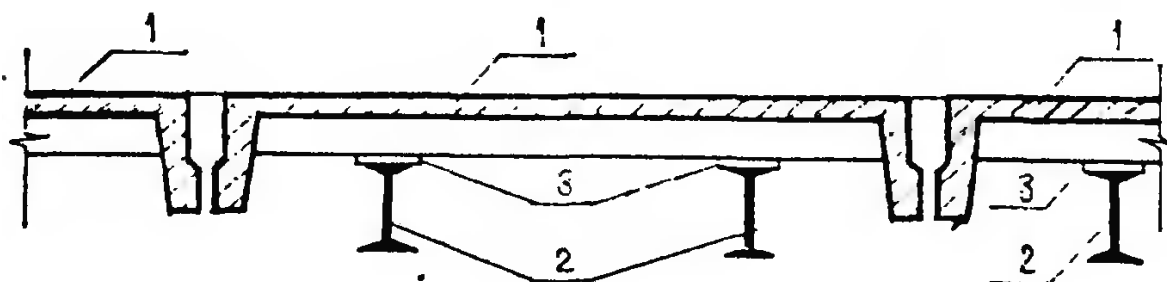


Рис. 84. Підведення металевих балок, що розвантажують:

- 1 – посилювані плити; 2 – металеві балки посилення; 3 – металеві пластини-клини для включення балок посилення в роботу

Плити перекриттів із зруйнованими ділянками полиці варто підсилювати перебетонуванням полиці в підвісній опалубці. Плити покриттів з аналогічними дефектами можуть бути виправлені настилом із хвилястих азбестоцементних листів посиленого профілю в товщі утеплювача.

Посилення ребер плит у принципі аналогічно посиленню балок.

Ребристі плити покриттів і перекриттів рекомендується також підсилювати підварюванням додаткової арматури, шпренгелями, підведенням балок, двоконсольними сталевими балками, що створюють виносні опори, чим зменшується розрахунковий проліт плит. Виносні опори попередньо напружуються (домкратом або підвісним вантажем з підклинюванням). Після підклинювання посилюваної конструкції попередній натяг знімається. Зусилля попереднього напруження повинне бути можливо найбільшим, але не повинне відривати або піднімати плити (тобто не повинне перевищувати власної маси й міцності кріплення плит).

У випадках значного зсуву плит (наприклад, при улаштуванні розширених швів для посилення поздовжніх ребер) влаштовують опорні столики-стояки. Ребро зміщеної плити опирається на столик-стояку, що виконується з відрізка двотавра або із двох кутиків, установлених безпосередньо на заставний лист опори кроквяних елементів (рис. 85).

Конструкції посилення плит більш повно викладені в [12-15, 17, 18, 25].

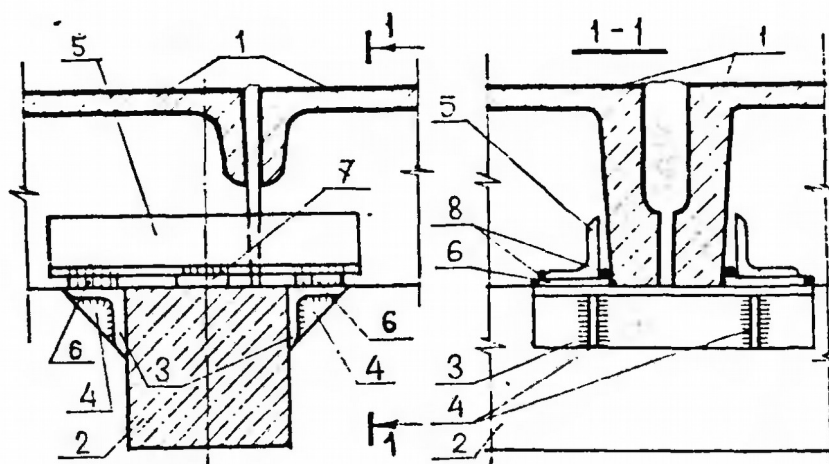


Рис. 85. Підведення столиків на тримачах:

1 – зміщені панелі; 2 – несучий кроквяний елемент (ферма, балка); 3 – кутик-столик; 4 – ребра жорсткості; 5 – тримач столиків; 6 – пластини-прокладки; 7 – пластини-клини (вони ж центруючі планки); 8 – зварювання

2.6. Посилення залізобетонних балок

Посилення балок роблять для збільшення їхньої несучої здатності за згинальним моментом і поперечною силою залежно від характеру пошкоджень.

При визначенні необхідності та способу посилення балок, крім розрахунку несучої здатності, повинен враховуватися стан анкерування арматури.

Підсилювати балки можна однобічним або двобічним нарощуванням залізобетону (зверху, знизу або з боків) за допомогою трибічних сорочок або замкнутих чотирибічних обойм.

Посилення розтягнутої ненапруженої арматури залізобетонних балок може здійснюватися нарощуванням (без розвантаження та з розвантаженням) посилюваної конструкції за допомогою домкрата або підклинювання.

2.6.1. Посилення залізобетонних балок без розвантаження

При посиленні без розвантаження додаткову арматуру рекомендується попередньо напружувати. Для цього стрижень попередньо приварюють до існуючої арматури одним кінцем, нагрівають пропусканням струму від зварювального трансформатора, а потім приварюють другий кінець. Температура нагрівання не повинна перевищувати 400°C, заміряється термоолівцями або іншим способом, а також за подовженням стрижня.

Приварка додаткової розтягнутої арматури здійснюється за допомогою коротишів з арматури діаметром 10-40 мм і довжиною від 50 до 200 мм. Приваривши (після подовження) додаткову арматуру до кінцевих коротишів, її приварюють до проміжних, розташованих через 200-1000 мм (рис. 86, 87).

У випадку приварювання додаткової арматури без попереднього напруження термічним, електротермічним або іншими способами, конструкція повинна бути попередньо розвантажена або підперта для того, щоб після її завантаження

конструкції посилення включалися в роботу разом з посилюваною балкою.

Залежно від величини та необхідності посилення стиснутої зони балки вибирають тип її посилення (залізобетонною сорочкою (рис. 88), замкнутою або незамкнутою, зі збільшенням перетину в стиснутій зоні або без нього, нарощуванням балки поверху (рис. 89) або понизу та ін.).

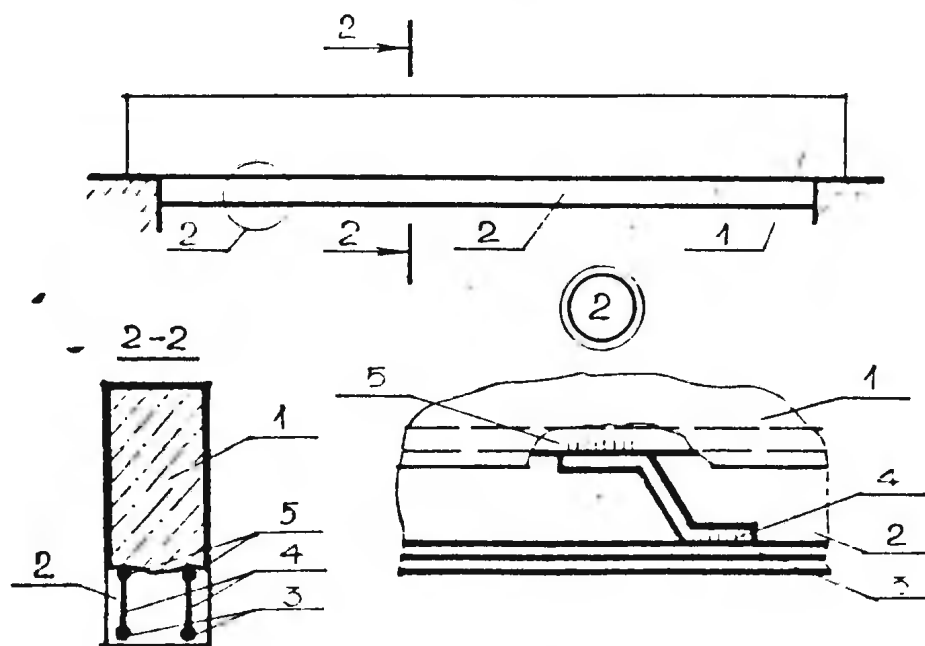


Рис. 86. Нарощування балок знизу при значному збільшенні їхньої несучої здатності: 1 – посилювана балка; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні відгини; 5 – оголена арматура (ділянки із кроком через 1,0 м)

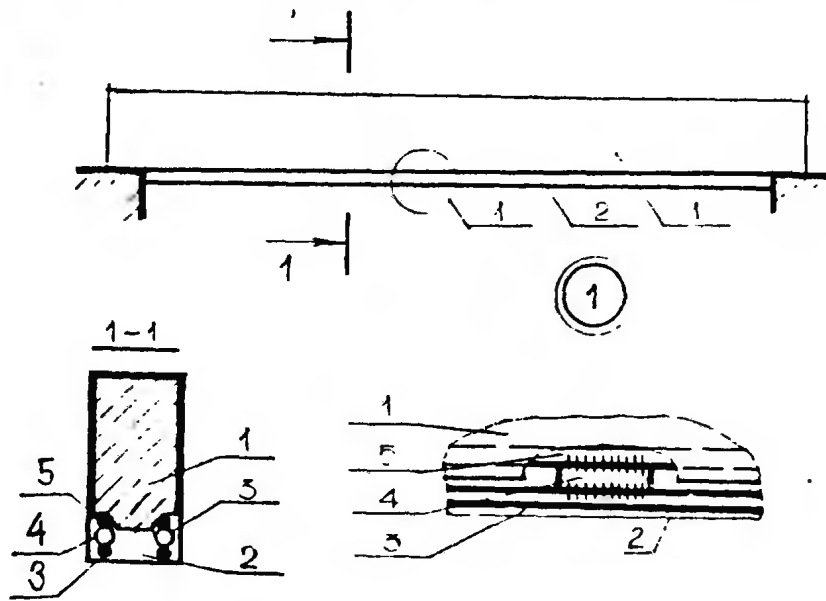


Рис. 87. Нарощування балок знизу при незначному збільшенні їхньої несучої здатності: 1 – посилювана балка; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні коротиші; 5 – оголена арматура (ділянки із кроком через 1,0 м)



Рис. 88. Улаштування залізобетонної обойми:
1 – посилювана балка; 2 – залізобетонна обойма посилення; 3 – арматура посилення; 4 – поверхня зчеплення монолітного бетону з балкою

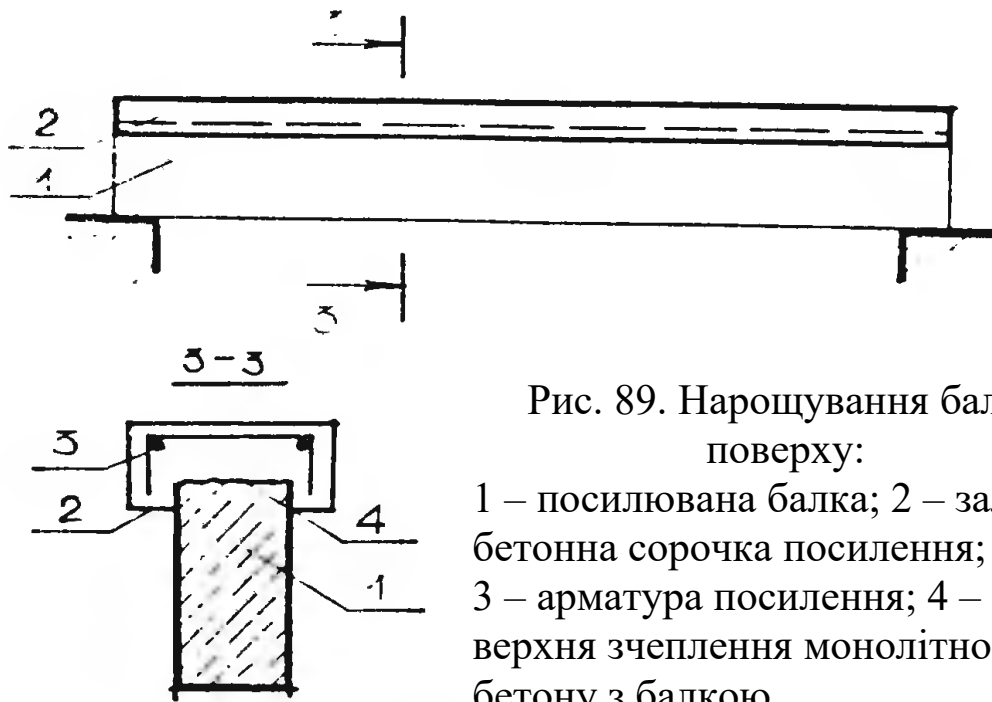


Рис. 89. Нарощування балок
поверху:

1 – посилювана балка; 2 – залізо-
бетонна сорочка посилення;
3 – арматура посилення; 4 – по-
верхня зчеплення монолітного
бетону з балкою

У деяких випадках доцільно застосовувати металоін'єкційні обійми, а також передбачати додаткові заходи щодо захисту. Наприклад, при руйнуванні балки ударним навантаженням доцільно влаштувати додаткові прокладки, які демпфують його, і при цьому обов'язкове омонолічування конструкції посилення з існуючою балкою за допомогою розчину або СПЦВС (рис. 90).

Для одержання такої конструкції застосовується таке рішення:

- створити металеву обійму в розтягнутій зоні балки, що сприйме на себе ударне навантаження, а також збільшить площу армування конструкції та об'єднати шляхом зварювання арматурні стрижні крайнього ряду;

- зробити нагнітання в порожнечу, що утворилася, розчину та омонолітити бетон, арматуру й металеве посилення;

- встановити гумові демпфуючі прокладки для поглинання частини енергії ударного впливу на балку.

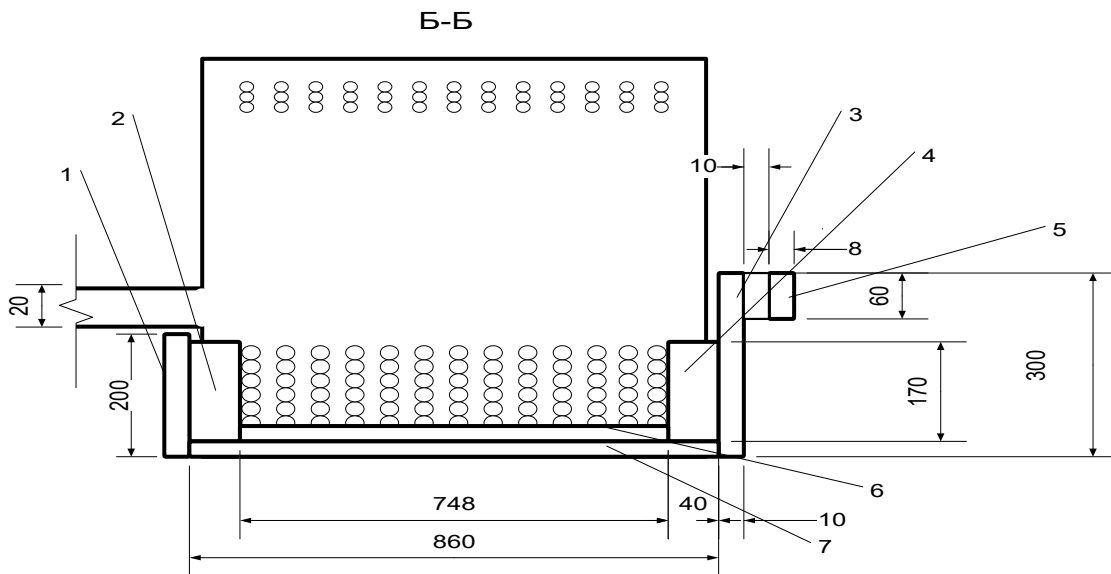


Рис. 90. Приклад підсилення залізобетонної балки за допомогою металоін'єкційної обойми: 1 – пластина 135x20x1; 2 – закладна арматура; 3 – пластина 193x300x1; 4 - закладна арматура; 5 – пластина 550x60x0,8; 6 – пластина – 74x20x1; 7 – пластина 193x86x1

Для виконання такого конструктивного рішення необхідно: очистити арматуру в нижній частині балки в зруйнованих зонах від старого бетону; видалити захисний шару бетону попереду, позаду й знизу балки в місцях встановлення закладних деталей; відновити порвані і деформовані стрижні арматури з'єднанням стрижнів по типу ванного зварювання; установити закладні деталі шляхом приварювання їх до відповідних рядів арматури; установити ін'єктори у вертикальні листи посилення за допомогою зварювання; установити вертикальні листи посилення шляхом послідовного приварювання їх до закладних деталей (зварювання виконується суцільним швом); установити горизонтальні листи посилення шляхом послідовного приварювання їх до закладних деталей і герметичне зварювання горизонтальних і вертикальних листів між собою суцільними швами; установити смугу-тримач для гумових відбійників шляхом приварювання її через закладні деталі до горизонтального листа посилення; закарбувати всі шви

цементними складами; нагнітати ін'єкційний склад до початку виходу його через дренажні отвори; пофарбувати посилення полімерним складом; установити гумові відбійники.

2.6.2. Посилення попередньо напруженої арматури балок

Посилення попередньо напруженої арматури залізобетонних балок рекомендується проводити сталевими попередньо напруженими затяжками або шпренгелями. Натяг затягувань можна створювати механічним, термомеханічним і електротермічним способами. Затяжку варто робити зі сталі класів А-I, А-II, А-III, А-IV, діаметром від 12 до 36 мм (рис. 91, 92).

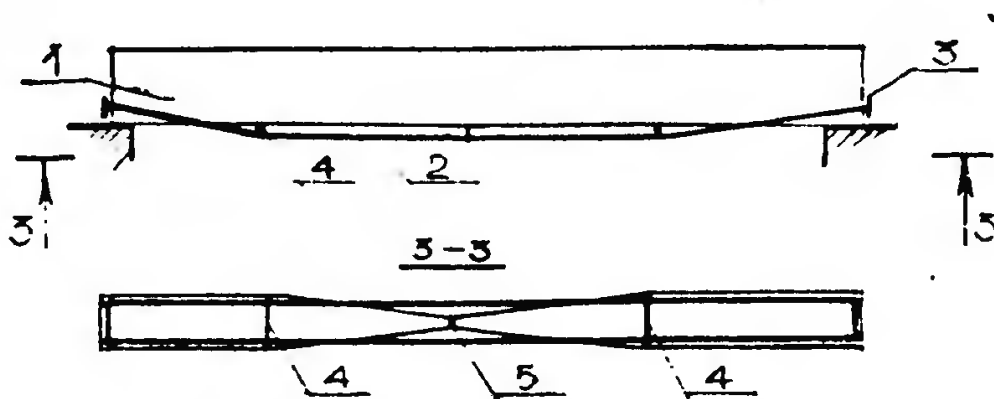
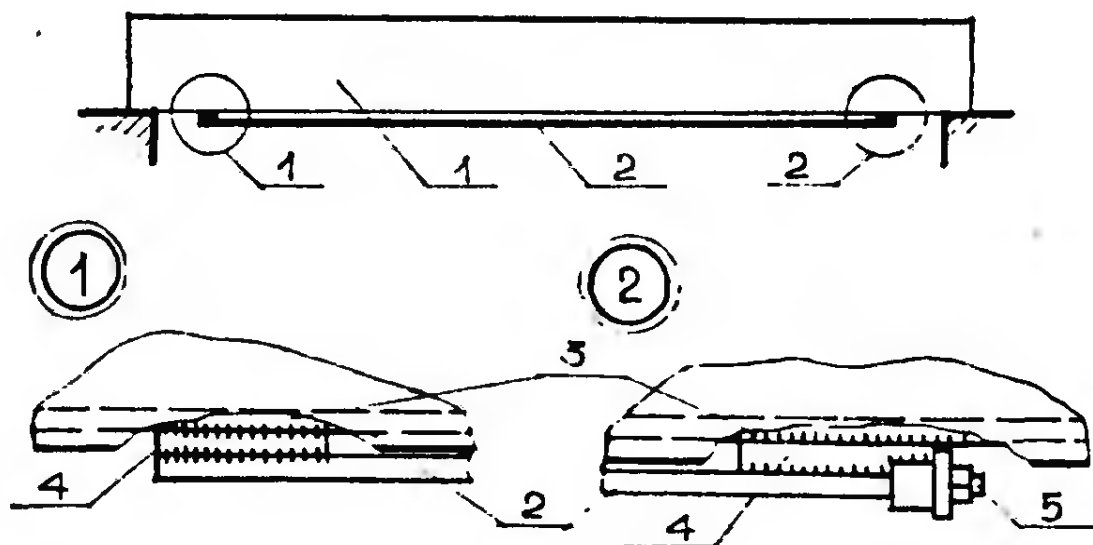


Рис. 91. Встановлення шпренгельних затягувань: 1 – посилювана балка; 2 – попередньо напружений шпренгель із арматурної або прокатної сталі; 3 – опорний пристрій; 4 – розпірки; 5 – натяжний хомут

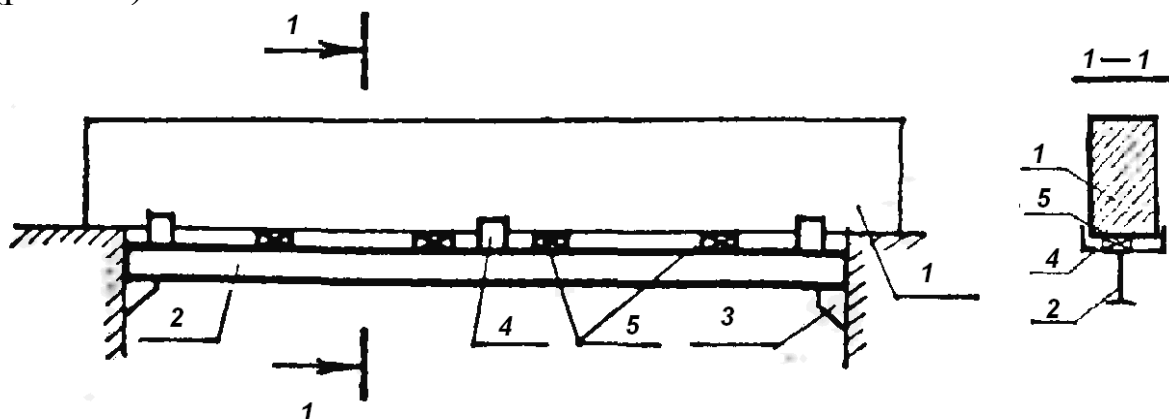


- Рис. 92. Встановлення затягувань із арматурної сталі:
- 1 – посилювана балка; 2 – попередньо напружена затяжка з арматурної сталі; 3 – оголена звичайна арматура балки;
 - 4 – арматурні коротиші; 5 – натяжний пристрій

Виправлення й посилення відколів і руйнувань у стиснутій зоні проводиться після розчищення від пухкого бетону, обрубання відколу до прямокутної форми, виправлення пошкодженої арматури і приварювання до неї через коротиші, якщо буде потреба, нових додаткових стрижнів, перебетонуванням або набетонуванням.

2.6.3. Посилення залізобетонними й металевими підтримуючими конструкціями

Посилення залізобетонними й металевими підтримуючими конструкціями можуть бути виконані за різними схемами: додатковими балками, розташованими під (рис. 93) або поверх балки, що посилюється шпренгелями; кронштейнами, які розвантажують її (рис. 94); двоконсольними балками, що зменшують проліт балок і не створюють у них поздовжніх сил, як це відбувається в шпренгелі, підвісками до вище розташованих конструкцій, додатковими стояками, фермами, балками, рамами (рис. 95) та ін.



- Рис. 93. Підведення додаткової пружної опори:
- 1 – посилювана балка; 2 – металева розвантажувальна балка;
 - 3 – опори металевої балки; 4 – кутики-фіксатори; 5 – прокладки (металеві клини) для включення посилюючої металевої балки в роботу

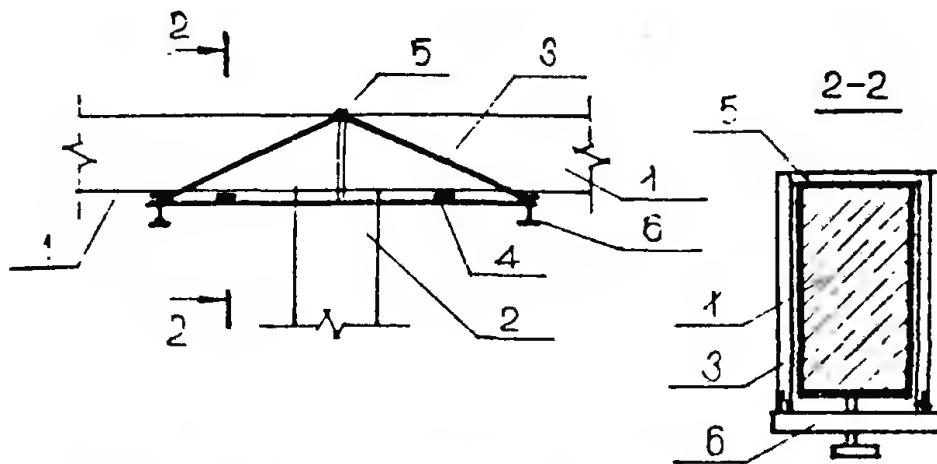


Рис. 94. Підведення розвантажувальних кронштейнів:
 1 – посилювана балка; 2 – колона; 3 – розвантажувальний кронштейн;
 4 – поперечні зв'язки; 5 – опора кронштейна; 6 – упорний пристрій з
 натяжним болтом

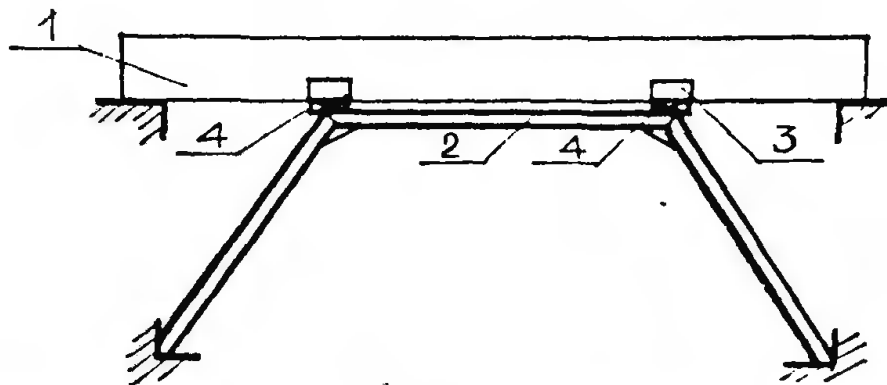


Рис. 95. Підведення порталних розвантажувальних рам:
 1 – посилювана балка; 2 – додаткові опори у вигляді порталної рами;
 3 – опорні елементи зі швелера; 4 – металеві клини для включення
 порталної рами в роботу

При посиленні балок металевим шпренгелем переріз балки перевіряють із урахуванням поздовжньої сили, що діє в балці як у ригелі шпренгельної системи, тобто як позацентрово стиснутої, і залежно від результатів розрахунку приймають рішення щодо посилення стиснутої зони. При цьому залізобетонна балка перевіряється на дію несиметричного навантаження, якщо таке можливе.

Розрахунки звичайно застосованих шпренгелів показують, що шпренгель при спільній роботі з балкою (спільних прогинах) приймає на себе лише від 5 до 20% загального навантаження, причому за умови, що він із самого початку навантаження включений у роботу конструкції (натягнутий). Тому розрахунок шпренгеля проводиться на зусилля, необхідне для створення в

балці розвантажувального моменту, яке компенсує відповідний згинальний момент від зовнішнього навантаження. На це зусилля шпренгель повинен бути попередньо натягнутий і це зусилля повинне становити не більше 75-80 % несучої здатності стрижнів шпренгеля. При підборі перетинів стрижнів шпренгеля їхній опір приймається з коефіцієнтом умов роботи $m = 0,8$, це означає, що попереднє напруження в гілках шпренгеля повинна становити 75-80% розрахункового опору матеріалу відповідних елементів. Приклад посилення ригеля шпренгельним затягуванням показаний на рис. 96.

При необхідності заміни частини попередньо-напруженої арматури балки добрі результати показує посилення арматурою $V_p - II$ по типу горизонтального шпренгеля (дод.7).

При *посиленні опорних ділянок балки* варто застосовувати замкнуті чотирибічні обойми. Застосування на опорах трибічних сорочок може бути допущено тільки у випадку посилення її по всій довжині балки. Посилення опорних ділянок сталевими конструкціями рекомендується робити за допомогою зовнішніх хомутів (рис. 97), допускається застосування також інших схем, зокрема шпренгелів або двоконсольних сталевих балок. При цьому варто забезпечити надійну спільну роботу посилюваного елемента й металевих конструкцій посилення, що досягається попереднім напруженням хомутів, що мають гвинтову нарізку, а також попарним стягуванням спеціальними болтами суміжних поперечних стрижнів.

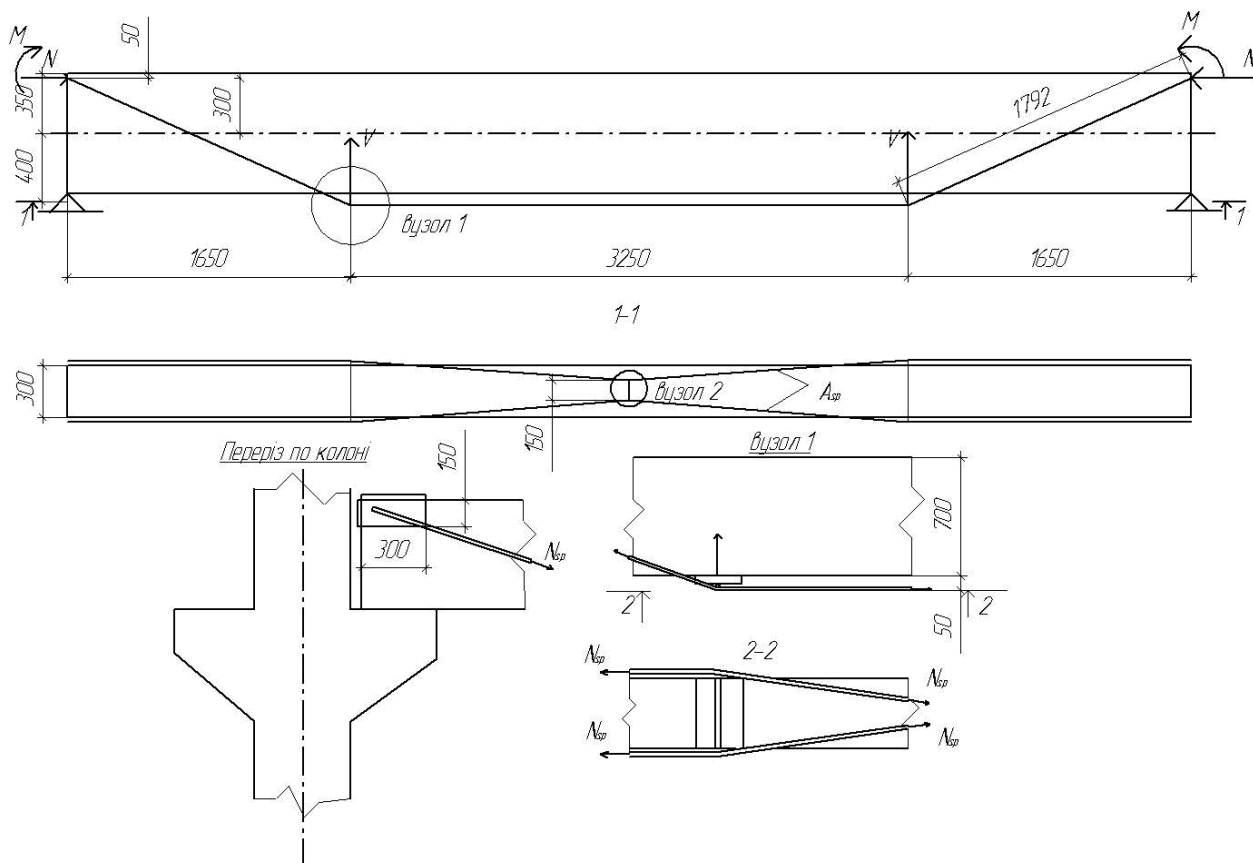


Рис. 96. Приклад посилення ригеля шпренгельним затягуванням

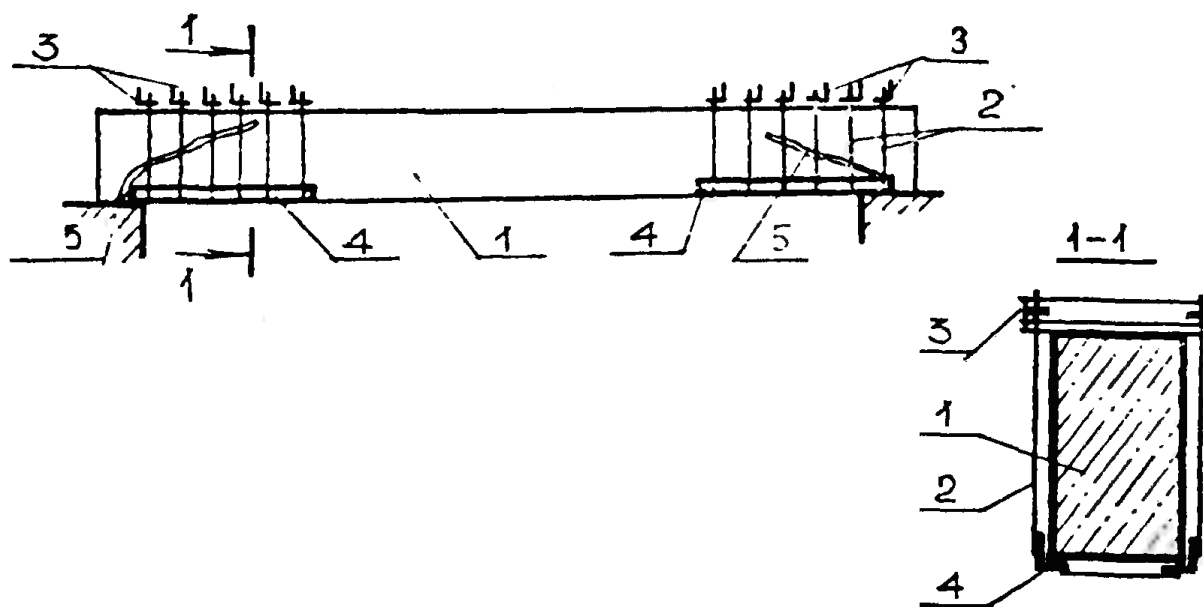


Рис. 97. Встановлення поперечних хомутів:
 1 – посилювана балка; 2 – хомути з гайками; 3 – поперечні кутики; 4 – поздовжні кутики; 5 – похилі тріщини

Допускається приварка додаткової арматури зі сталі класу А-I, А-II і А-III до існуючої арматури тієї ж сталі. При арматурі з високовуглецевої сталі класу А-IV, Ат-IV і вище, а також з високоміцного дроту та дротових канатів зварювання не допускається. Конструкції з арматурою з таких сталей підсилюються зовнішніми металевими або залізобетонними підтримуючими системами.

Допускається встановлення арматурних стрижнів на клеї (рис. 98).

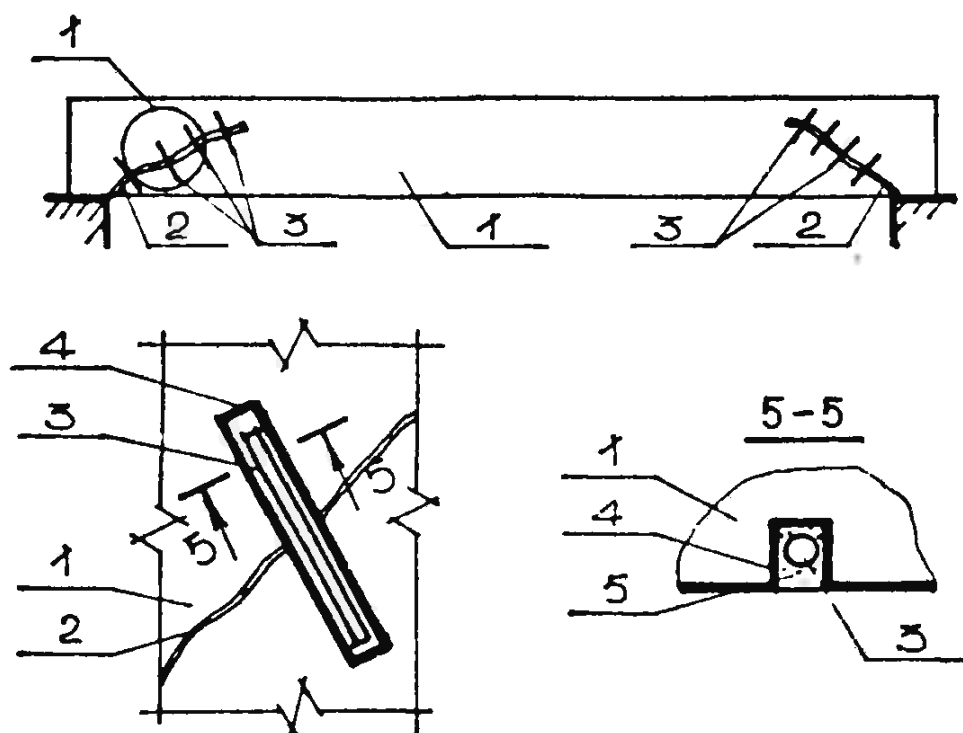


Рис. 98. Встановлення арматурних стрижнів на клеї:
 1 – посилювана балка; 2 – тріщини в балці; 3 – арматурні стрижні; 4 – пази в бетоні, прорізані фрезою; 5 – захисно-конструкційний полімер-розчин

Усі посилення металевими системами, а також зовнішніми хомутами на опорних ділянках повинні бути включені в спільну роботу з посилюваною балкою, тобто попередньо напружені шляхом натягу домкратами, попереднім навантаженням, підкарбуванням, підклинюванням, натяжними болтами або іншими пристосуваннями.

Рекомендується перевіряти зусилля попереднього напруження конструкцій посилення по прогинах або інших деформаціях елементів цих конструкцій або посиленних елементів.

Зазори між металевими упорними елементами посилень і бетоном посилюваної конструкції повинні підкарбовуватися твердим цементним розчином.

До недоліків способу посилення металевими системами варто віднести їхню недостатню вогнетривкість і нестійкість до впливу агресивних середовищ, що вимагає в необхідних випадках їхнього відповідного захисту.

Розрахунок посилень балок і їхніх кріплень проводиться за нормативними зусиллями з коефіцієнтом 1,5-2,5 для балок і 2-5 – для їхніх кріплень. Послідовність розрахунку відображена в [10, 23].

2.7. Посилення стінових панелей

Вибір проектного рішення відновлення стінових панелей рекомендується робити за табл. 4.

При пошкодженні закладних деталей варто передбачати їхню заміну новими із приварюванням до непошкодженої арматури і подальшим бетонуванням ділянки панелі. Площа анкеруючих стрижнів або пластин повинна бути збільшена на 20-30 % у порівнянні із замінними.

Таблиця 4

<i>Ступінь пошкодження</i>	<i>Характеристика пошкодження</i>	<i>Заходи щодо відновлення</i>
1	2	3
Слабкий	Пошкодження, які не знижують несучої здатності й експлуатаційних властивостей конструкції: невеликі відколи бетону, тріщини шириною 0,5 мм без пошкоджень арматури	Ремонт із затиранням й штукатуренням відколів цементним розчином

Продовження табл. 4

1	2	3
Середній	Пошкодження, що знижує несучу здатність та експлуатаційні властивості конструкції: розкриття швів між панелями шириною до 1 см; відколи, що досягли 50 % перетину; тріщини шириною 1 мм без розривів арматури; прогини панелі до 1/50 прольоту; відсутність небезпеки обвалення панелі	Ремонт із частковим розбиранням бетону, виправленням пошкодженої арматури, перебетонуванням сколених місць, ін'єктуванням тріщин і швів між панелями, відновлення шару утеплювача
Сильний	Пошкодження, що значно знижують несучу здатність і експлуатаційні властивості конструкції: розкриття швів між панелями шириною більше 1 см; руйнування бетону на 50 % перетину; розрив до 50 % робочої арматури; порушення зчеплення в зонах анкерування арматури; прогини понад 1/50 прольоту з розкриттям тріщин більше 1 мм; відрив закладної деталі або зварного шва кріплення панелі до колони	Відновлення панелі зі зняттям її зі стіни; влаштування залізобетонної сорочки; ремонт кріпильних виробів, посилення арматури з перебетонуванням зруйнованих ділянок панелі, відновлення шару утеплювача
Повний	Пошкодження, що свідчить про критичний стан конструкції: руйнування понад 50 % перетину бетону; розрив понад 50 % арматури; руйнування	Відновлення недоцільне. Заміна зруйнованої панелі новою

	кріпильних закладних деталей; наявність небезпеки обвалення	
--	---	--

Відновлення перемичної панелі, у якій пошкоджена робоча арматура, варто виконувати підведенням під панель по обидва боки сталевих кутиків з подальшим штукатуренням.

Відновлення утеплювача проводять наклепкою твердих плит з пінополіуретану, пінополістиролу або мінеральної вати.

Відновлення дефектних панелей можна проводити при допомозі залізобетонних стінок із двох боків (рис. 99) або з одного боку (рис. 100). Для посилення із двох боків у стінках просвердлюють отвори діаметром 9 мм, через які пропускаються анкери (зв'язки) з арматури діаметром 8 мм. Анкери встановлюють із кроком 1 м у шаховому порядку. На анкери навішують сітку з арматури діаметром 6 мм і кроком 200*200 мм із подальшим бетонуванням дрібнозернистим бетоном В15 - В25. Товщина стінок повинна бути не менш 50 мм. При влаштуванні монолітної залізобетонної стінки з одного боку необхідно передбачити опирання на фундамент. Товщина стінки повинна бути не менше 100 мм.

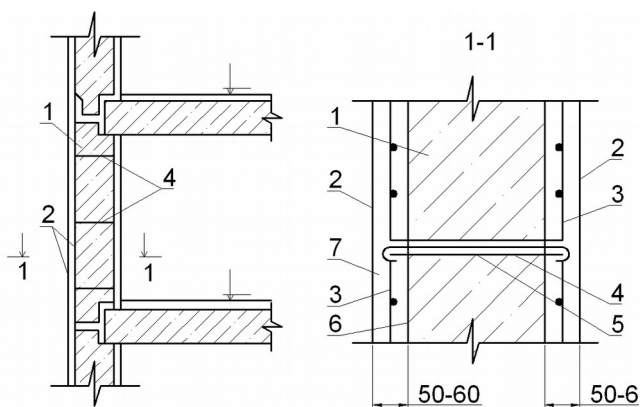


Рис. 99. Улаштування монолітних залізобетонних стінок із двох боків:
1 – посилювана панель; 2 – монолітна залізобетонна стінка; 3 – арматурна сітка; 4 – зв'язки з арматури, встановлені в просвердлені отвори; 5 – отвори; 6 – поверхня панелі, підготовлена

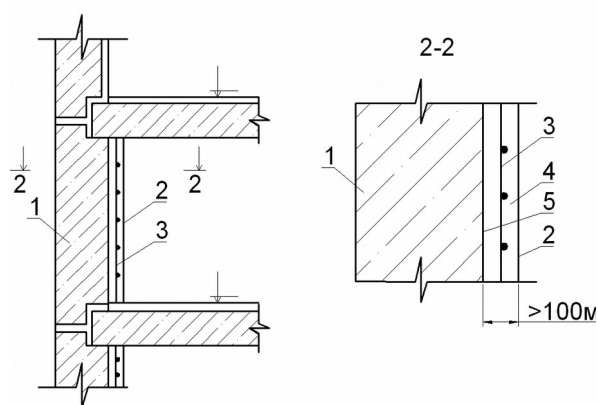


Рис. 100. Улаштування монолітної залізобетонної стінки із внутрішнього боку:
1 – посилювана панель; 2 – монолітна залізобетонна стінка; 3 – арматурна сітка діаметром 6 мм із кроком 200*200 мм; 4 – бетон класу В15 – В25; 5 – поверхня панелі, підго-

до бетонування; 7 – дрібно-зернистий бетон класу В15 – В25

Монолітні залізобетонні стінки можна замінити влаштуванням залізобетонного нарощування (рис. 101). Відмінність полягає в об'єднанні нової конструкції зі старою через анкерні зв'язки. Також хороші результати демонструє металева обойма в бетоні (рис. 102). При такому способі посилення металеві швелери кріпляться до існуючої панелі через наскрізні стяжні болти з подальшим бетонуванням по сітці.

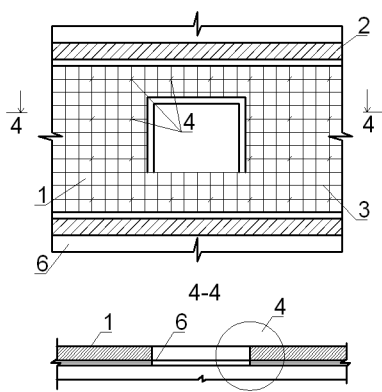


Рис. 101. Улаштування залізобетонного нарощування:
1 – посилювана панель; 2 – міжповерхові перекриття; 3 – арматурна сітка; 4 – анкерні зв'язки з арматури, встановлені через 750 мм на цементно-полімерному або полімерному розчині;
5 – свердловини, висвердлені в стіні; 6 – бетон нарощування;
7 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

У випадку розшарування панелей відновлення її цілісності можна домогтися шляхом встановлення стяжних болтів на ділянках розшарування (рис. 103). Болти встановлюються в зоні розшарування із кроком 300-500 мм через попередньо просвердлені отвори. Ніші в панелі для встановлення шайб зашпаровують легким бетоном.

товлена до бетонування

стінки можна замінити влаштуванням залізобетонного нарощування (рис. 101). Відмінність полягає в об'єднанні нової конструкції зі старою через анкерні зв'язки. Також хороші результати демонструє металева обойма в бетоні (рис. 102). При такому способі посилення металеві швелери кріпляться до існуючої панелі через наскрізні стяжні болти з подальшим бетонуванням по сітці.

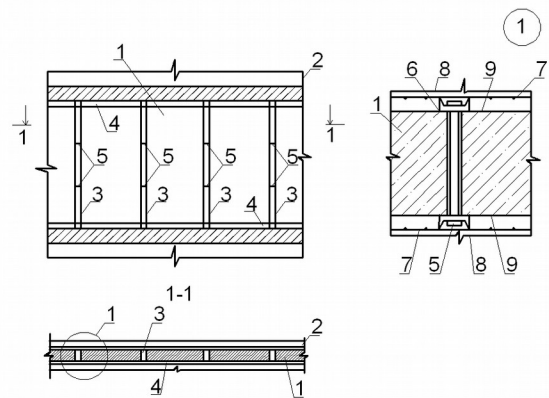


Рис. 102. Улаштування бетонованої металевої обойми:
1 – посилювана панель;
2 – міжповерхові перекриття;
3 – стояки зі швелерів;
4 – опори стояків з кутиків;
5 – сполучні болти; 6 – отвори, просвердлені в бетоні для встановлення болтів;
7 – арматурна сітка; 8 – бетон обойми; 9 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

При локальних наскрізних тріщинах у панелі її можна підсилити встановленням накладок з арматури (рис. 104). Для цього фрезою акуратно (без пошкодження арматури) виконують пази в захисному шарі бетону й просвердлюють отвори по краях цих пазів, у які встановлюють П-подібні накладки. Пази й отвори, а також самі тріщини зашпаровуються цементно-піщаним або полімерним розчином.

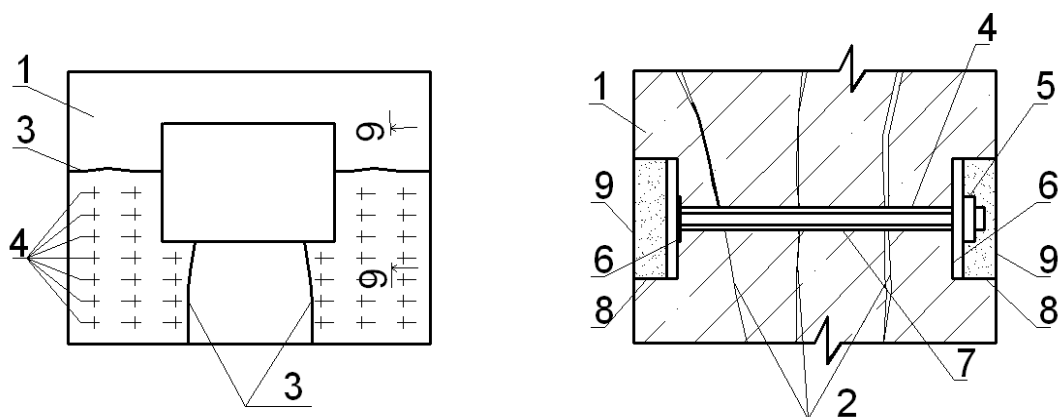


Рис. 103. Встановлення стяжних болтів на ділянках розшарування панелі: 1 – посилювана панель; 2 – тріщини й розшарування в панелі; 3 – границя розшарування; 4 – стяжні болти; 5 – гайки; 6 – шайби 100*100*8; 7 – отвори в панелі для встановлення стяжних болтів; 8 – ніші в панелі для встановлення шайб; 9 – легкий бетон або поризований розчин товщиною 20 мм

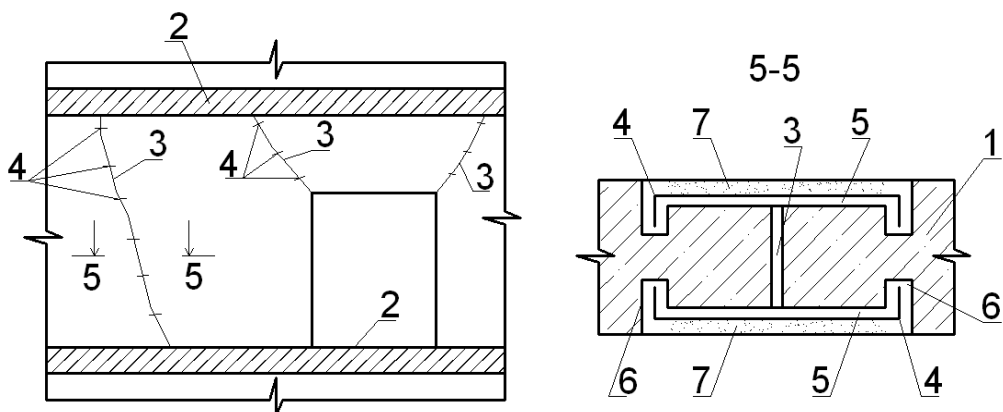


Рис. 104. Встановлення накладок з арматури: 1 – посилювана панель; 2 – міжповерхові перекриття; 3 – наскрізні тріщини в стіні шириною до 10 мм; 4 – П-подібні накладки з арматурної сталі; 5 – пази в захисному шарі бетону; 6 – отвори по кінцях пазів, виконані свердлом; 7 – пази й отвори,

заповнені цементно-піщаним або полімерним розчином після встановлення накладок

П-подібні накладки можна замінити на звичайні арматурні стрижні діаметром 3-5 мм, що вклеєні на полімерному розчині в пази поперек тріщини (рис. 105).

Хороший ефект може дати посилення локальних тріщин склотканиною (рис. 106). При проведенні робіт з посилення поверхня панелі добре очищається й вирівнюється. На підготовлену поверхню наноситься полімерний розчин з хорошими адгезійними й конструктивними характеристиками, після чого на нього наклеюється склотканина в 2-3 шари.

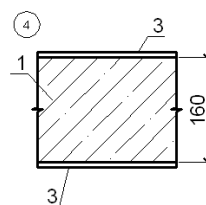
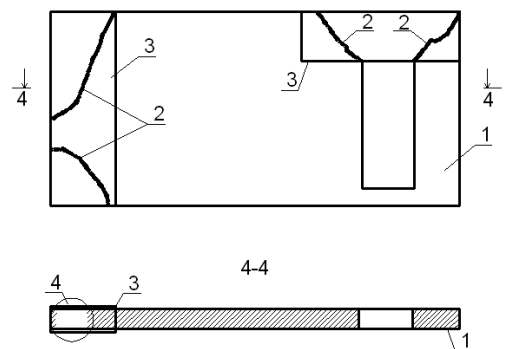
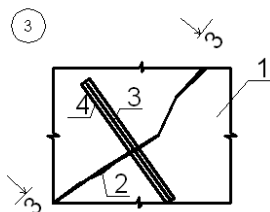
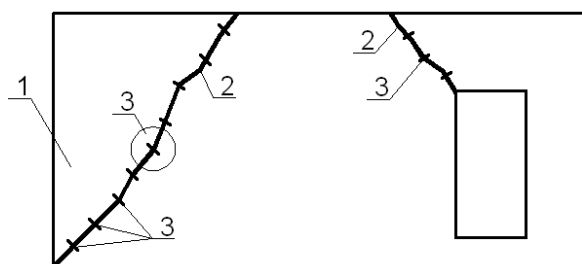


Рис. 105. Улаштування вклеєних накладок з арматури:

- 1 – посилювана бетонна панель;
- 2 – тріщини в панелі; 3 – арматурні стрижні; 4 – паз у панелі;
- 5 – захисно-конструкційний полімер-розчин

Рис. 106. Приклеювання склотканини:

- 1 – посилювана бетонна панель; 2 – тріщини в панелі;
- 3 – склотканина, у кілька шарів

Окремі тріщини також можна підсилювати металевими накладками як уздовж тріщини (рис. 107), так і поперек (рис. 108). При посиленні уздовж тріщини дві металеві смуги з'єднуються через попередньо просвердлені отвори в панелі діаметром 14 мм за допомогою болтів М12. При посиленні

поперек тріщин краще використовувати металеві кутики з отворами. Кутики встановлюються також із двох боків панелі й стягуються болтами М12 між собою. Після посилення влаштовується додаткова обробка у вигляді штукатурки, обшивання й т.ін.

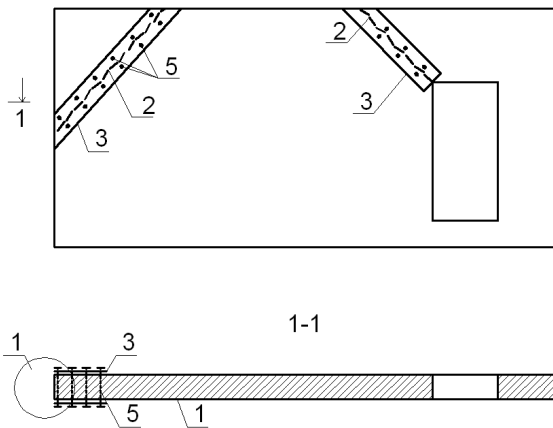


Рис. 107. Улаштування накладок з металевих смуг:
1 – посилювана бетонна панель; 2 – тріщини в панелі;
3 – накладки з металевих смуг;
4 – отвори в плиті; 5 – болти

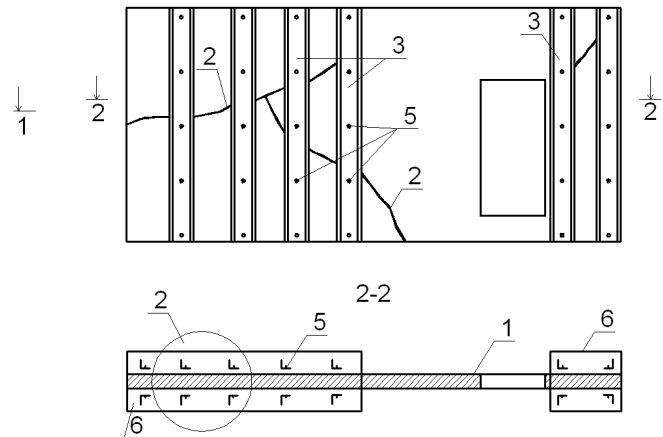


Рис. 108. Улаштування накладок з металевих кутиків:
1 – посилювана бетонна панель;
2 – тріщини в панелі; 3 – металеві кутики з отворами; 4 – отвори;
5 – болти; 6 – додаткова обробка

При посиленні приклеюванням замість склотканини можна використовувати смуги з металу товщиною 1-2 мм (рис. 109). При цьому додатково застосовуються анкери діаметром 10 мм і довжиною 80 мм, які встановлюють із кроком 1 м на полімеррозчин.

При можливості проведення робіт з посилення тільки з одного боку від панелі доцільно проводити бетонування (рис. 110). Для цього поверхню панелі ретельно очищають, виконують насічку, наносять адгезійний шар і навішують за допомогою анкерів сітку. Анкери ставлять із кроком 1 м. На підготовлену панель наносять новий шар бетону товщиною 50-80 мм із бетону класу В30.

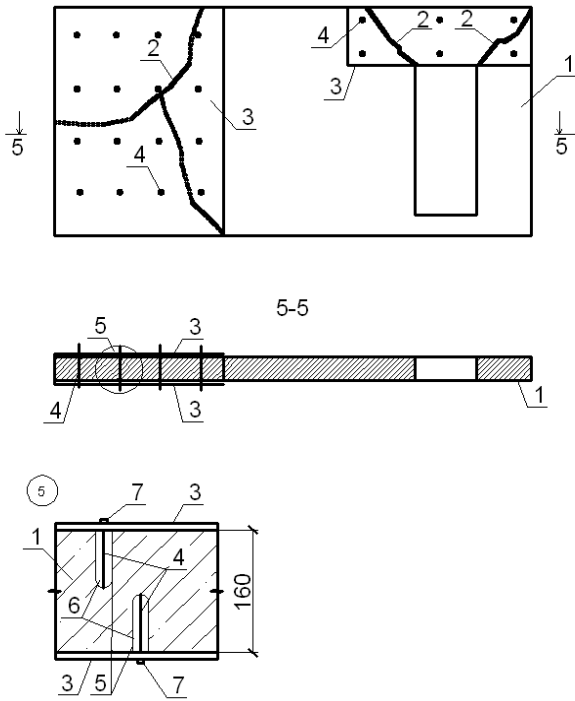


Рис. 109. Приклеювання металевих смуг:
 1 – посилювана бетонна панель;
 2 – тріщини в панелі; 3 – лист металу товщиною 1-2 мм;
 4 – анкери; 5 – гнізда, висвердлені в бетоні; 6 – полімер-розчин; 7 – зварювання

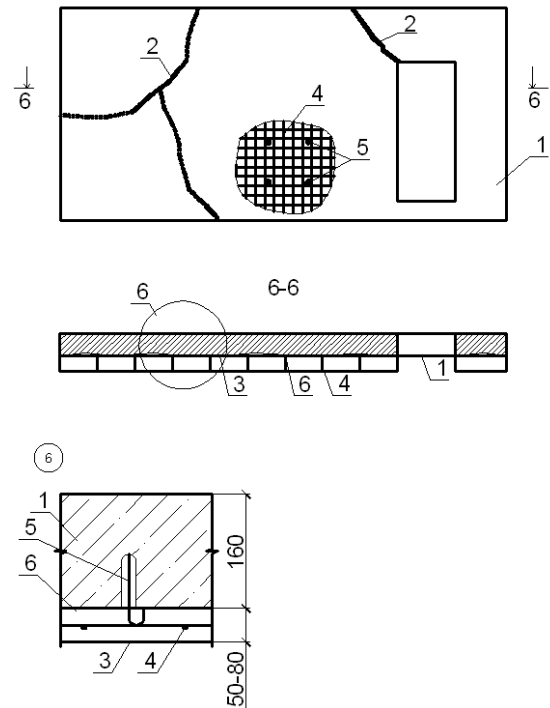


Рис. 110. Бетонування панелі:
 1 – посилювана бетонна панель; 2 – тріщини в панелі; 3 – шар нового бетону; 4 – арматурна сітка; 5 – анкерні зв'язки із кроком 1 м; 6 – підготовлена поверхня панелі

2.7.1. Посилення вузлів кріплення зовнішніх стін великопанельних будинків

При порушенні вузла кріплення плит перекриття з несучими стінами посилення роблять за допомогою тяжа, що пропускають або між плитами перекриття, або поверх плит (рис. 111). Для цього в місці виходу тяжа на стінову панель просвердлюють отвір і влаштовують нішу зі зворотного боку панелі розміром 150*150*100 мм для кріплення тяжа. Пропустивши тяж через отвори стін із двох боків проводять натяг. Після посилення отвори закривають утеплювачем і штукатурять. Тяж усередині приміщення також закривають цементно-піщаним розчином.

При необхідності посилення безпосередньо вузла опирання роблять улаштування додаткових столиків з кутиків (рис. 112). Для цього пробивають отвори в стіні й з'єднують за допомогою стяжних болтів додаткову опору з кутика зі стіною панеллю. Усі тріщини й отвори закарбовуються цементно-піщаним розчином.

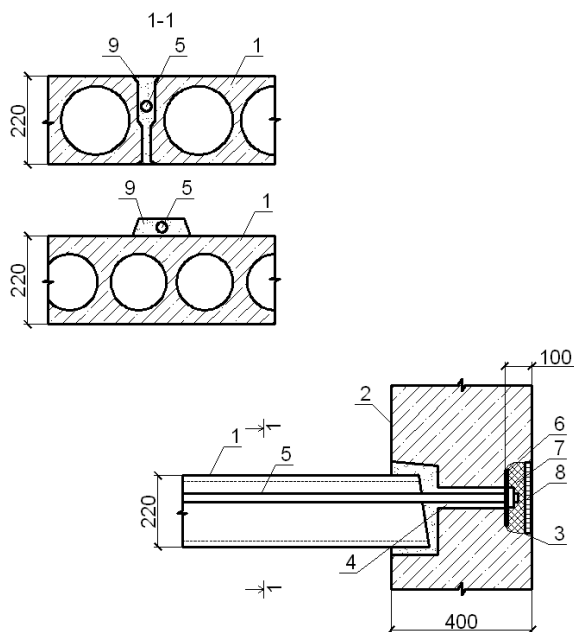


Рис. 111. Посилення вузлів сполучення зовнішніх несучих стінових панелей із плитами перекриттів:
1 – багатопустотні плити перекриття; 2 – зовнішня несуча стінова панель; 3 – ніша в стіні; 4 – отвір у стіні для тяжа; 5 – тяж з арматурної сталі; 6 – шайба; 7 – утеплювач; 8 – штукатурка; 9 – цементно-піщаний розчин

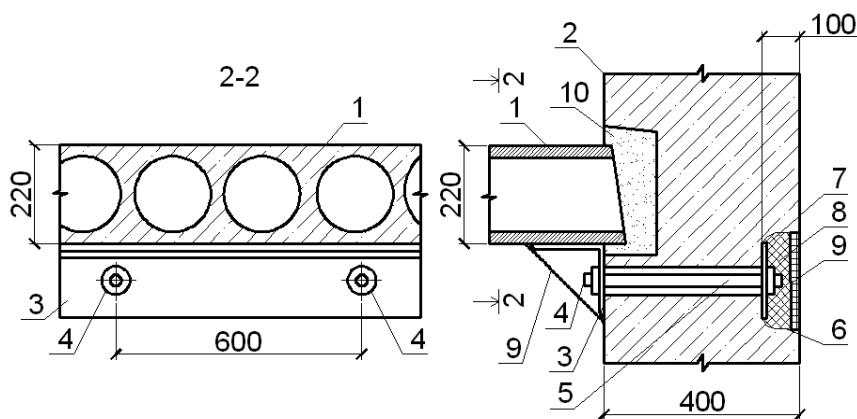


Рис. 112. Посилення вузлів опирання плит перекриттів на зовнішні несучі стіни:

1 – багатопустотні плити перекриття; 2 – зовнішня несуча стінова панель; 3 – додаткова опора з кутика; 4 – стяжні болти; 5 – отвір у стіні для болтів; 6 – ніша в стіні; 7 – шайба; 8 – утеплювач; 9 – штукатурка; 10 – цементно-піщаний розчин

2.7.2. Посилення залізобетонних сходових маршів і площадок

Посилення роблять, як правило, за допомогою залізобетонного нарощування, як у стиснутій зоні, так і в розтягнутій або підведенням під конструкції розвантажувальних балок і столиків. Улаштування залізобетонного нарощування в стиснутій зоні (рис. 113) проводять при руйнуванні верхньої поверхні конструкції й при хорошому стані розтягнутої зони. Для цього поверхня сходових маршів і площадок очищається від слабого бетону, до неї пристрілюється арматурна сітка й проводиться бетонування. При наявності дефектів у розтягнутій зоні конструкцій посилення роблять улаштуванням залізобетонного нарощування в розтягнутій зоні (рис. 114). Захисний шар з нижнього боку конструкцій очищається до арматури із кроком 1 м. До очищеної арматури приварюються арматурні відгини, на які приварюється нова арматура посилення. Після встановлення арматури установлюється опалубка й проводиться бетонування.

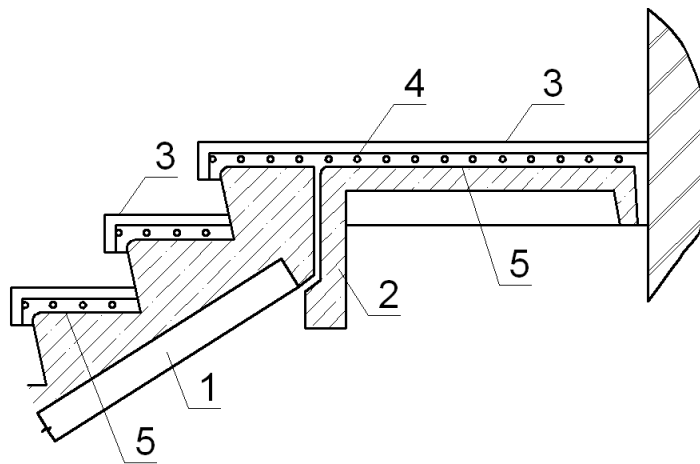


Рис. 113. Улаштування залізобетонного нарощування в стиснутій зоні:

- 1 – сходовий марш; 2 – сходовая площадка; 3 – залізобетонне нарощування площадки й східці маршу; 4 – арматурна сітка; 5 – поверхня маршу й площадки, підготовлена до бетонування

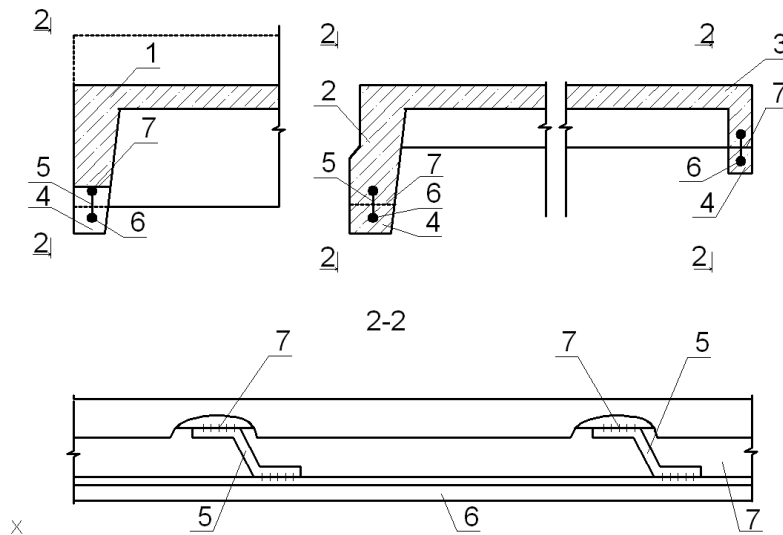


Рис. 114. Улаштування залізобетонного нарощування в розтягнутій зоні:

- 1 – поздовжні ребра сходового маршу; 2 – лобове ребро сходової площадки; 3 – пристінне ребро сходової площадки; 4 – залізобетонне нарощування; 5 – арматурні відгини, приварені до оголеної арматури; 6 - арматура посилення; 7 – арматура посилюваних конструкцій

У розтягнутій зоні сходових площадок замість залізобетонного нарощування можна застосовувати посилення підведенням розвантажувальних балок під лобове ребро сходової площадки (рис. 115). При цьому в стіні влаштовуються ніші, у які замонолічується опорна пластина із привареною розвантажувальною балкою. При проведенні робіт сходові площадки розвантажуються. Зручно, коли розвантажувальна балка складається із двотавра й привареного до неї швелера, що охоплює лобове ребро сходової площадки. Порожнеча між швелером і ребром площадки заповнюється розчином.

При необхідності посилення площадок у середині перерізу найбільш ефективно посилення підведенням металевих розвантажувальних балок під площадки (рис. 116). Для цього у стінах улаштовують ніші, у які замонолічують опорні пластини із привареними кутиками. До кутиків приварюють розвантажувальні балки. У просвіт між балками й площадкою вставляють металеві пластини-клини для включення балок у роботу, і зазор заповнюють розчином.

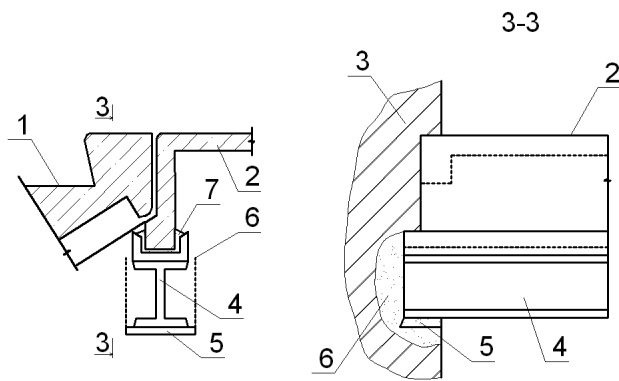


Рис. 115. Підведення розвантажувальних балок під лобове ребро сходової площадки:
 1 – сходовий марш; 2 – сходовоа площадка; 3 – стіна; 4 – складена розвантажувальна балка; 5 – опорна пластина; 6 – ніша в стіні; 7 – подушка із цементно-піщаного розчину

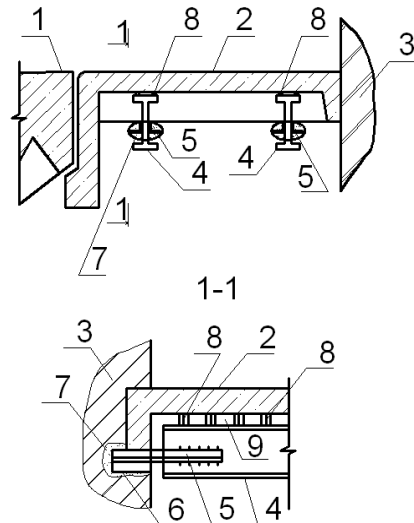


Рис. 116. Підведення металевих розвантажувальних балок під площадку:
 1 – сходовий марш; 2 – сходовоа площадка; 3 – стіна; 4 – розвантажувальні балки; 5 – опорні кутики; 6 – опорні пластини; 7 – ніші в стінах; 8 – металеві пластини-клини; 9 – шви, заповнені розчином

Для збільшення площі опирання сходової площадки на стіни застосовують улаштування опорних столиків під лобовим ребром сходової площадки (рис. 117) або під пристінним ребром сходової площадки (рис. 118). Опорний столик зі швелера або з кутика встановлюється на наскрізних анкерних болтах або на анкерах, занурених у стіну на клейці. Для включення посилення в роботу виконують підclinювання металевими пластинами-клинами й заповнюють шов розчином.

2.7.3. Посилення балконних плит і козирків

Посилення роблять шляхом підведення різних розвантажувальних елементів, встановленням підвісок і підкосів, укладанням армованого шару бетону. Розвантажувальні елементи виконують у вигляді консолей із прокатного металу, іноді разом з розвантажувальними балками. При підведенні консолей із прокатного металу (рис. 119) у стіні виконують ніші, у які встановлюють через опорний куттик консоль із двотавра або швелера. Ніша після встановлення консолі закарбовується розчином. При значних пошкодженнях балконної плити додатково до консолей вводять розвантажувальні балки із двотавра або швелера, які приварюються до консолей (рис. 120).

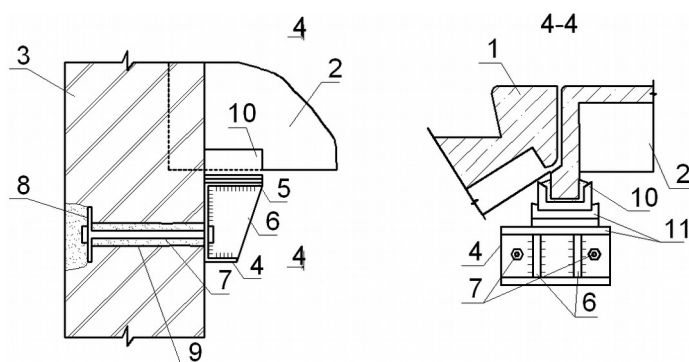


Рис. 117. Встановлення опорних столиків під лобовим ребром сходової площадки:

1 – сходовий марш; 2 – сходові площадка; 3 – стіна; 4 – опорний столик зі швелера; 5 – пластина опорного столика; 6 – ребра жорсткості; 7 – анкерний болт; 8 – пластина-шайба; 9 – отвір у стіні; 10 – опорна підкладка зі швелера; 11 – металеві пластини-клини для включення столика в роботу

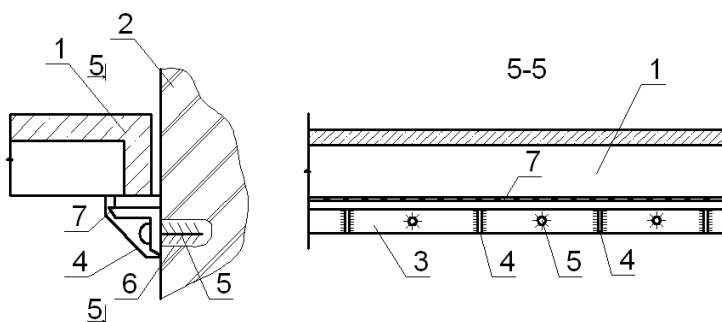


Рис. 118. Встановлення опорного столика під пристінним ребром сходової площадки:

1 – пристінне ребро сходової площадки; 2 – стіна; 3 – опорний столик з кутика з отворами; 4 – ребра жорсткості; 5 – анкери; 6 – отвори в стіні; 7 – підклинювання й заповнення розчином

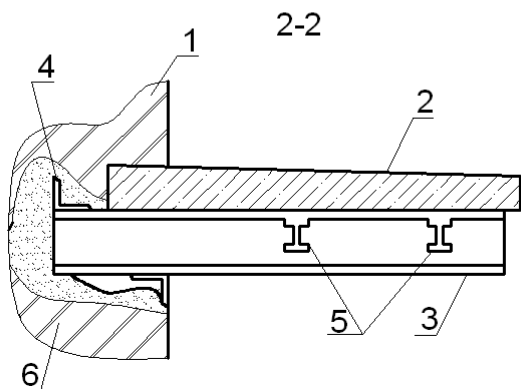
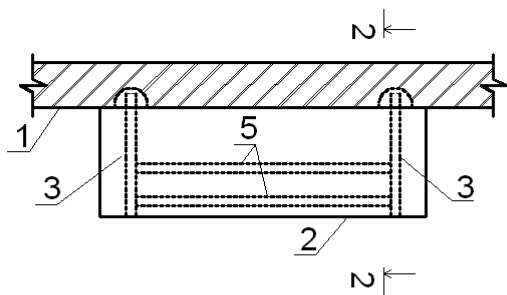
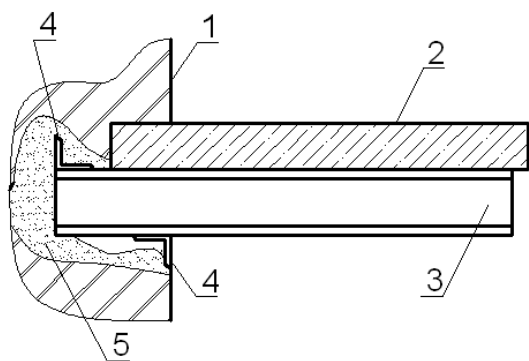
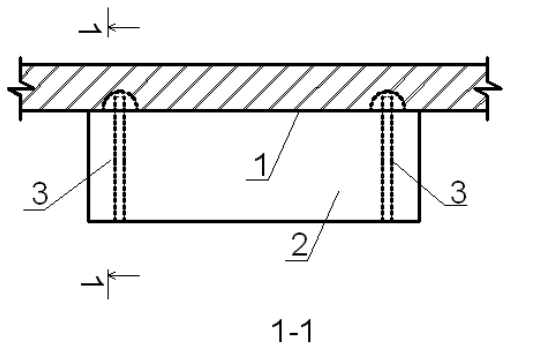


Рис. 119. Підведення консолей із прокатного металу:

1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – консоль із прокатного металу; 4 – опорний куттик-підкладка; 5 – ніша в стіні

Рис. 120. Підведення консолей і розвантажувальних балок із прокатного металу:

1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – консоль із прокатного металу; 4 – опорний куттик-підкладка; 5 – розвантажувальні балки із прокатного металу; 6 – ніша в стіні

Встановлення підвісок (рис. 121) виконується в нижче наведеній послідовності. Встановлюють обрамлення з кутика по периметру балконної плити. Встановлюють анкери на розчині в попередньо просвердлені отвори. З'єднують анкер і обрамлення тяжами з арматури. Для включення посилення в роботу встановлюють стяжну муфту. За аналогією з підведенням консолей (рис. 119) роблять посилення підведенням підкосів (рис. 122). Відмінність полягає в більш мілкому заглибленні консолі в стіну та встановленням саме підкоса із двотавра або швелера.

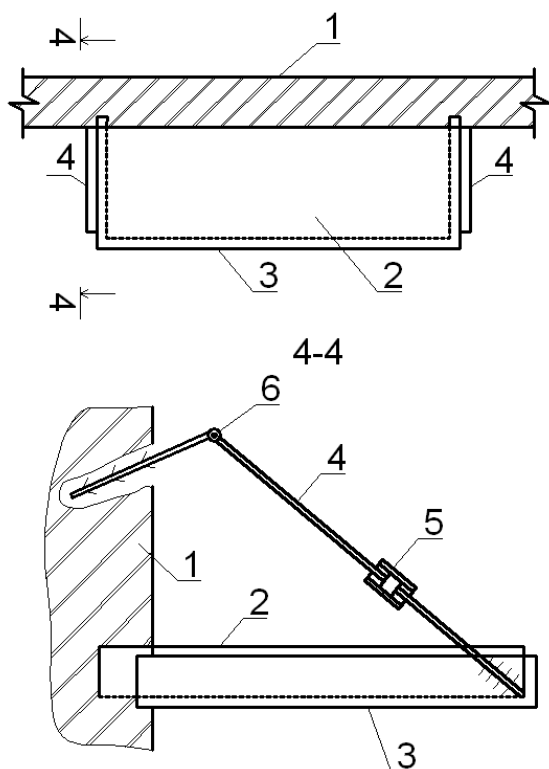


Рис. 121. Встановлення підвісок:
 1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – обрамлення з кутика із закладенням у стіну; 4 – підвіски з арматурної сталі; 5 – стяжна муфта; 6 – анкер з кільцем на кінці

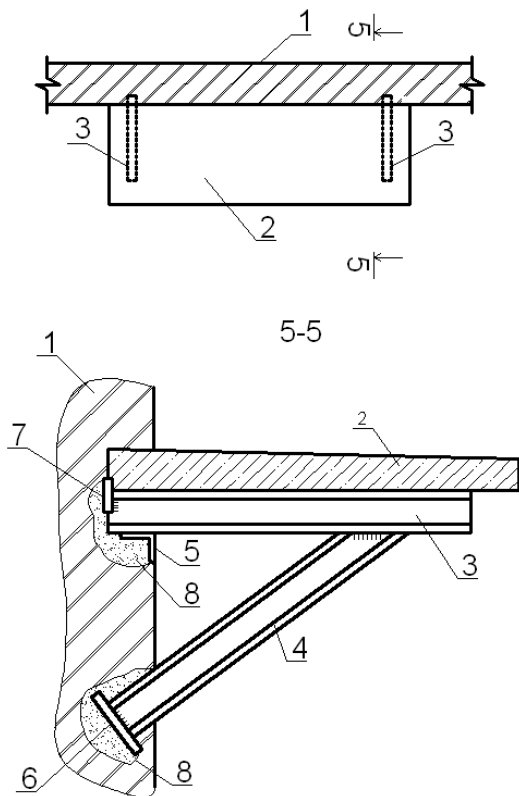


Рис. 122. Встановлення підкосів із прокатного металу: 1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – консоль із прокатного металу; 4 – підкіс консолі із прокатного металу; 5 – опорний кутик; 6 – опорна пластина; 7 – анкерна пластина; 8 – ніша в стіні

Якщо буде потреба посилення зони опирання встановлюють металеві столики зі швелера з додатковою пластиною (рис. 123). Столики кріпляться до стіни за допомогою наскрізних анкерних болтів. Для включення в роботу між плитою й опорним столиком встановлюють металеві пластини-клини.

При незначних пошкодженнях поверхні застосовується посилення армованим бетоном (рис. 124). Для забезпечення зчеплення старого й нового бетону поверхня конструкції очищається від зруйнованого бетону, виконується насічка, влаштовується ніша в стіні. На поверхні встановлюється арматурна сітка із закладенням у нішу й бетонується. Всі роботи проводяться при встановлених тимчасових розвантажувальних опорах.

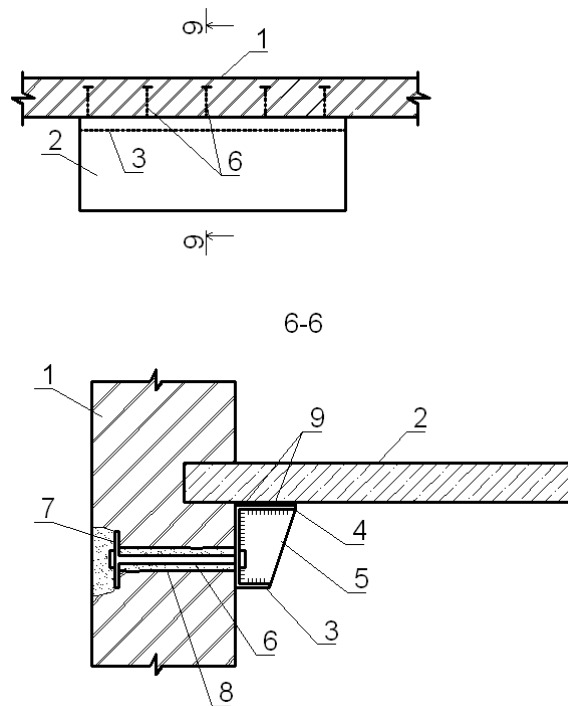


Рис. 123. Підведення металевих опорних столиків:
 1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – опорний столик;
 4 – пластина опорного столика; 5 – ребро жорсткості; 6 – анкерні болти;
 7 – пластина-шайба; 8 – отвір у стіні; 9 – металеві пластини-клини

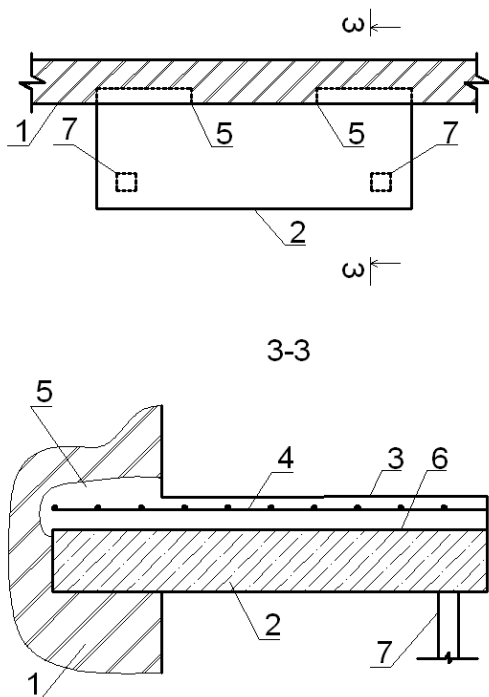


Рис. 124. Укладання армованого шару бетону:
 1 – стіна; 2 – балконна плита (козирок); 3 – шар армованого бетону;
 4 – арматурна сітка; 5 – ніша в стіні; 6 – поверхня плити, підготовлена до бетонування;
 7 – тимчасові підпірки

2.8. Посилення кам'яних стін

2.8.1. Способи посилення кам'яних стін

При значних руйнуваннях кам'яних стін будинків необхідне улаштування посилюючих конструкцій по всьому периметру будинку або по всій висоті. У таких випадках влаштовують попередньо напружені пояси із зовнішнього або внутрішнього боку будинку, а також залізобетонні пояси. При локальних тріщинах часто використовують двобічні металеві накладки. При влаштуванні напружених поясів із зовнішнього боку будинку (рис. 125) встановлюють кутики розміром 150*150 мм по кутах будинку. Потім за допомогою зварювання приварюють до цих кутиків тяжі у вигляді арматури або смугового металу, які складаються із двох частин, і стягають їх за допомогою стяжного пристрою. Кількість і розміри тяжів залежать від необхідної величини посилення, що визначається розрахунком. Тяжі можуть розташовуватися як по поверхні будинку з подальшим захистом цементно-піщаним розчином, так і в попередньо виконаних штробах. Також для посилення можливо використовувати попередньо-напружені міні-пояса (дод. 8).

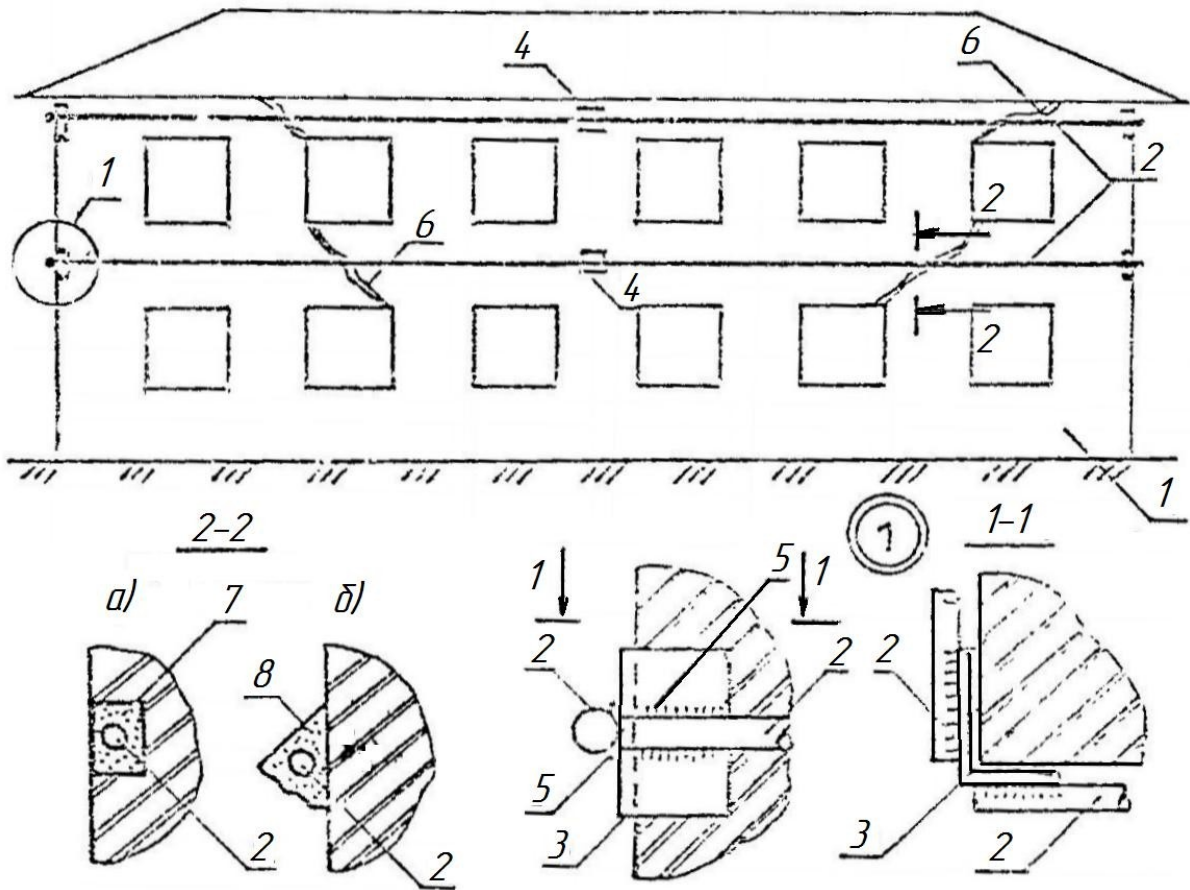


Рис. 125. Улаштування напружених поясів із зовнішнього боку будинку:

1 – деформований будинок; 2 – сталеві пояси; 3 – кутик 150*150 мм; 4 – стяжні пристрої; 5 – зварний шов; 6 – тріщини в стінах будинку; 7 – штроба в стіні для тяжа, заповнена цементно-піщаним розчином; 8 – проміжний карниз із цементно-піщаного розчину

Улаштування напружених поясів із внутрішнього боку будинку (рис. 126) практично не відрізняється від попереднього способу. Різниця полягає в тому, що пояси пропускаються всередині будинку й натяг можна виконувати як за допомогою стяжних пристроїв, так і за допомогою гайок через металеві пластини-шайби.

Напружені пояси можна замінити залізобетонною обоймою, що влаштовується або всередині будинку (рис. 127) або зовні. Для влаштування обойми в стіні пробивається штроба, установлюється арматурний каркас на анкерах і штроба заповнюється бетоном.

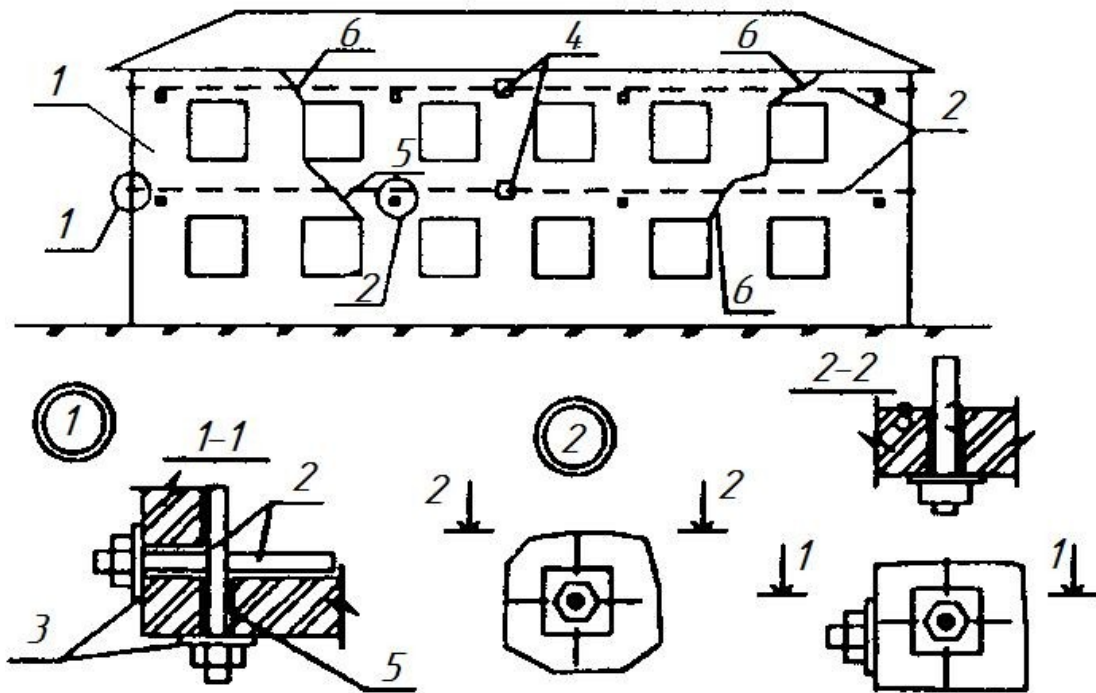


Рис. 126. Улаштування напружених поясів із внутрішнього боку будинку: 1 – деформований будинок; 2 – сталеві тяжі; 3 – металеві пластини-шайби; 4 – стяжні пристрої; 5 - отвори в стінах, які закарбовуються розчином; 6 - тріщини в стінах будинку

Якщо тріщини мають невелику довжину, то такі конструкції можна підсилювати металевими накладками (рис. 128). Накладки влаштовують впоперек тріщини із двох боків від конструкції. Між собою вони з'єднуються стяжними болтами. Накладки можуть бути як поверх конструкції, так і втоплені в штроби з подальшим захистом цементно-піщаним розчином.

У випадку підсилення локальних тріщин можна використовувати арматурні стрижні, які вклеєні в існуючу кам'яну конструкцію на полімер-композиційному компаунді (рис. 129 і дод. 8). У цьому випадку впоперек тріщини виконують пропили, який заходить за край тріщини у кожний бік на довжину не менше 1 м. Пропил бажано виконувати у шві кам'яної кладки товщиною 10-12 мм і на глибину 40-50 мм. Поверхню пропили обробляють стисненим повітрям і на неї наносять полімерний склад за допомогою шпателя. Поверхня арматури (діаметр 10-12 мм) також змащується полімерним складом.

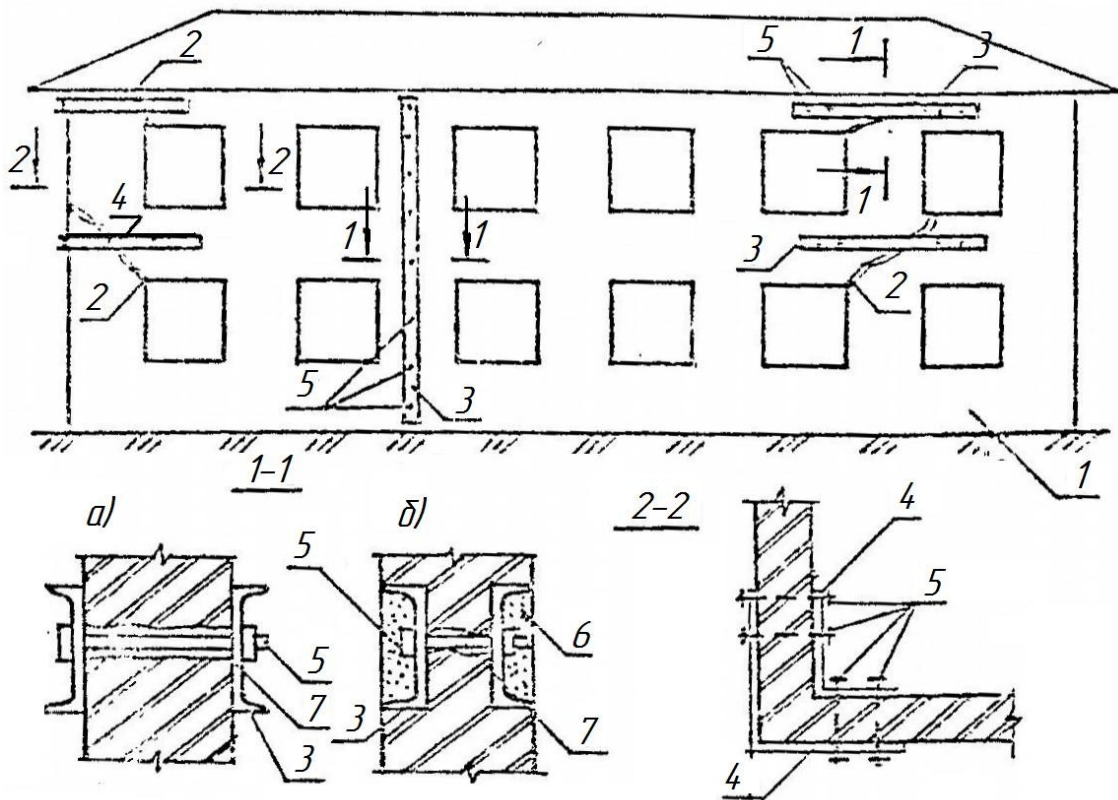


Рис. 127. Улаштування залізобетонних поясів:
 1 – залізобетонні пояси; 2 – схема розміщення арматури в поясі;
 3 – металевий анкер; 4 - залізобетонна плита перекрыття

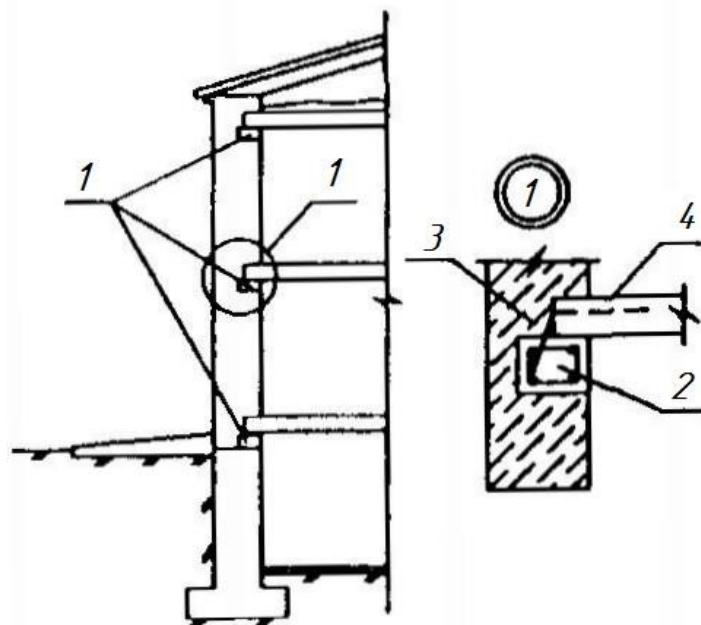


Рис. 128. Встановлення металевих накладок:
 1 – деформований будинок; 2 – тріщини в стінах будинку;
 3 – накладки зі швелерів; 4 – накладки з металевих пластин;
 5 – стяжні болти; 6 – штроба для встановлення накладок, що
 закарбовується розчином; 7 – отвори в стінах для болтів

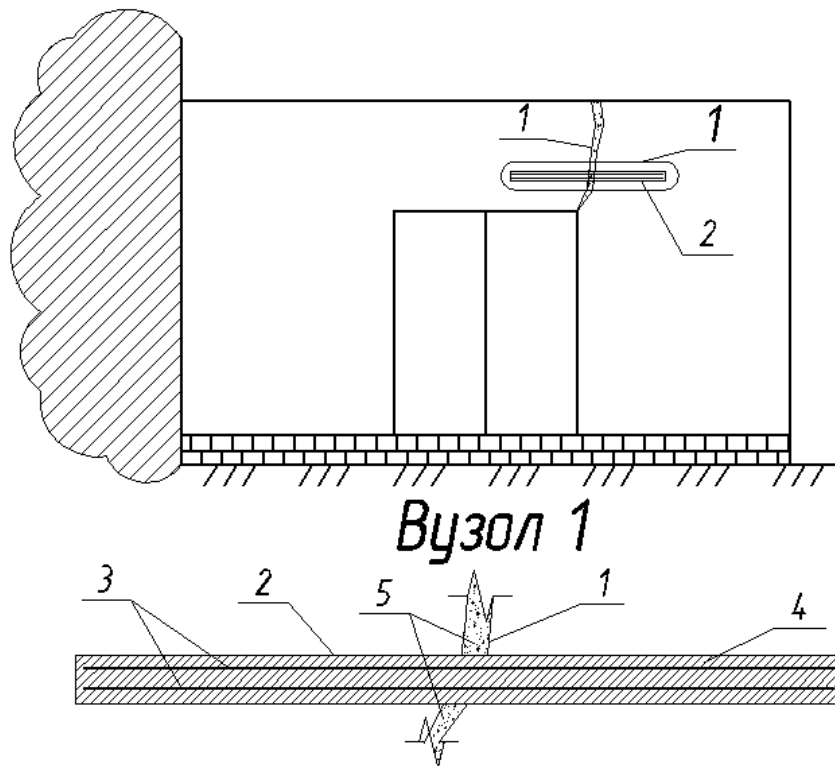


Рис. 129. Локальне підсилення тріщин за допомогою вклеєної арматури:

- 1 – тріщина; 2 – пропили; 3 – арматура підсилення;
4 – полімерний компаунд; 5 – СПЦВС

Після підготовки арматури та пропили арматуру встановлюють в пропили. Кількість стержнів арматури становить не менше трьох. Після полімеризації складу тріщина карбується і в неї крізь ін'єктор нагнітають СПЦВС (дод. 2).

У випадку запобігання випирання стін посилення роблять зв'язками-розпірками (рис. 130) на кожному поверсі. Зв'язки із прокатного металу у вигляді швелера, двотавра, кутика навішуються під перекриттям. До них приварюються тяжі з різьбленням, пропущені в попередньо просвердлені отвори в стіні, й натягуються за допомогою гайок через шайби. Отвори й ніші в стінах після натягу необхідно заповнити цементно-піщаним розчином. Також подібні дефекти можна усувати встановленням металевих тяжів (рис. 131).

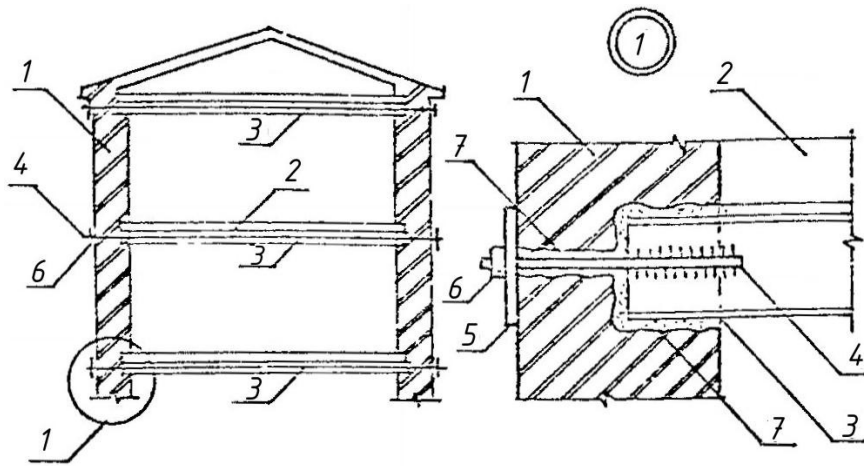


Рис. 130. Встановлення зв'язків-розпірок:

1 – стіни; 2 – перекриття; 3 – зв'язки-розпірки із прокатного металу; 4 – тяж із різьбленням, приварений до зв'язків-розпірок; 5 – шайба; 6 – гайка для натягу; 7 – отвори в нішах і стінах

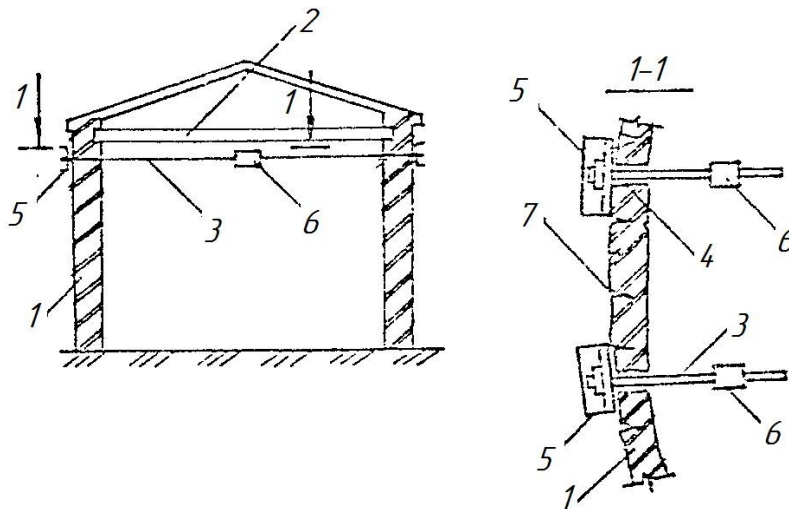


Рис. 131. Встановлення металевих тяжів:

1 – стіна, що випирає; 2 – покриття; 3 – тяжі; 4 - отвір у стінах; 5 – траверса зі швелера; 6 – натяжна муфта; 7 – тріщини в стіні

Локальне посилення стін можливе за допомогою залізобетонних обойм (рис. 132). Для цього на існуючі стіни встановлюються арматурні стрижні діаметром 10-14 мм за допомогою хомутів-зв'язків, які розташовані на віддаленні не більше 750 мм один від одного по висоті й не більше 1 м у поздовжньому напрямку. На арматуру навішують сітку й бетону-

ють торкрет- або набризк-бетоном. Залізобетонну обойму можна замінити арматурною попередньо напруженою обоймою (рис. 133). На стіні із кроком не більше 1 м просвердлюють наскрізні отвори, у які встановлюються тяжі-зв'язки. На них навішуються шайби із привареними попарно арматурними стрижнями. Після встановлення стрижні між собою стягуються затяжками. Далі на них навішується сітка й проводиться штукатурення.

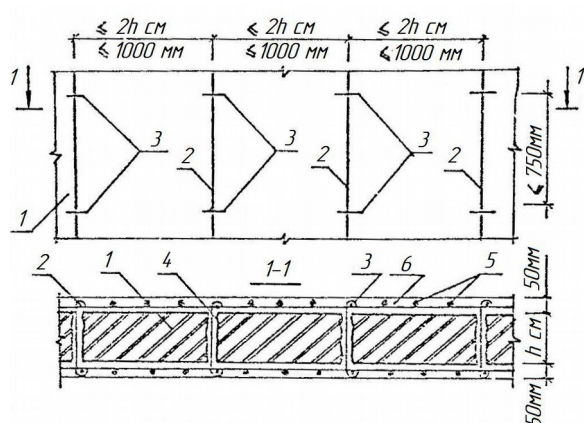


Рис. 132. Улаштування залізобетонної обойми:

1 – посилювана стіна; 2 – арматурні стрижні діаметром 10-14 мм; 3 – хомути-зв'язки діаметром 10 мм; 4 – отвори в стіні; 5 – арматурні сітки, прив'язані до арматурних стрижнів; 6 – бетон обойм

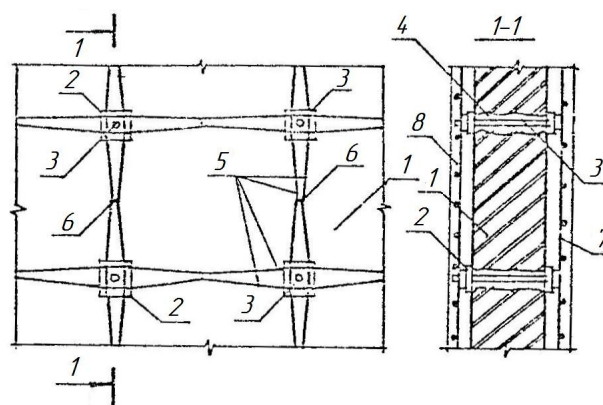


Рис. 133. Улаштування арматурної попередньо напруженої обойми:

1 – посилювана стіна; 2 – металеві пластини з отворами для тяжів; 3 – тяжі-зв'язки; 4 – отвори в стіні для тяжів; 5 – арматурні стрижні, приварені до пластин і попарно стягнуті; 6 – затяжки; 7 – арматурні сітки; 8 – штукатурка із цементно-піщаного розчину

Цегляні стіни можна підсилювати однією залізобетонними збірними обоймами (рис. 134). Збірні плити обойми встановлюють на розчині на підготовлену стіну. По кутах плити фіксуються анкерними зв'язками, забитими в дерев'яні пробки.

Для посилення кам'яних конструкцій часто застосовують поздовжню арматуру. Основні способи анкерування поздовжньої арматури наведені на рис. 135.

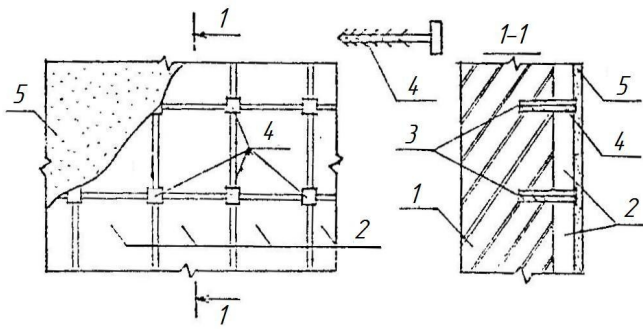


Рис. 134. Посилення цегляних стін: 1 – посилювана цегляна стіна; 2 – збірні плити обійми, встановлені на розчині на підготовлену стіну; 3 – дерев'яні пробки, встановлені в просвердлених отворах; 4 – анкерні зв'язки, забиті в пробки; 5 – штукатурка

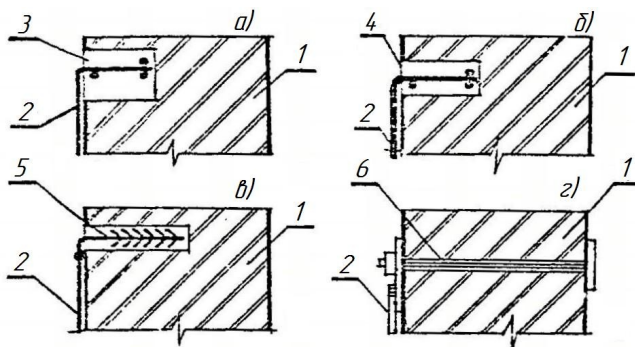


Рис. 135. Способи анкерування поздовжньої арматури за допомогою: а – залізобетонних поясів; б – залізобетонних шпонок; в – анкерів; г – тяжів: 1 – верхня (нижня) частина посилюваного елемента; 2 – поздовжня арматура; 3 – залізобетонний пояс; 4 – залізобетонна шпонка; 5 – анкер; 6 – тяж

Посилення кам'яних конструкцій встановленням поздовжньої арматури може здійснюватися із двох (рис. 136) або з одного боку (рис. 137). Поздовжня арматура навішується на наскрізні або забиті у шви кладки анкери з подальшим штукатуренням конструкцій стін з посиленням. При цьому поздовжня арматура обов'язково повинна анкеруватися кожним з перерахованих вище методів.

Для забезпечення естетичних вимог посилення поздовжньою арматурою можна влаштовувати в попередньо підготовлених штробах (рис. 138, 139).

Хороші результати показує посилення кам'яних конструкцій залізобетоном. При цьому посилення досягається за допомогою додаткових стінок, пілястрів або стовпів. Додаткові залізобетонні стінки можна влаштовувати як двобічні (рис. 140), так і одnobічні (рис. 141). Додаткові стінки влаштовуються шляхом навішування

на анкери або тяжі сітки з подальшим бетонуванням в опалубці. Поверхня старої конструкції перед проведенням робіт повинна бути ретельно очищена й промита для забезпечення хорошого зчеплення нового бетону зі старою кам'яною конструкцією.

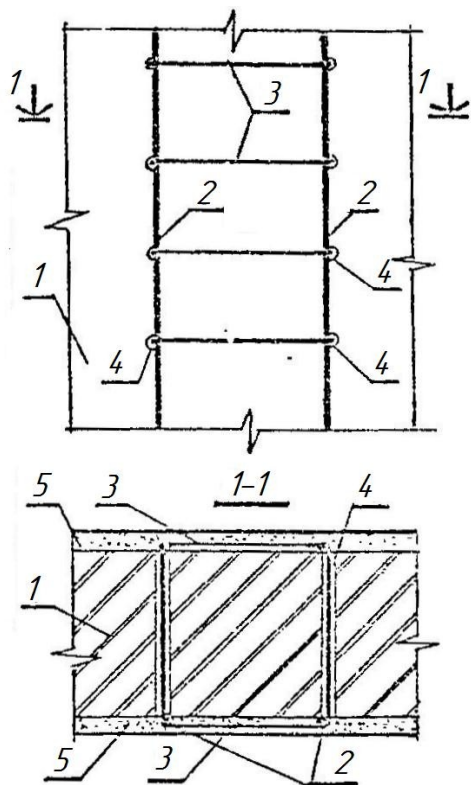


Рис. 136. Встановлення арматури із двох боків стін:
1 – посилювана стіна;
2 – поздовжня арматура посилення; 3 – поперечні хомути, пропущені в просвердлені в стіні отвори;
4 – отвори в стіні; 5 – штукатурка із цементно-піщаного розчину

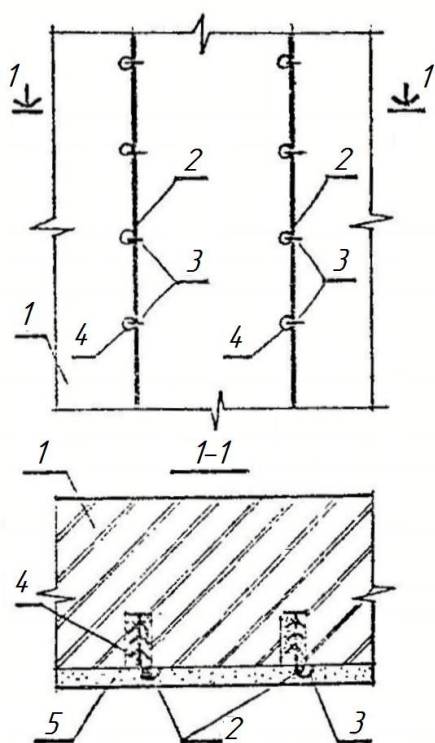


Рис. 137. Встановлення арматури з одного боку стіни:
1 – посилювана стіна;
2 – поздовжня арматура посилення; 3 – анкери, забиті у шви кладки; 4 – отвори для встановлення анкерів;
5 – штукатурка із цементно-піщаного розчину

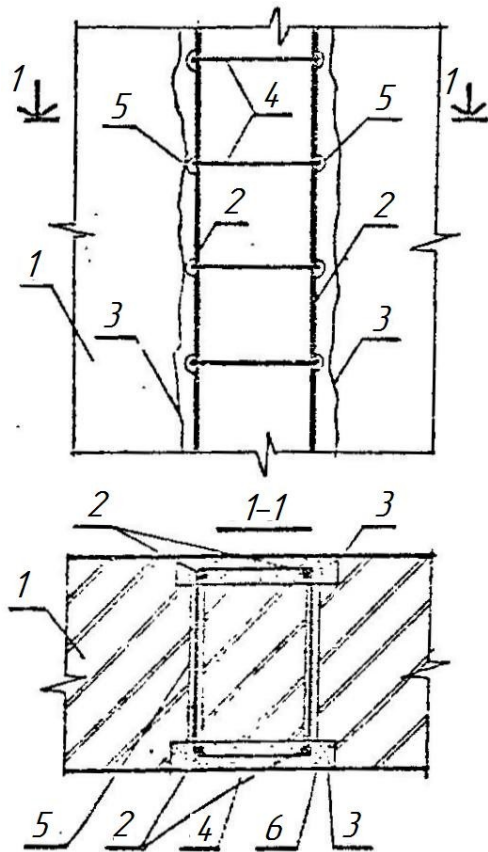


Рис. 138. Встановлення арматури із двох боків стіни у утробах: 1 – посилювана стіна; 2 – поздовжня арматура посилення; 3 – утроба, пробита в стіні; 4 – поперечні хомути, пропущені в просвердлені в стіні отвори; 5 – отвори в стіні; 6 – штукатурка із цементно-піщаного розчину

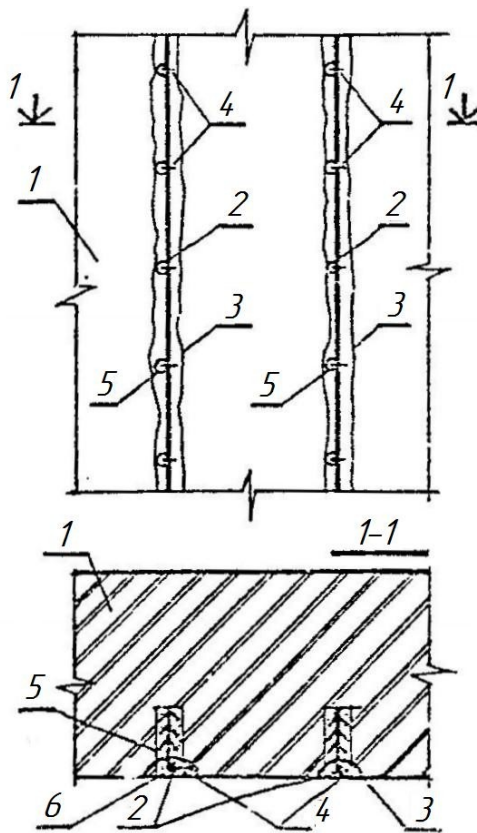


Рис. 139. Встановлення арматури з одного боку стіни у утробах: 1 – посилювана стіна; 2 – поздовжня арматура посилення; 3 – штроба, пробита в стіні; 4 – анкери, забиті у шви кладки; 5 – отвори для встановлення анкерів; 6 – штукатурка із цементно-піщаного розчину

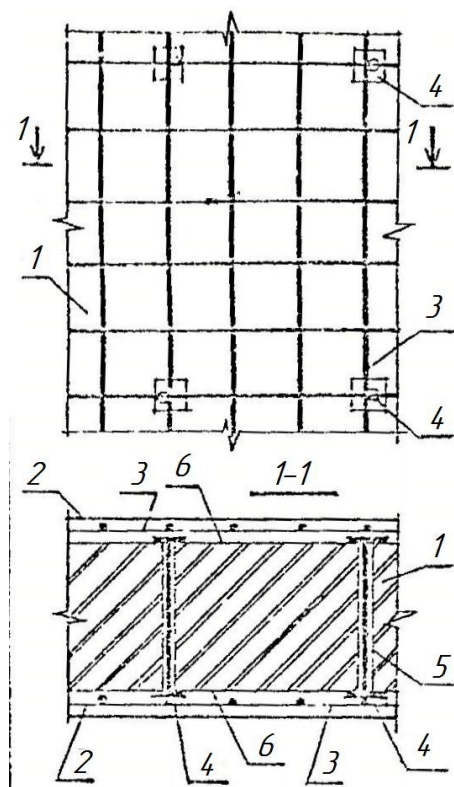


Рис. 140. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням залізобетонних стінок:
 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонні стінки посилення;
 3 – арматурні сітки, приварені до шайб тяжів; 4 – тяжі із шайбами; 5 – отвори в стіні;
 6 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

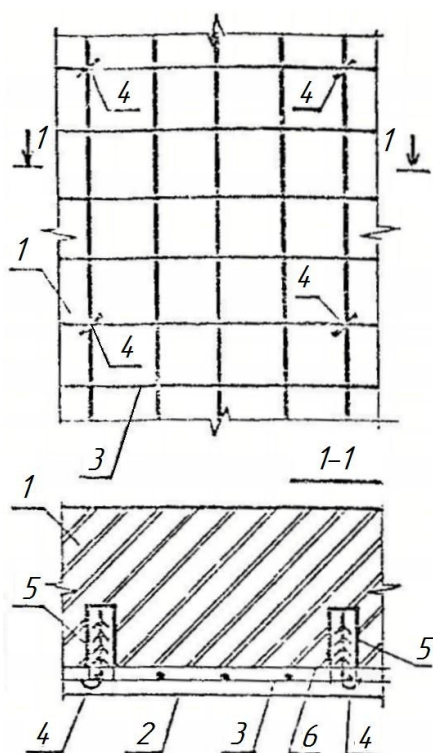


Рис. 141. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням залізобетонних стінок:
 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонні стінки посилення;
 3 – арматурна сітка, що кріпиться анкерами до стіни;
 4 – анкери, забиті у шви кладки; 5 – отвори під анкери;
 6 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

Посилюючі пілястри також можна влаштовувати як двобічні (рис. 142), так і одnobічні (рис. 143). Роботи зі спорудження пілястрів не відрізняються від робіт зі спорудження стінок, з тією лише різницею, що пілястри не охоплюють всю стіну, а

розташовані з певним кроком, що залежить від ступеня пошкодження стіни й конструктивних особливостей.

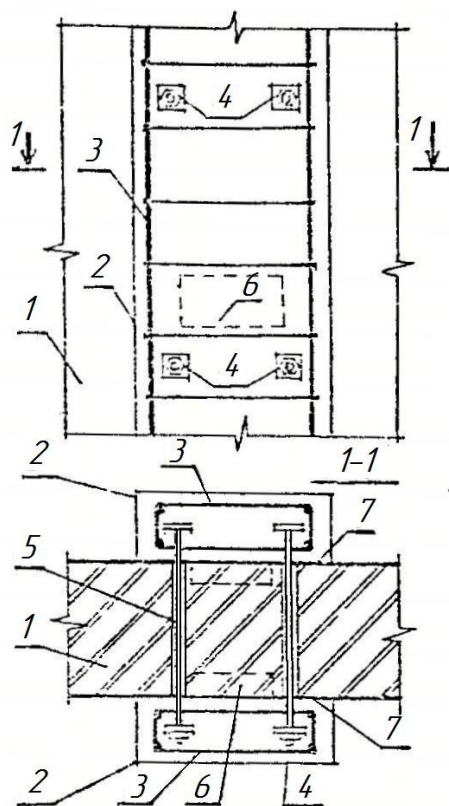


Рис. 142. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням двобічних пілястрів: 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонні пілястри посилення; 3 – арматурні каркаси; 4 – тяжі із шайбами, пропущені через отвори в стіні; 5 – отвори в стіні; 6 – поглиблення, вирубані в стіні для утворення шпонок; 7 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

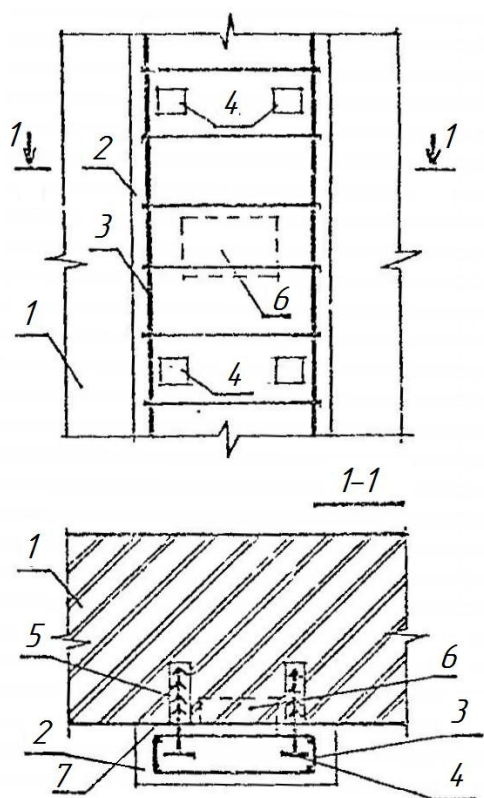


Рис. 143. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням одnobічних пілястрів: 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонні пілястри посилення; 3 – арматурний каркас; 4 – анкери, забиті у шви кладки; 5 – отвори під анкери; 6 – поглиблення, вирубані в стіні для утворення шпонок; 7 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

Посилюючі стояки також можуть влаштовуватися двобічними (рис. 144) і однобічними (рис. 145). Конструктивна особливість їхнього влаштування - виготовлення штроб у стінах.

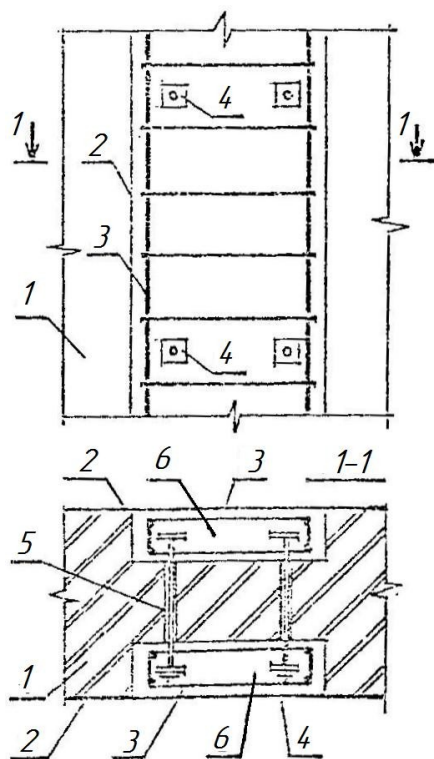


Рис. 144. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням двобічних стояків у утробах: 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонні стояки посилення; 3 – арматурні каркаси; 4 – тяжі із шайбами, пропущені через отвори в стіні; 5 – отвори в стіні; 6 – штроби, вирубані в посилюваній стіні

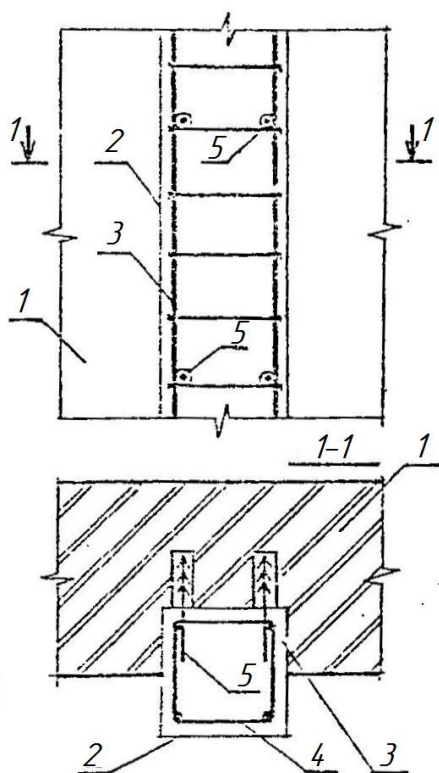


Рис. 145. Посилення кам'яних конструкцій улаштуванням однобічних стояків у утробах: 1 – посилювана стіна; 2 – залізобетонний стояк посилення; 3 – штроба, вирубана в посилюваній стіні; 4 – арматурний каркас; 5 – анкери, забиті у шви кладки

Часто руйнуванню в кам'яних конструкціях піддаються вузли опирання плит перекриття або балок на стіни. Як правило, такі дефекти усувають шляхом улаштування металевих або залізобетонних обойм, а також підведенням розвантажувальних елементів. Улаштування металевих обойм здійснюється шляхом встановлення в зоні руйнування пілястра під балкою металевих кутиків (рис. 146), які кріпляться через отвори в стіні за допомогою планок-тяжів до існуючої конструкції. Існуюча тріщина перед виконанням остаточного затягнення закарбовується розчином. Посилення влаштуванням залізобетонних обойм (рис. 147) здійснюється так само, як і металевими обоймами. Різниця полягає в тому, що замість кутиків навішується каркас із подальшим бетонуванням всієї конструкції посилення.

Можна змінити конструкцію обойми, замінивши поперечні планки-тяжі на суцільні хомути з арматури (рис. 148). При відсутності пілястрів або стовпів вузли опирання можна підсилювати металевими столиками (рис. 149). Для цього в стіні в зоні балки просвердлюють отвори для встановлення металевого столика зі швелера. Столик монтується на стіну за допомогою анкерних болтів. Після встановлення столика в проектне положення балка підclinюється за допомогою металевих пластин-клинів для включення столиків у роботу.

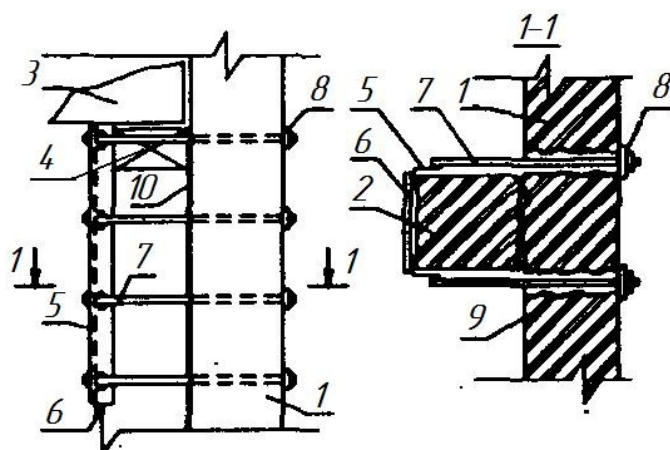


Рис. 146. Посилення вузлів опирання балок і плит на цегляні стіни влаштуванням металевих обойм:

- 1 – простінок; 2 – пілястри; 3 – несуча балка; 4 – опорна подушка;
- 5 – кутик обойми; 6 – поперечні планки-обойми з арматури;
- 7 – поперечні планки-тяжі з гайками; 8 – шайби; 9 – отвори в стіні; 10 – тріщина

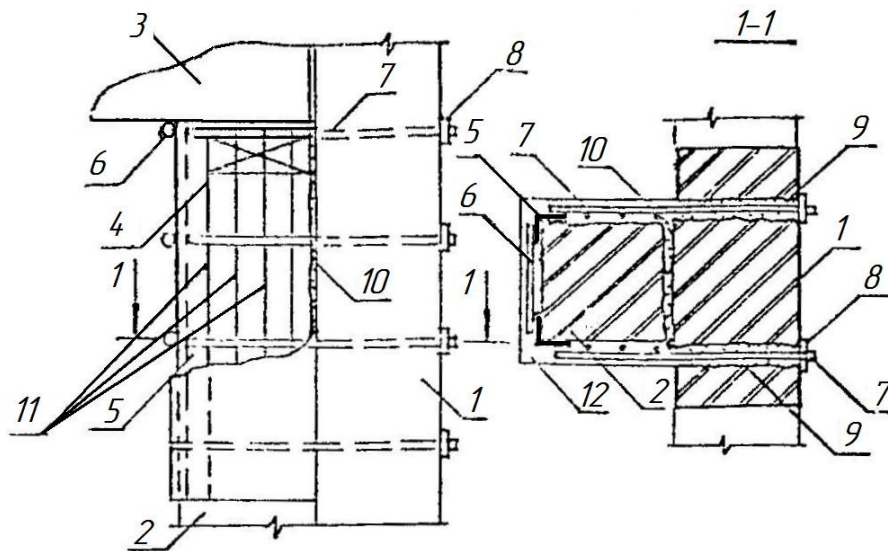


Рис. 147. Посилення вузлів опирання балок і плит на цегляні стіни влаштуванням залізобетонних обойм:

- 1 – простінок; 2 – пілястри; 3 – несуча балка; 4 – опорна подушка;
 5 – кутик обойми; 6 – поперечні планки-обойми з арматури;
 7 – поперечні планки-тяжі з гайками; 8 – шайби; 9 – отвори в стіні; 10 – тріщина; 11 - додаткова арматура; 12 – бетон обойми

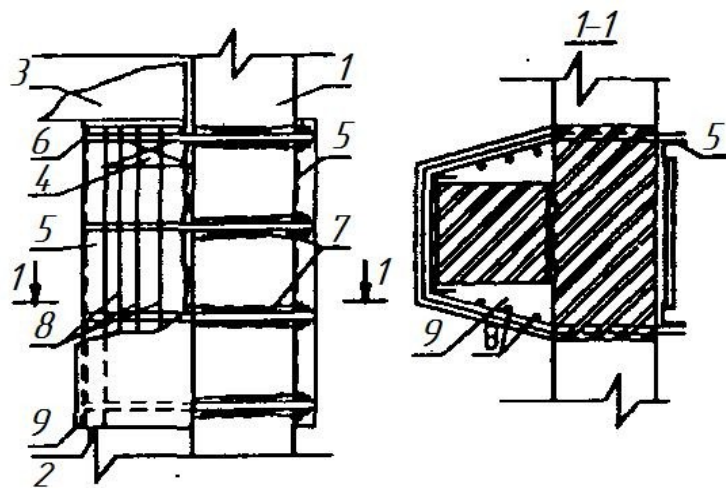


Рис. 148. Посилення вузлів опирання балок і плит на цегляні стіни влаштуванням залізобетонних обойм:

- 1 – простінок; 2 – пілястри; 3 – несуча балка; 4 – опорна подушка;
 5 – кутик обойми; 6 – поперечні планки-обойми з арматури;
 7 – борозни на бічних поверхнях простінка;
 8 – додаткова арматура; 9 – бетон обойми; 10 – тріщина

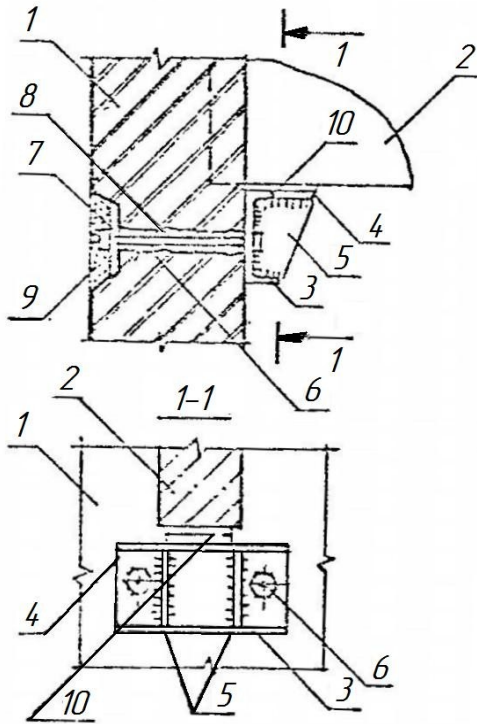


Рис. 149. Посилення вузлів обпирання балок і плит на цегляні стіни встановленням металевих столиків: 1 – стіна; 2 – несуча балка, що не має достатнього опирання на стіну; 3 – опорний столик зі швелера; 4 – додаткова пластина; 5 – ребра жорсткості; 6 – анкерні болти; 7 – пластини-шайби; 8 – отвори в стіні; 9 – ніша в стіні; 10 – металеві пластини-клини для включення столиків у роботу

При необхідності посилення вузлів опирання плит перекриття на стіни підводять балки на стояках (рис. 150) або влаштовують додаткову залізобетонну стінку (рис. 151).

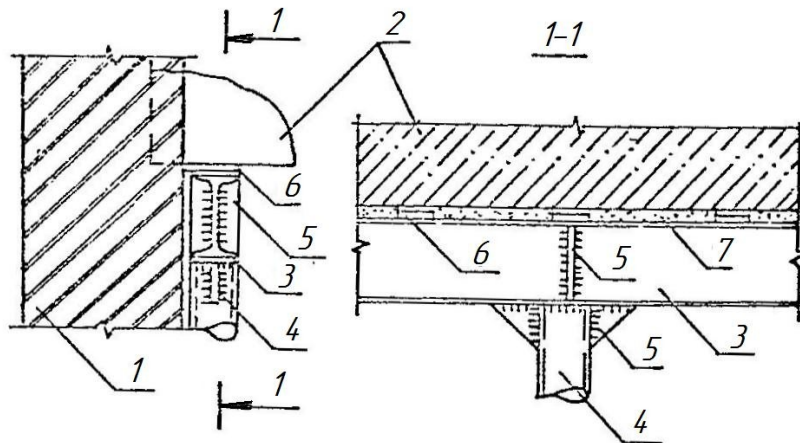


Рис. 150. Посилення вузлів опирання балок і плит на цегляні стіни підведенням балок на стояках:

1 – стіна; 2 – перекриття, що не має достатнього опирання на стіну; 3 – балка-опора із двотавра; 4 – стояки через 1,5-3 м; 5 – ребра жорсткості; 6 – металеві пластини-клини для включення столиків у роботу; 7 – шов

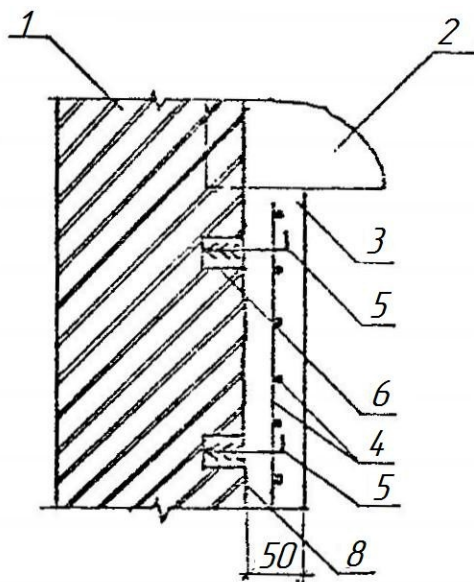


Рис. 151. Посилення вузлів опирання балок і плит на цегляні стіни влаштуванням залізобетонної стінки:
 1 – стіна; 2 – перекриття, що не має достатнього опирання на стіну; 3 – залізобетонна стінка; 4 – арматурна сітка; 5 – анкери; 6 – отвори; 7 – поверхня стіни, підготовлена до бетонування

Для посилення з'єднання зовнішніх стін із внутрішніми стінами, а також із плитами й балками перекриття часто застосовують тяжі. При посиленні вузлів сполучення цегляних зовнішніх і внутрішніх стін (рис. 152) на внутрішні стіни навішують за допомогою болтів кутики на рівні перекриття. Просвердлюють отвори в зовнішній стіні, пропускають крізь неї тяжі й приварюють їх до кутиків. Далі за допомогою гайок проводять натяг. Посилення вузлів сполучення цегляних стін з'єднанням зовнішніх стін із плитами перекриття (рис. 153) роблять у тій же послідовності з тією лише різницею, що кріплення болтами здійснюється до плити перекриття.

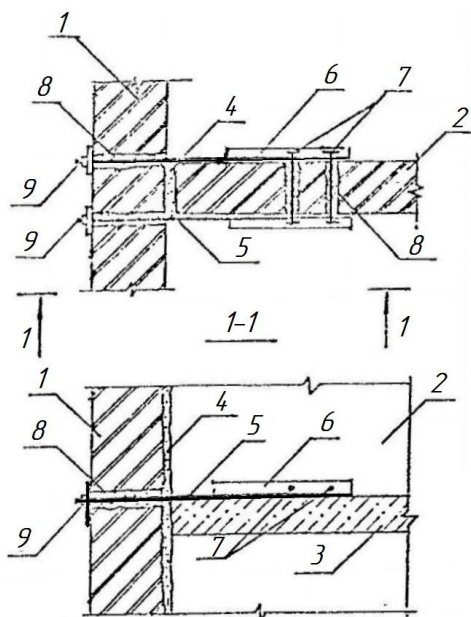


Рис. 152. Посилення вузлів сполучення цегляних стін з'єднанням зовнішніх і внутрішніх стін тяжами:
 1 – зовнішня стіна; 2 – внутрішня стіна; 3 – перекриття; 4 – тріщина в стику стін; 5 – тяжі, приварені до кутиків; 6 – металеві кутики; 7 – болти; 8 – отвори в стінах; 9 – гайки для натягу

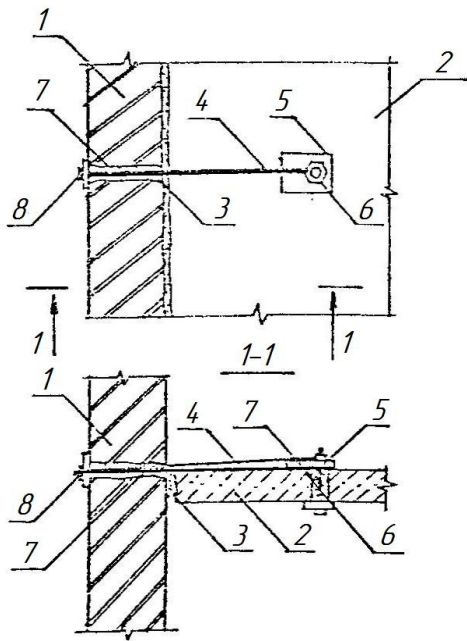


Рис. 153. Посилення вузлів сполучення цегляних стін з'єднанням зовнішніх стін із плитами перекриття тяжами: 1 – зовнішня стіна; 2 – залізобетонне перекриття; 3 – тріщина між стіною й перекриттям; 4 – тяжі, приварені до пластин; 5 – металеві пластини; 6 – болт; 7 – отвори в стінах; 8 – гайки для натягу

Посилення вузлів сполучення цегляних стін з'єднанням зовнішніх стін з балками перекриття (рис. 154) здійснюється за аналогією з попередніми схемами.

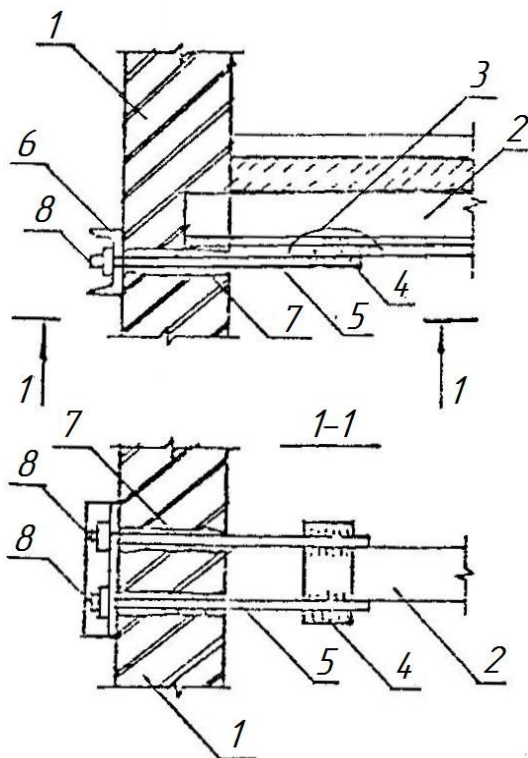


Рис. 154. Посилення вузлів сполучення цегляних стін з'єднанням зовнішніх стін з балками перекриття тяжами: 1 – зовнішня стіна; 2 – залізобетонна балка перекриття; 3 – оголена робоча арматура балки; 4 – пластина, приварена до оголеної арматури балки; 5 – тяжі, приварені до пластин; 6 – прокладка-шайба для укріплення отворів; 7 – отвори в стінах; 8 – гайки для натягу

Часто виникають пошкодження в кутових зовнішніх стінах. Такі види пошкоджень найбільш доцільно підсилювати або

штукатурними обоймами, або металевими накладками, або сталевими скобами. При з'єднанні кутових зовнішніх стін залізобетонними або штукатурними обоймами на пошкоджені стіни через арматурні анкери навішується сітка (рис. 155), що у подальшому штукатуриться або бетонується. Анкери застосовуються з арматури періодичного профілю діаметром 10 мм і встановлюються із кроком 500*500 мм. В існуючу стіну анкери встановлюються на цементному або полімерному розчині на глибину не менш 100 мм.

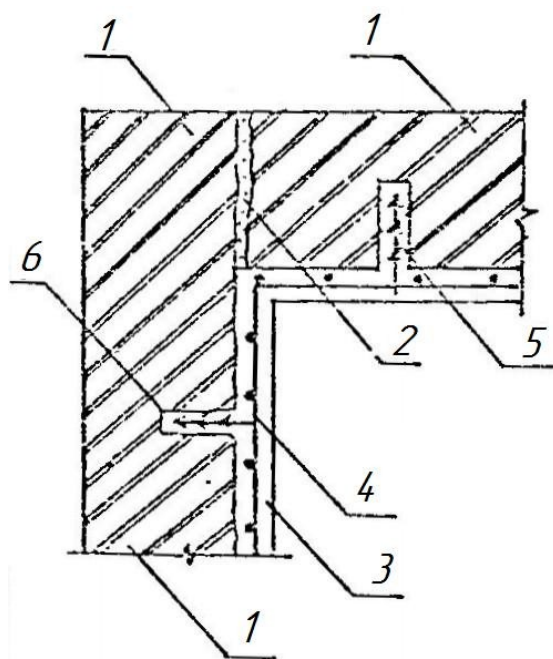


Рис. 155. З'єднання кутових зовнішніх стін залізобетонними або штукатурними обоймами: 1 – зовнішні кутові стіни; 2 – тріщина; 3 – штукатурна або залізобетонна обойма; 4 – арматурна сітка; 5 – анкери з арматури; 6 – отвори в стіні

При з'єднанні кутових зовнішніх стін металевими накладками (рис. 156) просвердлюють наскрізні отвори в стінах, на які навішують накладки зі смугового металу. По висоті накладки треба розташовувати із кроком не менше 500 мм. Перед натягом отвори для болтів, а також тріщина повинні бути заповнені розчином. При з'єднанні кутових зовнішніх стін сталевими скобами (рис. 157) фрезою прорізаються пази в кладці шириною 15-20 мм і глибиною 35-40 мм. По краях висвердлюють отвори діаметром 15 - 20 мм і глибиною 100 мм. Тріщина й отвори заповнюються розчином, після чого встановлюють скоби. Поверхня пазів закарбовується штукатуркою.

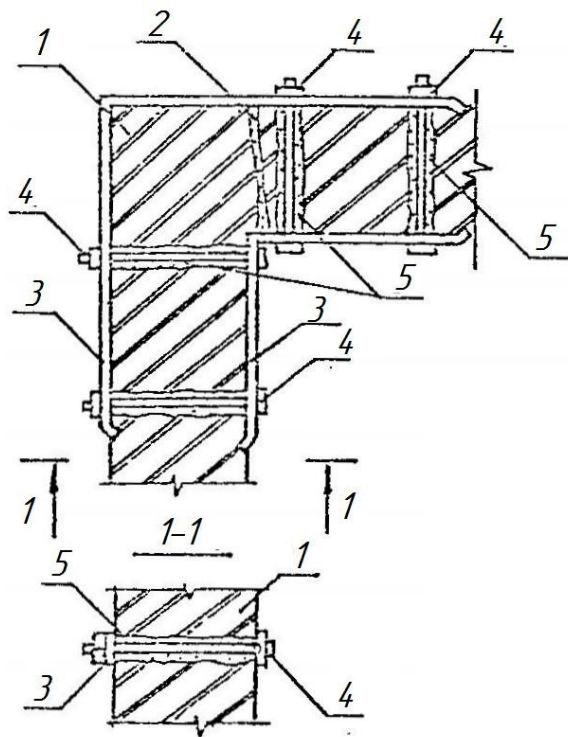


Рис. 156. З'єднання кутових зовнішніх стін металевими накладками: 1 – зовнішні кутові стіни; 2 – тріщина; 3 – двобічні металеві накладки; 4 – стяжні болти; 5 – отвори в стіні

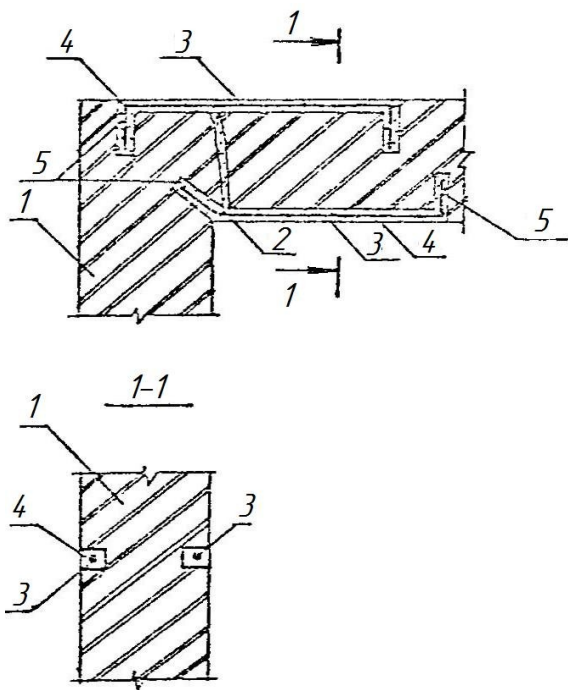


Рис. 157. З'єднання кутових зовнішніх стін сталевими скобами: 1 – зовнішні кутові стіни; 2 – тріщина; 3 – металеві скоби з арматури періодичного профілю; 4 – пази в кладці; 5 – отвори в стіні

2.8.2. Посилення цегляних стовпів і простінків

При великих дефектах і невеликих розмірах простінка (стовпа) краще його замінити (рис. 158). Для цього попередньо підводять розвантажувальні стояки, що розклинюються клинами, після чого простінок (стовп) розбирають і виконують нову

кладку. При незначних дефектах стовпи й простінки можна підсилювати влаштуванням накладних поясів з кутиків або швелерів. При влаштуванні накладних поясів з кутиків (рис. 159) по висоті простінка розташовують попарно кутики із двох боків. Між собою кутики стягують стяжними болтами, пари між собою з'єднують за допомогою зварювання поперечними планками. Після монтажу вся конструкція посилення штукатуриться.

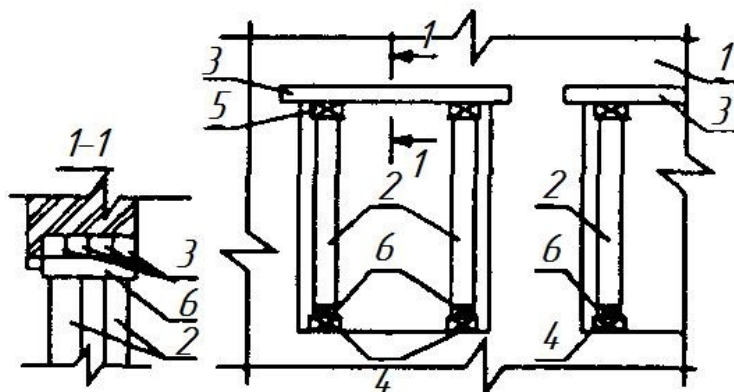


Рис. 158. Розвантаження з подальшою заміною простінка (стовпа):
 1 – посилюваний простінок; 2 – розвантажувальні стояки;
 3 – залізобетонні перемички; 4 – лежень; 5 – підкладка; 6 – клини

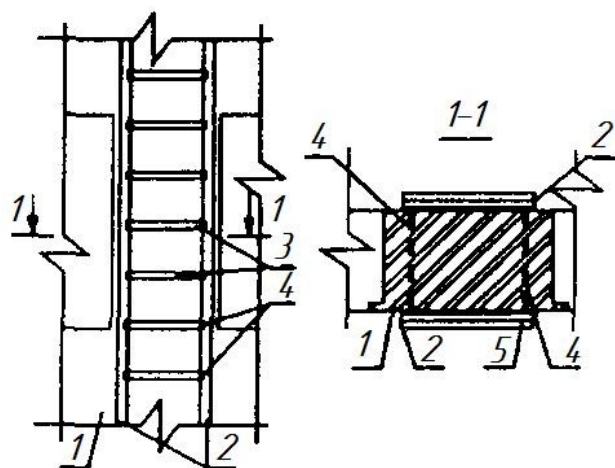


Рис. 159. Улаштування накладних поясів з кутиків:
 1 – посилюваний простінок;
 2 – кутики накладних поясів;
 3 – поперечні планки;
 4 – стяжні болти; 5 – штукатурка

Улаштування накладних поясів зі швелерів (рис. 160) здійснюється в тій же послідовності, але кутики з поперечними планками замінюють на швелер.

При наявності можливості доцільно застосувати часткове або повне заповнення прорізів кладкою (рис. 161). Для кладки

можна використовувати цеглу марки М75-100 на розчині марки М50-75. Після виконання кладки верхній шов розклинюється металевими пластинами для включення кладки в роботу.

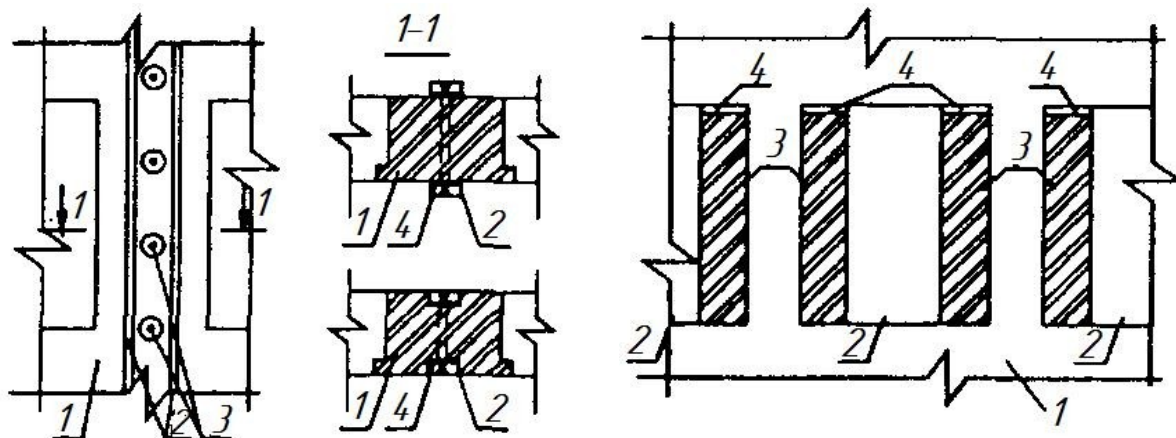


Рис. 160. Улаштування накладних поясів зі швелерів:
1 – посилюваний простінок;
2 – накладний пояс зі швелерів;
3 – стяжні болти; 4 – штукатурка

Рис. 161. Часткове або повне заповнення прорізів кладкою:
1 – посилюваний простінок;
2 – віконні прорізи; 3 – кладка із цегли; 4 – шов, розклинений металевими пластинами

Якщо необхідно вводити приховані елементи посилення, то можна влаштувати сердечники з металевих профілів або залізобетону. Для влаштування сердечника в існуючому простінку (стовпі) вирубуються ніша, у яку вводиться сердечник з металевих профілів (рис. 162) або із залізобетону (рис. 163). Після монтажу ніша заповнюється розчином.

При поверхневих порушеннях кам'яної кладки можна підсилювати простінки (стовпи) влаштуванням штукатурної або залізобетонної сорочки (рис. 164). При проведенні робіт на конструкцію навішується сітка з арматури діаметром 8-10 мм. Після влаштовується штукатурна, товщиною 30-40 мм, або залізобетонна, товщиною 80-100 мм, сорочка.

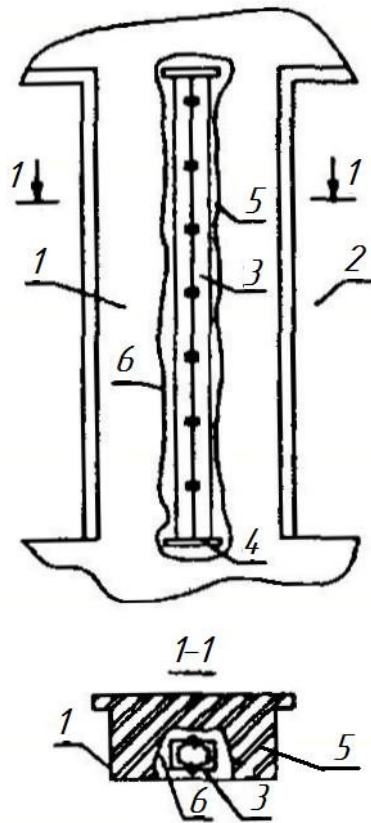


Рис. 162. Улаштування сердечника з металевих профілів: 1 – посилюваний простінок; 2 – прорізи; 3 – стояк (сердечник) з металевих профілів; 4 – металеві пластини; 5 – ніша, вирубана в простінку; 6 – порожнеча, закарбована розчином

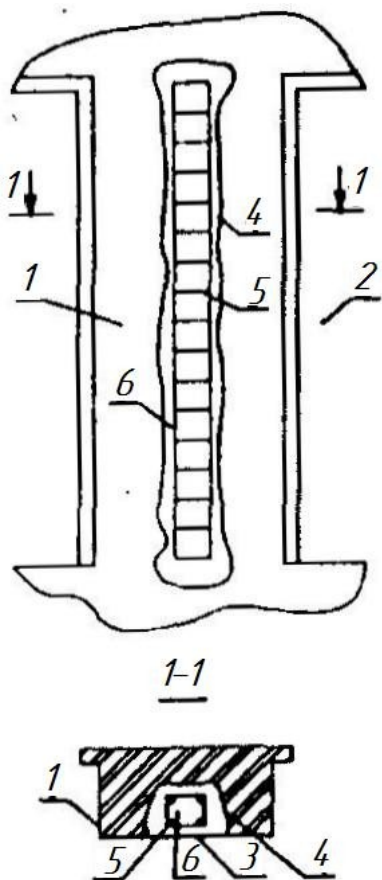


Рис. 163. Улаштування залізобетонного сердечника: 1 – посилюваний простінок; 2 – прорізи; 3 – стояк (сердечник) із залізобетону; 4 – ніша, вирубана в простінку; 5 – бетон

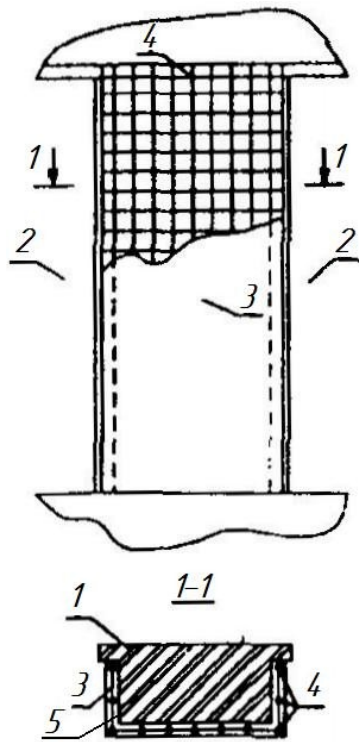


Рис. 164. Улаштування штукатурної або залізобетонної сорочки: 1 – посилюваний простінок; 2 – прорізи; 3 – сорочка штукатурна або залізобетонна; 4 – арматура; 5 – підготовлена поверхня

2.8.3. Посилення цегляних перемичок

У більшості старих будинків перемички влаштовані із цегли й вимагають посилення. Найбільш простим щодо виконання є посилення встановленням накладок з кутиків (рис. 165). Накладки встановлюються на цементно-піщаному розчині із двох боків перемички із закладенням у стіну. При необхідності до такої конструкції посилення додають кріплення тяжами (рис. 166). При цьому виходить більш надійна конструкція за рахунок наскрізного з'єднання елементів посилення.

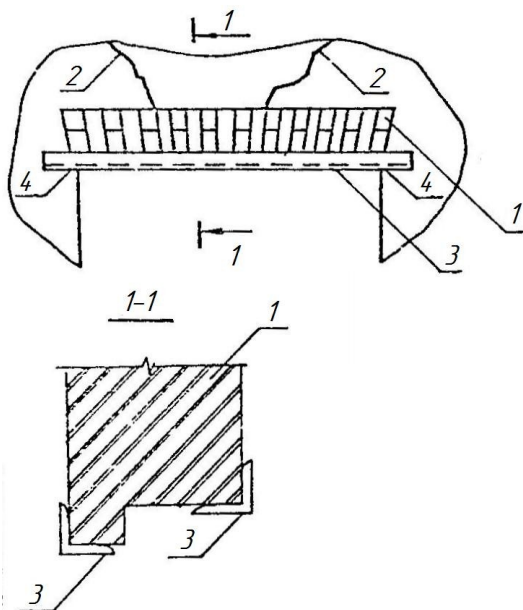


Рис. 165. Встановлення накладок з кутиків: 1 – посилювана перемичка; 2 – тріщини в перемичці; 3 – накладки з кутика; 4 – закладення накладок у стіну

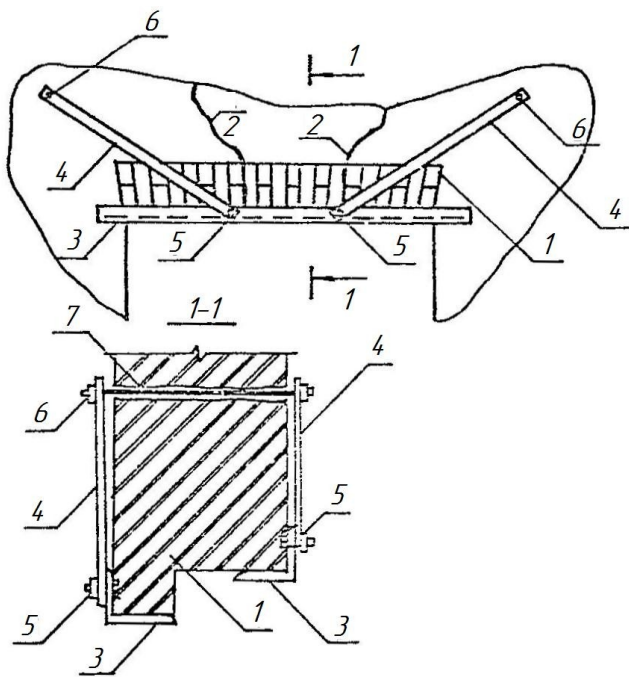


Рис. 166. Встановлення накладок з кутиків з додатковим кріпленням тяжами: 1 – посилювана перемичка; 2 – тріщини в перемичці; 3 – накладки з кутика; 4 – тяжі зі смугової сталі; 5 – кріпильні болти; 6 – анкерні болти; 7 – отвори в стіні

При значних дефектах у перемичках застосовують посилення за допомогою балок або накладок на стяжних болтах. Встановлення металевих або залізобетонних балок (рис. 167) здійснюється в попередньо виконаних штробах, шляхом введення відповідних балок і обштукатурювання їх по сітці. Подібний ефект досягається встановленням накладок на стяжних болтах (рис. 168). При цьому способі посилення також попередньо розробляються штроби. У них встановлюють швелер із двох боків. Просвердлюють наскрізні отвори в перемичці й з'єднують стяжними болтами. На заключному етапі роблять штукатурення по сітці.

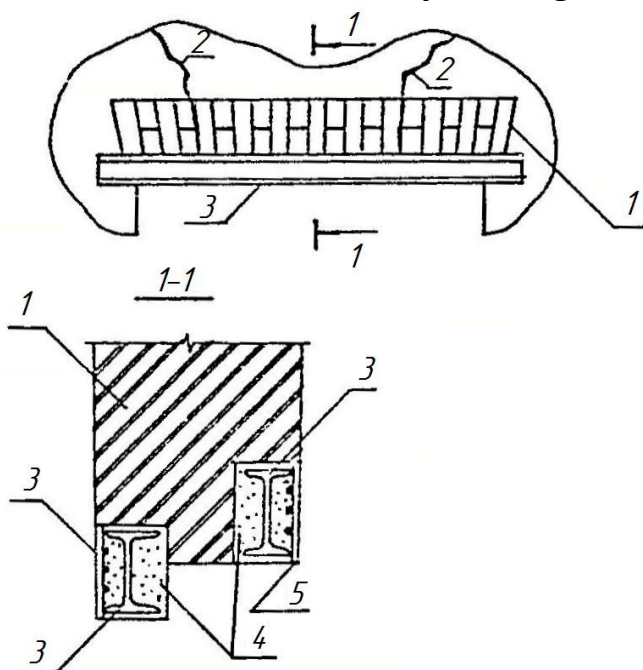


Рис. 167. Встановлення металевих або залізобетонних балок: 1 – посилювана перемичка; 2 – тріщини в перемичці; 3 – балки посилення із двотавра; 4 – розчин; 5 – штукатурка по сітці

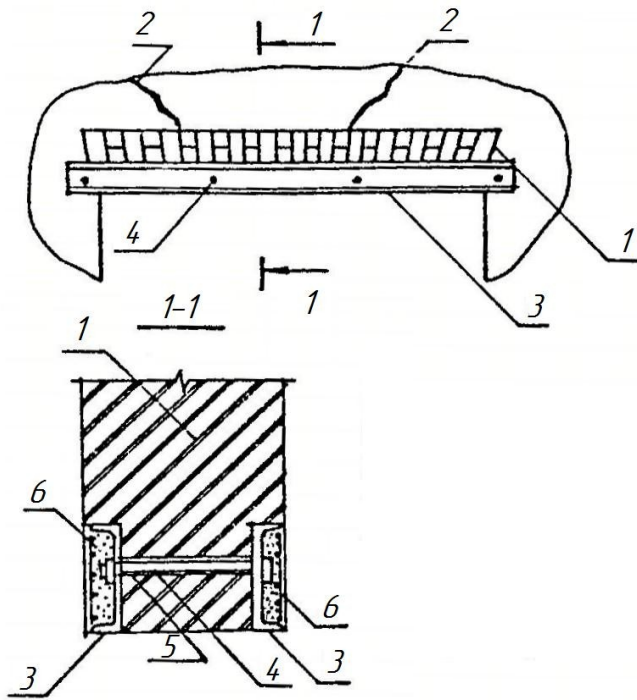


Рис. 168. Встановлення накладок на стяжних болтах: 1 – посилювана перемичка; 2 – тріщини в перемичці; 3 – накладки зі швелера; 4 – стяжні болти; 5 - отвори в стінці; 6 – штукатурка по сітці

При неможливості виконання штроб, а також при необхідності комплексного посилення бічних стінок прорізу застосовують посилення встановленням накладок на стояках (рис. 169). Для цього виготовляють каркас із кутика по всьому прорізу або по його частині та встановлюють його на анкерах до бічних стінок прорізу. При встановленні поверхню між кутком і прорізом заповнюють цементно-піщаним розчином.

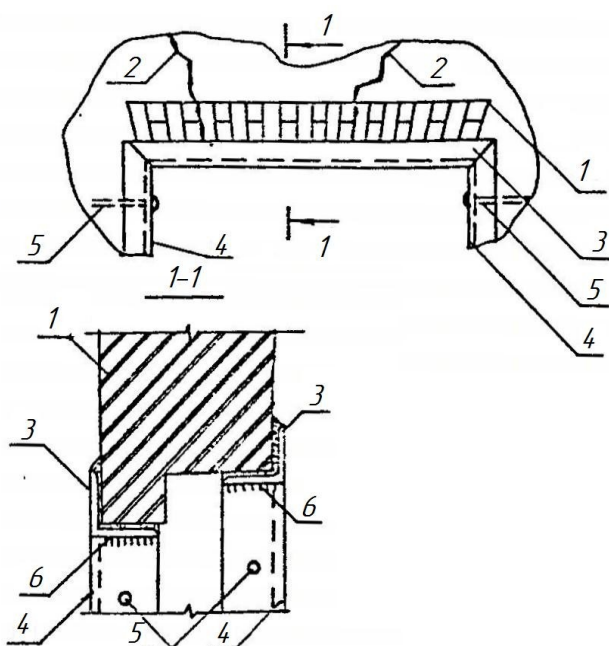


Рис. 169. Встановлення накладок на стояках: 1 – посилювана перемичка; 2 – тріщини в перемичці; 3 – накладки з кутика; 4 – стояки з кутика; 5 – анкери для кріплення; 6 – зварний шов

2.8.4. Посилення залізобетонних перемичок

При посиленні залізобетонних перемичок у кам'яних конструкціях найбільш простим і ефективним способом є додавання арматури у розтягнуту зону. Можна використовувати два способи: приварювання додаткової арматури (рис. 170) і встановлення додаткової арматури у пазах на полімер-розчині (рис. 171). Приварювання додаткової арматури здійснюється шляхом встановлення коротишів до існуючої арматури (в локальних місцях зрубується захисний шар бетону до арматури) з подальшим приварюванням арматури посилення й штукатуренням всього посилення. При встановленні додаткової арматури у пазах виконується штроба в нижній зоні перемички й вклеюється на полімер-розчині додаткова арматура.

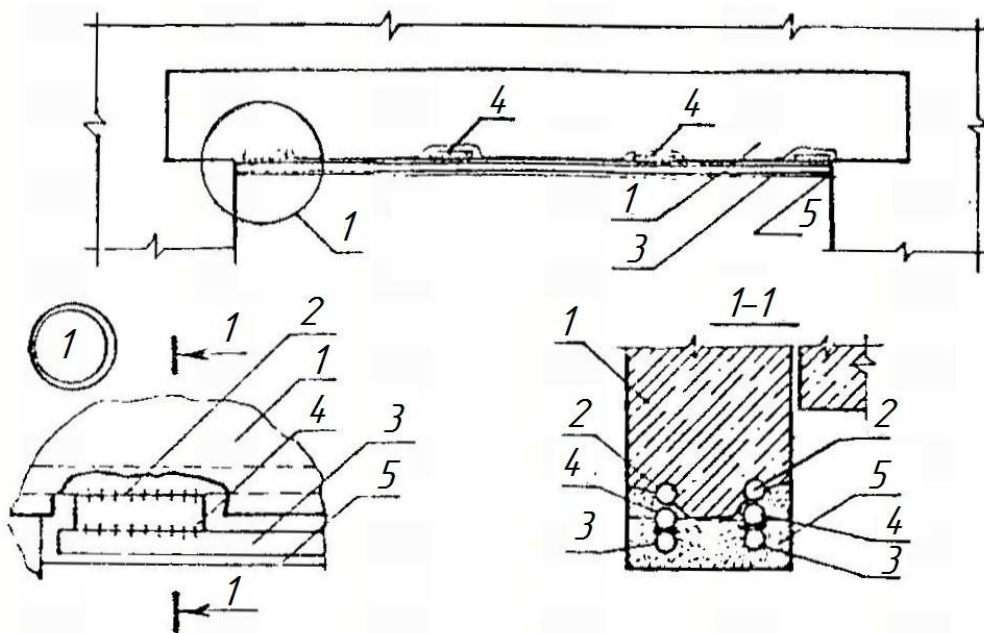


Рис. 170. Приварювання додаткової арматури:
1 – посилювана перемичка; 2 – оголена робоча арматура перемички; 3 – додаткова робоча арматура; 4 – арматурні коротиші; 5 – бетон або щільна штукатурка

Також перемички можна підсилювати шляхом наклеювання металевих смуг на полімер-розчині (рис. 172). У цьому випадку особливу увагу необхідно приділити підготовці поверхонь перемички й металевій смуги, а також забезпечити якісний притиск між ними.

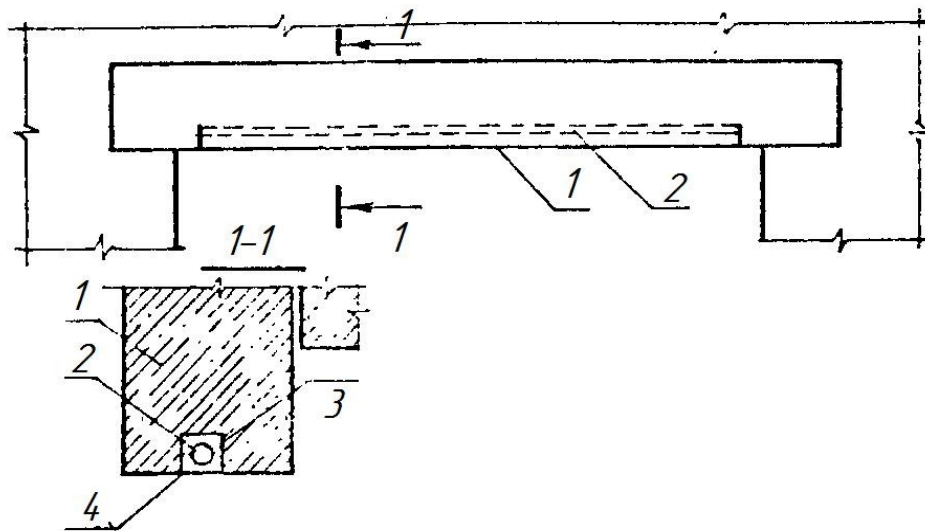


Рис. 171. Встановлення додаткової арматури у пазах на полімер-розчині:

1 – посилювана перемичка; 2 – додаткова арматура періодичного профілю; 3 – паз у перемичці; 4 – полімер-розчин

При значних пошкодженнях перемички посилення роблять підведенням розвантажувальних балок із прокатного металу (рис. 173). Для цього на бічні поверхні прорізу встановлюють на анкерах закладні деталі у вигляді пластин. Анкери встановлюють на полімер-розчині в попередньо висвердлені отвори. Далі до цих закладних деталей приварюють розвантажувальні балки із прокатного металу (двотавр, швелер). Після встановлення конструкція посилення штукатуриться по сітці.

При застосуванні кутиків у вигляді розвантажувальних балок застосовують додаткові підвіски (рис. 174). При цьому кутики зашпаровують у стіну та з'єднують між собою планками. Підвіски з металевої смуги відводять до місця міцної кладки та з'єднують між собою анкерними болтами. Після виконання посилення конструкція штукатуриться по сітці.

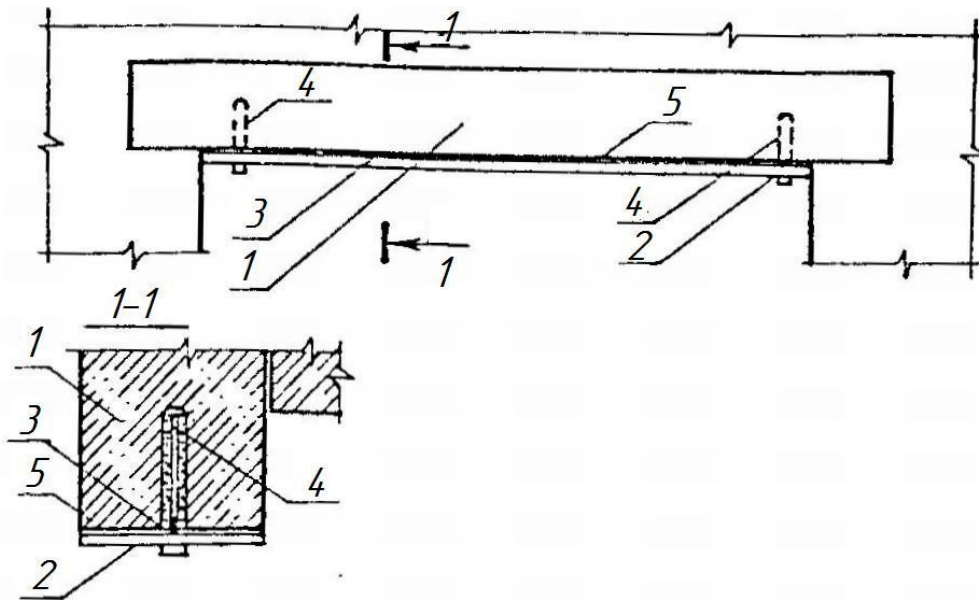


Рис. 172. Наклеювання металевих смуг на полімер-розчині:
 1 – посилювана перемичка; 2 – металева смуга; 3 – полімер-розчин;
 4 – анкери, встановлені на полімер-розчині;
 5 – поверхня перемички, підготовлена до наклеювання

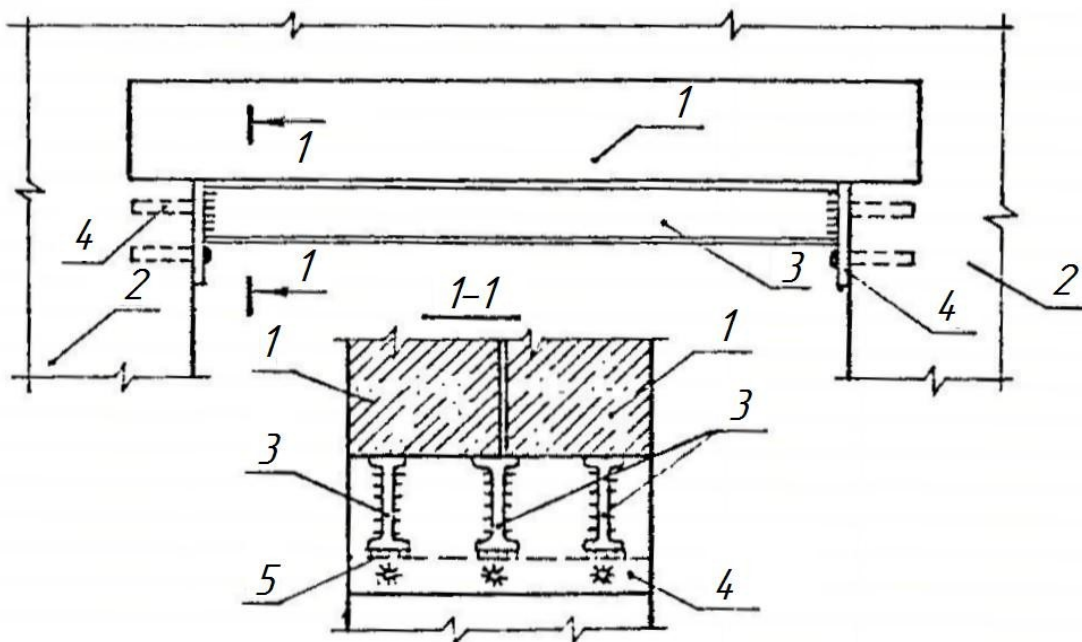


Рис. 173. Підведення розвантажувальних балок із прокатного металу:
 1 – посилювана перемичка; 2 – цегляні простінки; 3 – розвантажувальні балки;
 4 – закладні деталі у вигляді пластин із привареними анкерами; 5 – штукатурка по сітці

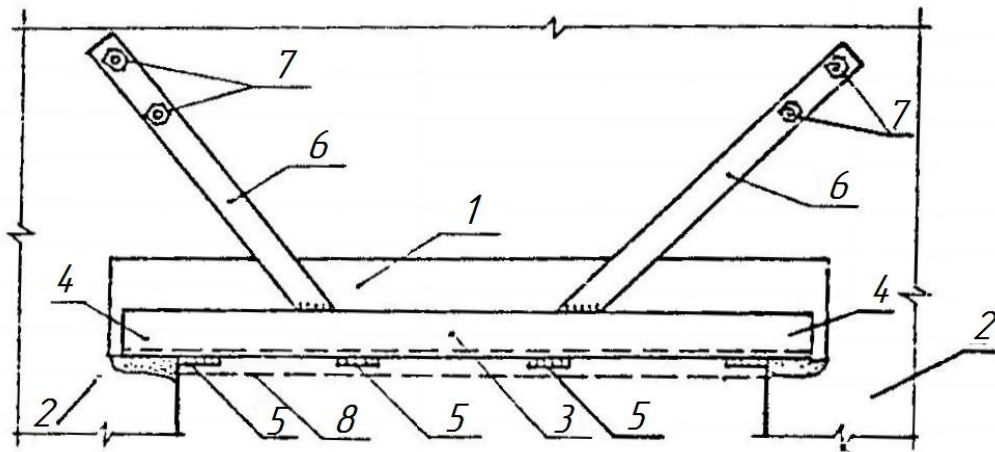


Рис. 174. Підведення розвантажувальних балок з додатковими підвісками:

1 – посилювана перемичка; 2 – цегляні простінки; 3 – розвантажувальні балки; 4 - закладення кутиків у простінок; 5 – планки, які з'єднують кутики; 6 – підвіски з металевої смуги, приварені до кутиків; 7 – анкерні болти; 8 – штукатурка по сітці

2.8.5. Посилення вузлів опирання залізобетонних перемичок цегляних стін

При експлуатації будинків із залізобетонними перемичками виникає необхідність посилення зон опирання. Такі дефекти усувають шляхом заміни дефектної кладки, підведенням розвантажувальних стояків, влаштуванням обойми й підвісок. Заміна ділянок зруйнованої кладки може здійснюватися влаштуванням нової кладки (рис. 175) або залізобетону (рис. 176). При цьому при проведенні робіт в обох випадках встановлюються тимчасові розвантажувальні стояки.

У випадку збереження існуючої кладки посилення варто проводити підведенням розвантажувальних стояків із прокатного металу (рис. 177) або залізобетону (рис. 178). При підведенні розвантажувальних стояків з металу розмір прорізу практично не змінюється. По кутах прорізу встановлюються металеві кутики, які з'єднуються між собою сполучними планками. У верхній і нижній частинах встановлюється опорна база з кутика. При влаштуванні розвантажувальних стояків із залізобетону зменшується розмір прорізу. На бічні стінки прорізу навішується арматурна сітка й проводиться бетонування одним з відомих способів.

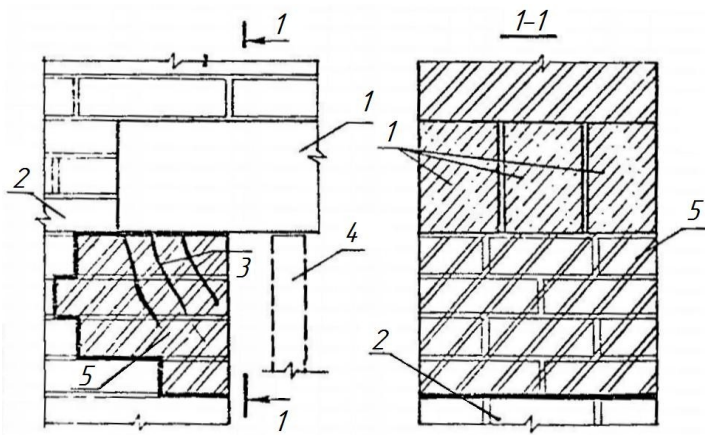


Рис. 175. Заміна ділянок зруйнованої кладки новою: 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок; 3 – тріщини; 4 – тимчасові розвантажувальні стояки; 5 – нова кам'яна кладка

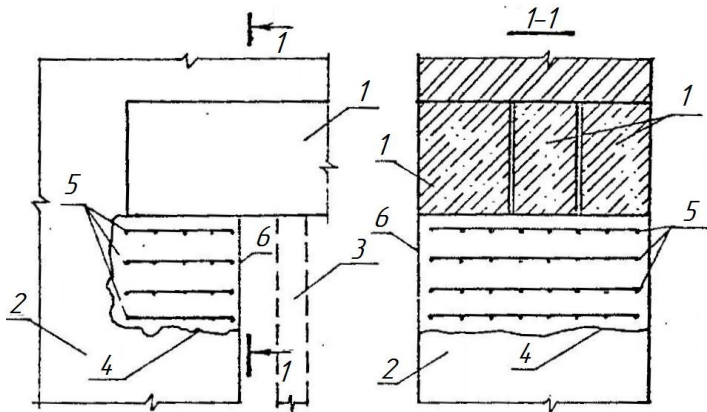


Рис. 176. Заміна ділянок зруйнованої кладки залізобетоном: 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок; 3 – тимчасові розвантажувальні стояки; 4 – розібрана зруйнована кладка; 5 – арматурні сітки; 6 – бетон

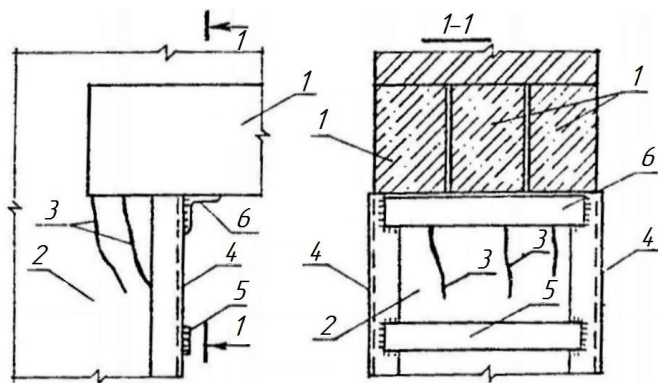


Рис. 177. Підведення розвантажувальних стояків із прокатного металу: 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок; 3 – тріщини; 4 – розвантажувальні стояки із прокатного металу; 5 – сполучні планки; 6 – опорна база стійок з кутика

Найменш матеріаломістким є посилення влаштуванням металевої обойми (рис. 179) і встановленням металевих підвісок (рис. 180). В обох випадках підсилюється безпосередньо зона руйнувань.

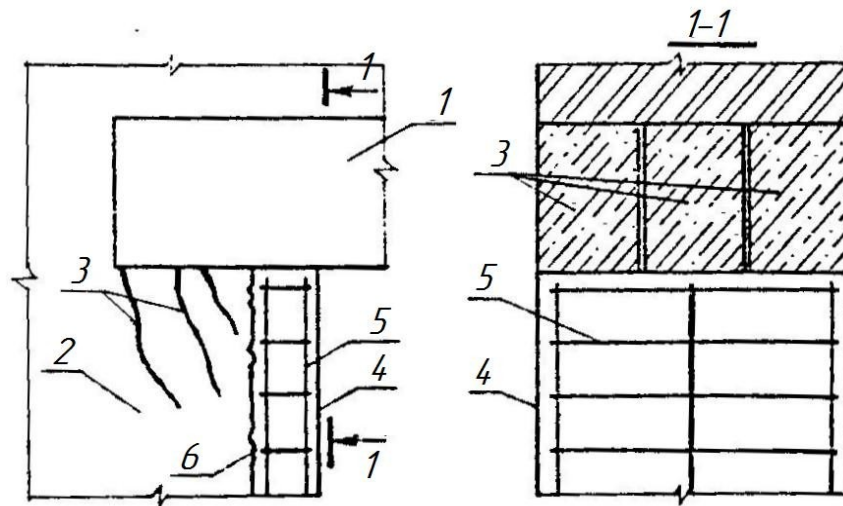


Рис. 178. Підведення розвантажувальних стояків із залізобетону:
 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок;
 3 – тріщини; 4 – розвантажувальні стояки з монолітного залізобетону; 5 – арматурний каркас; 6 – поверхня простінка, підготовлена до бетонування

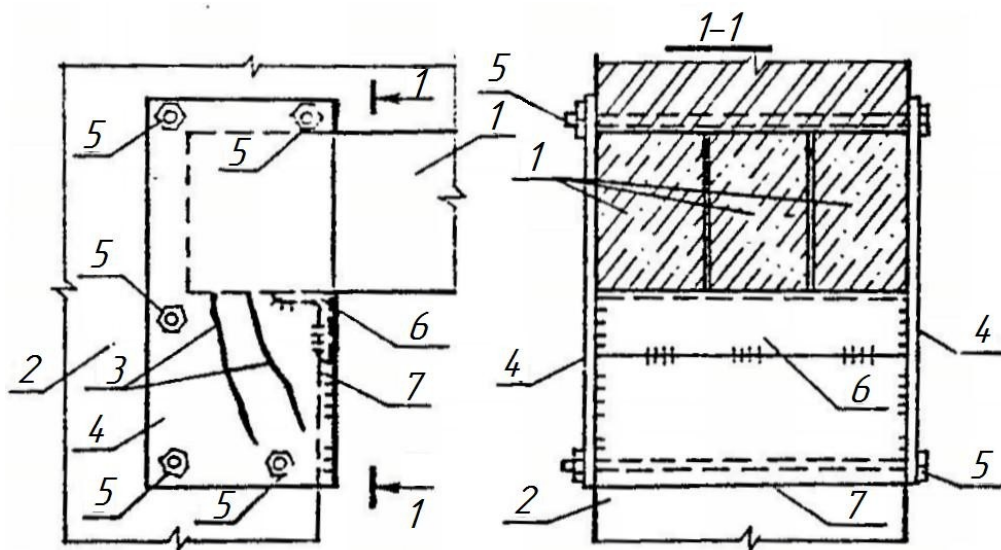


Рис. 179. Улаштування металевої обойми:
 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок;
 3 – тріщини; 4 – металеві пластини обойми, встановлені на розчині й стягнуті болтами; 5 – стяжні болти; 6 – опорний кутик, приварений до пластин; 7 – металева пластина обойми

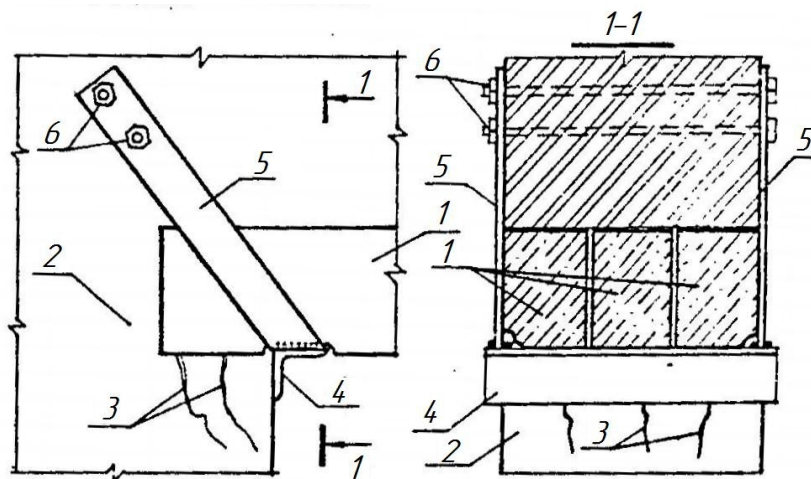


Рис. 180. Встановлення металевих підвісок:

- 1 – залізобетонні перемички; 2 – цегляний простінок;
 3 – тріщини; 4 – опора-кутик, приварена до оголеної арматури перемичок;
 5 – підвіски з металеві смуги, приварені до кутика;
 6 – стяжні болти

2.9. Посилення підпірних стін

Підпірні стіни призначені для підтримки від обвалення ґрунту, що знаходиться за ними. Підтримуючи збоку ґрунт від обвалення, підпірні стіни повинні мати достатню вагу й розміри, щоб встояти на місці. Тому в порівнянні зі звичайними стінами, наприклад у будинках, підпірні стіни значно масивніші й розширюються донизу. Підпірні стіни споруджують найчастіше з кам'яної, бетонної й бутобетонної кладки та залізобетону.

Як посилення підпірних стін найбільш часто застосовують бетонне або залізобетонне нарощування, а також улаштування обойм або сердечників. При посиленні стиснутої зони застосовують нарощування бетоном або залізобетоном. Улаштування бетонного нарощування в стиснутій зоні (рис. 181) застосовується при незначних пошкодженнях підпірної стіни. Поверхня підпірної стіни очищається, виконується насічка, влаштовуються ніші для кращого зчеплення старого й нового бетону. Бетон наноситься будь-яким відомим способом. Більш якісне посилення досягається застосуванням залізобетонного нарощування (рис. 182). Відмінністю від попереднього способу є встановлення анкерів діаметром 10-14 мм у просвердлені отвори

діаметром 12-16 мм і навішуванням арматурної сітки. Анкери встановлюються на цементно-піщаному розчині.

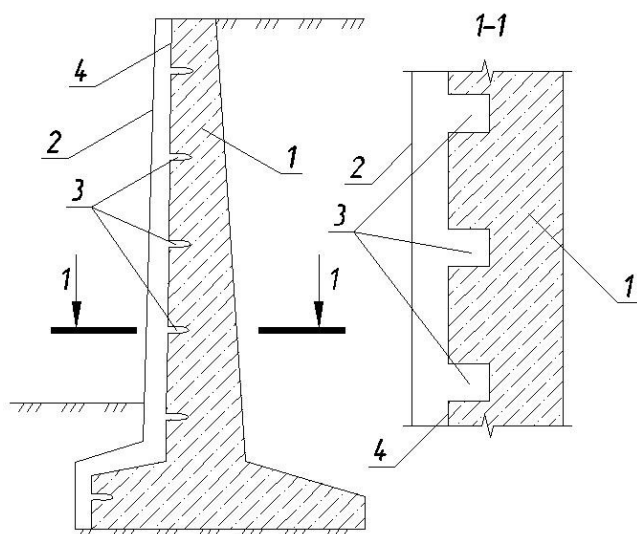


Рис. 181. Улаштування бетонного нарощування в стиснутій зоні: 1 – бетонна або залізобетонна підпірна стінка; 2 – бетонне нарощування в стиснутій зоні; 3 – ніші, влаштовані в підпірній стінці; 4 – підготовлена до бетонування поверхня

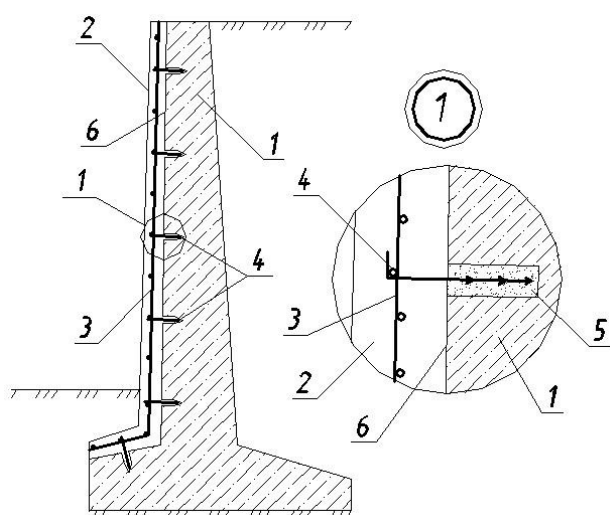


Рис. 182. Улаштування залізобетонного нарощування в стиснутій зоні: 1 – підпірна стінка; 2 – бетонне нарощування в стиснутій зоні; 3 – арматурна сітка, прив'язана до анкерів; 4 – анкери; 5 – просвердлені отвори; 6 – підготовлена до бетонування поверхня

При значних пошкодженнях влаштовується залізобетонне нарощування в розтягнутій зоні (рис. 183) або з одночасним посиленням стіни й опорної плити (рис. 184). В обох випадках для проведення робіт необхідно звільнити від ґрунту внутрішній бік підпірної стіни. Арматурна сітка навішується або в найбільш навантаженій частині (рис. 183), або по всій поверхні (рис. 184). Для навішування сітки можна застосовувати анкери з арматури (рис. 183) або відігнуті стрижні, що зашпаровуються в стіну (рис. 184). В обох випадках поверхня стіни в зоні посилення

повинна бути добре очищена від слабого бетону, гідроізоляції, повинна бути виконана насічка.

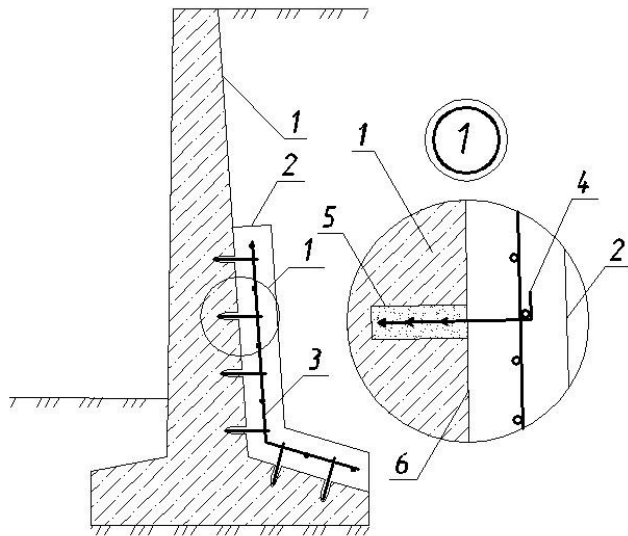


Рис. 183. Улаштування залізобетонного нарощування в розтягнутій зоні: 1 – підпірна стінка; 2 – бетонне нарощування в розтягнутій зоні; 3 – робоча арматура сіток; 4 – анкери; 5 – просвердлені отвори; 6 – підготовлена до бетонування поверхня

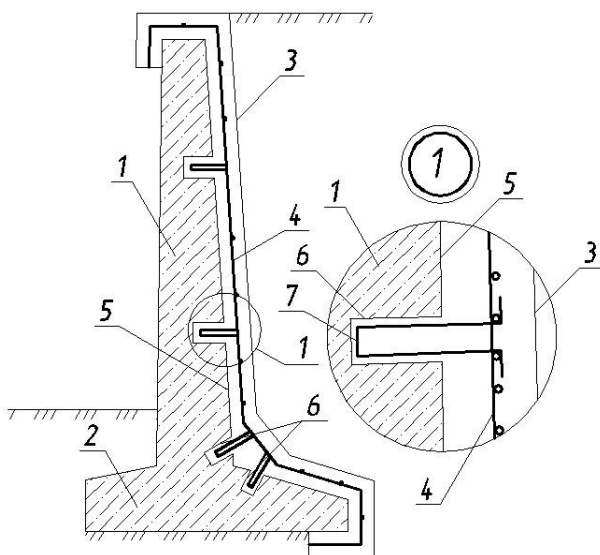


Рис. 184. Улаштування залізобетонного нарощування при одночасному посиленні стіни й опорної плити: 1 – підпірна стінка; 2 – опорна плита стіни; 3 – залізобетонне нарощування в розтягнутій зоні; 4 – арматурна сітка; 5 – підготовлена до бетонування поверхня; 6 – ніші, що влаштовуються в стіні; 7 – гнуті арматурні стрижні

В окремих випадках для посилення підпірної стіни можна застосовувати залізобетонний сердечник (рис. 185). Його варто встановлювати із кроком 1,5-2 м у прорубаній штробі. При цьому також виникає необхідність розроблення ґрунту із внутрішнього боку підпірної стінки.

У випадку посилення кам'яних підпірних стінок найбільш ефективним способом є посилення залізобетонною обіймою (рис. 186). При проведенні робіт виконується розроблення

грунту, очищення поверхні підпірної стіни, встановлення анкерів, навішування арматурної сітки й бетонування.

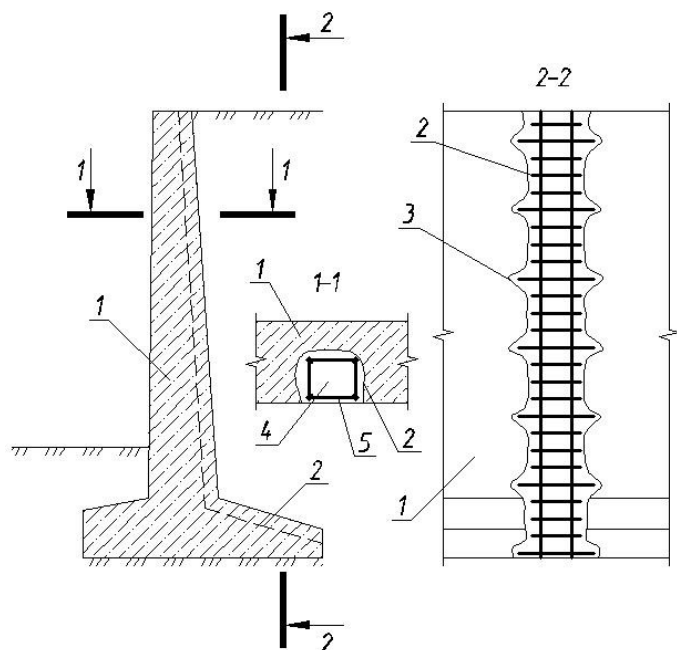


Рис. 185. Улаштування залізобетонних сердечників: 1 – підпірна стінка;

2 – штроба в стіні через 1,5-2 м; 3 – розширення в штробі для утворення шпонок; 4 – залізобетонний сердечник; 5 – арматурний каркас

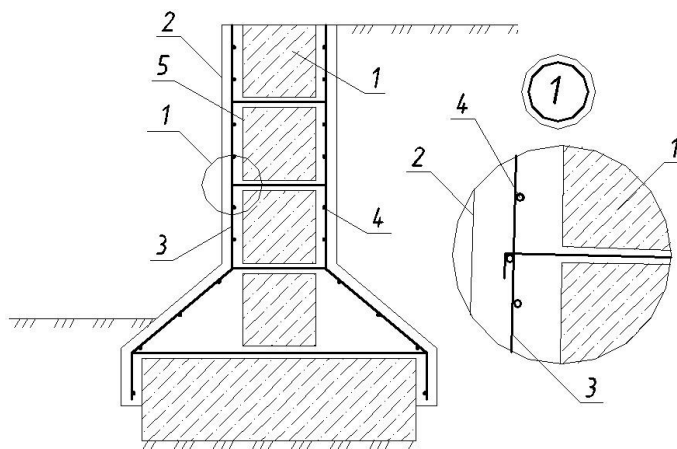


Рис. 186. Улаштування залізобетонної обійми:

1 – підпірна стінка; 2 – залізобетонна обійма; 3 – арматурні сітки; 4 – анкери; 5 – підготовлена до бетонування поверхня

Схеми посилення кам'яних стін та їх елементів наведені у [12 - 14, 16, 25, 28, 30, 33].

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які способи посилення основ при реконструкції й капітальному ремонті вам відомі?
2. Які способи посилення аварійних фундаментів будинків вам відомі?
3. Як виконують посилення кладки цементацією?
4. Як виконують ремонт і посилення тіла фундаментів матеріалами на основі полімерів?
5. Як виконують ремонт фундаментів улаштуванням захисних розчинних сорочок?
6. Як виконують ремонт фундаментів частковою заміною кладки фундаменту?
7. Як виконують посилення залізобетонних фундаментів обіймами?
8. Як виконують посилення фундаментів шляхом підведення конструктивних елементів під подошву фундаментів?
9. Як виконують посилення фундаментів зміною конструктивного рішення фундаментів?
10. Як виконують посилення фундаментних плит?
11. Як виконують посилення окремих фундаментів?
12. Які способи посилення фундаментів палями вам відомі?
13. Як виконують посилення фундаментів набивними й буронабивними палями?
14. Як виконують посилення фундаментів забивними палями?
15. Як виконують посилення фундаментів палями, що вдавлюються?
16. Як виконують посилення фундаментів буроін'єкційними палями?
17. Як виконують посилення фундаментів способом "стіна в ґрунті"?
18. Як виконують посилення фундаментів опускними колодзями?
19. Наведіть основні способи посилення несучих конструкцій?
20. Які способи посилення колон вам відомі?

21. Якими способами виконують посилення консолей колон?
22. Які існують додаткові вимоги до посилення стиснутих елементів?
23. Якими способами виконують посилення плит монолітних залізобетонних покриттів і перекриттів?
24. Які способи посилення залізобетонних балок вам відомі?
25. Якими способами виконують посилення залізобетонних балок без розвантаження?
26. Якими способами виконують посилення попередньо напруженої арматури балок?
27. Якими способами виконують посилення балок залізобетонними й металевими підтримуючими конструкціями?
28. Які способи посилення стінових панелей вам відомі?
29. Як виконують посилення вузлів кріплення зовнішніх стін великопанельних будинків?
30. Як виконують посилення залізобетонних сходових маршів і площадок?
31. Як виконують посилення балконних плит і козирків?
32. Які способи посилення кам'яних стін вам відомі?
33. Як виконують посилення цегляних стовпів і простінків?
34. Як виконують посилення цегляних перемичок?
35. Як виконують посилення залізобетонних перемичок?
36. Як виконують посилення вузлів обпирання залізобетонних перемичок цегляних стін?
37. Які способи посилення підпірних стін вам відомі?

Бібліографічний список

1. Алексеев В. К., Гроздов В.Т., Тарасов В.А. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения. — М.: Минобороны, 1982. — 178 с.
2. Гильман Я.Д., Гильман Е.Д. Усиление и восстановление зданий на лессовых просадочных грунтах. — М.: Стройиздат, 1989. — 160 с.
3. Гроздов В.Т. Дефекты основных несущих железобетонных конструкций каркасных многоэтажных промышленных и общественных зданий и методы их устранения. — С.Пб: СПбВВИ-СУ, 1993. — 192 с.
4. Гроздов В.Т. Дефекты сборных железобетонных несущих конструкций одноэтажных каркасных промышленных зданий и методы их устранения. — С.Пб: СПбВВИ-СУ, 1993. — 168 с.
5. Гроздов В.Т. Дефекты каменных зданий и методы их устранения. — С.Пб: СПбВВИ-СУ, 1994. — 146 с.
6. Гроздов В.Т. О разрушении стены от воздействия сезонного периода температуры наружного воздуха // Известия вузов: Строительство. — 1997. — № 12. — С. 8-11.
7. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. — С.Пб: ВИСИ, 1998. — 204 с.
8. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. — С.Пб: ВИТУ, 1998. — 148 с.
9. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений. — С.Пб.: Издательский дом KN+, 2000. — 48 с.
10. Калинин, А.А. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений. — М.: АСВ, 2004. — 160 с.
11. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. — М. : Стройиздат, 1988. — 287 с.
12. Леденев В.И., Леденев В.В. Реконструкция и техническая эксплуатация зданий и сооружений. — М.: МИХМ, 1987. — 86 с.
13. Леденев В.И., Леденев В.В. Усиление конструкций при реконструкции. — Тамбов: ТИХМ, 1991. — 104 с.

14. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: Атлас схем и чертежей. – Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 317 с.

15. Мирошніченко С.В., Лютий В.А. Повышение долговечности массивных бутобетонных опор с каменной облицовкой // Автомобільні дороги та дорожнє будівництво (Науково-технічний збірник). – К.: НТУ, 2006. – №73. – С. 225-228.

16. Михеев, И.И. Захаров С.Т., Косенков Е.Д. и др. Усиление конструкций промышленных зданий. – К.: Будивельник, 1969. – 192 с.

17. Плугін А.Н., Мірошніченко С.В., Калінін О.А. та ін. Нова технологія ремонту кам'яних опор з силовими тріщинами // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – Вип.48: Питання підвищення надійності залізничної колії та інженерних споруд. – С.4-10.

18. Плугін А.Н., Мірошніченко С.В., Лютий В.А. Підсилення напружених прогонових споруд за допомогою клеєанкерних струнопакетів // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2004. – Вип. 63: Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті. – С. 156-163.

19. Плугин А.Н., Калинин О.А., Плугин А.А. и др. Определение состава бетона с минимальными ползучестью и водопроницаемостью // Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительном и коммунальном хозяйстве: Сб науч. тр. Международной науч.-практ. конф. – Белгород: БГТАСМ, 2002. – Ч.2. – С. 175-181.

20. Плугин А.Н., Плугин А.А., Калинин О.А. и др. Долговременная ползучесть бетона и напряженно-деформированное состояние железобетонных изделий и конструкций // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2004. – Вип. 63: Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті. – С.5-47.

21. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий полимеррастворами. – М.: Стройиздат, 1990. – 160 с.

22. Рекомендации по определению технического состояния ограждающих конструкций при реконструкции промышленных зданий / ЦНИИпромиздат. – М.: Стройиздат, 1988. – 151 с.

23. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1989. – 104 с.

24. Рекомендации по применению защитно-конструкционных полимеррастворов при реконструкции и строительстве гражданских зданий / НИЛЭП ОИСИ. – М.: Стройиздат, 1986. – 112 с.

25. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В.В. Кучеренко. — М.: Стройиздат, 1984. – 38 с.

26. Реконструкция промышленных предприятий : в 2 т. – М.: Стройиздат, 1990. – Т. 1. – 623 с.

27. Ройтман А. Г. Предупреждение аварий жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1990. – 240 с.

28. Руководство по проектированию каменных и армокаменных конструкций / ЦНИИСК им. Курченко. – М.: Стройиздат, 1974. – 42 с.

29. Физдель Й. А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. – М.: Стройиздат, 1987. — 336 с.

30. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление строительных конструкций. – Львов: Выща шк.: Изд-во при Львов. ун-те, 1985. – 156 с.

31. Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.

32. СНиП 2.03.01—84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1989. – 80 с.

33. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. — М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

34. СНиП 2.02.01-83. Основание зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

35. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. – М.: Стройиздат, 1989. – 96 с.

36. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. — М.: Стройиздат, 1987. – 36с.

37. Патент 62613А Україна, МПК 7 С04В28/12 Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону/ А.М.Плугін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, С.М.Кудренко, В.А.Лютій, А.В.Никитинський, І.В.Подтележнікова, Г.О.Линник, М.Д.Костюк, В.О.Яковлев. - №2003043396. Заяв.15.04.2003. Опубл.15.12.2003, бюл.№12.

38. Патент 71208. Україна. МПК 7 С04В24/18 Суперпластифікована цементно-водяна суспензія СПЦВС для цементації гірських порід і будівельних конструкцій / А.М.Плугін, Ар.М.Плугін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, Д.В.Шумик, Д.А.Плугін, А.В.Никитинський, В.А.Лютій, М.Д.Костюк. - №20031210920; Заяв.02.12.2003.

Технічні вимоги до складу ЗС–3

1. Склад ЗС–3 повинен відповідати вимогам ТУ.
2. Склад ЗС-3 приготують безпосередньо перед його використанням з урахуванням часу, необхідного для дозування компонентів, перемішування, доставки до місця застосування і нанесення.
3. Для складу ЗС–3 використовують такі компоненти:
 - смоли епоксидну ЕД – ДСТУ 2093;
 - отверджувач ПЕПА для епоксидних смол – ТУ 6-05-241-331;
 - смоли кам'яновугільну (КВС) – ТУ У 322-00190443-10;
 - наповнювач портландцемент (ПЦ) М 400 ДСТУ Б. В. 2.7-46.
4. Вміст компонентів по масі у складі ЗС – 3 %:

- ЕД – 20	-26.66 (100)	(масові частки)
- ПЕПА	-6.66 (25)	
- КВС	-39.99 (150)	
- ПЦ	-26.66 (100)	
5. Основні показники складу ЗС–3:
 - життєздатність – час у годинах з моменту введення отверджувача до моменту втрати складом текучості не менш 42 хвилин;
 - міцність зчеплення з бетоном не менше 2 МПа;
 - водопоглинання не більш 1 % ГОСТ 4650;
 - морозостійкість за ДСТУ Б.В. 2.7 – 47.
6. Склад ЗС–3 використовують при температурі навколишнього середовища не нижче +10° С та не вище +35° С.

Виготовлення складу ЗС–3

1. Виготовленню складу ЗС–3 з метою його використання для захисту поверхні бетонних і залізобетонних конструкцій, які експлуатуються у вологих умовах, повинна передувати перевірка відповідності нормативним документам вихідних компонентів – епоксидної смоли ЕД-20, ПЦ, отверджувач УП-583, КВС.
2. При виготовленні складу ЗС–3 температура навколишнього середовища повинна бути вище +10° С.
3. Дозування ПЦ, КВС, ЕД-20, отверджувача робиться по масі з точністю ± 2 (для отверджувача ± 1 %).

4. Склад ЗС–3 виготовляють або вручну при об'ємі замісу до 5 л, або в будь-якому типі змішувача примусової дії в будь-якому об'ємі.

5. Виготовлення ЗС–3 робиться у визначеній послідовності. Спочатку змішують епоксидну та кам'яновугільну смоли (у співвідношенні 1:1,5), потім додають у суміш невеликими порціями портландцемент (з розрахунку одна його частина на одну частину епоксидної смоли). Тривалість перемішування – не менше 7 хв, потім таку суміш можна зберігати в закритій тарі протягом 48 год.

Перед використанням в суміш додають отверджувач (25 % від маси епоксидної смоли). Час перемішування не менш 5-7 хв.

Тривалість зберігання складу ЗС–3 залежить від температури навколишнього середовища та об'єму складу.

Життєздатність складу ЗС-3 об'ємом 0,5 л при $T=20^{\circ}\text{C}$ становить приблизно 40 хв.

Підготовка бетонних і залізобетонних поверхонь перед нанесенням складу С–3

1. Поверхні, на які буде наноситися склад ЗС–3, повинні бути попередньо очищені від продуктів корозії, забруднення та жиру. Слід враховувати, що від якості підготовки поверхні залежить величина адгезії складу ЗС–3 та довговічність його захисної дії.

2. Очищення поверхні від пухких продуктів та забруднень слід проводити піскоструменевим або гідропіскоструменевим способами. При невеликих обсягах робіт допускається очищення поверхні механізованим інструментом (пневматичні турбінки) або металевими щітками вручну.

Нанесення складу ЗС–3

1. Нанесення складу ЗС–3, робиться за допомогою компресора.

2. Нанесені на поверхню бетонних і залізобетонних конструкцій захисні склади після затвердіння повинні утворювати гладке, без напливів, раковин та кратерів покриття, товщина якого складає 0,2 – 0,3 мм.

Приклад закріплення основи монумента

Монумент проектується на території приватного домоволодіння і являє собою бронзову скульптуру висотою 4 м на гранітному постаменті висотою 6 м.

Основою монумента служить шар штучного ґрунту зі слабо ущільненого піску Безлюдівського родовища (дуже дрібного, $M_{кр} \approx 1$) товщиною від 3 до 5,5 м, із трьох боків обмежений залізобетонними підпірними стінами: з одного боку – висотою близько 2 м, з боку підземного гаража – близько 3 м (стіна гаража), з іншого боку – близько 1 м. Під шаром піску розташовані залишки старого цегляного фундаменту на основі із суглинних ґрунтів, поверх шару піску – щебенева подушка товщиною 100 мм і залізобетонна плита товщиною 300 мм. Плита лежить на основі без опирання на підпірні стіни (рис. Д.2.1).

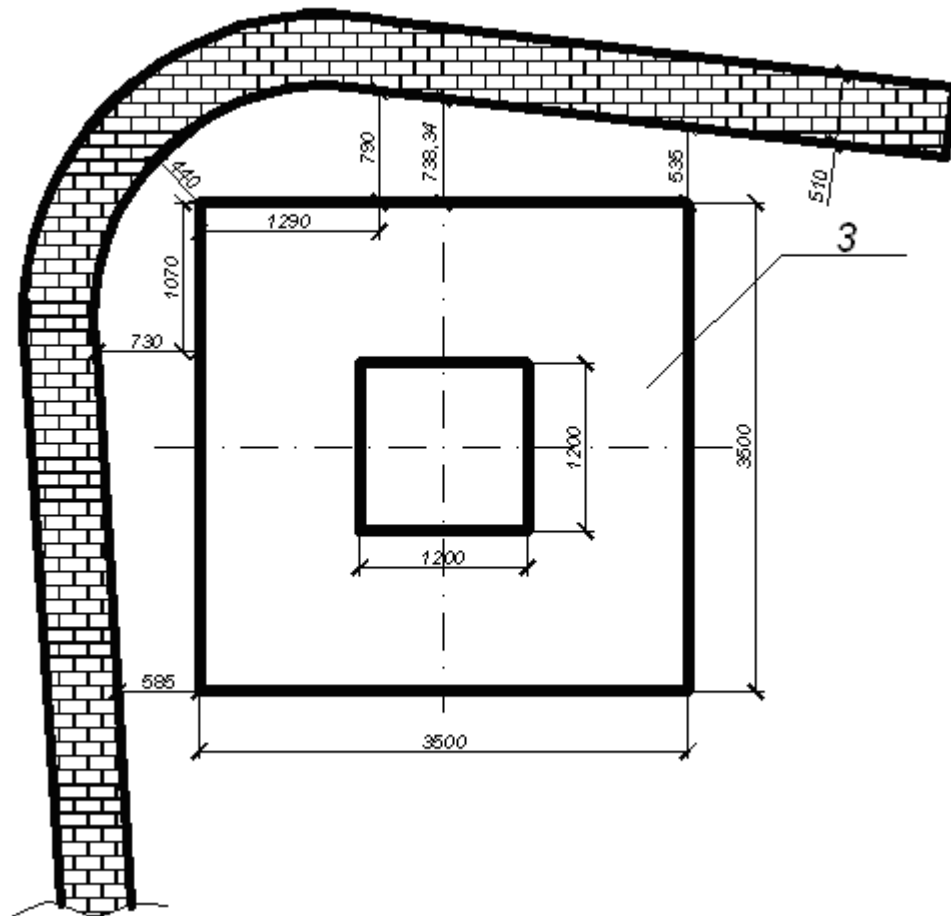


Рис. Д.2.1. План зони посилення основи

З урахуванням того, що монумент споруджується на схилі, що має ознаки деформацій (нахил дерев на протилежному боці, тріщини в стінах будинків нижче), метою роботи є вживання заходів для забезпечення міцності й стійкості основи й конструкції монумента.

Основу закріпили однорозчинною двокомпонентною силікатизацією, щебеневу подушку – цементациєю (нагнітанням суперпластифікованої цементно-водяної суспензії) у сполученні з 16 мікропальями (рис. Д.2.2 – Д.2.3).

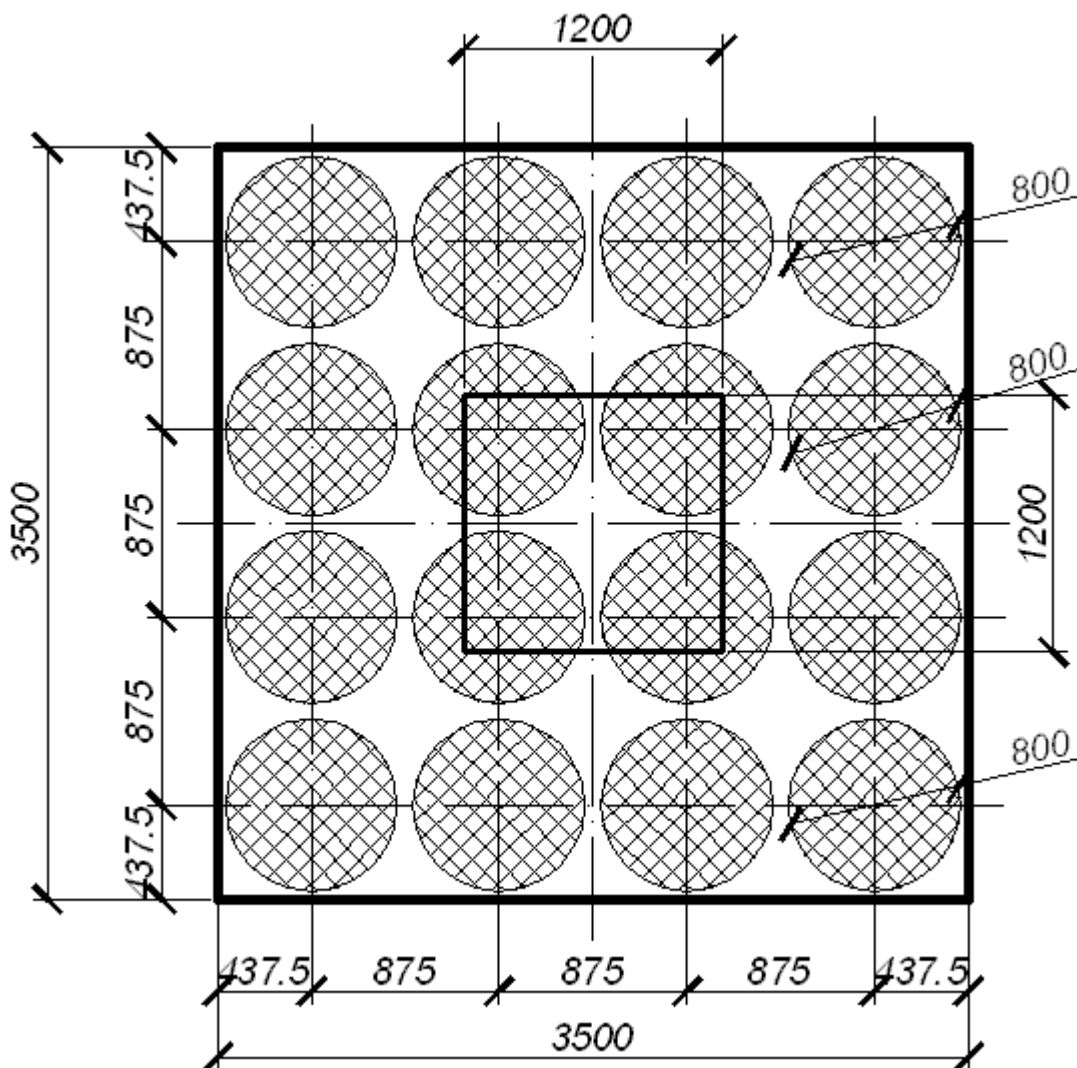


Рис. Д.2.2. План розташування мікропаль із радіусами закріплення ґрунту основи

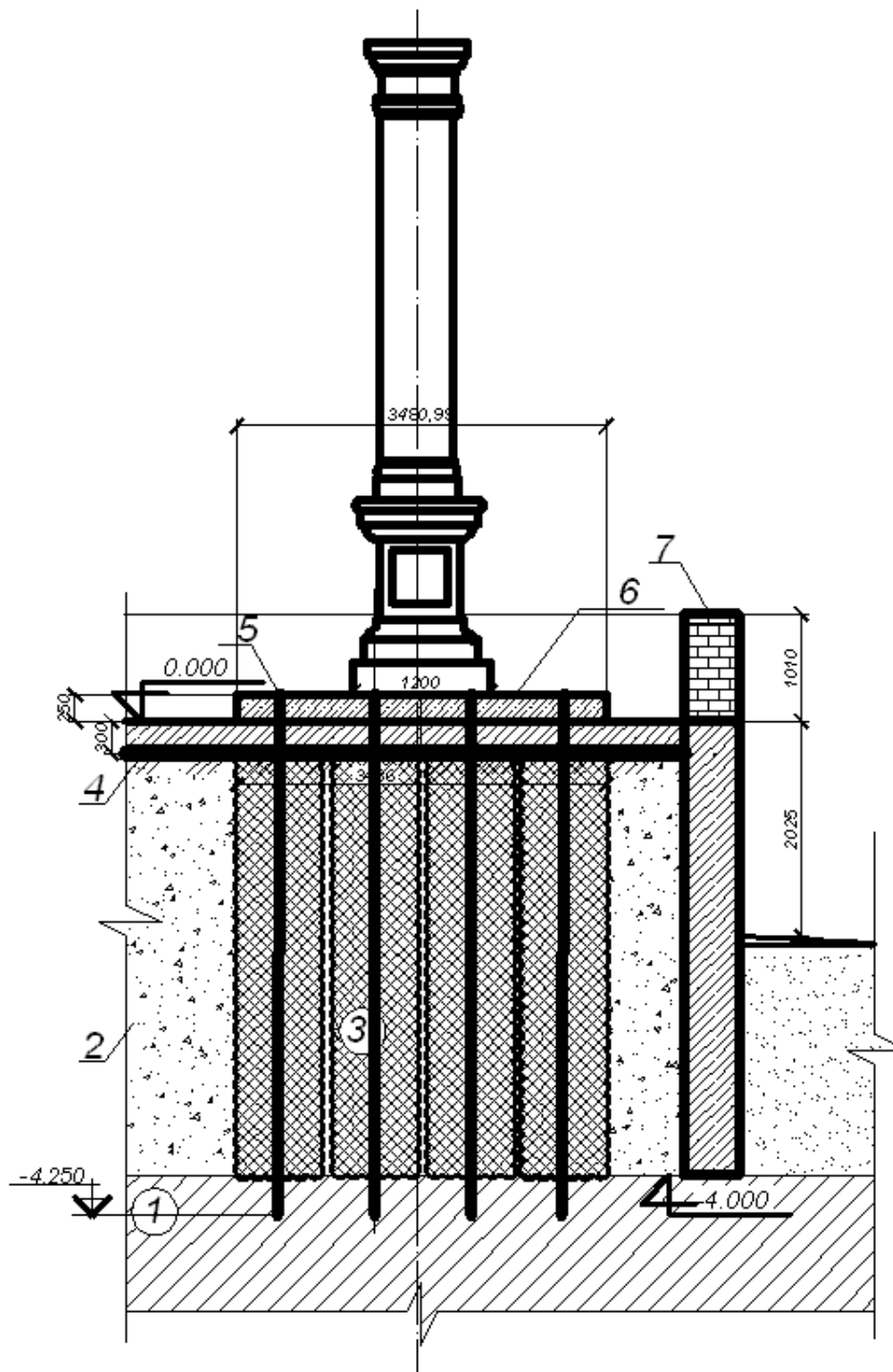


Рис. Д.2.3. Посилення основи (переріз):

- 1 – природний ґрунт; 2 – насипна основа; 3 – закріплена основа;
 4 – щебенева подушка; 5 – мікропалі; 6 – залізобетонна плита;
 7 – підпірні стіни

Розчин для силікатизації готували з натрієвого рідкого скла, кремнефтористоводневої кислоти, добавки суперпластифікатора С-3 і води. При цьому спочатку готували водні розчини

натрієвого рідкого скла щільністю 1250 кг/м^3 з додаванням С-3 7,8% по масі від кількості рідкого скла й кремнефтористо-водневої кислоти щільністю 1080 кг/м^3 (рис. Д.2.4), які змішували безпосередньо перед нагнітанням в об'ємному співвідношенні 1:0,12. Час гелеутворення розчину складав – 20-30 хв.



Рис. Д.2.4. Готування гелеутворюючого розчину

СПЦВС готували з портландцементу ПЦ І-500, води й добавки-суперпластифікатора С-3 (порошкоподібної). Водоцементне відношення - 0,32 - 0,35, дозування добавки - 0,3 % по масі від кількості цементу.

Готування розчинів робили в ємності обсягом 50 л за допомогою електродриля з лопатевою насадкою.

Ін'єктори для силікатизації виготовляли із труб ВГП Ду 20 мм (рис. Д.2.5). Ін'єктор складається з робочої ланки довжиною 1 м з перфорацією. З'єднання ланок – за допомогою різьбових муфт. На верхню ланку при забиванні встановлювали наголовник, забивання проводили молотом масою 15 кг вручну.

Ін'єктори для цементації являли собою штуцери із труб ВГП Ду 20 мм довжиною 400 мм із різьбою з одного боку для приєднання розчинопроводу.

Нагнітання розчинів проводили за допомогою ручного поршневого насоса (рис. Д.2.6).



Рис. Д.2.5. Ін'єктори, приготовлені для нагнітання силікатного розчину



Рис. Д.2.6. Нагнітання силікатного розчину за допомогою ручного поршневого насоса

В існуючій залізобетонній плиті свердлили отвори (57 мм).

Робочу ланку ін'єктора через отвір забивали в ґрунт на всю довжину, приєднували до нього глуху ланку й добивали на товщину плити. Зазор між ін'єктором і стінками отвору герметизували цементним розчином з добавкою-прискорювачем твердіння. Після тужавлення розчину до ін'єктора приєднували розчинопровід і здійснювали нагнітання силікатного розчину в кількості не менш 120 л (або до відмови).

Розчинопровід від'єднували, установлювали наступну ланку й забивали ін'єктор на довжину ланки – 1 м. До ін'єктора приєднували розчинопровід і здійснювали нагнітання силікатного розчину в кількості не менш 120 л (або до відмови).

Нагнітання силікатного розчину продовжували в такий спосіб заходками по 1 м. Занурення ін'єктора проводили до відмови. Після завершення нагнітання силікатного розчину ін'єктор обпресовували СПЦВС і залишали в ґрунті як мікропалью.

Після завершення робіт із закріплення ґрунту виготовляли арматурний каркас ростверка, зварюючи його стрижні з виступаючими оголовками мікропаль, установлювали опалубку й бетонували ростверк. Бетон ростверка класу за міцністю на стиск призначали В35 і марки за морозостійкістю F200.

Порядок приготування суперпластифікованої цементно-водяної суспензії (СПЦВС)

Суперпластифікована цементно-водяна суспензія (СПЦВС) розроблена на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту і захищена патентом №71208 UA.

Для нагнітання з метою герметизації й зміцнення в період ремонту або після розроблений склад цементного тіста (СПЦВС) зі спеціальною добавкою – суперпластифікатором. Добавка дозволяє одержувати цементну пасту з водоцементним відношенням 0,3-0,35, що має консистенцію, традиційно використовувану для нагнітання пасти без добавки з В/Ц 0,8-1.0. Значення В/Ц, рівне 0,3, близьке до оптимального значення, при якому одержують максимально можливі міцність, щільність і водонепроникність. Тому розроблений склад у порівнянні з традиційними, не розшаровується, швидше схоплюється й твердіє, що обумовлює його більш високу стійкість до вимивання відразу після нагнітання. При твердінні він піддається набагато меншій усадці, а в затверділому вигляді має набагато більшу міцність і практично повну водонепроникність.

СПЦВС виготовляють безпосередньо на місці застосування в розчинозмішувачі. Склад нагнітають за допомогою поршневого розчинонасоса (електричного або ручного), який створює тиск не менш 1,2 МПа, через шланги високого тиску й ін'єктори діаметром не менш 1¼". Нагнітання проводять під тиском 0,2-0,6 МПа до одержання відмови. При одержанні відмови тиск підвищують рівнями по 0,2 МПа, витримуючи кожний рівень по 2 хв. Обпресування провадять тиском 1,2 МПа та витримують не менш 10 хв.

У якості добавки-суперпластифікатора добре зарекомендувала себе добавка С-3 або її аналоги.

Порядок приготування СПЦВС:

- дозування води - й подача її в бетонозмішувач;
- дозування суперпластифікатора й введення його у воду для замішування;

- перемішування води із суперпластифікатором у бетонозмішувачі, (1-2 хв.);
- дозування цементу й завантаження його в бетонозмішувач при постійному перемішуванні суміші;
- перемішування суміші триває до одержання однорідної маси (при приготуванні 0,25 м³ не менш 10 хв.).

Контроль в'язкості СПЦВС при його готуванні

Умовна в'язкість контролюється за допомогою віскозиметра ВЗ-1.

Через більш високу в'язкість, ніж у води, останні порції СПЦВС не витікають із каліброваного отвору, тому обсяг суспензії, що витікає, зменшують до 65 г, замість 90 см³ для води.

СПЦВС може проникати в тріщини товщиною 200 мкм і більше на глибину не менш 0,6 м, що відповідає глибині промерзання $l_{пр}=1$ м, лише при $\eta \leq 0,27$ Н·с/м² (умовна в'язкість для ВЗ-1 200 с.). Відповідно до таблиці це забезпечується при В/Ц=0,3 і більше.

Величини динамічна (η_0) й умовна в'язкість (t) по ВЗ-1 СПЦВС

В/Ц	В'язкість СПЦВС $\eta_{СПЦВС}$, Н·с/м ²	Умовна в'язкість (час витікання 65г) СПЦВС t, з
0,26	0,46	-
0,3	0,27	200
0,35	0,07	56
0,4	0,02	17,2
0,45	0,009	8,1
0,5	0,0054	5,3

З огляду на необхідність одержання зі СПЦВС максимально міцного цементного каменю, В/Ц робочого складу повинне перебувати в межах 0,3 - 0,35, що відповідає умовній в'язкості по ВЗ-1 у межах 200 - 56 с.

Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту

Ця методика розповсюджується на бетон важкий ДСТУ Б В.2.7-43 для залізобетонних конструкцій залізничного транспорту, у т.ч. для виконання ремонтних робіт і встановлює порядок розрахунку, призначення і видачі у виробництво складу бетону.

Методика відповідає вимогам ГОСТ 27006 і забезпечує досягнення високих показників міцності, тріщиностійкості і водонепроникності бетону.

Методика розроблена на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту і захищена авторським свідоцтвом 1787972 SU та патентом 62613 UA.

1. Загальні положення

1.1. Визначення складу бетону включає в себе розрахунок номінального і робочого складу, розрахунок і передачу у виробництво робочих дозувань за ГОСТ 27006.

1.2. Робочі склади бетону визначають при надходженні нових партій матеріалів тих же видів і марок з урахуванням їх фактичної якості. При призначенні робочих складів їх перевіряють у лабораторних або виробничих умовах.

1.3. Робоче дозування призначають за робочим складом бетонної суміші з урахуванням об'єму замісу, що готується.

1.4. Результати визначення складу бетону повинні бути оформлені в журналі визначення складу бетону і підписані начальником лабораторії або іншою особою, відповідальною за підбір складу бетону.

1.5. Журнали визначення складу бетону і листи (картки) робочих дозувань разом з дублікатами документів про якість на відповідні партії конструкцій (бетонної суміші) повинні зберігатися на підприємстві-виробнику.

2. Визначення характеристик матеріалів

2.1. Визначають характеристики використовуваних матеріалів:

- крупного заповнювача – щебеню: насипну густину ρ_n^{III} , кг/дм³; істинну густину ρ^{III} , кг/дм³; пустотність $P_{\text{ус}}^{\text{III}}$; водопоглинання за масою W_m^{III} , від. од.; вологість за масою W^{III} , %; середній розмір найбільш представницької фракції d^{III} , мм;

- дрібного заповнювача – піску: істинну густину ρ^{II} , кг/дм³; насипну густину ρ_n^{II} , кг/дм³; пустотність $P_{\text{ус}}^{\text{II}}$, водопоглинання за масою W_m^{II} , від. од.; вологість за масою, W^{II} , %; середній розмір найбільш представницької фракції d^{II} , мм;

- цементу: істинну густину ρ^{I} , кг/дм³; середній розмір найбільш представницької фракції d^{I} , мм;

2.2. Насипну густину, істинну густину, пустотність, водопоглинання, вологість щебеню та піску визначають за ДСТУ Б В.2.7-71 і ГОСТ 8735. Відібрані для випробувань (крім визначення вологості) проби піску і щебеню потрібно висушити до постійної маси.

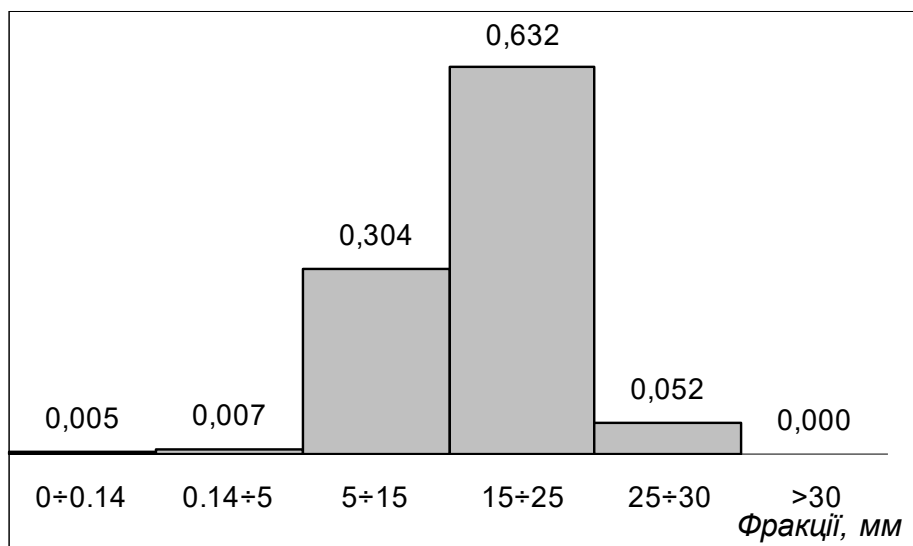
2.3. Істинну густину цементу визначають за ГОСТ 310.2.

2.4. Для визначення середніх розмірів найбільш представницьких фракцій щебеню та піску згідно з ДСТУ Б В.2.7-71 і ГОСТ 8735 визначають їх фракційний склад, за даними про часткові залишки будують гістограми розподілу зерен за фракціями, за якими визначають найбільш представницьку фракцію та її середній розмір d^{III} і d^{II} відповідно.

Наприклад, при часткових залишках на ситах з розміром отворів 25 мм – 5,2 %, 15 мм – 63,2 %, 5 мм – 30,4 %, 0,14 мм – 0,7 %, пройшло крізь 0,14 мм – 0,5 % гістограма розподілу зерен щебеню за фракціями буде мати вигляд, наведений на рис.Д.4.1, а, найбільш представницькою фракцією буде 15÷25 мм, а середній розмір зерен щебеню складе

$$d^{\text{III}} = (15+25)/2 = 20 \text{ мм.}$$

а)



б)

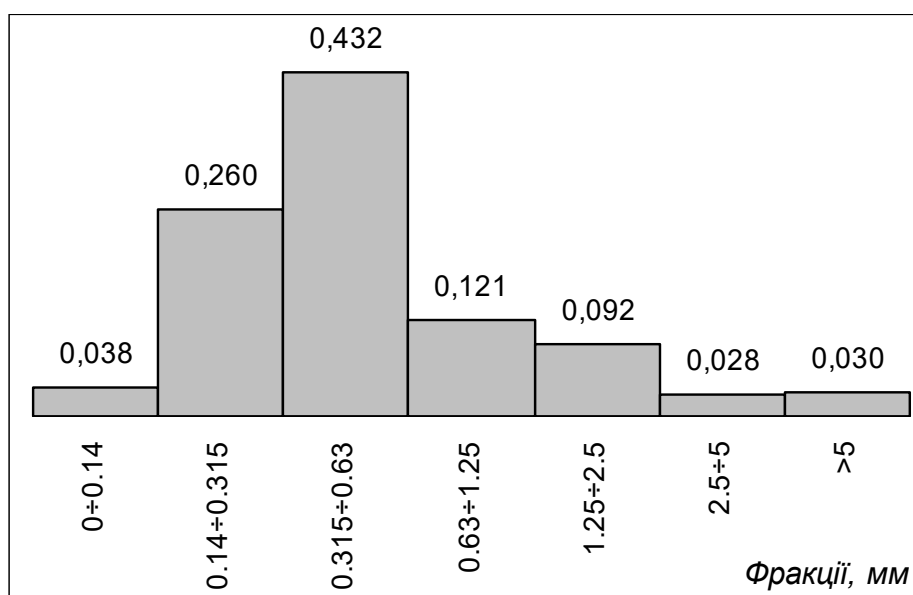


Рис. Д.4.1. Гістограми розподілу зерен за фракціями:
а – щебеню; б – піску

При часткових залишках на ситах з розміром отворів 5 мм – 3,0 %, 2,5 мм – 2,8 %, 1,25 мм – 9,2 %, 0,63 мм – 12,1 %, 0,315 мм – 43,2 %, 0,14 мм – 26,0 %, пройшло крізь 0,14 мм – 3,8 % гістограма розподілу зерен піску за фракціями буде мати вигляд, наведений на рис.Д.1.1, б, найбільш представницькою фракцією буде 0,315÷0,63 мм, а середній розмір зерен піску складе

$$d^{\text{п}} = (0,315 + 0,63) / 2 = 0,473 \text{ мм.}$$

2.5. Середній розмір найбільш представницької фракції часток цементу d^n приймають рівним 0,05 мм.

3. Визначення оптимального складу бетону

3.1. Визначають склад бетону, що має високі міцність, тріщиностійкість і водонепроникність, з безосадової (осадка конуса $OK \approx 0$ см) вібророзтічної (жорсткість J менша 15 с) суміші.

3.2. Визначають оптимальні коефіцієнти розсунення зерен щебеню $\alpha_{\text{опт}}$ і піску $\mu_{\text{опт}}$:

$$\alpha_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{d^n}{d^m}\right)^3 - 1,1,$$

$$\mu_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{d^o}{d^i}\right)^3 - 1,1.$$

Наприклад, для визначених у пп.2.4, 2.5 значень $d^m = 20$ мм, $d^n = 0,473$ мм, $d^i = 0,05$ мм оптимальні коефіцієнти розсунення зерен щебеню і піску складуть:

$$\alpha_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,473}{20}\right)^3 - 1,1 = 1,15,$$

$$\mu_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,05}{0,473}\right)^3 - 1,1 = 1,74.$$

3.3. Визначають витрату щебеню $Щ$ і піску $П$, кг,

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha_{\text{опт}} \cdot \rho_{\text{н}}^m}{\rho_{\text{н}}^m} + \frac{1}{\rho^m}},$$

$$П = \frac{1000 - \frac{Щ}{\rho^m}}{\frac{\mu_{\text{опт}} \cdot \rho_{\text{н}}^n}{\rho_{\text{н}}^n} + \frac{1}{\rho^n}}.$$

Наприклад, для $\rho_{\text{н}}^m = 1,320$ кг/дм², $\rho^m = 2,605$ кг/дм², $\rho_{\text{н}}^n = 1,454$ кг/дм², $\rho^n = 2,583$ кг/дм², витрати щебеню та піску складуть:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1,15 \cdot 0,49}{1,32} + \frac{1}{2,605}} = 1228 \text{ кг},$$

$$П = \frac{1000 - \frac{1228}{2,605}}{\frac{1,74 \cdot 0,44}{1,454} + \frac{1}{2,583}} = 580 \text{ кг.}$$

3.4. Визначають витрату цементу і води, кг,

$$Ц = \frac{1000 - Ц \left(\frac{1}{\rho^{\text{ш}}} + W_m^{\text{ш}} \right) - П \left(\frac{1}{\rho^{\text{п}}} + W_m^{\text{п}} \right)}{\frac{1}{\rho^{\text{п}}} + (B/Ц)_{\text{опт}}},$$

$$B = Ц \cdot (B/Ц)_{\text{опт}} + Ц \cdot W_m^{\text{ш}} + П \cdot W_m^{\text{п}}, \text{ л,}$$

де $(B/Ц)_{\text{опт}}$ – оптимальне водоцементне відношення, приймається 0,23.

Наприклад, для $W_m^{\text{ш}} = 0,0075$ і $W_m^{\text{п}} = 0,075$ витрати цементу і води складуть:

$$Ц = \frac{1000 - 1228 \cdot \left(\frac{1}{2,605} + 0,0075 \right) - 580 \cdot \left(\frac{1}{2,583} + 0,075 \right)}{\frac{1}{3100} + 0,23} = 455 \text{ кг,}$$

$$B = 455 \cdot 0,23 + 1228 \cdot 0,0075 + 580 \cdot 0,075 = 157 \text{ л.}$$

3.5. Визначають витрату добавки-суперпластифікатора:

$$СП = Ц \cdot (СП/Ц)_{\text{опт}} / 100, \quad (\text{А.7})$$

де $(СП/Ц)_{\text{опт}}$ – оптимальний вміст добавки-суперпластифікатора, %.

Наприклад, для $(СП/Ц)_{\text{опт}} = 0,3\%$ витрата добавки-суперпластифікатора складе:

$$СП = 455 \cdot 0,3 / 100 = 1,36 \text{ кг.}$$

3.6. Для перевірки забезпечення потрібної вібророзтічності і міцності готують дослідні заміси. Дослідні заміси слід готувати на заповнювачах і в'язучому, характеристики яких були прийняті при розрахунку складів. Матеріали повинні мати позитивну температуру.

Об'єм кожного дослідного замісу повинний не менше ніж на 10 % перевищувати сумарний об'єм проб, використуваних для визначення вібророзтічності бетонної суміші та виготовлення зразків міцності й бетону зразків, що виготовляються з нього.

3.7. Матеріали потрібно дозувати за масою з погрішністю не більшою 1%. Воду, водні розчини добавок дозують за масою або об'ємом.

3.8. Готування дослідних замісів виконують у лабораторному змішувачі примусової чи гравітаційної дії. Готування дослідних замісів об'ємом до 15 л допускається робити вручну на попередньо зволоженому листі з перемішуванням протягом 3÷5 хв.

3.9. Готування дослідних замісів починають з перемішування сухих матеріалів, а потім поступово додають у заміс призначену з розрахунку кількість води або розчину добавки.

Допускається на основі візуального контролю зручноукладальності та структури бетонної суміші вносити незначні зміни в кількість віддозованої води.

3.10. Після закінчення перемішування перевіряють вібророзтічність – жорсткість за спрощеним способом Скрамтаєва і виготовляють контрольні зразки-куби для визначення міцності.

3.11. Режим твердіння зразків повинний відповідати прийнятому режиму твердіння бетону в конструкціях, для яких зроблений підбір складу бетону.

4. Визначення і корегування робочих складів бетону

4.1. Призначення нового робочого складу виконують, якщо за даними вхідного контролю встановлена зміна якості матеріалів, що надійшли.

4.2. Визначають витрату щебеню, піску і води в робочому складі з урахуванням фактичної вологості заповнювачів:

$$\begin{aligned}Щ &= Щ_0 (1 + W^m/100); \\ П &= П_0 (1 + W^n/100); \\ B &= B_0 - Щ_0 W^m/100 - П_0 W^n/100,\end{aligned}$$

де $Щ_0$, $П_0$ і B_0 – витрата щебеню, піску і води відповідно для сухих матеріалів за номінальним складом, кг/м³.

Наприклад, для $W^m = 0,7 \%$ і $W^n = 3,0 \%$ витрати щебеню, піску і води у робочому складі будуть такі:

$$\begin{aligned}Щ &= 1228 \cdot (1 + 0,7/100) = 1237 \text{ кг,} \\ П &= 580 \cdot (1 + 3,0/100) = 597 \text{ кг,} \\ В &= 157 - 1228 \cdot 0,7/100 - 580 \cdot 3,0/100 = 131 \text{ л.}\end{aligned}$$

5. Визначення і передавання на виробництво робочих дозувань

5.1. Дозування матеріалів (щебеню, піску, цементу, води, добавки) визначаються за формулою

$$D_i = VP_i,$$

де D_i – доза i -го матеріалу за масою, кг, чи об'ємом, м³; P_i – витрата i -го матеріалу в робочому складі за масою, кг/м³, або об'єму, м³/м³; V – об'єм замісу, м³, і заносять у журнал визначення складів.

Наприклад, для об'єму замісу 0,33 м³ дозування щебеню, піску, цементу, води і добавки-суперпластифікатора складе:

$$\begin{aligned}D_{щ} &= 1237 \cdot 0,33 = 408 \text{ кг,} \\ D_{п} &= 597 \cdot 0,33 = 197 \text{ кг,} \\ D_{ц} &= 455 \cdot 0,33 = 150 \text{ кг,} \\ D_{в} &= 131 \cdot 0,33 = 43 \text{ л,} \\ D_{сп} &= 1,36 \cdot 0,33 = 0,450 \text{ кг.}\end{aligned}$$

5.2. Лабораторія підприємства-виробника бетонної суміші передає на виробництво дублікат листа (картки) дозування з журналу підбору складу за кожним робочим складом бетону. Кожен дублікат дозування повинний бути підписаний начальником або іншою відповідальною особою лабораторії.

Приклади відновлення споруд за допомогою металоін'єкційної обойми

Руйнування бетонних і залізобетонних споруд спричиняє цілий ряд факторів. Одним з основних є недосконалість складів бетонів, що дозволяє одній споруді знаходитися в хорошому стані багато десятиліть, а іншій, виготовленій тоді ж, руйнуватися через 10-15 років після початку експлуатації. Крім того, прискорює процеси руйнування електрокорозія.

У результаті відбувається руйнування й відшарування захисного шару бетону, корозія й руйнування арматури і, як наслідок, перехід споруди в розряд аварійних (рис. Д.5.1).



Рис. Д.5.1. Зони корозійного руйнування:
а – прогонова будова в м. Харків, б – вута рамної прогонової будови

Як правило, подібні руйнування відновлюють шляхом штукатурення, нанесення торкрету або заміняють частину конструкції або конструкцію в цілому. Однак штукатурення або торкрет служать не довго й, крім того, згодом процеси руйнування відбуваються з більшою швидкістю, заміна ж веде до значних фінансових витрат, що теж не завжди виправдано. Останнім часом з'явилося безліч імпорتنих матеріалів, які збільшують адгезію старого бетону й нового, відновлюють

властивості бетону й т.п. Але вони не вирішують головне завдання - не захищають бетон від електрокорозії.

Коли бетон знаходиться в сухих умовах, без перепаду температури він може працювати нескінченно довго. Але всі інженерні споруди транспортного призначення й ряд конструкцій будинків знаходяться в умовах постійного або тимчасового зволоження, піддані замерзанню й відтаванню, вивітрюванню й т.д. Як наслідок, у тілі споруди виникають різні потоки (осмотичний, дифузійний, фільтраційний та ін.), які проходячи через бетон постійно вимивають продукти гідратації. Накладення електричного поля прискорює ці процеси. У результаті споруда руйнується й потребує відновлення або заміни.

Оптимальним варіантом споруди було б виготовлення її з бетону оптимального складу (дод. 1), але ми говоримо про вже існуючий бетон, конструкцію, що існує, й треба вирішити питання відновлення й надання їй необхідних властивостей з водонепроникності й щільності, що у свою чергу забезпечить довговічність експлуатації після ремонту. Для вирішення подібних завдань була розроблена технологія ремонту за допомогою металоін'єкційної обойми.

Основна перевага металоін'єкційної обойми - повна ізоляція споруди, конструкції від впливів ззовні, у тому числі переривання електричних струмів корозії.

Для проведення робіт у першу чергу необхідне ретельне очищення поверхні від уже зруйнованого бетону, різних забруднень, а також очищення арматури від іржі. Подібні роботи краще проводити засобами малої механізації. Спочатку перфоратором відбити бетон, що відшарувався, а потім за допомогою гідроструменевого апарата високого тиску (200-400 атм) провести остаточне очищення поверхні (рис. Д.5.2). Причому при очищенні металевих поверхонь треба застосовувати гідропіскоструменеві установки.

Велику увагу варто приділити підготовці металевих листів обойми. Товщина листів може знаходитися в межах 2-3 мм, якщо мова йде тільки про ізоляцію споруди, і до 10 мм якщо паралельно вирішуються питання посилення конструкції. Поверхня листів повинна бути ретельно очищена від масляних забруднень, окалини й іржі, у цьому випадку застосування для

очищення гідропіскоструменевих апаратів поверхні, яка буде звернена назовні конструкції, необхідно відразу після обробки добре висушити й покрити першим шаром захисного складу. Це пов'язано з тим, що поверхня металу після гідропіскоструменевої обробки стає дуже активною й на ній практично відразу відбувається окислювання.

а)



б)



Рис. Д.5.2. Очищення поверхонь за допомогою гідроструменевого апарата високого тиску:
а – бетонних, б – металевих

Для забезпечення спільної роботи металевої обойми зі спорудою бажано встановити із внутрішнього боку металеві стрижні. Стрижні необхідно встановлювати за допомогою зварювання не суцільним швом. Варіант виконання листа металоін'єкційної обойми показаний на рис. Д.5.3.

Після встановлення обойми в проектне положення необхідно заповнити порожнечу між обоймою й існуючою

бетонною поверхнею суперпластифікованою цементно-водною суспензією (дод. 2) з В/Ц не більше 0,35. Заповнення краще робити насосом через ін'єктори й обпресовувати під тиском до 4 атм.

Після проведення всіх перерахованих вище робіт необхідно провести повне фарбування споруди захисними складами, які можуть виконувати антикорозійні функції. Добре себе зарекомендували склади на основі епоксидних смол ЗС-3 (ТУ У 0116472 - 042 - 98) і ЗС-1М.

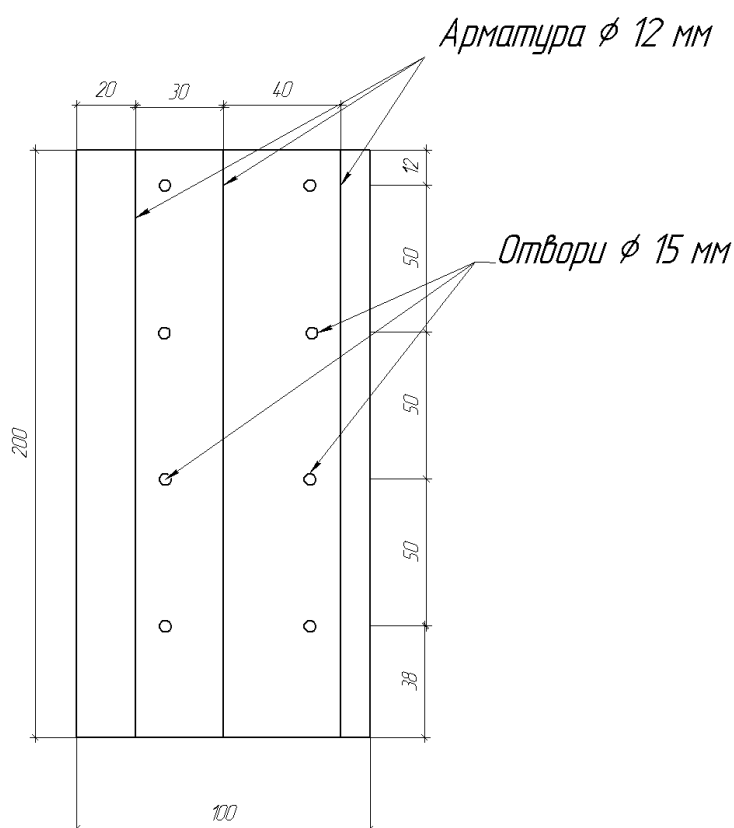


Рис. Д.5.3. Варіант виконання листа металоін'єкційної обойми

Довговічність подібної конструкції полягає в тому, що зсередини руйнуванню й корозії протистоїть лужне середовище, що підтримується цементним каменем, а зовні захищають високоєфективні склади на основі епоксидних, кам'яновугільних та іденкумаронових смол, які за рахунок взаємодії активних груп NH_2 з активними центрами металевої поверхні протидіють відриву захисної плівки.

Приклад посилення стояків металоін'єкційними обоймами

Посилення було виконано у зв'язку зі значним пошкодженням нижньої частини стояків у результаті сольової корозії (від впливу солей, якими обробляють проїзну частину в зимовий час для запобігання зледеніння) і змінного заморожування – відтавання. Пошкодження відзначалося у вигляді відшарування захисного шару бетону й корозії робочої арматури зі зменшенням площі перерізу арматури на 20 %.

Обстеження стану конструкцій переходу, розроблення конструкції й технології посилення стіоеків, а також роботи з посилення виконані фахівцями кафедри будівельних матеріалів, конструкцій і споруд УкрДАЗТ.

Посилення здійснене за допомогою металоін'єкційної обойми.

Посилення виконане в такому порядку:

- 1) розбирання тротуару й розроблення ґрунту;
- 2) зняття штукатурки й захисного шару бетону;
- 3) гідропіскоструменеве очищення поверхні стояків і арматури (рис Д.6.1);
- 4) підготовка металу для виготовлення обойми (розмітка, нарізка листів і кутиків, свердлення отворів, наварювання коротишів з арматури (рис. Д.6.2, а);
- 5) гідропіскоструменеве очищення металу з двох боків (рис. Д.6.2, а);
- 6) фарбування металу епоксидно-кам'яновугільним захисним складом ЗС-3м у 2 шари (рис. Д.6.2, б);
- 7) монтаж металевих обойм, свердлення отворів у залізобетоні стояків крізь отвори в обоймі, встановлення (вклеювання) в отвори анкерів, зварювання обойми (рис. Д.6.3, Д.6.4);
- 8) бетонування фундаментної частини обойми бетоном оптимального складу з добавкою-суперпластифікатором С-3 (рис. Д.6.5);
- 9) нагнітання в зазор між металевою обоймою й поверхнею стояків суперпластифікованої цементно-водяної суспензії (з

добавкою-суперпластифікатором С-3 і добавкою нітриту натрію (протиморозної і інгібітором корозії сталі, рис. Д.6.6);

10) закладення шва між обоймою й стійкою цементно-піщаним розчином оптимального складу;

11) підготовка поверхні стояка під фарбування і їхнє фарбування епоксидно-кам'яновугільним складом ЗС-3М у 2 шари (рис. Д.6.7, Д.6.8).

Епоксидно-кам'яновугільний захисний склад ЗС-3М, суперпластифікована цементно-водяна суспензія, бетон оптимального складу (з оптимальними коефіцієнтами розсунення зерен великого $\alpha_{\text{опт}}$ і дрібного $\mu_{\text{опт}}$ заповнювача, дод. 1), застосовані конструктивне й технологічне рішення є розробками кафедри БМКС УкрДАЗТ.

а)



б)



Рис. Д.6.1. Гідропіскоструменеве очищення поверхні стояків і арматури:

а – процес очищення; б – нижня частина стійки після очищення

a)



б)



Рис. Д.6.2. Гідропіскоструменеве очищення й фарбування металу епоксидно-кам'яновугільним захисним складом ЗС-3М: *a* – сталеві листи, підготовлені для виготовлення металоін'єкційної обойми (листи очищені за допомогою гідропіскоструменевого апарата, на грань листів, звернену до стояка, наварені коротиші з арматури для зчеплення зі СПЦВС); *б* – зовнішня грань листів пофарбована епоксидно-кам'яновугільним складом ЗС-3М у 2 шари

a)



б)



Рис. Д.6.3. Монтаж обойми: *a* – пробивання отворів у стояках через отвори в сталевих листах; *б* – обойма в зборі



Рис. Д.6.4. Зварювання обойми



Рис. Д.6.5. Бетонування фундаментної частини обойми



Рис. Д.6.6. Нагнітання СПЦВС у зазор між обоймою й стояком за допомогою ручного поршневого насоса



Рис. Д.6.7. Загальний вид переходу після посилення стояків

a)



б)



Рис. Д.6.8. Стояки після посилення й фарбування:
a – з боку корпусу 2; *б* – з боку корпусу 1

Приклад посилення балок за допомогою попередньо-напружених струнопакетів у комплексі з металевою напівобоймою

Підсилення прогонової будови виконується з інвентарних риштувань. Риштування повинні надійно закріплюватися до нерухомих жорстких конструкцій. Перед ремонтом поверхня обробляється: очищається від бруду, пилу, від крихкого бетону, а також обробляються гострі виступи. Очищення проводиться за допомогою піскоструменевого апарату.

Виготовлення струнопакетів виконується із арматури Вр-II діаметром 3 мм за допомогою пристосування для огинання. Пояси виготовляються необхідної довжини, яка залежить від довжини підсилення (рис. Д.7.1).

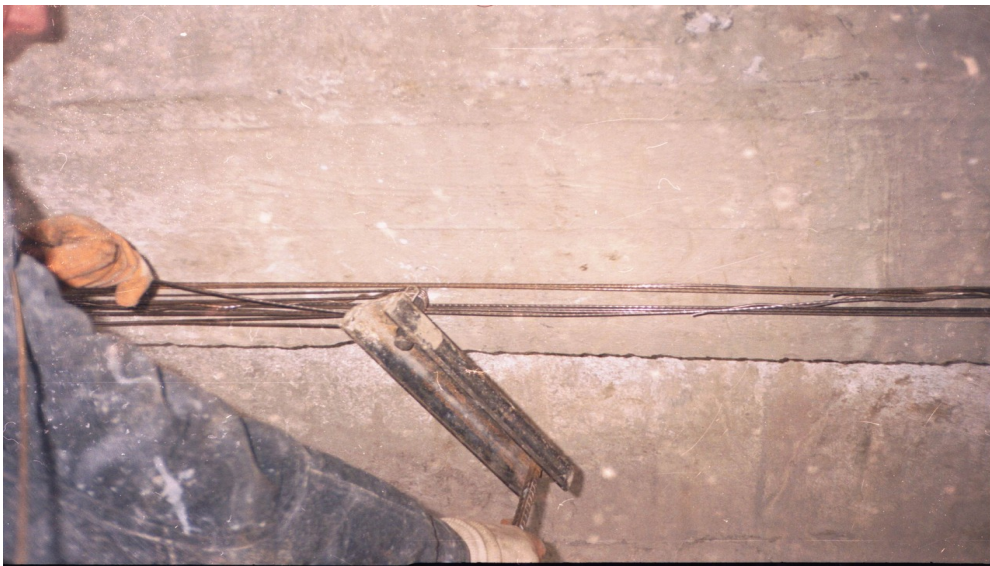


Рис. Д.7.1. Виготовлення попередньо-напружених струнопакетів за допомогою пристрою для огинання

Свердлення отворів під анкери виконується перфоратором (рис. Д.7.2) в зонах, вільних від існуючої арматури. Розташування існуючої арматури виконують приладом «вимірювач захисного шару» залізобетонних конструкцій ІЗС-1 (рис. Д.7.3), який призначений для вимірювання товщини захисного шару бетону та визначення розташування арматури у залізобетонних виробках і конструкціях.

Встановлення попередньо напружених поясів виконується вручну, анкер обмащують високоміцним компаундом і встановлюють в попередньо просвердлені отвори (рис. Д.7.4). Після отвердіння компаунду на анкери навішують струнопакети і стягують між собою за допомогою пристрою для натягування (рис. Д.7.5).

Для захисту виконаного підсилення, а також для додаткового підсилення встановлюється металоін'єкційна напівобойма. Для цього металеві листи підготовляються за розмірами та вигинаються за П-подібним профілем. При цьому листи обов'язково обробляються для очищення поверхні. Для кращого зчеплення ін'єктованого складу з металевою напівобоймою, а також для більшої жорсткості на листи наварюється додаткова арматура діаметром 10-12 мм (рис. Д.7.6) в повздовжньому та поперечному напрямі. Після підготування металевих листів вони навішуються на балку за допомогою анкерів (рис. Д.7.7, Д.7.8).



Рис. Д.7.2. Свердлення отворів під анкери



Рис. Д.7.3. Виявлення існуючої арматури за допомогою приладу ІЗС-1



Рис. Д.7.4. Встановлення анкерів



Рис. Д.7.5. Натягування струно пакетів



Рис. Д.7.6. Виготовлення металеві напівобойми



Рис. Д.7.7. Навішування металеві напівобойми

Усі шви ретельно зварюють суцільним швом. Після встановлення напівобойми по всій довжині балки виконується нагнітання СПЦВС за допомогою розчинонасоса (рис. Д.7.9).



Рис. Д.7.8. Вигляд балки з частково встановленою напівобоймою



Рис. Д.7.9. Нагнітання СПЦВС

Після проведення робіт з підсилення вся балка фарбується захисним складом ЗС-3 (дод.1).

Приклад посилення кам'яної споруди за допомогою армокам'яних поясів, попередньо напружених міні-поясів і посилення підводної частини металевою обоймою

У процесі тривалої експлуатації поверхні кам'яних споруд піддаються вивітрюванню, особливо інтенсивно – на ділянці зміни рівня води. Основна ознака вивітрювання – руйнування поверхні – відділення дрібних плиток-лещадок. При кам'яному облицюванні звичайно спочатку руйнуються шви. Дія льоду на мостові опори проявляється при льодоставі й льодоході. Примерзаючи до поверхні опори, лід при зміні рівня води в річці може виривати шматки кладки. Під час льодоходу крижини стирають поверхню.

Одним із проявів деформаційних властивостей бетону при тривалій дії навантаження є повзучість бетону. Крім того, причиною виникнення тріщин з невеликим розкриттям у бетоні часто є температурні напруги, що виникають при різкій зміні температури повітря, екзотермічних процесах при твердінні бетону, замерзанні води в порожнечах і т.п.

За завданням Південної залізниці кафедрою «Будівельні матеріали, конструкції й споруди» УкрДАЗТ було виконано обстеження й зроблено ремонт трьох опор залізничного моста через ріку Сіверський Донець на 284 км лінії Зміїв – Занки. Опори 2, 3 і 4 виконані з бутового мурування в гранітному облицюванні. Бутове мурування на вапняному або вапняно-цементному розчині зі швами значної товщини по суті являє собою бетон на бутовому заповнювачі. Бутобетон місцями щільний, місцями – крупнопористий з великими раковинами. Облицювання виконане кладкою на вапняно-цементному або цементному розчині гранітних каменів розміром близько 700x350x350 мм в один ряд. За результатами візуального огляду, розкриття швів і кладки, відбору проб встановлено, що в опорах є прогресуюча система тріщин, основні з яких - вертикальні.

Аналіз результатів розрахунку, виконаного за існуючими методиками показує, що опори запроектовані й побудовані з достатнім запасом міцності. Причини утворення й розвитку

тріщин можна пояснити з погляду довгострокової повзучості бетону. Отже, основною причиною появи силових тріщин у спорудах такого типу (кам'яні опори з бутобетонним ядром) є довгострокова повзучість бутобетону. У результаті повзучості зменшується висота ядра, збільшується периметр і, у зв'язку з цим, збільшується тиск на кам'яну кладку. Напруги в кам'яній кладці починають перевищувати припустимі (по перев'язаному перерізі), виникають тріщини, які розвиваються далі за рахунок дії атмосферних факторів (вода, негативна температура).

Для запобігання подальшого руйнування опори необхідно відновити її цілісність (відновити розірвані зв'язки між каменями й між каменями й бутобетоном) і виконати ізоляцію опори від дії атмосферних факторів і води. Технологія ремонту, розроблена на кафедрі, дозволяє проводити роботи практично без руйнування існуючих конструкцій (зберігається їхній первинний вигляд) і без порушення їхніх габаритів.

Для забезпечення необхідної несучої здатності опори необхідно виконати армування стіни впоперек тріщин (рис. Д.8.1), перекарбування швів кладки високоміцним, непроникним розчином. Для відновлення цілісності опори необхідно виконати нагнітання в тіло опори суперпластифікованої цементно-водної суспензії (СПЦВС) і епоксидних складів з метою заповнення порожнеч і тріщин. Для досягнення повної ізоляції опори від зовнішніх атмосферних впливів необхідно виконати покриття поверхні швів і підферменної площадки захисним складом ЗС-3 (на основі епоксидної і кам'яновугільної смоли).

Локальне посилення тріщин ефективно, але досить трудомістке, тому що вимагає виконання великої кількості пропилів у граніті. У зв'язку з цим на одній з опор була випробувана технологія посилення попередньо напруженими залізобетонними міні-поясами. За своєю суттю посилення попередньо напруженими залізобетонними міні-поясами заміняє застосовувані в таких випадках залізобетонні сорочки, при цьому не змінюється зовнішній вигляд опори (архітектурний вигляд залишається таким, як був при будівництві) і, крім того, створення попередньої напруги дозволяє сприймати не тільки

тимчасові навантаження, але й частково постійні, що вже діють на опору.

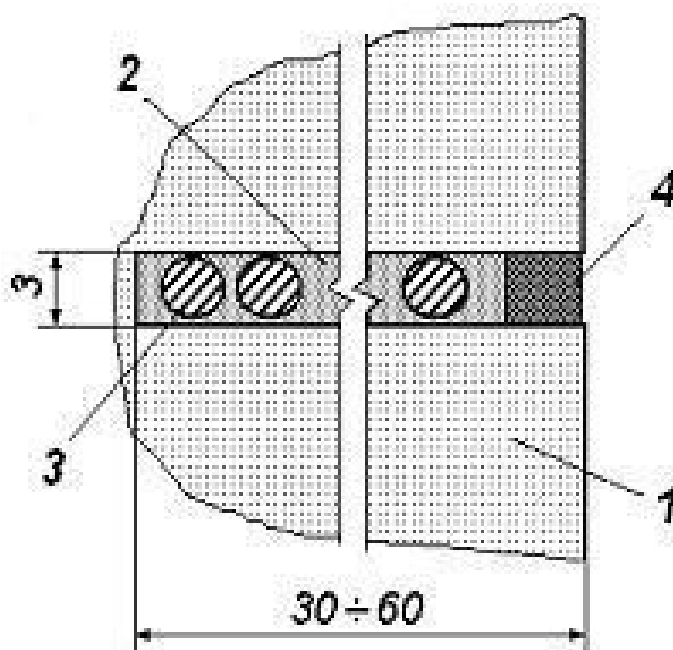


Рис. Д.8.1 Схема армування тріщини в кам'яній стіні (розріз):
1 – камінь кам'яного облицювання опори; 2 – проріз у каменях, який заповнений епоксидним компаундом; 3 – стрижень із високоміцної дротяної арматури Ø3VpII; 4 – зовнішній шар з епоксидного компаунду з мінеральною ватою

Суть улаштування попередньо напруженого залізобетонного міні-поясу полягає в улаштуванні по периметру опори поясу з високоміцного дроту (рис. Д.8.2) і створення попереднього натягу. Необхідна кількість поясів визначається розрахунком залежно від необхідної величини посилення, а кількість дротів в одному поясі залежить від потужності пристрою для натягу. При проведенні робіт з натягу необхідно вживати заходи для зменшення сил тертя в кутах або опуклих гранях опори. Для захисту арматури від корозії вона повинна бути захищена щільним непроникним дрібнозернистим бетоном (рис. Д.8.3) і згодом, після набору бетоном проектної міцності, пояс необхідно захистити захисним складом ЗС-3.

Для захисту підводної частини опори була прийнята технологія бетону в обоймі, причому обойма була передбачена суцільна по всьому периметру. При такій технології метал захищає бетон від негативного впливу льоду на бетон, а бетон

при щільному контакті металом із внутрішнього боку підвищує корозійну стійкість обойми за рахунок зсуву потенціалу.



Рис. Д.8.2. Натягування арматурних пакетів



Рис. Д.8.3. Улаштування опалубки й бетонування міні-поясів

Сталеву частину обойми (рис. Д.8.4) виготовили з листової сталі, надаючи нижній кромці профіль дна ріки. Установили над водою на 1,5 м вище проектного положення, тимчасово закріпив до існуючої металевій рами за допомогою наварених на листи обойми кутиків з отворами та стрижнів (гладких і з різьбленням), що направляють, вертикально закріплених до рами і упорними гайками. Листи з'єднали зварюванням у стик. Зовнішню грань обойми для додаткового захисту покрили у два шари захисним складом ЗС-3.



Рис. Д.8.4. Варіанти виготовлення сталеві обійми з навішуванням листів на консолях і встановленням на існуючі рами

Обойму встановили в проектне положення за рахунок опускання упорних гайок по стрижнях з різьбою, при цьому листи вільно ковзали по гладких напрямних стрижнях.

Для надання додаткової жорсткості обійми вище рівня води листи з'єднали зварюванням з існуючою металевією рамою, а також арматурними стрижнями, забитими в тріщину між опорою й існуючим поясом.

Бетонування здійснювали у два етапи:

- створення пробки товщиною 150-200 мм із бетону оптимального складу;
- відкачування води й нагнітання в порожнечу високоміцного, щільного, непроникного бетону.

Після набору міцності поверхню бетону додатково захистили складом ЗС-3 в 2 шари.

Розроблені склади, технологія їх одержання й застосування прийняті для впровадження для ремонту мостових опор залізниць України й рекомендовані для поширення на залізницях країн-членів ОСЗ.

Основний економічний ефект від впровадження нових матеріалів і методів ремонту опори полягає в значному зменшенні витрат при капітальному ремонті за рахунок виконання робіт малими бригадами, без зупинки руху поїздів із застосуванням ручного інструменту.

- Аварія** 6,7
Дефект 7,8,9,10
Деформація 13,21
Залізобетонні конструкції
 - балка 71,72,73
 - колона 63,64,65,66
 - контрфорси 48
 - перемичка 61,78,144,145,146
 - плита 62,63,64,65,66
 - стояк 94,108
Залізобетонні конструкції посилення
 - пілястр 131,132,134,135
 - прилив 53,54,57
 - сердечник 142,143,153
 - сорочка 80,84,89,97,142,144
 - стінка 107,135,152
Затягування
 - попередньо-напружене 87,88
 - шпренгельне 99,102
Конструкції посилення
 - підвіска 100,150
 - тяжі 52,54
 - хомут 18,39,52
 - шпренгель 99,102,103
Металеві конструкції посилення
 - опорний столик 116,117,120
 - підвіска 150
 - підкіс 59,91,92,93,119
 - розпірка 87,91,125
 - скоба 139,140
 - тяга (тяж) 52,144
Накладка
 - арматурна 64,65,107,108
 - металева 67,68
Нарощування
 - бетонне 96
 - залізобетонне 69,80,96,114,115,153
Обойма
 - бетонна 63,64
 - залізобетонна 63,64,79
 - металева 67,68
 - металоін'єкційна 86
 - торкрет-бетон 47
 - фібробетонна 49
 - штукатурна 139,144
Палі
 - вдавлювані 74
 - виносні 69
 - буронабивні 72
 - буроін'єкційні 77
 - забивні 74
 - трубчасті 75
Пошкодження 9
Силікатизація
 - аеросилікатизація 42
 - газова 42
 - дворозчинна 42
 - електро 42
 - одно розчинна 42
Способи закріплення
 - амонізація 43
 - бітумізація 44,45
 - глинізація 44
 - смолізація 43
 - цементация 44
СПЦВС 46,85,97
Стан
 - аварійний 6,8,11,14,15,23,28,34
 - перед аварійний 6
Тріщини
 - корозійні 16
 - локальні 121
 - поздовжні 23
 - похилі 21,22
 - силові 16
 - температурні 16
 - усадочні 16

Таблиця 3

Класифікація засобів посилення будівельних конструкцій

Відновлення несучої здатності конструкцій	Відновлення робочої площини перерізу конструкцій заробка тріщин, раковин, дефектів і т.ін.		
	Відновлення закладних деталей, петель, кріплень і т.п.		
	Захист від замочування і повітряних агресивних середовищ. Відновлення температурно-вологісного режиму будівель і споруд		
	Підвищення міцності матеріалу фундаментів		
	Інші заходи		
Збільшення несучої здатності конструкцій	Без змінювання розрахункової схеми і пружного стану	Обойми перерізів	Металеві
			Залізобетонні
			Розчинні
			Полімерні
			Комбіновані
		Улаштування сорочки в перерізах	Металеві
			Залізобетонні
			Розчинні
			Полімерні
			Комбіновані
		Однобоке нарощування	Металеві
			Залізобетонні
	Розчинні		
	Полімерні		
	Комбіновані		
Підсилення вузлів спряження конструкцій			
Інші засоби			
Із змінюванням розрахункової схеми	Додаткові опори	Жорсткі і стійкі портали і т.п.	
		Пружні балки, тяжі і т.д.	
	Металеві кронштейни і підкоси		
	Важила, залізобетонні і металеві пояси		
	Включення в спільну роботу окремих конструкцій		
	Спеціальні рішення		
Із змінюванням пружного стану	Додаткова горизонтальна або шпренгельна попередньо-напружена арматура		
	Попередньо-напружені розпірки		
	Попередньо-напружені затяжки і хомути		
	Інші спеціальні випадки		
Розвантаження конструкцій	Часткове	Передача навантаження на інші конструкції	
	Повне	Передача навантаження на інші конструкції	
		Заміна конструкцій або змінювання розрахункової схеми	
Спеціальні випадки підсилення окремих елементів і конструкцій			

