

УДК 693.29:691.327

Г.М. Тонкачев¹,

докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0002-6589-8822

Г.В. Шпакова¹,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0003-2124-0815

С.П. Шарапа¹,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-7472-5309

І.В. Глущенко¹,

провідний інженер
ORCID: 0000-0001-7325-2629

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ

Для зведення житлових об'єктів найчастіше навіть сьогодні використовують каркасно-монолітну схему з поверховим заповненням огорожуючими конструкціями зі штучних матеріалів – цегли, пінобетонного каменю тощо. Для об'єктів, збудованих 25-30 років тому, сьогодні існує цілий комплекс спільних проблем, пов'язаних з руйнуванням лицьового (фасадного) шару кам'яної кладки. В статті розглядаються причини руйнування цегляної багатошарової кладки. Для цього проаналізовано вітчизняні та закордонні розробки в царині обстеження та підсилення несучих і самонесучих цегляних конструкцій. Серед основних критеріїв руйнування досліджуються фактори природного та антропогенного походження. Кліматичні умови – температура зовнішнього середовища, вологість – суттєво впливають на вибір основного матеріалу, а діючі вимоги з енергоефективності будівельних конструкцій суттєво впливають на проектні рішення щодо застосування утеплюючих матеріалів. В той же час всі архітектурні та конструктивні рішення, побудовані на сучасних технологіях енергозбереження з дотриманням діючих нормативних актів, виявляються неефективними при недоброякісному виконанні робіт. А бажання забудовника здешевити квадратні метри житла за рахунок економії на якісних матеріалах та їх необхідних обсягах призводить з часом до аварійних ситуацій. В разі з цегляною кладкою найчастіше відбувається міжповерхове руйнування та випадання елементів зовнішньої поверхні через неправильну (недостатню) кількість зв'язків між площинами. В статті розглядаються варіанти підсилення багатошарової цегляної кладки, які можливо застосовувати локально. Елементи кріплення опалубки можуть використовуватись як елементи армування та анкерні системи для подальшого підсилення чи опорядження. Схема відновлення кладки побудована на концепції мінімізації витрат при високому рівні технологічності.

Ключові слова: руйнування, реконструкція, кам'яна кладка, підсилення, ефективність.

Вступ. До середини 90-х рр. ХХ ст. більшість зовнішніх цегляних стін виконувалися, як правило, з одношарової масивної кладки. На початку 2000-х рр.

в зв'язку з введенням жорстких вимог щодо вимог з енергозбереження [1] конструкції зовнішніх цегляних стін стали принципово іншими. У більшості випадків була прийнята тришарова (або двошаровий) конструкція, яка складалась з лицьового зовнішнього шару з цегляної кладки, шару ефективного теплоізоляційного матеріалу (мінераловатної, пінополістирольної плити і т.п.) та внутрішнього конструктивного шару з цегли, легкобетонних, ніздрюватих бетонних каменів або монолітного залізобетону.

Під час проведення обстежень проблемних об'єктів протягом останніх років було виявлено, що в багатьох випадках ефективний утеплювач просто відсутній і внутрішній шар виконує як конструктивну, так і теплоізоляційну функцію (наприклад, газобетонна кладка, монолітний пінобетон і т.п.). В такому випадку поверхня лицьового зовнішнього шару повинна з'єднуватись з внутрішнім за допомогою гнучких зв'язків або іншим чином. Нажаль, не кожне обстеження виявляло такі конструктивні зв'язки. Враховуючи, що лицьовий шар кладки має товщину 120 мм і по суті є тонкостінною конструкцією, слід зауважити, що й вплив температурних коливань є для кладки дуже відчутний. Температура кладки лицьового шару завжди близька до температури зовнішнього повітря, а при прямому впливі сонячної радіації в денний час лицьовий шар може мати температуру істотно більш високу (до 70 °С), ніж температура повітря [2]. Причини масового застосування таких конструктивних схем зовнішніх огорожуючих конструкцій полягали в прагненні замовника-забудовника ще на стадії проектування застосувати відносно дешеві, але технічно необґрунтовані рішення з влаштування зовнішніх стін без урахування дійсних теплотехнічних процесів, що відбуваються всередині огорожуючих конструкцій і значно впливають на напружено деформований стан і термін їх служби. Результати вищевказаних помилок виявились далеко не відразу, а після декількох років експлуатації будівель [3].

Аналіз досліджень і публікацій. В результаті проведення аналітичного огляду досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячених вивченню причин деформацій цегляної кладки внаслідок природних та антропогенних факторів, слід відзначити, що більшість з них розглядає питання виявлення причин і механізмів утворення основних дефектів та пошкоджень лицьового шару цегляної кладки, викликаних, зокрема, температурними впливами на цегляне облицювання. У технічній літературі можна знайти велику кількість публікацій [3-6], в яких розглядаються дефекти і пошкодження шару облицювальної цегли багатшарових стін. В практичних дослідженнях, які пропонують конструктивні рішення з усунення наслідків деформації та руйнування [4, 7-9], не приділяється достатня увага ефективності процесів.

Постановка завдання. Метою даної статті є проведення огляду та аналізу досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів на тему відновлення цегляної кладки в умовах реконструкції з метою збільшення несучої здатності огорожуючих конструкцій з врахуванням мінімальної трудомісткості процесу.

Методи дослідження.

Узагальнюючи результати більшості проведених досліджень, можна виділити дві групи характерних ушкоджень облицювального шару з цегляної кладки. Перша група – пошкодження силового характеру, викликані температурними впливами на цегляне облицювання. До першої групи належать:

- ✓ випинання облицовального шару (рис. 1), аж до його обвалення (рис. 2);



Рис. 1. Випинання цегляної кладки



Рис. 2. Руйнування цегляної кладки внаслідок випинання

✓ роздроблення кам'яної кладки облицовального шару в рівні розташування міжповерхових плит перекриттів з випаданням окремих фрагментів (рис. 3). Роздроблення може супроводжуватися відшаруванням декоративного облицювання (штукатурки, плитки) з торців монолітних залізобетонних перекриттів, виступаючих на фасадах будівлі. У ряді випадків роздроблення може переходити на інші ділянки кладки в зоні віконних прорізів і перемичок;

✓ виникнення тріщин в облицювальній шарі на кутових ділянках стін (рис. 4). Можуть виникати як від температурних деформацій облицовального шару, так і в зонах з різним навантаженням (депलाція перетинів).



Рис. 3. Руйнування цегляної кладки в рівні розташування міжповерхових плит перекриттів



Рис. 4. Руйнування цегляної кладки на кутових ділянках

Друга група – пошкодження, пов'язані з попаданням вологи в цегляну кладку. Джерелом вологи можуть бути прямі атмосферні дії, протікання покрівлі, ґрунтові води, конденсат вологого повітря з приміщень та ін. До другої групи ушкоджень відносяться:

- ✓ зволоження кам'яної кладки і утворення потемнінь на лицьовій поверхні облицювального шару;
- ✓ висоли на поверхні кладки, які можуть призводити до ерозії розчину кладки швів і самої цегли під впливом накопичених солей;
- ✓ корозійний знос сталевих елементів кріплень облицювального шару цегли (опорні кутики і кронштейни, гнучкі в'язі);
- ✓ руйнування цегли зовнішнього шару в результаті розморожування з наступним випаданням фрагментів. Розморожування проявляється переважно в зонах парапетів, технічних поверхів і на інших ділянках, де присутня вологість.

Дефекти і пошкодження багатошарових стін з облицювальним шаром з цегли мають комплексний характер і є, як правило, результатом помилок, допущених на стадіях: проектування, виконання робіт і експлуатації будівлі. Узагальнюючи дослідження, можна виділити ряд типових причини пошкоджень лицьового шару з цегляної кладки [2]. Результати аналізу наведені в таблиці.

З описаного вище можна зробити висновок про те, що пошкодження другої групи більшою мірою впливають на довговічність конструкцій, а деформації і пошкодження першої групи впливають на безпеку конструкцій, так як можуть призводити до їх часткового або повного обвалення в короткостроковий період часу. Пошкодження першої групи передбачають проведення аварійний (позапланових) ремонтів, в той же час пошкодження другою групи можуть виправлені під час проведення реконструкції та планового ремонту.

Таблиця 1

Типові причини пошкоджень лицьового шару з цегляної кладки

Причини пошкоджень лицьового шару з цегляної кладки	
Перша група	Друга група
Відсутність в облицювальній цегляному шарі конструкцій зовнішніх стін вертикальних і горизонтальних температурно-деформаційних швів, їх неправильне проектне розташування або неякісне виконання	Дефекти виходів на покрівлю, їх гідроізоляції, порушення цілісності металевих покриттів на парапетах покрівлі та огорожах лоджій
Дефекти обпирання цегляної кладки (відсутність опорних елементів, відхилення від проектних рішень)	Застосування цегли з низькою морозостійкістю
Відсутність або розташування та встановлення зв'язків не за проектом (застосування сталевих або оцинкованих зв'язків, схильних до корозійного зносу в процесі експлуатації, застосування зв'язків підвищеної жорсткості в площині і податливості з площини стіни, збільшений крок розташування зв'язків).	Дефекти влаштування цегляної кладки (наприклад, пустошовка).

Основна частина. Методи ремонту та підсилення стін залежать від характеру деформацій. Ремонтні заходи можуть бути націлені на посилення міцності окремих ділянок стін, на підвищення стійкості та просторової жорсткості всієї будівлі, на поліпшення теплотехнічних властивостей стін. Залежно від поставлених задач вибирають один з наступних способів.

1. Перекладання пошкоджених ділянок полягає в заміні зовнішнього шару цегляної кладки з перев'язкою зі старою кладкою шляхом закладки анкерів. Цей спосіб застосовується, якщо цегла зовнішнього шару сильно порізана тріщинами і руйнуються, проте в глибині міцність цегляної кладки збережена, а також для відновлення міцності кладки, ослабленою майже повним вивітрюванням розчинних швів.

2. Торкретування поверхні стін проводять при порівняно невеликих тріщинах і достатній міцності цегляної кладки.

3. Влаштування накладних стяжок з металевих швелерів застосовується при серйозних деформаціях в кладці на кшталт наявності місцевих наскрізних тріщин в стінах. Накладні стяжки влаштовуються з двох швелерних планок, що накладаються з внутрішньої і зовнішньої поверхні стіни, які стягуються бовтами.

4. Анкерування цегляної кладки також застосовується для покращення перев'язки кладки і підвищення її несучої здатності, а також для кріплення зовнішнього шару облицювальних каменів. Для цього в кладці, в місці перетину розчинних швів свердлять отвори, в які встановлюють анкери з подальшим тампонажем жорстким цементним розчином.

5. Влаштування розвантажувальних балок при втраті міцності частиною стіни. Балки встановлюють в штроби, які пробивають по обрізу фундаменту або на рівні віконних перемичок з одного боку стіни, з подальшим замоноличуванням штробы цементним розчином.

6. Зміцнення простітків залізобетонними обоймами смугами металу. Обоймами підсилюють ті ділянки стін, які не можна розвантажити балками, наприклад, простітки, які по суті є стовбчастою конструкцією.

7. На відміну від вказаних до цього способів влаштування об'язувальних поясів жорсткості направлено на підвищення стійкості та просторової жорсткості всієї будівлі. Об'язувальні пояси як правило виконуються з накладок-швелерів, які влаштовуються на стінах і охоплюють будівлю по периметру, до яких кріпляться пропущені в пустотах перекриттів напружані металеві стрижні – тяжі. Таким чином, створюється каркас, що забезпечує просторову жорсткість будівлі [6]. Останній спосіб є дуже дорогим, і не лише через великі обсяги робіт, але й через їх значну трудомісткість.

Останнім часом знаходить застосування технологія підсилення кладки стрічками з вуглепластика. Так у роботі [10] авторами розглядається технологія підсилення шляхом механічного зв'язку між тривимірної сіткою із сталевих стрічок системи САМ (Active Confinement of Masonry) і смугами з вуглепластика. Механічне поєднання дозволяє сталевим стрічкам встановлювати напівжорсткий поперечний зв'язок між смугами з вуглепластика, з'єднаними на двох протилежних сторонах стіни. Цей спосіб дуже дорогий і трудомісткий.

Авторами пропонується варіанти виконання підсилення цегляної багат шарової цегляної кладки монолітним бетоном. При відсутності сумісної роботи зовнішньої та внутрішньої поверхонь стін, при недостатній кількості

зв'язках між ними, пропонується виконувати локальне підсилення вертикальних конструкцій шляхом тампонажу внутрішнього простору кладки бетонної суміші, що збільшується в об'ємі. Принципова схема наведена на рис. 5. В якості з'єднувальних елементів (тяжів) використовуються арматурні стрижні, що фіксують допоміжну опалубку на зовнішній та внутрішній поверхнях стін.

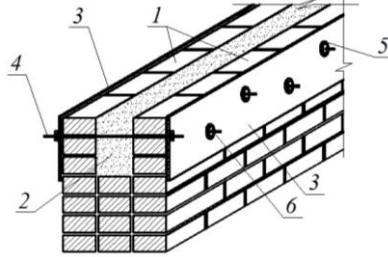


Рис. 5. Принципова схема підсилення багатощарової цегляної кладки з використанням наскрізних анкерів: 1 – існуюча внутрішня і зовнішня поверхні цегляної кладки; 2 – бетонна суміш; 3 – опалубні поверхні; 4 – арматурні стрижні-анкери; 5 – запобіжна гайка; 6 – фіксуюча гайка.

Після виконання робіт опалубні поверхні знімаються та переставляються на нову ділянку стіни для повторного використання. Арматурні стрижні залишаються в «тілі» цегляної кладки і можуть бути використані як анкери (або з'єднувальні) елементи для кріплення додаткових облицювальних чи армуючих систем. Крок і порядковість влаштування арматурних кріплень слід визначати в залежності від стану цегляної кладки (аварійність, вид перев'язки, розмір цеглин), що ремонтується, типу опалубної системи (вага, жорсткість матеріалу тощо) та характеристик арматурних стрижнів.

Якщо виконання робіт передбачає повне відновлення вертикальних конструкцій з відкритим доступом до горизонтальної поверхні цегляної кладки, пропонується спосіб кріплення опалубних поверхонь за допомогою фіксаторів (рис. 6).

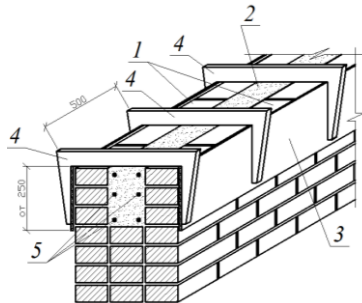


Рис. 6. Принципова схема підсилення багатощарової цегляної кладки використанням фіксаторів: 1 – існуюча внутрішня і зовнішня поверхні цегляної кладки; 2 – бетонна суміш; 3 – опалубні поверхні; 4 – фіксатори опалубної системи; 5 – внутрішні арматурні каркаси (або окремі стрижні).

В цьому випадку можливо виконати більш якісне внутрішнє армування багат шарової цегляної кладки як готовими каркасами, так і окремими стрижнями.

Висновки. Порушення цілісності цегляної кладки характерно для будь-яких типів будівель, незалежно від їх терміну експлуатації.

Аналіз основних дефектів і пошкоджень цегляної облицювання зовнішніх стін і причин їх виникнення показує, що дефекти і пошкодження другої групи більшою мірою впливають на довговічність конструкцій, а деформації і пошкодження першої групи впливають на безпеку конструкцій, так як можуть призводити до їх часткового або повного обвалення в короткостроковий період часу. Досвід експлуатації конструкцій з багат шаровою цегляною кладкою вказує на необхідність вирішення питань, пов'язаних з дослідженням цегельного облицювання, в тому числі, з точки зору технологічності їх оновлення. Запропоновані способи відновлення та підсилення цегляної кладки спрямовані на розвиток концепції мінімізації витрат (трудових, матеріально-технічних, часових тощо) при виконанні будівельних робіт під час ремонту, реконструкції об'єктів. Своєчасний ремонт цегляних стін допоможе збільшити безпеку будівлі і продовжити її експлуатаційний ресурс.

Список літератури.

1. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. – *Чинний з 01.01.2016*.
2. Орлова Н.С., Улибін О.В., Федотов С.Д. Вплив температурних впливів на цегляне облицювання стін. Матеріали ІХ науково-практичної конференції «Обстеження будівель і споруд: проблеми і шляхи їх вирішення» (м. С.-Петербург, 11-12 жовтня 2018 р.) С. 160-184.
3. Кузнецова Г. Слоистые кладки в каркасно-монолитном домостроении. Технологии строительства. 2009. Вип. № 1 (63). С. 6-22.
4. Клименко С.В., Білоус І.О. Експериментальні дослідження роботи цегляної кладки на зріз, по не перев'язаному шву. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса. 2009. С.171 – 180.
5. Орлович Р.Б., Деркач В.Н., Зимин С.С. Повреждение каменного лицевого слоя в зоне сопряжения с железобетонными перекрытиями. *Инженерно-строительный журнал*. 2015. Вип. №8(60). С. 30–37.
6. Орлович Р., Мантегацца Д., Найчук А., Деркач В. Современные способы ремонта и усиления каменных конструкций. *Архитектура, дизайн, и строительство*. 2010. Вип. №1(44). С. 86– 87.
7. Madan, A. Seismic vulnerability of masonry infilled reinforced concrete frame structures. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2013, vol. 3, no. 3. Pp. 174–183.
8. R. Pleșu, G. Țăranu, D. Covatariu, I-D. Grădinariu. Strengthening and rehabilitation conventional methods for masonry structures. *Buletinul institutului politehnic din Iași*. 2011, vol. LIV (LVIII), no. 4, Secția Construcții. Arhitectură. Pp. 165-176.
9. Yajun, L., Naiyan, G. Tests on Seismic Behavior of Pre-cast Shear Walls with Vertical Reinforcements Spliced by Two Different Grout Ways. *The Open Civil Engineering Journal*. 2015, no. 9, Pp. 382-387.

10. Ferretti, E., Pascale G. Combined Strengthening Techniques to Improve the Out-of-Plane Performance of Masonry Walls. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6479454/DOI: 10.3390/ma12071171> (дата звернення: 29.02.2020).

References

1. DSTU-N B A.2.2-13:2015 (2015), Enerhetychna efektyvnist' budivel' [Energy efficiency of buildings]. Nastanova z provedennia enerhetychnoi otsinky budivel' [Guidelines for energy assessment of buildings].
2. Orlova N.S., Ulybin O.V., Fedotov S.D. (2018), Vplyv temperaturnykh vplyviv na tsehlianu oblytsiuvannia stin. [Influence of temperature influences on brick facing of walls] *Materialy IKh naukovo-praktychnoi konferentsii «Obstezhennia budivel' i sporud: problemy i shliakhy ikh vyrishennia»* [Proceedings of the 9th Scientific and Practical Conference "Survey of Buildings and Structures: Problems and Solutions"] (St. Petersburg, October 11-12, 2018) Pp. 160-184.
3. Kuznetsova H. (2009), Sloystye kladky v karkasno-monolitnom domostroenny [Layered masonry in frame-monolithic home construction] *Tekhnolohyy stroytel'stva*. [Construction technologies], no № 1 (63), pp. 6-22.
4. Klymenko Ye.V., Bilous I.O. (2009), Eksperymental'ni doslidzhennia roboty tsehlianoi kladky na zriz, po ne perev'iazanomu shvu [Experimental studies of the work of brickwork on the cut, along the unbound seam], *Visnyk Odes'koi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture], Odesa, pp. 171 – 180.
5. Orlovych R.B., Derkach V.N., Zymyn S.S. (2015), Povrezhdenye kamennoho lytsevoho sloia v zone sopriazheniya s zhelezobetonnyimi perekrytyami [Damage to the stone facial layer in the area of conjugation with reinforced concrete overlaps] *Ynzhenerno-stroytel'nyj zhurnal* [Engineering and construction journal], vol. №8(60), pp. 30–37.
6. Orlovych R., Mantehatsta D., Najchuk A., Derkach V. (2010), Sovremennyye sposoby remonta y usyleniya kamennykh konstruksiy [Modern methods of repair and reinforcement of stone structures] *Arkhytektura, dizajn, y stroytel'stvo* [Architecture, design, and construction], vol. №1(44), pp. 86– 87.
7. Madan, A. (2013), Seismic vulnerability of masonry infilled reinforced concrete frame structures. *International Journal of Safety and Security Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 174–183.
8. R. Pleșu, G. Țăranu, D. Covatariu, I-D. Grădinaru (2011), Strengthening and rehabilitation conventional methods for masonry structures. *Buletinul institutului politehnic din Iași*, vol. LIV (LVIII), no. 4, Secția Construcții. Arhitectură. Pp. 165-176.
9. Yajun, L., Naiyan, G. (2015), Tests on Seismic Behavior of Pre-cast Shear Walls with Vertical Reinforcements Spliced by Two Different Grout Ways. *The Open Civil Engineering Journal*, no. 9, pp. 382-387.
10. Ferretti, E., Pascale G. (2019), Combined Strengthening Techniques to Improve the Out-of-Plane Performance of Masonry Walls. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6479454/> DOI: 10.3390/ma12071171 [accessed 29 February 2020]. [in English]

Г.Н. Тонкачев, А.В. Шпакова, С.П. Шарапа, И.В. Глущенко

Технология возобновления каменной кладки

Для возведения жилых объектов зачастую даже сегодня используют каркасно-монолитную схему с поэтажным заполнением ограждающими конструкциями из искусственных материалов – кирпича, пенобетонного камня и т. п. Для объектов, построенных 25-30 лет назад, сегодня существует целый комплекс общих проблем, связанных с разрушением лицевого (фасадного) слоя каменной кладки. В статье рассматриваются причины разрушения кирпичной многослойной кладки. Для этого проанализированы отечественные и зарубежные разработки в области обследования и усиления несущих и самонесущих кирпичных конструкций. Среди основных критериев разрушения определяются факторы природного и антропогенного происхождения. Климатические условия – температура внешней среды, влажность – существенно влияют на выбор основного материала, а действующие требования по энергоэффективности строительных конструкций существенно влияют на проектные решения для использования тех или иных утеплителей. В то же время, все архитектурные и конструктивные решения, построенные на современных технологиях энергосбережения с соблюдением действующих нормативных актов, оказываются неэффективными при недоброкачественном выполнении работ. А желание застройщика удешевить квадратные метры жилья за счет экономии на качественных материалах и их необходимых объемах приводит со временем к аварийным ситуациям. В случае с кирпичной кладкой, чаще всего происходят междуэтажные разрушения и выпадения элементов внешней поверхности из-за неправильного (недостаточного) количества связей между плоскостями. Проанализированы традиционные уже способы выполнения работ с усиления и восстановления кирпичной кладки. В статье рассматриваются варианты усиления многослойной кирпичной кладки, которые возможно применять локально. Элементы крепления опалубки могут использоваться как элементы армирования и анкерной системы для дальнейшего усиления или отделки. Схема восстановления кладки построена на концепции минимизации затрат при высоком уровне технологичности.

Ключевые слова: разрушения, реконструкция, каменная кладка, усиление, эффективность.

G. Tonkacheev, A Shpakova, S. Sharapa, I. Glushchenko

Masonry renewal technology

For the construction of residential facilities, even today, they often use a frame-monolithic scheme with floor filling with enclosing structures made of artificial materials - brick, foam concrete, etc. For objects built 25-30 years ago, today there is a whole complex of common problems associated with the destruction front (front) layer of masonry. For this, domestic and foreign developments in the field of inspection and reinforcement of bearing and self-supporting brick structures are analyzed. Among the main criteria for destruction, factors of natural and anthropogenic origin are determined. Climatic conditions - ambient temperature, humidity - significantly affect the choice of basic material, and the current requirements for energy efficiency of building structures significantly affect design decisions for the use of various heaters. At the same time, all architectural and constructive solutions built on modern energy-

saving technologies in compliance with current regulations are ineffective in poor quality work. And the desire of the developer to reduce the cost of square meters of housing due to savings on high-quality materials and their required volumes leads over time to emergency situations. In the case of brickwork, most often there are interfloor destruction and loss of elements of the outer surface due to the incorrect (insufficient) number of bonds between the planes. The traditional methods of performing work with reinforcing and restoring masonry are analyzed. The article discusses options for reinforcing multilayer brickwork, which can be applied locally. Formwork fastening elements can be used as reinforcing elements and anchor systems for further reinforcement or finishing. The basic recovery scheme is based on the concept of minimizing costs with a high level of technological processes.

Key words: *reconstruction, masonry, amplification, technological processes.*

Посилання на статтю

АРА: Tonkacheev, G., Shpakova, A, Sharapa, S. & Glushchenko, I. (2020.) Tekhnolohiya vidnovlennya kam'yanoyi kladky. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 43, 124–133.

ДСТУ: Тонкачєєв Г.М. Технологія відновлення кам'яної кладки [Текст] / Г.М. Тонкачєєв, Г.В. Шпакова, С.П. Шарапа, І.В. Глушенко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 43. – С. 124–133.