

УДК 624.016

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ ПОВРЕЖДЕННЫХ КИРПИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Кандидаты техн. наук О. В. Кичаева (ХНУГХ),  
С. Н. Стародубов, А. В. Убийвовк (ХНУСА)

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Кандидати техн. наук О. В. Кічаєва (ХНУМГ),  
С. М. Стародубов, А. В. Убийвовк (ХНУБА)

## PROPOSALS FOR STRENGTHENING DAMAGED BRICK CONSTRUCTIONS

PhD. tehn. science O. V. Kichaeva, S. N. Starodubov, A. V. Ubiyvovk

---

DOI: 10.18664/1994-7852.175.2018.127174

---

*В статье изложены результаты экспериментальных исследований поврежденных трещинами кирпичных столбов, усиленных железобетонными обоймами с армированием в виде просечно-вытяжного листа. Полностью изложена последовательность технологического процесса усиления конструкций. Показано, что несущая способность такой комплексной конструкции выше первоначальной конструкции кирпичного столба в 1,4 раза, нагрузка трещинообразования такой конструкции выше в 1,07 раза.*

**Ключевые слова:** кирпичный столб, железобетонная обойма, просечно-вытяжной лист.

*У статті викладено результати експериментальних досліджень пошкоджених тріщинами цегляних стовпів, підсилені залізобетонними обоймами з армуванням у вигляді просічно-витяжного листа. Повністю викладено послідовність технологічного процесу підсилення. Показано, що несуча здатність такої комплексної конструкції вище від початкової конструкції цегляного стовпа в 1,4 рази, навантаження тріщиноутворення такої конструкції вище в 1,07 рази.*

**Ключові слова:** цегляний стовп, залізобетонна обойма, просічно-витяжний лист.

*In the process of exploitation of a brick construction by virtue of different reasons there are cracks of different kind, however, after strengthening of constructions, they can be exploited further. The most effective and widespread method of strengthening of existent stone constructions is taking them in a hoop. Posts and piers with cracks, celled in a hoop, restore the bearing strength fully. Hoops can be next kinds: steel, reinforce-concrete, reinforced solution, from composition materials, like carbon fiber canvases, ribbons and nets, brick and armobrick.*

*With the purpose of partial renewal of bearing strength of the damaged by the main cracks brick posts their reinforcement by reinforce-concrete hoop is offered. Re-enforcement is executed as an expanded metal, and piling of concrete solution was produced by guniting. The sequence of technological process of strengthening of brick constructions is fully expounded.*

*It is shown that bearing strength of such complex construction is 1,4 times higher than primary construction of brick post, loading of cracking of such construction is 1,07 times higher. At this strengthening reinforce-concrete re-enforcement works only, and a brick kernel only performs the duty of filling, although loading is passed through a kernel.*

**Keywords:** brick post, reinforce-concrete hoop, expanded metal.

**Введение.** В процессе эксплуатации конструкции из кирпича в силу различных причин возникают трещины различного вида, однако после усиления конструкций они могут эксплуатироваться далее [1]. Наиболее эффективным и широко распространенным способом усиления существующих каменных конструкций является взятие их в обойму. В обойме кирпичная кладка будет работать в условиях всестороннего сжатия, а также невозможности ее поперечного расширения. Столбы и простенки с трещинами, заключенные в обойму, полностью восстанавливают свою несущую способность. К тому же наиболее эффективной является работа той обоймы, на которую предусмотрена передача нагрузки (в случае если обойма ограничена верхними и нижними конструкциями), тогда она не только сдерживает поперечное расширение кладки, но и воспринимает часть нагрузки, разгружая усиливаемый элемент.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Обоймы могут быть следующих видов:

- 1) стальная [2];
  - 2) железобетонная [3];
  - 3) армированная растворная [3];
  - 4) из композиционных материалов – углепластиковые холсты, ленты и сетки [4];
  - 5) кирпичные и армокирпичные [5].
- Каменную конструкцию заключают в обойму из кирпича толщиной  $\frac{1}{4}$  кирпича (на ребро), а в швы по периметру усиливаемой конструкции вводится замкнутая арматура, которая воспринимает случайные поперечные растягивающие усилия.

Недостатками обоек типов 1–3 являются высокая трудоемкость, низкая устойчивость к влиянию агрессивной среды; низкая огнестойкость. Недостатки обоек типа 4 – низкая устойчивость к высоким температурам; технологическая сложность, высокая стоимость. Обоймы типа 1 и 5 значительно меняют геометрию конструкции в сторону ее увеличения.

**Определение цели и задачи исследования.** С целью частичного восстановления несущей способности поврежденных трещинами кирпичных столбов предложено их усиление в виде армированной железобетонной обоймы. Армирование выполнено в виде просечно-вытяжного листа, а укладка бетонного раствора производилась торкретированием.

Просечно-вытяжной лист имеет ряд преимуществ перед арматурной сеткой:

- 1) технология изготовления просечно-вытяжного листа обеспечивает заданную величину характеристик жесткости;
- 2) за счет своей геометрической формы реализуется эффект сцепления обоймы с существующей кирпичной конструкцией;
- 3) железобетонная обойма усиления повышает коррозионную и огневую устойчивость данной комплексной конструкции.

**Цель и задачи.** Целью экспериментальных исследований является установление несущей способности поврежденных кирпичных столбов после их усиления бетонной обоймой с просечно-вытяжным листом.

**Основная часть исследования.** Кирпичные столбы Ст-4, Ст-6 и Ст-7 имели следующие повреждения: Ст-4 – магистральные трещины с двух противоположных сторон столба шириной раскрытия 2...3 мм, скол верхнего угла столба. Ст-6 – магистральные трещины шириной раскрытия 7...8 мм по всем сторонам (т. е. образец фактически расколот на 4 части), трещины по кирпичу достигают 6 мм, имеет место скол кирпича на 2–3 ряда (сверху). Ст-7 – магистральные трещины шириной раскрытия до 2 мм с 4 сторон, имеется скол одного из углов (снизу) (рис. 1). Сечение столбов 380 x 380 мм, высота 1,1 м.

Испытываемые образцы – поврежденные столбы Ст-4, Ст-6 и Ст-7 – были усилены в соответствии со следующей технологической процедурой.



Рис. 1. Поврежденные кирпичные столбы Ст-4, Ст-6 и Ст-7

1. Раскрой просечно-вытяжного листа по размеру и высоте столба. Был принят лист из черной стали производства ЕС с размерами ячейки 30 x 23 мм, перемычки

2,5 мм, толщина листа 2 мм, свободная площадь 78 % (рис. 2). Расположение ячеек было принято поперек вертикальной оси столба.

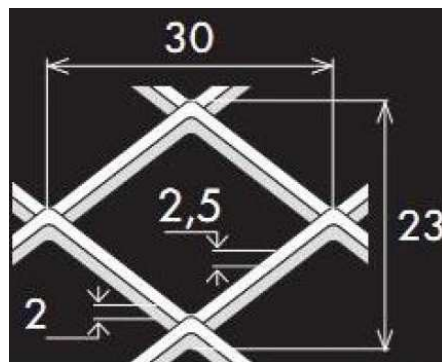
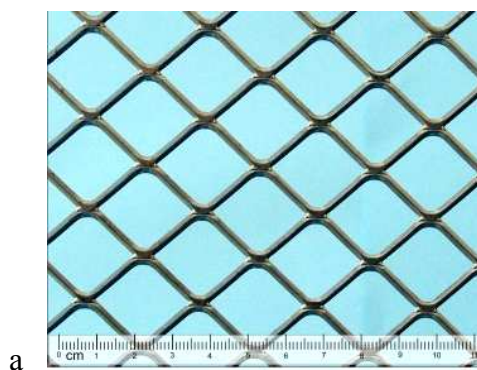


Рис. 2. Используемый в эксперименте просечно-вытяжной лист:  
а – общий вид; б – основные геометрические характеристики

2. Крепеж просечно-вытяжных листов металлическими самоанкерующимися распорными болтами по ГОСТ 28778-90 длиной 85 мм и диаметром 8 мм. На конце болта под гайку устанавливались кузовные

шайбы диаметром 30 мм по ГОСТ 6958-78. Болты устанавливались в два ряда по стороне кирпичного столба с шагом примерно 350 мм (рис. 3).

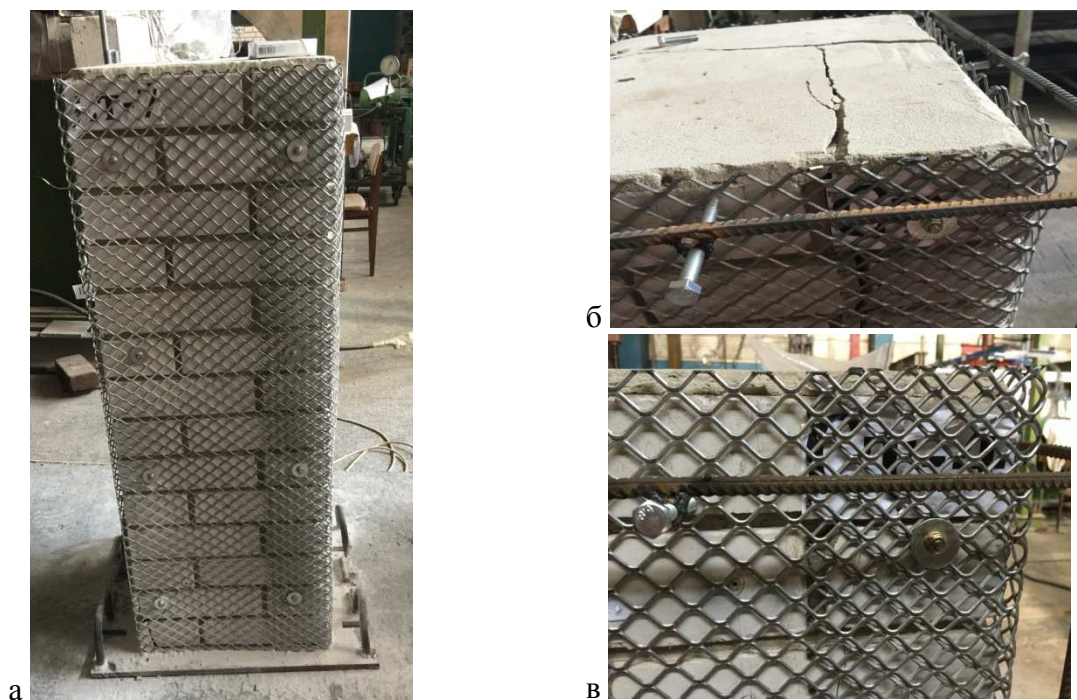


Рис. 3. Крепление просечно-вытяжного листа к столбам

3. Торкретирование. Состав раствора – цемент : щебень : вода – 2:4:6. Применяется щебень фракции 5–10 мм, пластификатор в дозировке 40 гр на 10 кг цемента, а также фибра полипропиленовая в дозировке 0,6 кг на 1 м<sup>3</sup> цемента; портландцемент марки ПЦ

I-500. Применяемое оборудование: бетономешалка на 160 л, растворонагнетатель объемом 90 л и компрессор на 7 атм. Толщина торкрета составила ≈ 50 мм (рис. 4), общий вид столбов после процедуры торкретирования представлен на рис. 5.

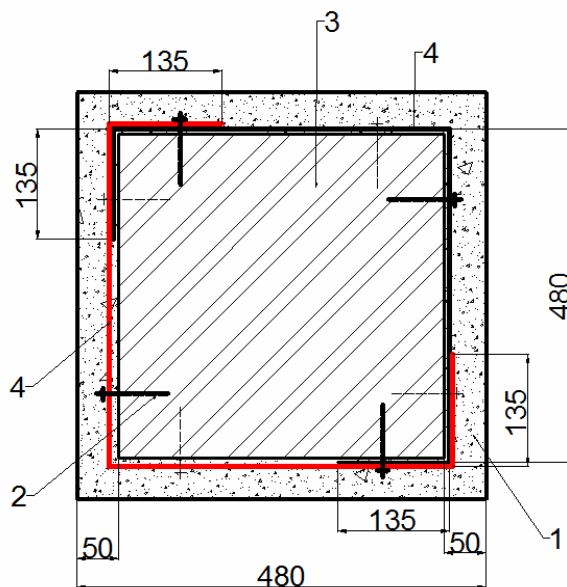


Рис. 4. Поперечное сечение усиленного столба: 1 – слой раствора; 2 – распорные болты; 3 – усиливаемый кирпичный столб; 4 – гнутый просечно-вытяжной лист





Рис. 5. Заторкретированные кирпичные столбы Ст-4, Ст-6, Ст-7

Кирпичные столбики испытывались в следующем возрасте: Ст-7 – 34 дня, Ст-4 – 37 дней, Ст-6 – 42 дня. Экспериментальные исследования кирпичных столбов после усиления были проведены в испытательной лаборатории кафедры железобетонных и каменных конструкций Харьковского национального университета строительства и архитектуры в сентябре 2017 года.

Испытания проводились на гидравлическом прессе мощностью 500 т (рис. 6). Образцы в пресс устанавливались таким образом, чтобы их вертикальная ось совпадала с осью приложения нагрузки при центральном сжатии. Нагрузка прикладывалась ступенями по 10,0 т, фиксировалась разрушающая нагрузка и нагрузка трещинообразования.

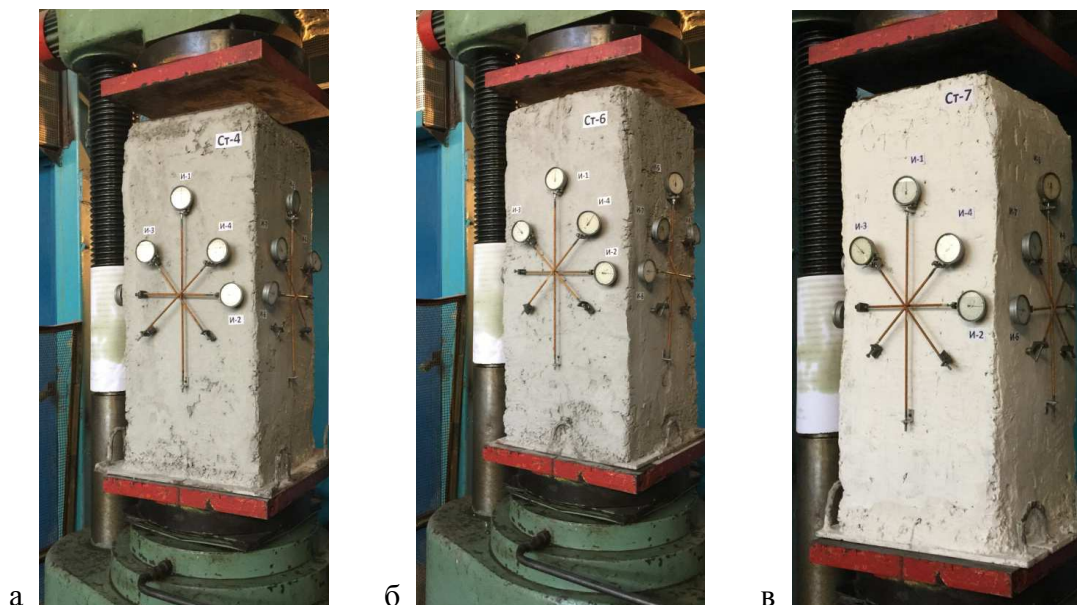


Рис. 6. Фото усиленных столбиков перед испытаниями: а – Ст-4; б – Ст-6; в – Ст-7

Измерения деформаций производились до разрушения образца, при этом определялось среднее значение по двум индикаторам, установленным с двух сторон

образца. Усилие возрастало равномерно; во время снятия отсчетов по приборам нагрузка поддерживалась на постоянном уровне.

Графики зависимости относительных деформаций от ступеней нагружения « $\epsilon - N/N_u$ » усиленных столбов показаны на рис. 7.

По результатам эксперимента можно констатировать, что использование сетчато-дисперсного армирования уменьшает продольные деформации  $\approx$  в 1,5 раза, а поперечные – увеличиваются тоже  $\approx$  в 1,5 раза. Несущая способность уже такой комплексной конструкции выше первоначальной конструкции кирпичного столба в 1,4 раза, нагрузка трещинообразования возросла незначительно – в 1,07 раза.

Следует отметить, что при данном усилении работает только железобетонное армирование, а кирпичное ядро выполняет функцию только заполнения, хотя нагрузка передается через ядро.

Разрушение кирпичных столбов, усиленных сетчато-дисперсным армированием, показаны на рис. 8.

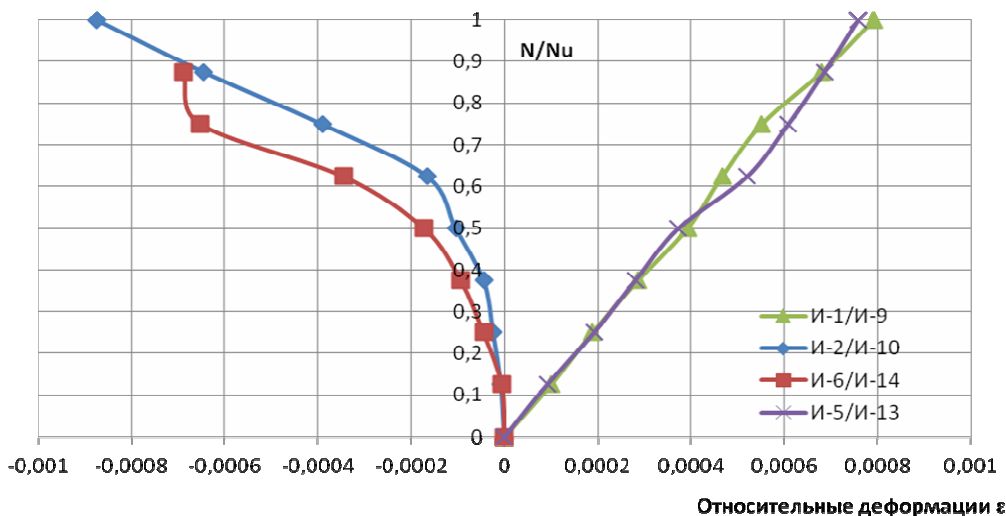


Рис. 7. Графики зависимости относительных деформаций от ступеней нагружения « $\epsilon - N/N_u$ » для усиленных столбов



Рис. 8. Результаты испытаний столбов, усиленных сетчато-дисперсным армированием: а – Ст-4; б – Ст-6; в – Ст-7

**Выводы:**

1. Предложено усиление поврежденного кирпичного столба с использованием железобетонной обоймы с сетчато-дисперсным армированием.

2. Несущая способность такой комплексной конструкции выше первоначальной конструкции кирпичного столба в 1,4 раза, нагрузка трещинообразования возросла в 1,07 раза.

**Список использованных источников**

1. Дефекты и усиление зданий и сооружений [Текст] // Инженерно-строительный журнал (Magazine of Civil Engineering): материалы конференции. – 2013. – №. 3 (38). – С. 3–4 (БД Scopus).
2. Современные способы ремонта и усиления каменных конструкций [Текст] / Р. Орлович, Д. Мантегацца, А. Найчук, В. Деркач // Архитектура, дизайн, и строительство. – СПб., 2010. – № 1(44). – С. 86-87.
3. Иванов, Ю. В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт [Текст] / Ю. В. Иванов. – М. : Изд-во АСВ, 2012. – С. 314.
4. Грановский, А. В. Повышение сейсмостойкости стен при усилении их композитными материалами [Текст] / А. В. Грановский, Б. К. Джамуев; под ред. В. И. Теличенко и К. И. Ерёмкина. – М., 2011. – С. 130-133.
5. Спосіб підсилення цегляного стовпа цегляною обоймою з використанням з'єднувальної арматури [Текст]: пат. № 94271 Україна; Е04G 23/02 / Клименко С. В., Бадеян Г. В., Білоус І. О. – заявл. 05.05.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21. – 3 с.

---

Кичаева Оксана Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедри механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова. Тел.: +380679538406. E-mail: o\_kichaeva@ukr.net.

Стародубов Сергій Миколайович, директор приватного підприємства, фірма «Вертикаль». Тел.: +380675713308. E-mail: Direktor@vertikal.kharkov.ua.

Убийвовк Артем Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехніки та підземних споруд Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.: +380671690209. E-mail: quartv@gmail.com.

Кичаева Оксана Владимировна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедры механики грунтов, фундаментов и инженерной геологии Харьковского национального университета городского хозяйства им. А. М. Бекетова. Тел.: +380679538406. E-mail: o\_kichaeva@ukr.net.

Стародубов Сергей Николаевич, директор частного предприятия, фирма «Вертикаль». Тел.: +380675713308. E-mail: Direktor@vertikal.kharkov.ua.

Убийвовк Артем Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники и подземных сооружений Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: +380671690209. E-mail: quartv@gmail.com.

Kichaeva Oxana Vladimirovna, Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Head of the Department of Soil Mechanics, Foundations and Engineering Geology, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. Tel.: +380679538406. E-mail: o\_kichaeva@ukr.net.

Starodubov Sergey Nikolaevich, Director of Private enterprise firm "Vertikal". Tel.: +380675713308. E-mail: Direktor@vertikal.kharkov.ua.

Ubiyovok Artem Vladimirovich, Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Department of Geotechnics and Underground Structures, Kharkov National University of Building and Architecture. Tel.: +380671690209. E-mail: quartv@gmail.com.

Статтю прийнято 28.02.2018 р.