

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В СТЕНАХ МАЛОЭТАЖНЫХ КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Д. В. Пугач¹, В. Н. Деркач²

¹ Магистрант кафедры технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: pugach.ntc@gmail.com

² Д. т. н., доцент, профессор кафедры строительных конструкций УО «Брестский государственный технический университет», директор филиала РУП «Институт БелНИИС» – Научно-технический центр, Брест, Беларусь, e-mail: v-derkach@yandex.by

Реферат

В статье приведены результаты анализа причин образования трещин в стенах современных малоэтажных каменных зданий, возводимых с применением каменной кладки из силикатного кирпича. Показана морфология трещинообразования в стенах и перегородках, в зависимости от их конструктивных особенностей, наличия дверных и оконных проемов. Установлено, что основной причиной образования трещин в несущих и самонесущих стенах являются растягивающие напряжения в каменной кладке, вызванные стеснением ее усадочными деформациями. Повреждения трещинами перегородок обусловлены усадочными деформациями кладки и прогибами плит перекрытий, являющимися опорами перегородок. Характер трещинообразования перегородок зависит от отношения их размеров, наличия и места расположения дверных проемов, способа сопряжения перегородок с плитами перекрытий. На трещиностойкость стен и перегородок существенное влияние оказывает качество выполнения кладочных и отделочных работ, уход за кладкой в процессе ее возведения.

Ключевые слова: каменная кладка, трещины, силикатный кирпич, усадка, прогибы перекрытий.

REASONS FOR THE FORMATION OF CRACKS IN THE WALLS OF LOW-RISE STONE BUILDINGS MADE OF SILICATE BRICKS

D. V. Pugach, V. N. Derkach

Abstract

The article presents the results of the analysis of the reasons for the formation of cracks in the walls of modern low-rise stone buildings erected using silicate brick masonry. The morphology of cracking in walls and partitions is shown, depending on their design features, the presence of door and window openings. It has been established that the main reason for the formation of cracks in load-bearing and self-supporting walls is tensile stresses in the masonry, caused by the constraint of its shrinkage deformations. Damage to partitions by cracks is caused by shrinkage deformations of the masonry and deflections of the floor slabs, which are the supports of the partitions. The nature of cracking of partitions depends on the ratio of their sizes, the presence and location of doorways, the method of pairing partitions with floor slabs. The crack resistance of walls and partitions is significantly affected by the quality of masonry and finishing work, masonry maintenance during its construction.

Keywords: masonry, cracks, silicate brick, shrinkage, floor slab deflections.

Введение

В настоящее время в практике строительства широкое распространение получили малоэтажные здания высотой 1–3 этажа (ясли-сады-начальные школы, общеобразовательные школы, жилые здания), в которых стены и перегородки возводят с применением каменной кладки из силикатного кирпича. Нормативный срок строительства указанных зданий составляет 11–18 месяцев, вследствие чего наибольшая часть деформаций стенового ограждения, вызванных температурно-влажностными воздействиями и реологическими процессами в бетоне несущих конструкций перекрытий, реализуется в эксплуатационный период. Это приводит к тому, что через 2–3 года после ввода строительных объектов в эксплуатацию в стеновом ограждении возникают трещины.

Наличие трещин снижает конструктивную надежность здания, его эксплуатационные качества, а значительные трещины в несущих стенах создают угрозу потери несущей способности конструкций. Поэтому наблюдение за трещинами, выявление причин их возникновения и динамики развития является ответственным этапом при обследовании каменных конструкций.

Изучение морфологии трещин и характера их развития во времени позволяют установить причины повреждений, назначить эффективные и экономичные методы ремонта и усиления конструкций, а если выявленные повреждения являются системными – внести коррективы в нормативно-техническую документацию.

В настоящей статье приведен анализ характерных повреждений трещинами стенового ограждения из силикатного кирпича на примере здания УПК «Ясли-сад – начальная школа №11 г. Бреста».

Краткая характеристика здания

Здание яслей-сада – двухэтажное, сложное в плане формы с техническим подпольем. Габаритные размеры здания 65,83×84,79 м, высота 1-го и 2-го этажей до низа плит перекрытия 3,0 м, технического подполья – 2,4 м. Внутренние несущие и самонесущие стены выпол-

нены из силикатного пустотелого утолщенного кирпича. Кладка участков стен с вентиляционными каналами возводилась из полнотелого силикатного кирпича. В помещениях с мокрым режимом (бассейн, душевые) применен утолщенный полнотелый керамический кирпич. Толщина несущих кирпичных стен составляет 380 мм.

Наружные стены трехслойные с внутренним утеплением из минераловатных плит и облицовкой из силикатного лицевого утолщенного кирпича. Толщина облицовочного слоя стены – 120 мм, утеплителя – 140 мм. Между наружной кирпичной облицовкой и внутренним утеплением предусмотрена воздушная прослойка толщиной 40 мм. Кладка внутреннего слоя стены толщиной 380 мм выполнена из силикатного пустотелого утолщенного кирпича. Крепление облицовочного слоя к внутреннему слою стены осуществлено при помощи стеклопластиковых связей. Общая толщина наружных стен составляет 680 мм. облицовочный слой наружных стен через 3–6 м разрезан вертикальными деформационными швами.

Перегородки толщиной 120 мм возведены из пустотелого утолщенного силикатного кирпича. Для кладки стен и перегородок использован цементно-песчаный раствор прочностью на сжатие 5 МПа.

Поверхности кирпичных стен внутри здания оштукатурены цементно-песчаным раствором с последующей покраской. Толщина штукатурных слоев варьируется в пределах 15...30 мм. В помещениях с мокрым режимом поверхности кирпичных стен дополнительно облицованы керамической плиткой. В коридорах здания по стенам выполнена декоративная мозаичная штукатурка.

Настил перекрытий и покрытия здания смонтирован из сборных железобетонных многопустотных плит пролетом 6–7,2 м.

Наружные и внутренние стены технического подполья здания выполнены из сборных бетонных фундаментных блоков (ФБС) толщиной 400 и 500 мм. Бетонные стены технического подполья являются ленточными фундаментами стен, установленными на свайном основании. Строительство надземной части здания начато в апреле 2018 г., в эксплуатацию здание введено 31.08.2019 г.

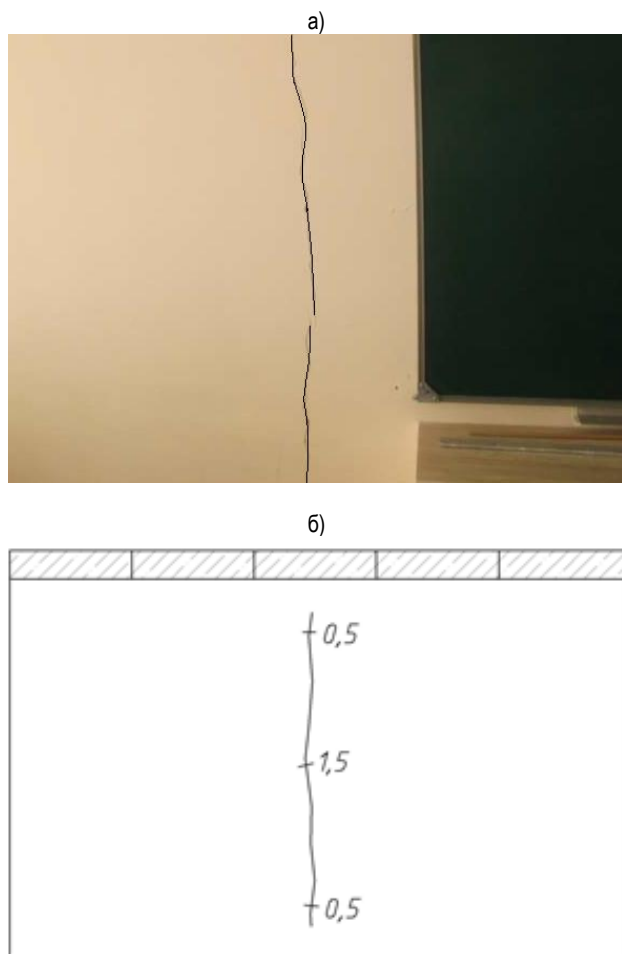
Морфология трещин и причины их образования

Через три года после ввода здания в эксплуатацию во внутренних стенах и перегородках, а также внутреннем слое наружных стен 1-го и 2-го этажей были выявлены многочисленные трещины шириной раскрытия до 2 мм. При этом в стенах технического подполья и в облицовочном слое наружных стен трещины отсутствовали. Мониторинг трещин, который осуществлялся в течение шести месяцев, показал, что трещины стабилизировались, ширина их раскрытия и длина не изменялись или изменялись незначительно в зависимости от температуры окружающего воздуха.

В протяженных сплошных несущих стенах в середине их длины образовались сквозные вертикальные трещины. Наибольшую ширину раскрытия 1,5–2 мм указанные трещины имеют в средней по высоте части стены. В верхней и нижней зонах стены трещины сужаются и на расстоянии примерно 30–40 см от перекрытий затухают (рисунок 1).

полностью затухают приблизительно через три года [4]. Трещины в кладке из силикатного кирпича образуются, если разность относительных деформаций участков стен составляет 0,2–0,4 мм/м [5]. При низкой прочности сцепления растворных швов с кирпичом или недостаточной глубине перевязки кладочных изделий трещины имеют зигзагообразную траекторию, проходящую по швам кладки. В случае высокой прочности сцепления растворных швов и глубине перевязки соответствующей нормативным требованиям трещины пересекают кирпич и вертикальные швы кладки.

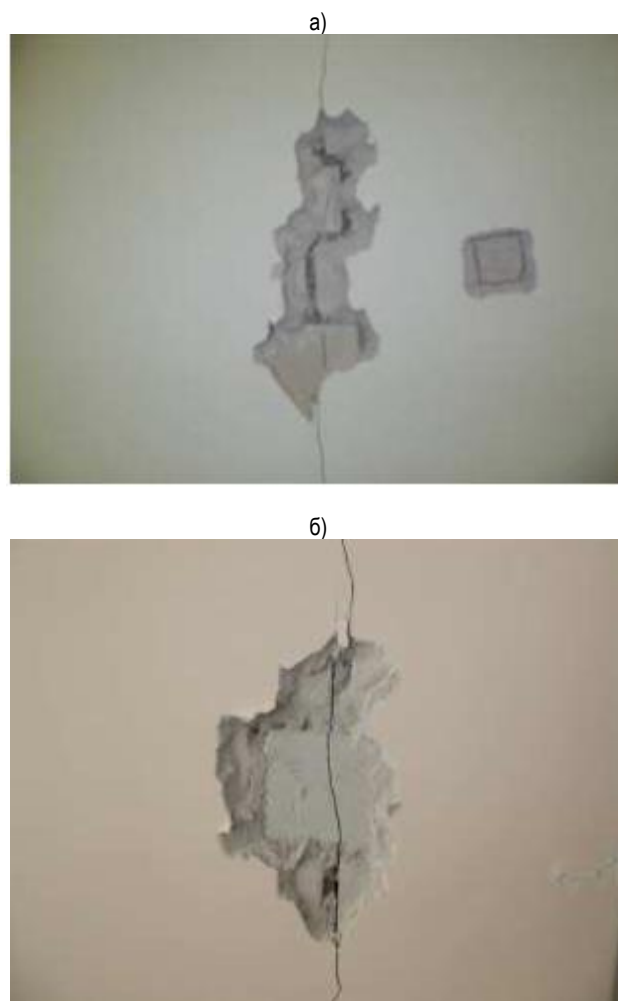
Обследование показало, что в кладке стен реализовывался как первый, так и второй случай трещинообразования. При этом основной причиной развития трещин по растворным швам кладки являлась неудовлетворительная перевязка кирпича (рисунок 2а). Если нормативные требования по глубине перевязке кирпича соблюдались, то траектория трещин имела строго вертикальное направление и проходила по кирпичам и растворным швам (рисунок 2б).



а) общий вид; б) схема трещинообразования
Рисунок 1 – Характерные трещины в несущих стенах

Характер трещин свидетельствует о том, что они вызваны растягивающими напряжениями, возникающими в каменной кладке вследствие стеснения ее усадочных деформаций плитами перекрытий и смежными стенами. Величина усадочных деформаций зависит от разности между начальной влажностью кладки и ее равновесной величиной, установившейся после продолжительной эксплуатации. Начальная влажность кладки определяется отпускной заводской влажностью силикатного кирпича и приобретенной влажностью в процессе возведения стен и хранения кирпича на строительной площадке. В связи с этим исключительную важность приобретают вопросы ухода за каменной кладкой и защиты ее от увлажнения атмосферными осадками в период строительства здания.

Практика эксплуатации каменных зданий показывает, что при установившихся эксплуатационных температурно-влажностных условиях усадочные деформации в кладке из силикатных изделий



а) неудовлетворительная перевязка;
б) удовлетворительная перевязка
Рисунок 2 – Характер трещин в зависимости от глубины перевязки кирпича

Во внутреннем слое наружных стен трещины возникали, как правило, в зонах оконных проемов, где имеет место концентрация растягивающих напряжений и ослабление поперечного сечения стены (рисунок 3).

При наличии в средней зоне перегородки дверного проема при прогибе перекрытия происходило разделение перегородки на две части, поворот которых приводил к возникновению трещин, показанных на рисунке 6. В перегородках, у которых проем смещен к краю, трещины развивались от угла проема, примыкающего к длинному участку перегородки.

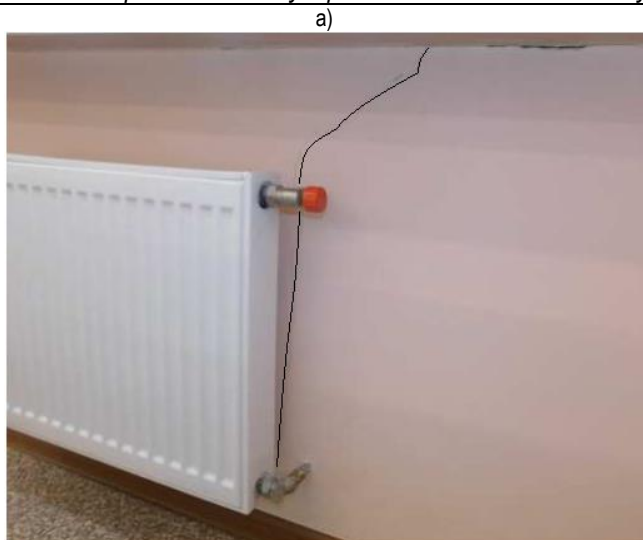
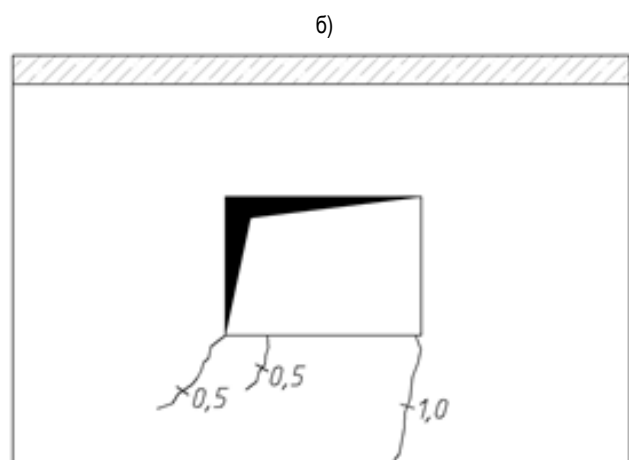


Рисунок 4 – Отсутствие деформационного шва в штукатурном слое перегородок

Прогиб плит перекрытия в этом случае привел к смятию штукатурного слоя в верхней зоне перегородок и частичной передаче на них нагрузки от верхнего перекрытия.

При прогибе поддерживающего перекрытия перегородка начала работать, как опертая на концах балка стенка, нагруженная собственным весом и частично весом вышележащего перекрытия. В этом случае ее напряженное состояние характеризуется развитием растягивающих и касательных напряжений, которые приводят к образованию трещин (рисунок 5).

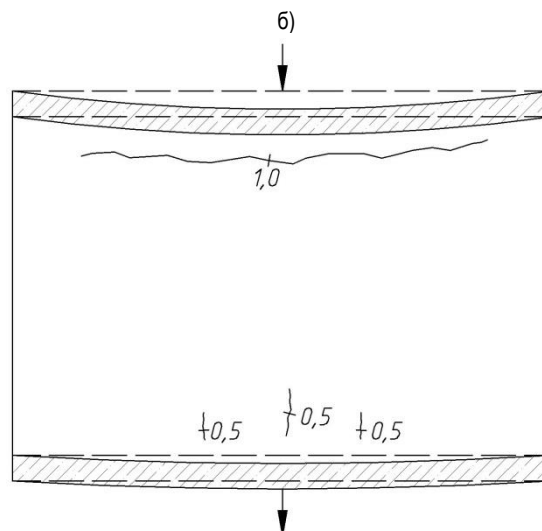
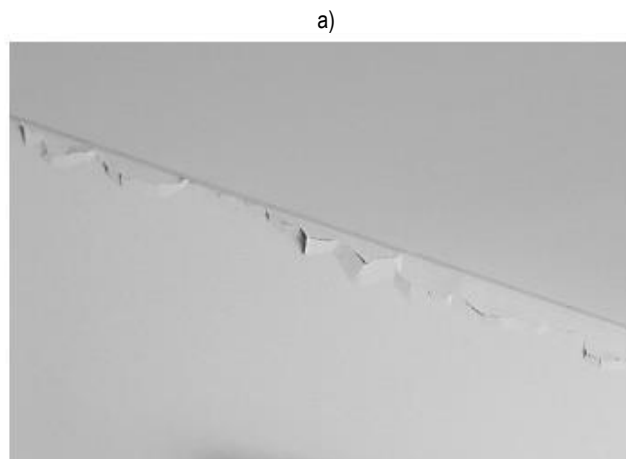


а) общий вид; б) схема трещинообразования
Рисунок 3 – Характерные трещины в наружных стенах с оконными проемами

Расчетный анализ стен методом конечных элементов показывает, что усадка каменной кладки вызывает появление главных растягивающих напряжений σ_2 , траектории которых совпадают с направлением горизонтальных растворных швов. Максимальные значения напряжений σ_2 локализуются в середине длины сплошной стены. В стенах с оконными проемами максимальные значения главных растягивающих напряжений имеют место в подоконном поясе каменной кладки по его верхней грани вблизи угла проема. Трещины образуются, когда значения σ_2 превышают прочность каменной кладки на растяжение по перевязанному сечению [3].

Повреждения трещинами перегородок обусловлены усадочными деформациями кладки и прогибами плит перекрытий, являющимися опорами перегородок. При этом характер трещинообразования зависит от отношения длины перегородок к их высоте, наличия и места расположения дверных проемов, способа сопряжения перегородок с плитами перекрытий и примыкающими стенами [4, 5].

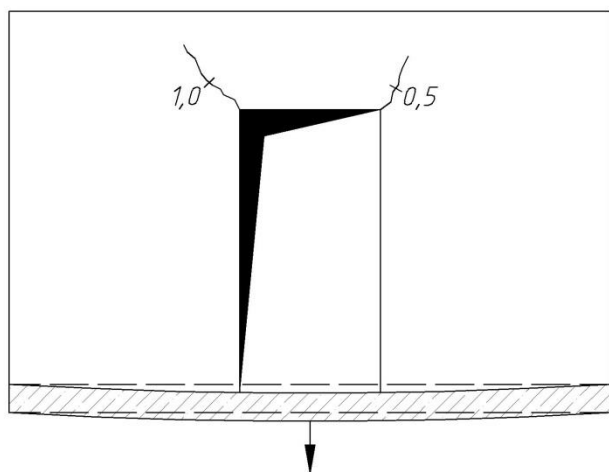
Наиболее распространенным дефектом перегородок, допущенным при их возведении, являлось отсутствие деформационного шва в штукатурном слое перегородок в месте их примыкания к плитам перекрытия (рисунок 4).



а) общий вид; б) схема трещинообразования
Рисунок 5 – Характер трещинообразования в перегородке при передаче на нее нагрузки от верхнего перекрытия



б)



а) общий вид; б) схема трещинообразования
Рисунок 6 – Характер трещинообразования в перегородках с дверным проемом

Следует отметить, что трещиностойкость каменной кладки определяется ее прочностью на растяжение и сдвиг. На указанные прочностные показатели кладки существенное влияние оказывает качество выполнения кладочных работ, в частности глубина перевязки кирпичей и прочность сцепления с ними кладочного раствора. Прочность сцепления кладочного раствора с силикатным кирпичом зависит от состава раствора, который, согласно действующим нормам [6], должен соответствовать применяемым в каменной кладке кладочным изделиям. Кладка обследованных стен возводилась на цементно-песчаном растворе прочностью на сжатие 5 МПа. Известно, что прочность сцепления между кирпичом и кладочным раствором ключевым образом зависит от клеящей способности раствора и от полноты площади соприкосновения раствора с кирпичом. Значительные усадочные деформации цементных растворов вызывают усадочные напряжения, отрывающие на отдельных участках соприкосновения раствор от кирпича, что часто нивелирует высокую клеящую способность цементного раствора [7]. Кроме вышеперечисленных факторов прочность сцепления растворов с кладочными изделиями в значительной степени зависит от условий содержания кладки после ее выполнения.

Заключение

Основными причинами образования трещин в стенах и перегородках из силикатного кирпича явились усадочные деформации каменной кладки и прогибы перекрытий, на которые установлены перегородки. Снижению трещиностойкости стен и перегородок из

силикатного кирпича способствовало некачественное выполнение каменной кладки, отсутствие деформационных швов в отделочных слоях, применение цементно-песчаного кладочного раствора, обладающего низкой водоудерживающей способностью и повышенной усадкой, а также ненадлежащий уход за каменной кладкой в процессе ее возведения.

Список цитированных источников

1. Schubert, P. Schadfensfreies Konstruieren mit Mauerwerk, Teil 1: Formanderungen / P. Schubert // Mauerwerk Kalender. – 2002. – № 27. – P. 313–331.
2. Dialer, C. Rißschäden an Mauerwerkskonstruktionen / C. Dialer. – Fraunhofer IRB Verlag, 2016. – 451 p.
3. Деркач, В. Н. Каменные и армокаменные конструкции. Оценка технического состояния, ремонт и усиление / В. Н. Деркач. – Минск : СтройМедиаПроект, 2021. – 256 с.
4. Деркач, В. Н. Влияние температурно-влажностных деформаций каменной кладки на трещиностойкость стенового заполнения каркасных зданий / В. Н. Деркач // Вестник БрГТУ. – 2020. – № 1 : Строительство и архитектура. – С. 38–30.
5. Kania, T. Testing Crack Resistance of Non-Load-Bearing Ceramic Walls with Door Openings / Tomasz Kania, Valery Derkach and Rafał Nowak // Materials. – 2021. – Vol. 14. – P. 1379.
6. Каменные и армокаменные конструкции. Строительные нормы проектирования: СП 5.02.01-2021. – Введ.1.04.2021. – Минск : МАиС, 2021. – 116 с.
7. Поляков, С. В. Длительное сжатие кирпичной кладки / С. В. Поляков. – М. : Гос. из-во литературы по строит-ву, 1956. – 183 с.

References

1. Schubert, R. Schadfensfreies Konstruieren mit Mauerwerk, Teil 1: Formanderungen / R. Schubert // Mauerwerk Kalender. – 2002. – № 27. – P. 313–331.
2. Dialer, C. Rißschäden an Mauerwerkskonstruktionen / C. Dialer. – Fraunhofer IRB Verlag, 2016. – 451 p.
3. Derkach, V. N. Kamennye i armokamennye konstrukcii. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya, remont i usilenie / V. N. Derkach. – Minsk : StrojMediaProekt, 2021. – 256 s.
4. Derkach, V. N. Vliyaniye temperaturno-vlazhnostnykh deformatsiy kamennoj kladki na treshchinostoykost' stenovogo zapolneniya karakasnykh zdaniy / V. N. Derkach // Vestnik BrGTU. – 2020. – № 1 : Stroitel'stvo i arhitektura. – S. 38–30.
5. Kania, T. Testing Crack Resistance of Non-Load-Bearing Ceramic Walls with Door Openings / Tomasz Kania, Valery Derkach and Rafał Nowak // Materials. – 2021. – Vol. 14. – P. 1379.
6. Kamennye i armokamennye konstrukcii. Stroitel'nye normy proektirovaniya: SP 5.02.01-2021. – Vved.1.04.2021. – Minsk : MAiS, 2021. – 116 s.
7. Polyakov, S. V. Dlitel'noe szhatie kirpichnoj kladki / S. V. Polyakov. – M. : Gos. iz-vo literatury po stroit-vu, 1956. – 183 s.

Материал поступил 26.01.2023, одобрен 10.02.2023, принят к публикации 10.02.2023