

DOI: 10.34031/article_5ce292c9b184d5.39570191

¹Донченко О.М., ¹Дегтев И.А., ^{1,*}Тарасенко В.Н., ²Жихарев Н.Д.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

*E-mail: tarasenko.vn@bstu.ru

ДЕФОРМАЦИИ РАСТВОРА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ШВОВ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПРИ СЖАТИИ

Аннотация. Обоснована необходимость установления и значения действительных закономерностей деформирования растворов в горизонтальных швах каменной кладки на всех стадиях ее работы – в отсутствие и развитии трещин, при исчерпании сопротивления, составляющих от 80 – 85 % общих деформаций кладки при кратковременном сжатии. Обращено внимание на отсутствие в научной литературе сообщений о проведении и результатах исследований по пространственному напряженно-деформативному состоянию раствора в швах кладки при сжатии.

Подчеркиваются преимущества исследования текущего модуля деформации E_p при решении многих задач по теории работы и методике расчета каменной кладки.

На основании обработки результатов многолетних исследований, аналитически и графически показано существенное отличие изменения текущего модуля деформации E_p цементных растворов различной прочности горизонтальных швов каменной кладки от характера его изменения при испытании растворов в стандартных образцах.

Отмечены преимущества разработанной методики обработки результатов исследований растворов в стандартных образцах, позволяющей более точно устанавливать действительные значения их нормального модуля деформации E_0 и предельную относительную деформацию при сжатии.

Приведены аналитические зависимости коэффициента пластичности и текущего модуля деформаций E_p , установленные на основании обработки результатов многочисленных исследований кладочных растворов.

Ключевые слова: прочность, деформативность, каменная кладка, строительный раствор, горизонтальные швы, сжатие, снижение модуля деформации, пространственное напряженное состояние, изменение модуля деформации.

Введение. Для многих задач и вопросов теории работы и методов расчета конструкций каменной кладки необходимо знание действительных законов деформирования растворов в её горизонтальных швах при силовом сжатии. Деформации кладки необходимо знать на всех стадиях и уровнях ее работы – в отсутствие первых вертикальных трещин в камнях в 1-ой стадии, при появлении таких трещин в двух смежных рядах камней во 2-ой стадии, при развитии вертикальных магистральных трещин неармированной кладки в 3-ей и, конечно, в 4-ой стадии при исчерпании её сопротивления. Знание этих закономерностей деформирования необходимо для конструктивных расчетов элементов при эксплуатации разно нагруженных и многослойных стен, стен с наружными и внутренними облицовками, пересечений разно высоких наружных и внутренних стен для предотвращения их растрескивания и разрушения.

Основная часть. В научно-технической литературе редко приводятся результаты исследований характера и характеристик деформирования строительных растворов, считая эти вопросы

неактуальными в то время, когда более 65 % стен зданий устраиваются кладкой из кирпича и мелких искусственных камней. Все больше сообщается о законах деформирования различных видов современных бетонов. А характер деформирования строительных растворов, применяемых для каменной кладки, как обычно, привыкли считать таким, каким он устанавливается при испытании раствора в стандартных образцах – кубах с ребром в 70 мм и такого же поперечного сечения призм, в которых величина модуля начальной деформации E_0 , обычно называемого начальным модулем упругости, с ростом нагружения постепенно уменьшается до нуля.

Естественно, что такой подход назвать верным нельзя. Поскольку касательный модуль деформации E при исчерпании сопротивления материала равен нулю, то и соответствующая этому предельная деформация сжатия ϵ_R должна быть бесконечной, что совершенно противоречит результатам физических экспериментов. Поэтому все чаще исследователи стараются оперировать

не с касательным, а с секущим модулем деформаций E' , так называемым «средним модулем деформаций».

В последнее время наиболее известной работой в рассматриваемом направлении является исследование профессоров В.В. Пангаева и В.М. Сердюка [1], считающего, что средний модуль деформаций E' цементных растворов при кратковременном равномерном 10-ступенчатом сжатии по сравнению с величиной начального модуля деформаций E_0 до уровня нагрузки P , равной $0,3 \cdot P_{раз}$, вначале сохраняют свое начальное значение с постепенным уменьшением своей величины на последующих ступенях нагружения, вплоть до значений $0,28$ и $0,10 \cdot E_0$ на двух, соответственно, последних ступенях нагружения и исчерпанию сопротивления.

Такой подход, по нашему мнению, является положительным, поскольку хотя бы в первом приближении позволяет осуществлять конструктивные расчеты на многих уровнях нагружения и эксплуатации кладки. Однако, к определенным его недостаткам следует отнести предполагаемое распространение постоянного характера и относительных значений E' на все цементные растворы прочностью от марки М10 до М200, что экспериментально не подтверждается, а также и то, что величины секущего модуля деформаций E' на последних двух ступенях нагружения авторы [1] получали не опытным путем, а установили их чисто аналитически посредством экстраполяции вперед.

Проведенные нами в течение последних 40 лет в Харьковском инженерно-строительном институте и в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова многочисленные исследования трещиностойкости и сопротивления кладки и ее отдельных элементов: кирпича, мелких искусственных камней, смешанных и цементных растворов [2, 3, 7, 8, 11–19, 21, 22] убедительно показали явное различие количественного характера изменения модуля деформаций E' этих материалов при центральном сжатии с уровнем нагружения цементных растворов различных марок и различной прочности. При этом все испытания кладочных растворов мы производили с постоянной нормативной скоростью нагружения вплоть до их разрушения, а показания тензорезисторов дублировали показаниями механических индикаторов, работающих благодаря системе крепления инженера Василенко обратным ходом, без их удаления до самого разрушения образцов, что увеличивало точность измерения отсчетов на последних ступенях нагружения.

В качестве примера характера деформирования стандартных образцов цементных растворов

на графике (рис. 1) приведены лишь кривые деформирования цементных растворов марок М25 и М200 (рис. 1 А, В), полученные по результатам наших исследований [2, 3, 7, 8, 11–19], которые существенно отличаются друг от друга, и от единой кривой деформирования цементных растворов всех марок по исследованиям В.В. Пангаева и В.М. Сердюка (рис. 1С).

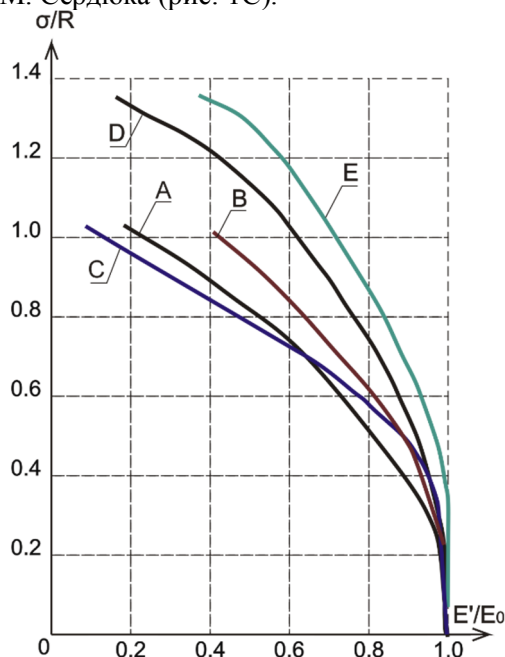


Рис. 1. Изменение секущего модуля деформаций E' цементных растворов с уровнем нагружения: А, В – эксперименты авторов, соответственно, для марок М50 и М200; С – расчетные значения по данным В.В. Пангаева; D, E – расчетные значения по методике авторов для растворов марок М50 и М200 соответственно, в горизонтальных швах каменной кладки.

Этот график, построенный в новых координатах $\sigma/R - E'/E_0$, является более обозримым с легко получаемым по результатам опытов на каждой ступени нагружения отношением величин напряжения σ и абсолютной деформации Δl .

Столь необычная для экспериментальных исследований монотонная гладкость наших кривых деформирования (без отдельных выбросов) стандартных образцов цементных растворов и установление конкретных предельных значений их модулей деформаций E'_R и соответствующих предельных деформаций сжатия σ_R без обычного разброса, характерных для других исследований [4, 5, 9, 10, 20, 23–26], объясняется постоянным использованием в наших исследованиях [2, 3] единой методики проведения испытаний и обработки их результатов.

Эта методика испытания образцов была принятой следующей:

- опорные грани призм тщательно пришлифовывались;

– центрирование осуществлялось под нагрузкой $0,05 \dots 0,3 R_{\text{раз}}$ с последующей 3-кратной разгрузкой и нагрузкой. Убедившись в достаточном равенстве деформаций по всем 4 граням (разность отсчетов не превышала $10 \dots 15 \%$), приступали к дальнейшему испытанию образца до разрушения;

– два образца-близнеца для определения R испытывали в условиях непрерывного нагружения со скоростью $0,8 \dots 0,15 \text{ кг/см}^2$ в секунду до разрушения. Определение скорости осуществляли по секундомеру и в момент, предшествующий разрушению, скорость деформирования образца приходилось увеличивать;

– следующие два образца-близнеца испытывали с одномоментными остановками на каждой ступени для снятия отсчетов и осмотра образца до уровня $0,9 R_{\text{раз}}$, после чего нагружение производили непрерывно до разрушения. Снятие показаний отсчетов по всем 4 граням производили одновременно;

– всю серию, состоящую из 4 призм, испытывали в течение суток.

Такая методика позволила установить единоеобразие в испытаниях опытных образцов, что нашло отражение в увеличении стабильности полученных результатов, но все же не избавила от необходимости выработки специальной методики их обработки, в связи с их естественным разбросом на первой и последней ступенях нагружений. Эта методика заключалась в корректировке нулевых отсчетов, установлении достоверного значения начальных модуля деформаций E_0 и наиболее достоверных значений предельного секущего модуля деформации E'_R .

Из лабораторной практики хорошо известно, что установление начального модуля деформаций E_0 сопряжено с определенными погрешностями с начальным нагружением, мертвым ходом приборов и некоторыми условностями начальных отсчетов. Профессор О.Я. Берг [5] отмечал, что в лабораторных испытаниях начальные деформации обычно уходят из поля зрения испытателя. Первые замеры деформаций, связанные с центрированием образцов, не учитываются в последующем. Кроме того, всегда принимается некоторая минимальная нагрузка на образец, относительно которой снимаются нулевые отсчеты. Связанные с этим погрешности иногда приводят к тому, что начальный модуль деформации при напряжениях $(0,02 \dots 0,10) R$ может быть получен намного ниже, чем при напряжениях $0,2 R$, что является ошибочным.

Для устранения указанных недостатков и получения сравнимых данных, результаты проведенных авторами испытаний подвергались единому методу обработки, который заключался в

корректировке нулевых и предельных отсчетов и установлении достоверных значений начальных модулей деформации E_0 . Сущность указанного метода основывалась на том, что начальное значение модуля деформаций E_0 не может быть меньше значения секущего модуля деформаций E' , соответствующего напряжению $0,2 R$. Практически это выливалось в требование, чтобы первые, вторые, третьи и четвертые разности отсчетов корректировались таким образом, чтобы приращения последних отсчетов были бы равными или монотонно увеличивающимися. Такое корректирование опытных значений E_0 и E'_R было необходимым проводить, как правило, не далее третьих-четвертых разностей. Все это позволило получать более достоверные значения E_0 , E' , E'_R и E_R и определенное единство формы кривых $E'/E_0 - \sigma/R$ для всех испытанных цементных растворов различной прочности – марок М25 – М200.

Для аппроксимации полученных таким образом кривых деформирования цементных растворов несложными аналитическими функциями необходимо было удовлетворять требованиями их прохода через три главные точки: до начала нагружения, когда $\sigma/R = 0$, а $E' = E_0$; при уровне нагружения $\sigma/R = 0,2$ и при предельном значении нагрузки, когда $\sigma/R = 1,0$, т.е. при исчерпании сопротивления образца. Этим требованиям по результатам наших опытов в наилучшей мере соответствует зависимость секущего модуля деформаций в виде

$$E' = E_0 \cdot \left[1 - \lambda \cdot \left(\frac{\sigma}{R} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где коэффициент λ зависит только от прочности (марки) раствора и равняется:

$$\lambda = 1 - \frac{E'_R}{E_0}. \quad (2)$$

В зависимостях (1) и (2) коэффициент λ наилучшим образом соответствует характеристике пластичности при исчерпании сопротивления цементных растворов, равной отношению работы, затраченной на пластическое деформирование, к общей работе по деформированию и разрушению образца. Анализ результатов проведенных авторами исследований позволил получить несложную зависимость этого коэффициента от прочности цементных растворов в виде:

$$\lambda = \frac{1}{(1,1 + 0,003)}, \quad (3)$$

которая, в частности для растворов марки М50 и М200 дает, соответственно, значения их пластичности $0,80$ и $0,60$. При этом отношение E'_R/E_0 может отражать степень упругости цементных растворов при разрушении.

Всё вышеизложенное касалось только деформирования цементных растворов в стандартных образцах (кубики и призмы), при которых измерения нагрузок и деформаций осуществляется точными методами. Что же касается аналогичных измерений напряжений и деформаций растворов в горизонтальных швах каменной кладки, то их точное установление современными методами и приборами весьма затруднительно и практически невозможно. В отличие от простого напряженно-деформированного состояния (НДС) стандартных образцов при центральной сжатии, раствор в горизонтальных швах каменной кладки находится в сложном пространственном состоянии сжатия, при котором его прочность при исчерпании сопротивления кладки и продольные деформации существенно увеличиваются. Достаточно лишь указать на прочность кладки из кирпича М300 на растворе М25, величина которой (50 кг/см^2) вдвое превышает исходную прочность раствора и разрушение ее происходит по кирпичу.

Действительно, как показали опыты многих исследований, и, в частности, С.А. Семенцова, С.В. Полякова, авторов [4, 24], деформации раствора в швах кладки значительно отличаются от деформаций призм, выполненных из того же раствора, и их точное определение чрезвычайно затруднительно. Это объясняется сложной микро- и макронеоднородной композитной средой кладки, состоящей из конгломерата дискретно расположенных камней и обволакивающих их слоев раствора, т.е. многократно статически неопределимой системы, для решения которой применять дифференциальные уравнения классической теории упругости и пластичности недопустимо, поскольку не выполняются их основные предпосылки о сплошности и однородности материала.

Здесь необходимо совместное рассмотрение условий равновесия и деформаций, поскольку условия работы в кладке камня и раствора различных видов диаметрально противоположны. Камень сжимается нагрузкой в вертикальном и растягивается обычно более деформативным раствором в поперечных направлениях, в результате чего его прочность в кладке оказывается существенно меньшей стандартной прочности на сжатие. Раствор, поперечные деформации которого сдерживаются менее деформативным камнем, наоборот, неравномерно сжимается и в вертикальном, и в поперечных направлениях, в связи с чем его прочность в отличие от деформаций значительно увеличивается.

Заключение. Таким образом, поскольку согласно теории удельной потенциальной энергии

формоизменения Губера – Мизеса – Генки в записи П.П. Баландина [6] можно считать доказанным явное увеличение предельной прочности раствора в кладке, то ей должно соответствовать не стандартное, а действительное изменение обычного развития его деформаций и секущего модуля E'_R , установить которые пока в опытах весьма затруднительно. В отсутствие в настоящее время физически достоверной деформационной теории пластичности растворов [6], в своих теоретических исследованиях и расчетах мы пользовались нашей уточняющей для этого случая аналитической зависимостью

$$E' = E_0 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \lambda \left(\frac{\sigma}{R} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где коэффициент пластичности раствора λ в условиях трехстороннего неравномерного сжатия практически существенно снижен. В качестве примера кривые деформирования двух цементных растворов М50 и М200 в каменной кладке под индексами "D" и "E", построенные по этой зависимости, приведены в графике на рис. 1, предельные относительные значения модулей деформаций которых E'_R при исчерпании сопротивления увеличены, соответственно, до 0,6 и 0,7 E_0 .

Выводы. Как показала обработка результатов многочисленных исследований [2, 3, 6–8, 11–19, 21, 22], этот прием дает наиболее близкое согласование теоретических и опытных результатов. Полученные результаты исследований позволят более точно установить действительную прочность раствора в горизонтальных швах при сжатии кладки и тем самым добиться соответствующей экономии материалов. Дальнейшее проведение исследований в этом направлении будет способствовать созданию достоверной физической теории прочности кладки.

Источник финансирования: Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пангаев В.В., Сердюк В.М. О деформативных характеристиках цементных кладочных растворов // Известия Вузов. Строительство. 2014. №9. С. 110–113.
2. Донченко О.М., Дегтев И.А. Экспериментальные исследования деформирования и сопротивления кладки из силикатного кирпича на различных растворах при центральной сжатии // В сб.: Строительные конструкции и инженерные сооружения. Сборник трудов МИСИ, БТИСМ. М.: МИСИ. 1982. С. 3–10.
3. Донченко О.М., Дегтев И.А. К развитию теории трещиностойкости и сопротивления

кладки при сжатии // Известия Вузов. Строительство. 2000. №10. С. 16–20.

4. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки. М.: Госстройиздат, 1959. 183 с.

5. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1961. 175 с.

6. Гениев Г.А., Кисюк В.Н. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 204 с.

7. Донченко О.М., Пащенко Ж.Н. Современное состояние теории сопротивления и методов расчета кладки из искусственных камней // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 19–21.

8. Донченко О.М., Дегтев И.А., Тарасенко В.Н. Прочность и деформативность каменной кладки при силовом сжатии: монография. Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. 137 с.

9. Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. М.: ОНТИ, 1937. 291 с.

10. Донченко О.М., Аль-Хашими Омар Исмаел. Современное состояние теории сопротивления и методов расчета кладки из ячеистобетонных камней при сжатии / 2017 год глазами ученых: сб. научных трудов. Краснодар, 2018. С. 81–84.

11. Донченко О.М., Дегтев И.А. Деформации каменной кладки при центральном кратковременном сжатии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 44–46.

12. Дегтев И.А., Донченко О.М., Тарасенко В.Н. Разработка целесообразных технологических приемов изготовления каменных конструкций // Научно-технические инновации: сб. докл. Международной научно-практической конференции. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. ч. 2. С. 21–26.

13. Гастев В.А. О влиянии швов на сопротивление каменной кладки сжатию: монография. М.: Путь. 1924. 53 с.

14. Гениев Г.А. О критерии прочности каменной кладки при плоском напряженном состоянии // Строительная механика и расчет сооружений. 1979. № 2. С. 7–11.

15. Дегтев И.А., Донченко О.М. Экспериментальное исследование прочности сцепления силикатного кирпича с раствором на полимерном вяжущем // Исследование строительных конструкций и сооружений: сб. тр. М.: МИСИ, БТИСМ, 1980. С. 16–21.

16. Дегтев И.А. Исследование влияния толщины горизонтальных швов на прочностные

свойства кладки из силикатного кирпича // Исследование работы строительных конструкций и сооружений: сб. научн. тр. М.: 1981. С. 22–25.

17. Донченко О.М., Дегтев И.А., Савченко В.И. Прочность и трещиностойкость кладки при центральном кратковременном сжатии // Расчет строительных конструкций и сооружений: сб. научн. тр. М.: 1983. С. 3–19.

18. Дегтев И.А. Практические методы расчета трещиностойкости и сопротивления кладки из различного вида камней и раствора // Исследование и разработка эффективных конструкций, методов возведения зданий и сооружений: межвузовский сб. научн. тр. Белгород: БелГТАСМ, 1996. С. 57–65.

19. Донченко О.М., Дегтев И.А. Влияние толщины растворных швов на прочность кладки при центральном сжатии // Качество, безопасность, энерго – и ресурсосбережение в промышленности стройматериалов и строительства на пороге XXI века: сб. докл. Международной научн. конф. Белгород: БелГТАСМ, 2000. Ч. 3. С. 83–88.

20. Котов И.Т. Влияние способа образования шва на работу кирпичной кладки // Экспериментальное исследование каменных конструкций: сб. научн. трудов. М.: Госстройиздат, 1939. С. 18–31.

21. Оноприенко Н.Н., Дегтев И.А., Донченко О.М. Использование цементно-полимерных растворов для повышения эффективности каменной кладки // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

22. Донченко О.М., Дегтев И.А. Деформации каменной кладки при центральном кратковременном сжатии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 44–46.

23. Кожариков С.В. Свойства кладки из силикатного кирпича на растворах с жидкостекольным вяжущим // Строительство и архитектура Узбекистана. 1976. №6. С. 14–18.

24. Семенцов С.А. Некоторые особенности деформаций кирпичной кладки при сжатии и изгибе // Исследования по каменным конструкциям: сб. научн. тр. М.: Госстройиздат. 1949. С. 23–37.

25. Grunau E.B. Ziegelmauerwerk // Deutsche Bauzeitschrift. 1976. №5. Pp. 641–644.

26. Jain A.K. Tests of Brick couplets // Proc. Instn. Civil Engrs, 1978. XII, vol. 65. Pt. 2. Pp. 909–915.

Информация об авторах

Донченко Олег Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kafedrasigsh@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дегтев Илья Алексеевич, кандидат технических наук, профессор кафедры архитектурных конструкций. E-mail: konstrarh@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тарасенко Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. E-mail: vell.30@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Жихарев Николай Дмитриевич, студент бакалавр. E-mail: nickzhikharev@yandex.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Поступила в феврале 2019 г.

© Донченко О.М., Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Жихарев Н.Д., 2019

¹Donchenko O.M., ¹Degtev I.A., ^{1,*}Tarasenko V.N., ²Zhikharev N.D.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str., 46

²Moscow State University of Civil Engineering
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

*E-mail: tarasenko.vn@bstu.ru

DEFORMATION OF HORIZONTAL JOINTS' MORTAR OF MASONRY UNDER COMPRESSION

Abstract. *The necessity of establishing and determining the consistency of mortars deformation in the horizontal joints of masonry is established: in the absence and development of cracks and with the exhaustion of resistance ranging from 80 – 85 % of the total deformation of masonry under short-term compression. Attention is paid to the absence of reports in the scientific literature on the conduct and results of research on the spatial stress-deformative state of the mortar in the joints of masonry under compression. The advantages of studying the secant modulus of deformation E_p are emphasized in solving various issues in the theory of operation and method for calculating the masonry. On the basis of long-term research results, the essential difference between the change in the secant modulus of cement mortars deformation E'_p of varying strength of horizontal joints from the nature of its change when tested in standard samples is shown analytically and graphically. The advantages of the developed methodology for processing the results of investigations of mortars in standard samples are noted. It allows to more accurately set the actual values of normal strain modulus E_0 and the ultimate relative deformation under compression. The analytical dependences of the plasticity coefficient and the secant modulus of deformations E'_p are found based on processing the results of numerous studies of masonry mortars.*

Keywords: *strength, deformability, masonry, mortar, horizontal joints, compression, reduction of deformation modulus, spatial stress state, change of deformation modulus.*

REFERENCES

1. Pangaev V.V., Serdyuk V.M. On deformation characteristics of cement masonry structures [*O deformativnykh harakteristikah cementnykh kladochnykh rastvorov*]. News Universities. Construction. 2014. No. 9. Pp. 110–113. (rus)
2. Donchenko O.M., Degtev I.A. Experimental researches of deformation and resistance of a laying from a silicate brick on various solutions at the Central compression [*Eksperimental'nye issledovaniya deformirovaniya i soprotivleniya kladki iz silikatnogo kirpicha na razlichnykh rastvorah pri central'nom szhatii*]. V sbornike Stroitel'nye konstrukcii i inzhenernye sooruzheniya. Sbornik trudov MISI, BTISM. 1982. Pp. 3–10. (rus)
3. Donchenko O.M., Degtev I.A. Development of the theory of fracture toughness and resistance of the masonry under compression [*K razvitiyu teorii treshchinostojkosti i soprotivleniya kladki pri szhatii*]. Proceedings of the Universities. Construction. 2000. No. 10. Pp. 16–20. (rus)
4. Polyakov S.V. Long compression of brickwork [*Dlitel'noe szhatie kirpichnoj kladki*]. M: Gosstroizdat, 1959. 183 p. (rus)
5. Berg O.Ya. Physical foundations of the theory of strength of concrete and reinforced concrete [*Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona*]. M: Gosstroizdat, 1961. 175 p. (rus)
6. Geniev G.A., Kisuk V.N. Theory of plasticity of concrete and reinforced concrete [*Teoriya plastichnosti betona i zhelezobetona*]. M.: Stroizdat, 1974. 204 p. (rus)
7. Donchenko O.M., Pashchenko J.N. The current state of the theory of resistance and methods of

masonry from artificial stones [*Sovremennoe sostoyanie teorii soprotivleniya i metodov rascheta kladki iz iskusstvennyh kamnej*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2013. 4. Pp. 19–21. (rus)

8. Donchenko O.M., Degtev I.A., Tarasenko V.N. The strength and deformability of masonry under compression force: monograph [*Prochnost' i deformativnost' kamennoj kladki pri silovom szhatii: monografiya*]. Belgorod, BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. 137 p. (rus)

9. Onishchik L.I. Strength and stability of stone structures [*Prochnost' i ustojchivost' kamennykh konstrukcij*]. M.: ONTI, 1937. 291 p. (rus)

10. Donchenko O.M., Al-Hashimi Omar Ismael. The current state of resistance theory and calculation methods for masonry from cellular concrete stones under compression [*Sovremennoe sostoyanie teorii soprotivleniya i metodov rascheta kladki iz yacheistobetonnykh kamnej pri szhatii*]. 2017 the eyes of scientists: collection of scientific works. Krasnodar, 2018. Pp. 81–84. (rus)

11. Donchenko O.M., Degtev I.A. Deformation of masonry at the Central short-term compression [*Deformacii kamennoj kladki pri central'nom kratkovremennom szhatii*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2013. 3. Pp. 44–46. (rus)

12. Degtev I.A., Donchenko O.M., Tarasenko V.N. The development of appropriate technological methods of manufacturing of stone structures [*Razrabotka celesoobraznykh tekhnologicheskikh priemov izgotovleniya kamennykh konstrukcij*]. Naukoemkie tekhnologii i innovacii: sb. dokl. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Belgorod: BGTU im. V. G. Shukhov. 2016. Part 2. Pp. 21 – 26. (rus)

13. Gastev V.A. On the influence of seams on the resistance of masonry compression: monograph [*O vliyanii shvov na soprotivlenie kamennoj kladki szhatiyu: monografiya*]. M.: Way. 1924. 53 p. (rus)

14. Geniev G.A. On the strength criteria of masonry at flat stress state [*O kriterii prochnosti kamennoj kladki pri ploskom napryazhennom sostoyanii*]. Construction mechanics and calculation of structures. 1979. 2. Pp. 7–11. (rus)

15. Degtev I.A., Donchenko O.M. Experimental investigation of the adhesion strength of Seeley brick with a solution of polymer binder. [*Eksperimental'noe issledovanie prochnosti scepheniya silikatnogo kirpicha s rastvorom na polimernom vyazhushchem*]. Issledovanie stroitel'nykh konstrukcij i sooruzhenij. M: IISS, BTIM, 1980. Pp. 16–21. (rus)

16. Degtev I.A. Research of influence of thickness of horizontal seams on the strength properties of masonry of silicate bricks [*Issledovanie vliyaniya tolshchiny gorizontal'nykh shvov na prochnostnye svojstva kladki iz silikatnogo kirpicha*]. Issledovanie raboty stroitel'nykh konstrukcij i sooruzhenij. Tr. M.: 1981. Pp. 22–25. (rus)

17. Donchenko O.M., Degtev I.A., Savchenko I.V. Strength and fracture toughness of masonry in the Central short-term compression [*Prochnost' i treshchinostojkost' kladki pri central'nom kratkovremennom szhatii*]. Raschet stroitel'nykh konstrukcij i sooruzhenij. Tr. M.: 1983. Pp. 3–19. (rus)

18. Degtev I.A. Practical methods of calculation of fracture toughness and resistance of masonry of various kinds of stones and mortar [*Prakticheskie metody rascheta treshchinostojkosti i soprotivleniya kladki iz razlichnogo vida kamnej i rastvora*]. Issledovanie i razrabotka ehffektivnykh konstrukcij, metodov vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij: mezhvuzovskij sb. nauchn. tr. Belgorod: BelGTASM, 1996. Pp. 57–65. (rus)

19. Donchenko O.M., Degtev I.A. Effect of thickness of mortar joints on the strength of masonry under the Central compression [*Vliyanie tolshchiny rastvornykh shvov na prochnost' kladki pri central'nom szhatii*]. Kachestvo, bezopasnost', ehnergoi resursosberezhenie v promyshlennosti strojmaterialov i stroitel'stva na poroge XXI veka: sb. dokl. Mezhdunarodnoj nauchn. konf. Belgorod: BelGTASM 2000. Part 3. Pp. 83–88. (rus)

20. Kotov I.T. The Influence of a method of forming a seam on the work of brick masonry [*Vliyanie sposoba obrazovaniya shva na rabotu kirpichnoj kladki*]. Eksperimental'noe issledovanie kamennykh konstrukcij: sb. nauchn. Trudov. M.: Gosstrojizdat. 1939. Pp. 18–31. (rus)

21. Onoprienko N.N., Degtev I.A., Donchenko O.M. The use of cement-polymer RAS-creators to improve the efficiency of masonry [*Ispol'zovanie cementno-polimernykh rastvorov dlya povysheniya ehffektivnosti kamennoj kladki*]. Modern problems of science and education. 2012. No. 6. (rus)

22. Donchenko O.M., Degtev I.A. Deformation of masonry at the Central short-term compression [*Deformacii kamennoj kladki pri central'nom kratkovremennom szhatii*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2013. No. 3. Pp. 44–46. (rus)

23. Kosarikov S.V. Properties of a laying of a silicate brick in solutions with liquid glass binder [*Svojstva kladki iz silikatnogo kirpicha na rastvorah s zhidkostekol'nym vyazhushchim*]. Architecture and Construction of Uzbekistan. 1976. 6. Pp. 14–18. (rus)

24. Sementsov S.A. Some features of the deformation of masonry under compression and bending [*Nekotorye osobennosti deformacij kirpichnoj kladki pri szhatii i izgibe*]. Issledovaniya po kamennym konstrukciyam: sb. nauchn. tr. M.: Gosstrojizdat. 1949. Pp. 23–37. (rus)

25. Grunau E.B. Ziegelmauerwerk. Deutsche Bauzeitschrift. 1976. No. 5. Pp. 641–644.

26. Jain A. K. Tests or Brick couple ts. Proc. Instn. Civil Engrs, 1978. XII, Vol. 65. Pt. 2. Pp. 909–915.

Information about the authors

Donchenko, Oleg M. PhD, Professor. E-mail: kafedrasigsh@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Degtev, Ilya A.I. Professor. E-mail: konstrarh@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tarasenko, Viktoriya N. PhD, Assistant professor. E-mail: vell.30@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Zhikharev, Nikolai D. Bachelor student. E-mail: nickzhikharev@yandex.ru. Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Received in February 2019

Для цитирования:

Донченко О.М., Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Жихарев Н.Д. Деформации раствора горизонтальных швов каменной кладки при сжатии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 5. С. 42–49. DOI: 10.34031/article_5ce292c9b184d5.39570191

For citation:

Donchenko O.M., Degtev I.A., Tarasenko V.N., Zhikharev N.D. Deformation of horizontal joints' mortar of masonry under compression. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 42–49. DOI: 10.34031/article_5ce292c9b184d5.39570191