



УДК 693.2

О. Б. КОНДРАШКИН, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства; **А. В. КУРДЮКОВ**, магистрант; **И. В. СМАГИН**, аспирант

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАМЕННОЙ КЛАДКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-74; эл. почта: tsp@nngasu.ru

Ключевые слова: разряд, каменная кладка, качество, прочность, толщина шва, вероятностная модель, критерий Мизеса, долговечность.

В статье рассматривается влияние квалификации каменщика (разряда) на прочностные и эксплуатационные характеристики каменной кладки. На основе анализа нормативных документов, экспериментальных данных и вероятностных математических моделей показано, что разряд каменщика напрямую определяет такие параметры, как статистическое распределение толщины шва, одноосную прочность на сжатие, трещиностойкость и долговечность конструкции. Предложен вероятностный подход к оценке прочности кладки с использованием критерия Мизеса и функций плотности распределения напряжений.

Введение

Квалификационные разряды являются основным инструментом оценки профессионального уровня работников в различных отраслях, включая строительство. Присвоение разрядов регламентируется профессиональными стандартами и тарифно-квалификационными справочниками, что позволяет систематизировать трудовые функции, определять ответственность и устанавливать справедливую оплату труда. В данной статье рассматривается, как уровень квалификационного разряда влияет на качество и прочность каменной кладки [1, 2].

Цель исследования: количественно и качественно оценить, как уровень квалификации каменщика влияет на точность соблюдения толщины швов; одноосную прочность кладки на сжатие; вероятность локального разрушения при плоском напряженном состоянии [2].

Каменная кладка как многофакторная система [3]

– Каменная кладка – это композитная конструкция из камней (керамических, силикатных, бетонных) и раствора, работающая совместно.

– Камень (кирпич, блок) – хрупкий материал с высокой прочностью на сжатие (М100–М300) и низкой – на изгиб (в 4–6 раз ниже).

Раствор – материал с модулем упругости в 2–5 раз ниже, чем у камня.

Следствием разности модулей упругости является неравномерное деформирование: раствор в швах «проседает» больше, чем камни, что создает в последних дополнительные поперечные растягивающие напряжения.



Ключевой факт: Предел прочности каменной кладки на сжатие составляет лишь 40–50 % от предела прочности кирпича. Например, при использовании кирпича М150 (15 МПа) прочность кладки не превышает 6–7,5 МПа.

Причины снижения прочности кладки относительно прочности отдельного кирпича [3]:

- Неидеальность поверхностей кирпича и растворной постели, точечный контакт вместо равномерного.

- Возникновение напряжений изгиба и среза внутри кирпича помимо сжатия.

- Низкая прочность кирпича на изгиб – в 4–6 раз ниже, чем на сжатие.

- Неравномерная толщина шва, концентрация напряжений.

Механизм разрушения (по Онищук) [4]:

- Под нагрузкой раствор в швах деформируется (сжимается и выдавливается в стороны);

- кирпич начинает работать на изгиб как балка на двух опорах (углы кирпича опираются на раствор, середина прогибается);

- при достижении предельных растягивающих напряжений в кирпиче появляется вертикальная трещина, которая затем раскалывает кирпич.

Роль растворных швов в напряженно-деформированном состоянии [3]:

- Горизонтальные швы – основной путь передачи нагрузки; их толщина критически важна.

- Вертикальные швы – обеспечивают монолитность и перевязку, слабое заполнение снижает прочность на срез.

- Толщина шва обратно пропорциональна равномерности плотности – чем толще шов, тем труднее добиться его однородного уплотнения, тем выше вероятность раковин и пустот.

- Эффект «трехслойной балки»: кирпич + шов + кирпич образуют систему, где шов является податливым слоем, увеличивающим прогиб кирпича.

Квалификация каменщика как объективный параметр качества

Разрядная система предполагает присвоение рабочему одного из шести разрядов (от 2-го до 6-го, в отдельных случаях – 7-й для реставрационных работ). Присвоение разряда происходит после сдачи теоретического экзамена и практического квалификационного испытания, что делает разряд объективной характеристикой, подтвержденной документально.

Разряд каменщика является не только формальным показателем оплаты труда, но и объективным параметром, предопределяющим статистическое распределение геометрических характеристик кладки, а следовательно – ее прочность и долговечность. Именно систематическое нарушение последовательности операций (проверка вертикальных углов, контроль порядовки) низкоквалифицированными специалистами ведет к перерасходу раствора и снижению несущей способности кладки [2, 4].

Представленные данные (табл. 1) позволяют утверждать, что разряд каменщика является объективным параметром, статистически связанным с ключевыми геометрическими характеристиками кладки, а именно с распределением толщины растворных швов. Поскольку, как будет показано в следующих разделах, именно толщина шва определяет прочность на сжатие (гиперболическая зависимость) и эксплуатационную надежность, разряд выступает в роли интегрального показателя ожидаемого качества конструкции.



Таблица 1

Характерные отклонения по разрядам

Параметр	Ед. изм.	Нормативное значение, мм	Разряд			
			2	3	4	5–6
Толщина шва	мм	12	17–19	14–16	12–14	11–13
Дисперсия шва	мм ²	–	10–15	6–10	4–6	1–3
Пустотность вертикальных швов	%	<10	20–30	15–20	10–15	<5
Отклонение от верт. на этаж	мм	<10	12–18	8–12	5–8	3–5
Ошибки перевязки	100 м ²	0	10–15	5–10	1–2	0–1

Нормативные требования к толщине шва

Качество каменной кладки, ее прочность и долговечность в значительной степени определяются соблюдением установленных нормативных требований к геометрии швов и всей конструкции в целом. Растворные швы выполняют две основные функции: обеспечивают совместную работу камней в массиве кладки и создают равномерное распределение нагрузок. Отклонение толщины шва от нормативных значений (как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения) приводит к неравномерному напряженно-деформированному состоянию, концентрации напряжений и снижению несущей способности конструкции (табл. 2) [5, 6].

Таблица 2

Требования к геометрии кладки и толщине шва

Тип шва	Нормируемая толщина, мм	Допустимые пределы, мм
Горизонтальный шов	12	10–15
Вертикальный шов	10	8–15

Увеличение толщины швов приводит к росту деформаций и снижению прочности кладки. Превышение нормативных значений негативно сказывается на прочности конструкции [5, 6].

Экспериментальные исследования влияния квалификации

Влияние качества кладки на равномерность заполнения раствором и уплотнение горизонтальных швов было наглядно продемонстрировано в ходе эксперимента. Кладка, выполненная высококвалифицированными каменщиками из одинаковых материалов, показала предел прочности 5,0 МПа (рис. 1), в то время как кладка, выполненная каменщиками низкой квалификации, выдержала лишь 2,8 МПа, что в 1,8 раза меньше (рис. 2). Это свидетельствует о значительном влиянии человеческого фактора на конечные прочностные характеристики каменной кладки [7, 8].



Рис. 1. Каменная кладка, выполненная высококвалифицированным каменщиком (4–6 разряд)



Рис. 2. Каменная кладка, выполненная низкоквалифицированным каменщиком (2–3 разряд)

Вероятностная модель толщины шва в зависимости от разряда [9, 10]

Толщина горизонтального шва – это случайная величина, распределение которой определяется квалификацией каменщика.

В работе предложено использовать логарифмически нормальное распределение (рис. 3, табл. 3), поскольку каменщик интуитивно старается сделать шов несколько толще требуемого, но с разной степенью точности.

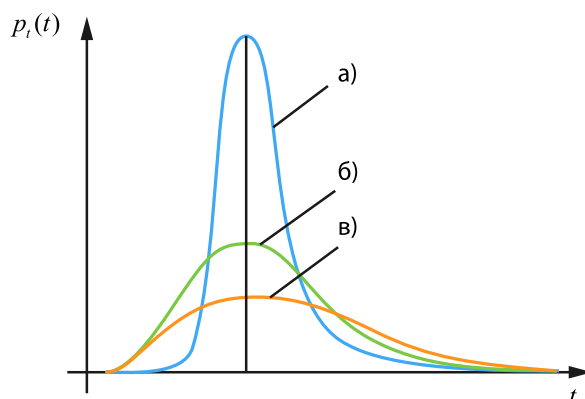


Рис. 3. Зависимость распределения плотности вероятности выполнения толщины шва заданной величины каменщиком различной квалификации: *a* – высокой, *б* – средней, *в* – низкой

Таблица 3

Характеристики распределений толщины шва по разрядам

Квалификация	Разряд	Дисперсия толщины шва	Отклонение, мм
Высокая	5–6	Малая	±1–2
Средняя	3–4	Средняя	±2–4
Низкая	2	большая	±5–8

Таким образом, вероятностная модель толщины шва устанавливает количественную связь между квалификацией каменщика (разрядом) и статистическими параметрами геометрии кладки, что является основой для дальнейших расчетов прочности и надежности.

Зависимость прочности от толщины шва

Прочность кладки зависит от толщины неперевязанного шва t . Следовательно, можно условно принять гиперболическую зависимость, подобрав соответствующие коэффициенты a , b в функцию вида:

$$R_c^0 = \frac{a}{t-b},$$

где:

t – толщина неперевязанного шва;

a , b – эмпирические коэффициенты, подобранные по экспериментальным данным;

R_c^0 – одноосная прочность на сжатие, перпендикулярная горизонтальному шву.

Физический смысл: увеличение толщины шва влечет за собой снижение прочности.

Таким образом, одноосная прочность каменной кладки на сжатие становится случайной величиной, определяемой кривой распределения вероятности толщины шва. Для обеспечения прочности кладки некоторой величины необходимо учитывать, что, в зависимости от квалификации рабочего, толщина шва может быть больше или меньше оптимального значения. Случайное увеличение толщины шва приведет к падению характеристик прочности (рис. 4).

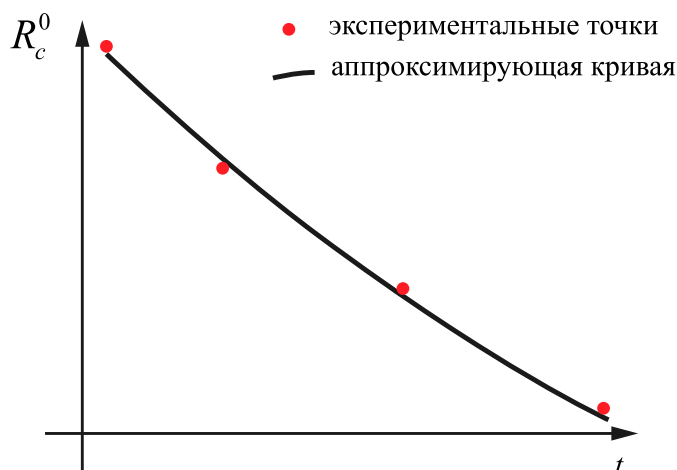


Рис. 4. Зависимость предельных нормальных сжимающих напряжений от толщины шва кладки

Вероятностное описание прочности [9, 10]

Поскольку t – случайная величина, прочность кладки также становится случайной. Следовательно, значение определенного интеграла плотности вероятности толщины шва в пределах представляет собой вероятность того, что случайная величина толщины будет заключаться в этих пределах. Вероятность того, что толщина шва будет в пределах от 10 до предельно допустимого значения, например, 15 мм:

$$P_R(10 \leq t \leq 15) = \int_{10}^{15} f_t(t) dt.$$

Тогда функция одноосной прочности кладки теперь будет тоже случайной величиной, которую для монотонных функций можно вычислить:

$$P_{R_c^0}(t) = (R_c^0(t)^{-1})' f_t(R_c^0(t)^{-1}).$$

В случае, если вероятность наступления этого события менее требуемого значения, то необходимо вводить коэффициент запаса по материалу [9].

Для нормирования предельных напряжений в случаях плоского напряженного состояния следует учитывать вероятность разрушения, как до достижения значений математического ожидания функции предельных напряжений, так и после. Такой подход позволит учесть возможные неоднородности кладки и найти возможные сценарии разрушения, при которых завышенные или заниженные значения предельных сопротивлений приводят к различным распределениям напряжений при нелинейном расчете с учетом трещинообразования (рис. 5) [9].

В случае использования критерия прочности Мизеса:

$$R_t \sqrt{3J_2},$$

где:

R_t – прочность на растяжение изотропного материала;

J_2 – второй инвариант девиатора тензора напряжений;

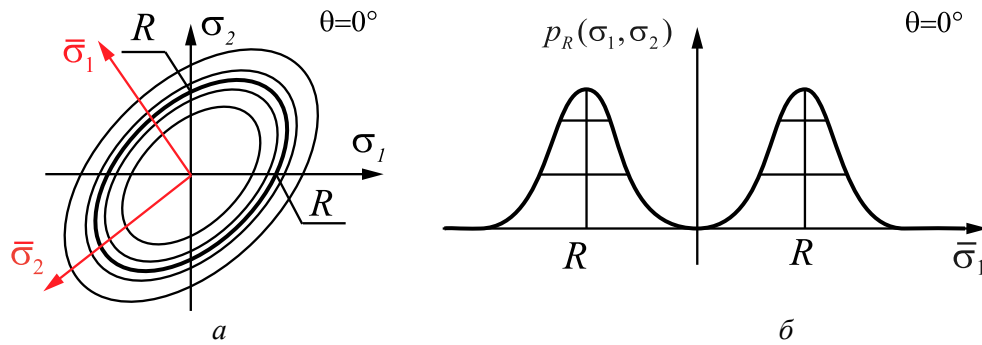


Рис. 5. *a* – поверхность распределения плотности вероятности разрушения при плоском напряженном состоянии кладки в соответствии с критерием прочности Мизеса; *б* – кривая распределения составляющих плотностей вероятности разрушения

Будем считать, что при пропорциональном возрастании действующих напряжений (простое нагружение) вероятность разрушения равна единице. Для этого следует провести замену переменных и перейти к кривым распределения составляющих плотностей вероятности:

$$d\bar{\sigma}_1 d\bar{\sigma}_2 = J \sigma_1 d\sigma_2,$$

где:

J – функциональный определитель уравнений, равный:

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial \bar{\sigma}_1}{\partial \sigma_1} & \frac{\partial \bar{\sigma}_1}{\partial \sigma_2} \\ \frac{\partial \bar{\sigma}_2}{\partial \sigma_1} & \frac{\partial \bar{\sigma}_2}{\partial \sigma_2} \end{vmatrix} = \frac{\partial \bar{\sigma}_1}{\partial \sigma_1} \frac{\partial \bar{\sigma}_2}{\partial \sigma_2} - \frac{\partial \bar{\sigma}_1}{\partial \sigma_2} \frac{\partial \bar{\sigma}_2}{\partial \sigma_1}$$

Теперь можно записать условие неизбежности разрушения материала при пропорциональном возрастании нагрузки (рис. 6):

$$P_R(\bar{\sigma}_1) = \int_0^{+\infty} p_R(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) d\bar{\sigma}_2$$

$$P_R(\bar{\sigma}_2) = \int_0^{+\infty} p_R(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) d\bar{\sigma}_1$$

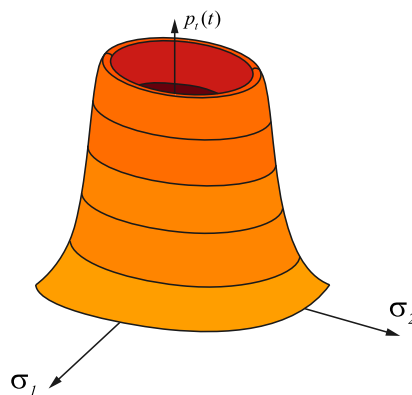


Рис. 6. Поверхность распределения плотности вероятности разрушения при плоском напряженном состоянии кладки в соответствии с критерием прочности Мизеса

Трещинообразование при неравномерных швах [8–10]

Неравномерность толщины растворных швов является прямым концентратором напряжений в каменной кладке (рис. 7). Локальные зоны с тонкими (менее 10 мм) и толстыми (более 15 мм) швами создают градиенты напряжений, инициирующие зарождение микротрещин. При эксплуатационных нагрузках (особенно циклических или возрастающих) микротрещины объединяются в магистральные, что приводит к снижению несущей способности конструкции на 30–50 %, нарушению гидроизоляции и ускоренному морозному разрушению. Таким образом, контроль равномерности швов является критическим условием обеспечения трещиностойкости кладки (рис. 7).

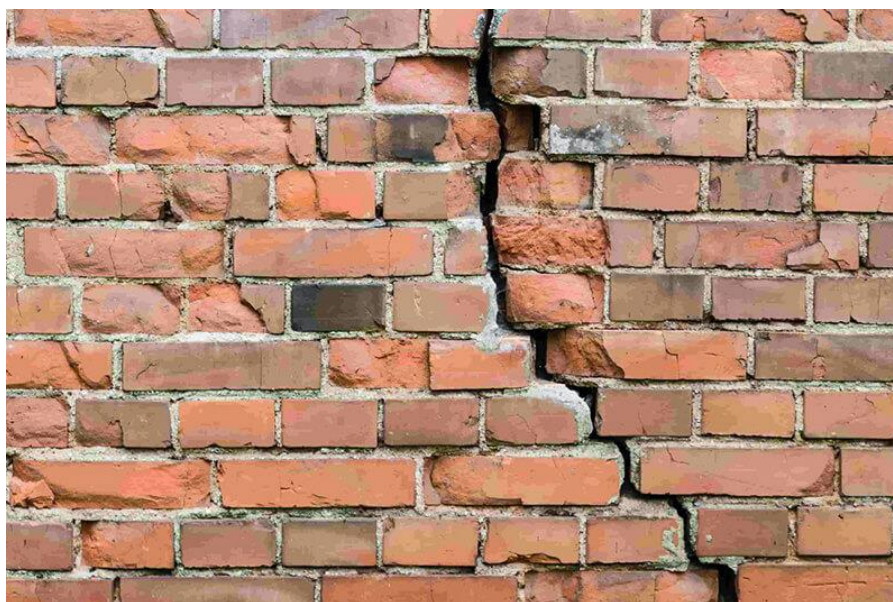


Рис. 7. Образование трещин в каменной кладке при неравномерных швах

Усадка и вымывание раствора в толстых швах [8–10]

Увеличение толщины растворного шва пропорционально повышает абсолютную усадку цементно-песчаного раствора и его открытую пористость. Усадочные деформации в толстых швах (20 мм и более) в 1,5–2 раза превышают таковые в нормативных швах (12 мм), что вызывает растягивающие напряжения на границе «кирпич – раствор» и приводит к отрыву раствора. Параллельно повышенная пористость толстых швов способствует интенсивной фильтрации воды и выщелачиванию гидроксида кальция (карбонатной коррозии), снижая марку раствора на 20–40 % в течение срока эксплуатации. Следовательно, применение утолщенных швов недопустимо с позиций долговечности и сохранения монолитности кладки (рис. 8).



Рис. 8. Образование усадки, эрозии и вымывание раствора в толстых швах

Снижение теплотехнических характеристик [5, 11, 12]

Вследствие более высокой теплопроводности цементно-песчаного раствора ($0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) по сравнению с керамическим кирпичом ($0,35\text{--}0,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) и пустотелыми блоками ($0,2\text{--}0,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), каждый растворный шов представляет собой «мостик холода». Установлено, что превышение нормативной толщины шва на 3 мм (с 12 до 15 мм) снижает приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции на 10–15 %. Это ведет к промерзанию стен в зоне швов, образованию конденсата и плесени, а также к росту теплопотерь и эксплуатационных расходов. Даже в многослойных стенах с утеплителем данный эффект полностью не устраняется, что требует обязательного соблюдения нормативной толщины швов при возведении ограждающих конструкций.

Снижение долговечности и морозостойкости [2, 11, 12]

Сочетание трех факторов – трещинообразования, усадки и вымывания раствора, а также мостиков холода – создает синергетический эффект, резко снижающий морозостойкость и общий ресурс каменной кладки. Вода, проникающая в трещины и поры толстых швов, при замерзании увеличивает объем на 9 %, вызывая прогрессирующие разрушения с каждым циклом оттаивания-замораживания. Количественно установлено, что качественная кладка (каменщики 5–6 разряда) сохраняет несущую способность в течение 50–100 лет, тогда как низкокачественная кладка (2–3 разряд) требует ремонта уже через 10–20 лет. Таким образом, начальные инвестиции в высокую квалификацию исполнителей многократно окупаются увеличением срока службы конструкции без ремонта.

Практические рекомендации

Эксплуатационные последствия низкого качества кладки, выполняемой каменщиками 2–3 разрядов, являются системными и взаимоусиливающими: трещинообразование снижает несущую способность на 30–50 %; усадка и вымывание раствора сокращают ресурс до 10–20 лет; теплотехнические потери достигают 10–15 % при превышении шва на 3 мм. Контроль квалификации



каменщиков и толщины швов, а также применение коэффициентов запаса (табл. 4) являются необходимыми условиями обеспечения проектной долговечности и энергоэффективности каменных зданий.

Для компенсации низкой квалификации каменщиков разработаны рекомендуемые коэффициенты запаса (табл. 4).

Таблица 4

Рекомендуемые коэффициенты запаса по разрядам

Разряд	Допустимая толщина шва, мм	Коэффициент запаса
2	Не нормируется	–
3	10–15	1,15–1,25
4	10–14	1,05–1,10
5–6	11–13	1,00–1,05

Заключение

1. Квалификационный разряд каменщика является определяющим фактором для обеспечения нормативных прочностных и эксплуатационных характеристик каменной кладки.

2. Толщина горизонтального шва подчиняется логарифмически нормальному распределению, дисперсия которого обратно пропорциональна разряду рабочего: у каменщиков 5–6 разряда отклонения составляют ± 1 –2 мм, у 2-го разряда – ± 5 –8 мм.

3. Экспериментально подтверждено снижение прочности кладки в 1,8 раза при переходе от высококвалифицированного к низкоквалифицированному исполнителю (5,0 МПа против 2,8 МПа) при одинаковых материалах.

4. Зависимость прочности от толщины шва носит гиперболический характер: увеличение шва с 12 мм до 18 мм приводит к снижению прочности на 30–40 %, что требует обязательного контроля толщины шва при приемке работ.

5. Предложенный вероятностный подход с использованием критерия Мизеса и поверхности плотности вероятности разрушения позволяет количественно оценить риск локального разрушения кладки, обусловленный случайным характером толщины шва.

6. Для каменщиков 2–3 разрядов эксплуатационные последствия включают снижение несущей способности на 30–50 %, сокращение ресурса до 10–20 лет и теплотехнические потери 10–15 % при превышении шва на 3 мм.

7. Рекомендуемые коэффициенты запаса (табл. 4) составляют 1,00–1,05 для 5–6 разряда, 1,05–1,10 для 4-го разряда и 1,15–1,25 для 3-го разряда. Каменщики 2-го разряда к несущей кладке не допускаются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Профессиональный стандарт «Каменщик» : приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 августа 2023 года N 661н. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1302664742?ysclid=mrorylawik220715092>.

2. Деркач, В. Н., Смолий, П. В. Влияние качества выполнения каменной кладки на ее прочность / В. Н. Деркач, П. В. Смолий // Строительное производство. – 2019. – № 4. – С. 32–36.

3. Онищик, Л. И. Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий / Л. И. Онищик. – Москва ; Ленинград : Госстройиздат, 1939. – 208 с. : ил., черт.

4. Ватин, Н. И. Технология строительных процессов. Каменные работы / Н. И. Ватин, В. М. Галузин ; Санкт-Петербургский государственный политехнический



университет. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2012. – 109 с. : ил., табл. – (Приоритетные национальные проекты «Образование») – ISBN 978-5-7422-3782-2.

5. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. N 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510?ysclid=mrotb23hij862181217>.

6. СТО НОСТРОЙ 2.9.157-2014. Строительные конструкции каменные. Кладка из силикатных изделий (кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные). Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ (утв. решением Совета Национального объединения строителей от 11 декабря 2014 г. N 62) (с изменениями и дополнениями). – URL: <https://base.garant.ru/412075622/?ysclid=mrotmzszl295280440>. – Текст : электронный.

7. Донченко, О. М. Важнейшая роль растворной составляющей в сопротивлении каменной кладки силовому сжатию / О. М. Донченко, И. А. Дегтев, В. Н. Тарасенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 9. – С. 43–45.

8. Пугач, Д. В. Причины образования трещин в стенах малоэтажных каменных зданий из силикатного кирпича / Д. В. Пугач, В. Н. Деркач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 1 (130). – С. 60–63. – DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-130-1-60-63>.

9. СП 427.1325800.2018. Каменный и армокаменные конструкции. Методы усиления : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. N 829/пр и введен в действие с 20 июня 2019 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/560396617?ysclid=mrouvu9yt6889329507>. – Текст : электронный.

10. Ржаницын, А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А. Р. Ржаницын. – Москва : Стройиздат, 1978. – 239 с. : ил.

11. ГОСТ 379-2015. Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия : взамен ГОСТ 379-95 : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 апреля 2015 г. N 246-ст : дата введения 2015-10-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200119816?ysclid=mrov8gn2xr351002992>. – Текст : электронный.

12. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. N 2148-ст : дата введения 2013-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100260?ysclid=mrovf1empn347671049>.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction technology; KURDYUKOV Anton Vladimirovich, master degree student; SMAGIN Ilya Vasilyevich, postgraduate student

DEPENDENCE OF STRENGTH CHARACTERISTICS ON THE SPECIFICS OF THE MASONRY CONSTRUCTION PROCESS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljnskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: (831) 430-17-74; e-mail: tsp@nngasu.ru

Key words: skill grade, masonry, quality, strength, joint thickness, probabilistic model, von Mises criterion, durability.



The article examines the influence of a mason's qualification (skill grade) on the strength and performance characteristics of masonry. Based on the analysis of regulatory documents, experimental data, and probabilistic mathematical models, it is shown that the mason's grade directly determines parameters such as the statistical distribution of joint thickness, uniaxial compressive strength, crack resistance, and structural durability. A probabilistic approach to assessing masonry strength is proposed, utilizing the von Mises criterion and stress distribution density functions.

REFERENCES

1. Professionalny standart «Kamenshchik» : prikaz Ministerstva truda i sotsialnoy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 10 avgusta 2023 goda N 661n [Professional standard "Mason": Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated August 10, 2023 No. 661n]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1302664742?ysclid=mrorylawik220715092>.
2. Derkach V. N., Smoliy P. V. Vliyaniye kachestva vypolneniya kamennoy kladki na eyo prochnost [Influence of the quality of masonry execution on its strength]. Stroitel'noe proizvodstvo [Construction Production]. Moscow, 2019, № 4, P. 32–36.
3. Onishchik L. I. Kamennyye konstruksii promyshlennykh i grazhdanskikh zdaniy [Masonry structures of industrial and civil buildings]. Moscow; Leningrad, Gosstroyizdat, 1939, 208 p.
4. Vatin N. I., Galuzin V. M. Tekhnologiya stroitelnykh protsessov. Kamennyye raboty [Technology of construction processes. Masonry works]. Saint Petersburg, Izd-vo Politehnicheskogo un-ta, 2012, 109 p. ISBN 978-5-7422-3782-2.
5. SP 70.13330.2012. Nesushchie i ogradhayushchie konstruksii [Load-bearing and enclosing structures]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.03.01-87: utverzhden prikazom Federalnogo agentstva po stroitelstvu i zhilishchno-kommunalnomu khozyaystvu (Gosstroy) ot 25 dekabrya 2012 g. N 109/GS i vveden v deystvie s 1 iyulya 2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510?ysclid=mr0tb23hij862181217>.
6. STO NOSTROY 2.9.157-2014. Stroitelnye konstruksii kamennyye. Kladka iz silikatnykh izdeliy (kirpich, kamni, bloki i plity peregorodochnyye) [Stone building structures. Masonry of silicate products (bricks, stones, blocks and partition plates)]. Pravila, kontrol vypolneniya i trebovaniya k rezul'tatam rabot (utv. resheniem Soveta Natsionalnogo obedineniya stroiteley ot 11 dekabrya 2014 g. N 62) (s izmeneniyami i dopolneniyami). URL: <https://base.garant.ru/412075622/?ysclid=mr0tmzszl295280440>.
7. Donchenko O. M., Degtev I. A., Tarasenko V. N. Vazhneyshaya rol rastvornoy sostavlyayushchey v soprotivlenii kamennoy kladki silovomu szhatiyu [The crucial role of the mortar component in the resistance of masonry to force compression]. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov]. Belgorod, 2017, № 9, P. 43–45.
8. Pugach D. V., Derkach V. N. Prichiny obrazovaniya treshchin v stenakh maloetazhnykh kamennykh zdaniy iz silikatnogo kirpicha [Causes of cracking in the walls of low-rise masonry buildings made of silicate bricks]. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Brest State Technical University]. Brest, 2023, № 1 (130), P. 60–63. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-130-1-60-63>.
9. SP 427.1325800.2018. Kamenny i armokamennyye konstruksii. Metody usileniya [Masonry and reinforced masonry structures. Strengthening methods]: utverzhden prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 19 dekabrya 2018 g. N 829/pr i vveden v deystvie s 20 iyunya 2019 g. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560396617?ysclid=mr0uvu9yt6889329507>.
10. Rzhantsyn A. R. Teoriya raschyota stroitelnykh konstruksiy na nadyozhnost [Theory of reliability calculation of building structures]. Moscow, Stroyizdat, 1978, 239 p.



11. GOST 379-2015. Kirpich, kamni, bloki i plity peregorodochnye silikatnye [Silicate bricks, stones, blocks and partition plates] Obshchie tekhnicheskie usloviya: vzamen GOST 379-95: vveden v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 9 aprelya 2015 g. N 246-st: data vvedeniya 2015-10-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200119816?ysclid=mrov8gn2xr351002992>.

12. GOST 530-2012. Kirpich i kamen keramicheskie [Ceramic bricks and stones]. Obshchie tekhnicheskie usloviya: vveden v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 27 dekabrya 2012 g. N 2148-st: data vvedeniya 2013-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100260?ysclid=mrovf1empn347671049>.

© О. Б. Кондрашкин, А. В. Курдюков, И. В. Смагин, 2026

Получено: 15.06.2026 г.