

УДК 69.058:666.965.2

А. Х. БАЙБУРИН, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры строительного производства и теории сооружений; **А. В. ФАДЕЕВ**, магистр кафедры строительного производства и теории сооружений; **А. А. МЕЛЬНИК**, канд. техн. наук, доц. кафедры строительного производства и теории сооружений

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ
НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ
СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА**

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» (ЮУрГУ (НИУ)).
Россия, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76. Тел.: (351) 267-91-83, (351) 267-92-44;
эл. почта: abayburin@mail.com; acandr_1@mail.ru; an.melnik@mail.ru

Ключевые слова: силикатный кирпич, свойства материала, прочность, неразрушающие методы испытаний.

В статье приведены результаты сравнительных испытаний прочности полнотелого и пустотелого силикатных кирпичей неразрушающими методами упругого отскока, ударного импульса и ультразвукового прозвучивания. Методы определения прочности соответствовали стандартным, описанным в ГОСТ и паспортах на приборы. Точность неразрушающих методов определялась по сравнению с разрушающими испытаниями образцов кирпича на гидравлическом прессе. Было испытано две серии по 10 контрольных образцов полнотелого и пустотелого силикатного кирпича соответственно. По результатам испытаний произведена оценка практической применимости методов контроля. Предложен комбинированный метод в виде пересечения доверительных интервалов по двум наиболее точным методам.

На всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений требуется контролировать текущее состояние строительных конструкций. Фактические свойства входящих в их состав материалов определяют результаты мониторинга соответствия объекта проектной документации предъявляемым нормативным требованиям в отрасли. К основным конструкционным материалам относятся железобетон, керамические и силикатные изделия, различные металлы и их сплавы, древесина и многообразные строительные конгломераты. Порядок определения характеристик каждого материала заложен методическими указаниями в национальных стандартах.

Объектом исследования является прочность на сжатие силикатного кирпича, предметом – точность неразрушающего контроля прочности с учетом оценки влияния пустотности изделий, вводимой для повышения теплотехнических качеств материала [1].

В Российской Федерации методы контроля прочности кирпича определены в следующих документах: СП 13-102-2003, ГОСТ 31937-2024, ГОСТ 24332-88, ГОСТ Р 58527-2023, ГОСТ 379-2015. Ранее уже рассматривались внутренние противоречия вышеперечисленных правил и стандартов, касающихся выбора метода определения и порядка проведения испытаний [2], но с учетом развития строительных норм требуют актуализации касательно выбранной тематики.



Нормативно-технические документы СП 13-102-2003, ГОСТ 379-2015 регламентируют применение традиционных методик ГОСТ 24332-88, ГОСТ Р 58527-2023, которые напрямую или косвенно связаны с необходимостью отбора образцов из тела кладки и последующего их испытания до разрушения. В обновленном ГОСТ 31937-2024 имеется пункт: «5.3.2.2 Прочность полнотелого силикатного кирпича, а также кладочного раствора допускается оценивать с помощью методов неразрушающего контроля по предварительно построенной градуировочной зависимости. Методика построения должна соответствовать требованиям ГОСТ 22690. Места с пластинчатой деструкцией кладочных изделий и с другими повреждениями для проведения испытания непригодны».

Согласно ГОСТ 31937 к силикатному полнотелому кирпичу теоретически применимы неразрушающие методы определения прочности, такие как упругий отскок, пластическая деформация, ударный импульс, ультразвуковое прозвучивание. Главное требование к методам – «предварительно построенная градуировочная зависимость». Согласно методике ГОСТ 24332-88, это весьма трудоемкая и затратная процедура с применением прямых разрушающих методов. Решение, предлагаемое производителями приборов НК, – заводские градуировочные зависимости для нахождения прочности кирпича. Данный факт весьма устраивает как технического заказчика, так и подрядчика своей простотой и удешевлением работ. Причем бытует мнение, что «государственная и негосударственная экспертиза, в большинстве случаев, закрывает на это глаза» [2].

Другой стороной этого вопроса является количественная точность нахождения свойств материала. В ряде статей с акцентом на керамический кирпич отмечено, что первопричиной сомнительности к применению данных методов является неоднородность строения и анизотропность физико-механических свойств кирпича [3], индивидуальность установленных градуировочных зависимостей [4-6], неопределенность измерений напряжения при одноосном сжатии [7]. Похожие сомнения высказываются и по поводу классического ультразвукового метода, в том числе отмечается влияние влажности и температурных условий проведения измерений [8-9].

Тем не менее, ввиду актуальности оперативного контроля кладки следует отметить малоизученность вопроса в связи с некоторыми положительными результатами испытаний и оценками пригодности неразрушающих методов, их возможной перспективности [2, 10-12].

Методы и материалы

При проведении испытаний применялись методы неразрушающего контроля, точность которых сравнивалась с контрольными разрушающими испытаниями. Порядок испытаний соответствовал требованиям государственных стандартов и инструкциям заводов-изготовителей приборов. Основные характеристики измерительных средств и обоснование на метод испытаний представлены в таблице.



Таблица

Перечень измерительных средств для исследования

Метод контроля прочности, ГОСТ	Основное и вспомогательное оборудование		
	Наименование, марка прибора	Погрешность по паспорту	Предел измерений
Ударного импульса, ГОСТ 22690-2015	Измеритель прочности бетона электронный ИПС-МГ4.03	$\pm 8\%$	3–100 МПа
Ударного импульса, ГОСТ 22690-2015	Электронный склерометр ОНИКС-2.5	$\pm 8\%$	1–100 МПа
Ультразвуковой, ГОСТ 24332-88	Прибор ультразвуковой Пульсар-1.2	$\pm (0,01 \cdot V + 10)$	5–100 МПа
Разрушающий, ГОСТ 58527-2023	Универсальная испытательная машина Н011	$\pm 2\%$	До 1500 кН

В представленных приборах НК обработка результатов измерения построена на общем принципе вычисления начального среднего значения, отбраковке результатов имеющих отклонение более 10 % от полученного параметра и заключительное определение итогового результата.

Построение градуировочной зависимости в ОНИКС-2.5 достигается применением коэффициента совпадения, определяемого в соответствии с приложением Ж ГОСТ 22690, а также внесением значений коэффициентов характеристики материала a_0 , a_1 , a_2 (в соответствии с приложением Е ГОСТ 22690). Модель градуировочной зависимости в ИПС-МГ4.03 реализуется установлением и внесением таких параметров, как остаточное среднее квадратическое отклонение, среднее значение прочности по результатам испытания на сжатие, коэффициент совпадения базовой зависимости с результатами испытания на сжатие. Построение градуировочной зависимости в Пульсар-1.2 устанавливается внесением экспериментально определенных коэффициентов преобразования скорости ультразвука в параметр прочности.

Испытаниям подвергались по 10 образцов: силикатных полнотелых пустотелых кирпичей марки М150/Ф100 производства ООО «ВЗКГ» и одинарных полнотелых кирпичей марки М200/Ф75 производства ООО «КУЗСМ». Размеры кирпичей по ГОСТ 379-2015 – 250×120×65 и 250×120×88 мм.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 и 2 представлены усредненные результаты определения прочности пустотелого и полнотелого силикатного кирпича по 10 образцам различными методами, описанными в табл.

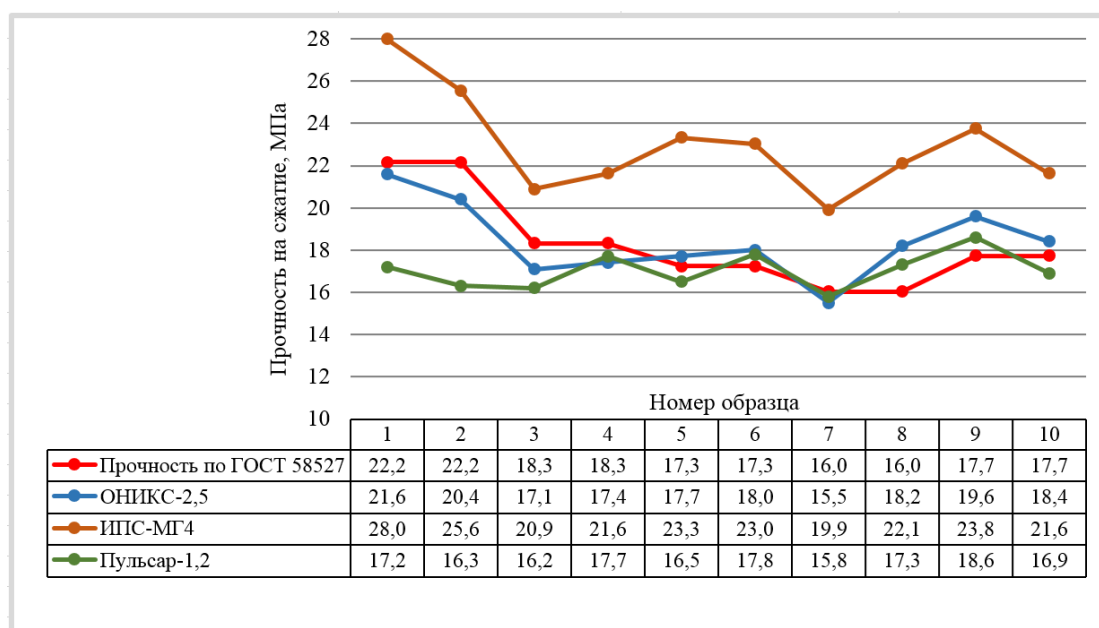


Рис. 1. Результаты испытаний прочности пустотелого кирпича

Испытания ударным импульсом ОНИКС-2.5 и ультразвуковым прибором Пульсар-1,2 показали наилучшее приближение к эталонным испытаниям на гидравлическом прессе (ошибка среднего не превышает 1–7 %). Прибор ИПС-МГ4.03 показал завышенные результаты испытаний с ошибкой среднего значения 25,6 %.

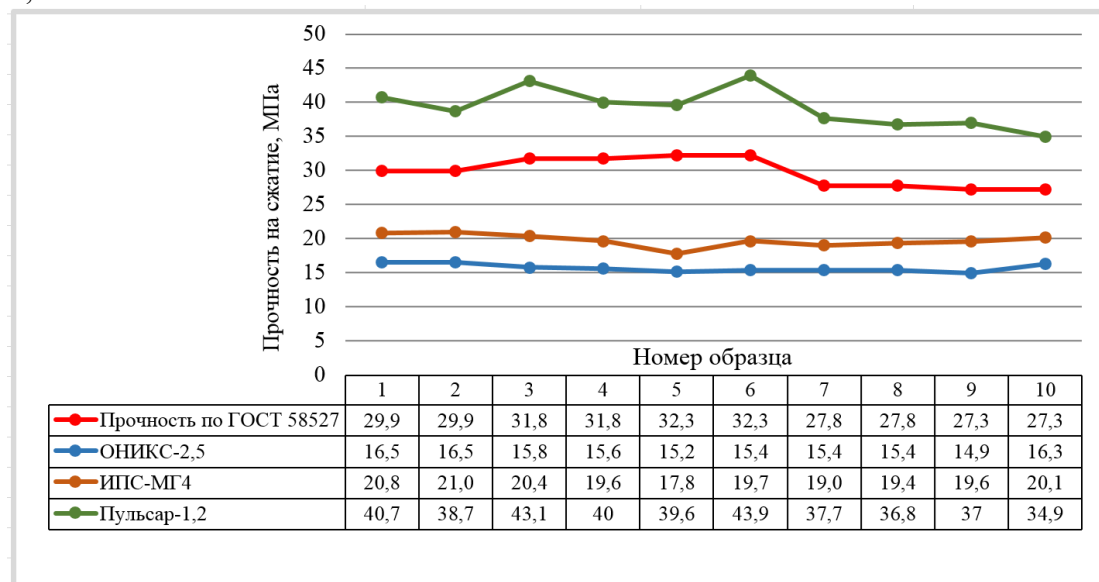


Рис. 2. Результаты испытаний прочности полнотелого кирпича

Приборы ударного импульса ИПС-МГ4.03 и ОНИКС-2.5 показали заниженные значения прочности по сравнению с испытаниями на гидравлическом прессе, тогда как ультразвуковые испытания их завысили. Погрешность

неразрушающих испытаний по средним значениям достигала 32–47 %. Вместе с тем вариация прочности каждого метода находилась в допустимых пределах (рис. 3).

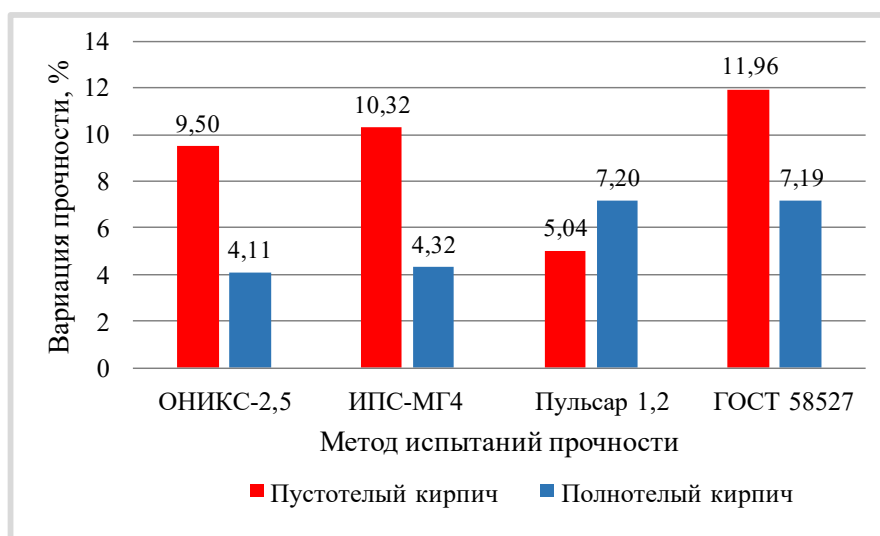


Рис. 3. Вариация прочности различных методов испытаний кирпичей

Совместный анализ результатов испытаний по рис. 1 и 2 показал, что ошибка неразрушающих испытаний для полнотелого силикатного кирпича, вопреки ожиданиям, имеет наиболее высокие значения (32–47 %), и это требует перепроверки. В свою очередь, неразрушающие испытания пустотелого силикатного кирпича более приближены к «эталонным» результатам (ошибка среднего 1–7 %). Для повышения надежности неразрушающих методов может быть предложен комбинированный метод.

Для комбинированного метода доверительный интервал среднего значения прочности для метода неразрушающего контроля на уровне доверия 0,95 находится по формуле:

$$\bar{R} - \frac{t_{\alpha\nu} \cdot S_R}{\sqrt{n}} \leq R \leq \bar{R} + \frac{t_{\alpha\nu} \cdot S_R}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где $t_{\alpha\nu}$ – квантиль t -распределения уровня доверия α и степени свободы $\nu = n - 1$ (при большом числе измерений $t_{0,95}=1,645$ при 10-ти измерениях $t_{0,95}=1,833$); S_R – стандартное отклонение прочности; n – количество измерений. Квантиль определяется из соотношения $2\Phi(t) = \alpha$, где $\Phi(t)$ – табулированная функция стандартного нормального распределения (функция Лапласа). Выражение, задающее доверительный интервал, называют ошибкой среднего:

$$\varepsilon = \frac{t_{\alpha\nu} \cdot S_R}{\sqrt{n}}. \quad (2)$$

Наиболее вероятное значение прочности будет находиться на пересечении доверительных интервалов двух методов неразрушающего контроля:

$$[\bar{R}_1 - \varepsilon_1; \bar{R}_1 + \varepsilon_1] \cap [\bar{R}_2 - \varepsilon_2; \bar{R}_2 + \varepsilon_2]. \quad (3)$$

Наложением пересечения интервалов на доверительный интервал прессовых испытаний могут быть определены такие статистические характеристики



результатов испытаний, как смещение среднего значения, разброс и доверительная вероятность комбинированного интервала прочности. В этом случае оценка прочности комбинированным методом может характеризоваться смещением среднего значения по сравнению с эталонными прессовыми испытаниями:

$$\bar{R}_c = \bar{R} - \Delta R. \quad (4)$$

С учетом смещения среднего доверительную вероятность интервала прочности, полученного пересечением доверительных интервалов по двум методам, возможно определить через квантиль t -распределения:

$$t_{\alpha v} = \frac{(\bar{R}_c - R_{min})\sqrt{n}}{S_R}. \quad (5)$$

Зная $t_{\alpha v}$ и количество измерений $n = v + 1$, находим табулированную функцию Лапласа и определяем вероятность попадания прочности в доверительный интервал α .

На данный момент практическое применение методов неразрушающих испытаний имеет место в предварительных (качественных) проверках в целях минимизации объемов работ [13-14]. Одним из перспективных путей развития неразрушающего контроля отмечается тенденция объединения различных методов в единую систему с суммарным увеличением полезного действия [10, 14]. Повышение идеальности системы контроля или приобретение ей синергетического эффекта должно быть обеспечено взаимной компенсацией отклонений результатов испытаний.

На результаты неразрушающих испытаний оказывают влияние состояние поверхности образца, его состав, температура, влажность и пр. В изделии в виде кирпича особенно влияют пустоты, качество сырья и поверхности. При этом сами альтернативные методы недостаточно изучены со стороны корреляционных зависимостей от данных факторов.

Заключение

Наиболее близкие значения прочности к эталонным испытаниям на прессе пустотелого силикатного кирпича марки М150 и плотностью 1,4 показали метод ударного импульса (прибор ОНИКС-2.5) и ультразвуковой метод (Пульсар-1.2). Для полнотелого кирпича М200 и плотностью 1,8, погрешность методов НК заметно возросла, что является основанием дополнительных исследований. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку точности неразрушающих методов испытаний прочности на расширенных выборках образцов и детальную разработку комбинированного способа неразрушающего контроля прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ананьев, А. И. Долговечность и теплотехнические свойства кирпича / А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 4 (72). – С. 49–54.
2. Мартынов, Е. А. О неразрушающих методах определения прочности кирпича при обследовании зданий и сооружений / Е. А. Мартынов. – Текст : электронный // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы : проблемы, перспективы, новации : материалы международной научно-практической конференции,



Омск, 07–09 декабря, 2016 г. : сборник трудов конференции / Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет. – Омск : СиБАДИ, 2016. – С. 182–185. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28180252_89158913.pdf.

3. Городских, А. А. Проблемы инструментального определения прочности кирпичной кладки / А. А. Городских. – Текст : непосредственный // Инновационные технологии в АПК : теория и практика : сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 11 марта 2021 г. – Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2021. – С. 340–344.

4. Ленькина, Е. В. Исследование методов определения прочности керамического кирпича / Е. В. Ленькина. – Текст : непосредственный // Инновации. Наука. Образование. – 2023. – № 72. – С. 120–127.

5. Семерикова, Д. Д. Применение неразрушающего контроля при обследовании конструкций из полнотелого кирпича / Д. Д. Семерикова, Э. Э. Алапанова, Д. Г. Золотозубов. – Текст : непосредственный // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2023. – Том 1. – С. 231–236.

6. Семерикова, Д. Д. Сравнение результатов определения марки полнотелого кирпича различными методами / Д. Д. Семерикова, Э. Э. Алапанова, Д. Г. Золотозубов – Текст : непосредственный // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2024. – Том 1. – С. 325–329.

7. Мучкинова, Л. И. Оценка погрешности измерений при определении механического сопротивления образцов кирпича методом одноосного испытания на прочность при сжатии / Л. И. Мучкинова, В. Л. Савич, К. С. Отев – Текст : непосредственный // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4 (94). – С. 73–80.

8. Королев, А. Е. Техничко-экономическая оценка методов строительной дефектоскопии / А. Е. Королев, А. Д. Бобров. – Текст : электронный // Экономика и бизнес : теория и практика. – 2022. – № 9 (91). – С. 98–101. – DOI 10.24412/2411-0450-2022-9-98-101.

9. Зубанов, С. В. Определение прочности силикатного кирпича и кладки неразрушающими методами контроля / С. В. Зубанов, Е. В. Ткачев. – Текст : электронный // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2013. – № 3 (11). – С. 90–96. – DOI 10.17673/Vestnik.2013.03.18.

10. Складенко, А. В. Анализ современных методов и средств неразрушающего контроля конструкций при обследовании зданий и сооружений / А. В. Складенко, Е. В. Виноградова. – Текст : электронный // Наукосфера. – 2021. – № 12-2. – С. 211–214. – EDN JBKLYN.

11. Исаков, А. В. Факторы, влияющие на достоверность результатов неразрушающего контроля бетона конструкций эксплуатируемых сооружений (из опыта обследований) / А. В. Исаков, В. Г. Штенгель. – Текст : непосредственный // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2021. – Том 301. – С. 85–108.

12. Determination of Mechanical Properties of Natural Stone and Brick Elements in Masonry Heritage Buildings / A. M. Grănescu, S. Gelmambet, M. Drăgoi, B. D. Pericleanu // Nondestructive testing of materials and structures : proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, may 15–18, 2011. – P.1173–1178.

13. Binda, L. Diagnosis of Historic Masonry Structures Using Non-Destructive Techniques / L. Binda, L. Cantini, C. Tedeschi // Nondestructive Testing of Materials and Structures : proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, may 15–18, 2011. – P.1089–1102.

14. Петухов, В. Д. Особенности и виды механических, физических и комплексных неразрушающих методов определения прочности бетона и анализ их применения /



В. Д. Петухов, С. В. Рябчиков. – Текст : непосредственный // Информационно-технологический вестник. – 2022. – №1 (31). – С. 189–201.

BAYBURIN Albert Khalitovich, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the chair of construction production and theory of structures; FADEEV Aleksandr Viktorovich, master degree student of the chair of construction production and theory of structures; MEL'NIK Andrej Anatol'evich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction production and theory of structures

ACCURACY EVALUATION OF NON-DESTRUCTIVE METHODS OF STRENGTH CONTROL OF SILICATE BRICKS

South Ural State University (SUSU).

76, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia. Tel.: (351) 267-91-83, (351) 267-92-44;

e-mail: abayburin@mail.com; acandr_1@mail.ru; an.melnik@mail.ru

Key words: silicate brick, material properties, strength, non-destructive testing methods.

The article presents the results of comparative strength tests of solid and hollow silicate bricks using non-destructive methods of elastic rebound, shock pulse and ultrasonic sounding. The methods for determining strength corresponded to the standard ones described in GOST and the certificates for the devices. The accuracy of non-destructive methods was determined in comparison with destructive tests of brick samples on a hydraulic press. Two sets of 10 control samples of solid and hollow silicate bricks, respectively, were tested. Based on the test results, an assessment of the practical applicability of control methods was carried out. A combined method is proposed in the form of the intersection of confidence intervals using the two most accurate methods.

REFERENCES

1. Ananyev A. I., Rymarov A. G., Titkov D. G. Dolgovechnost i teplotekhnicheskie svoystva kirpicha [Durability and thermal properties of bricks]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. Nizhny Novgorod, 2024, № 4 (72), P. 49–54.
2. Martynov E. A. O nerazrushayushchikh metodakh opredeleniya prochnosti kirpicha pri obsledovanii zdaniy i sooruzheniy [Non-destructive methods for determining brick strength in building inspections]. Arkhitekturno-stroitelnyy i dorozhno-transportnyy kompleksy: problemy, perspektivy, novatsii [Architectural-Construction and Road-Transport Complexes: Problems, Prospects, Innovations] : sbornik trudov konferentsii, Omsk, Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobilno-dorozhnyy universitet. Omsk, SibADI, 2016, P. 182–185. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28180252_89158913.pdf.
3. Gorodskikh A. A. Problemy instrumentalnogo opredeleniya prochnosti kirpichnoy kladki [Problems of instrumental determination of brickwork strength]. Innovatsionnyye tekhnologii v APK: teoriya i praktika [Innovative Technologies in Agro-Industrial Complex: Theory and Practice] : sbornik statey po materialam Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kurganskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya im. T. S. Maltseva. Kurgan, 2021, P. 340–344.
4. Lenkina E. V. Issledovanie metodov opredeleniya prochnosti keramicheskogo kirpicha [Study of methods for determining the strength of ceramic bricks]. Innovatsii. Nauka. Obrazovanie [Innovations. Science. Education]. 2023, № 72, P. 120–127.



5. Semerikova D. D., Alapanova E. E., Zolotozubov D. G. *Primenenie nerazrushayushchego kontrolya pri obsledovanii konstruktsey iz polnotelogo kirpicha* [Application of non-destructive testing in the inspection of solid brick structures]. *Sovremennyye tekhnologii v stroitelstve. Teoriya i praktika* [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. 2023, Vol. 1, P. 231–236.
6. Semerikova D. D., Alapanova E. E., Zolotozubov D. G. *Sravnenie rezultatov opredeleniya marki polnotelogo kirpicha razlichnymi metodami* [Comparison of results of determining the grade of solid brick by various methods]. *Sovremennyye tekhnologii v stroitelstve. Teoriya i praktika* [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. 2024, Vol. 1, P. 325–329.
7. Muchkinova L. I., Savich V. L., Otev K. S. *Otsenka pogreshnosti izmereniy pri opredelenii mekhanicheskogo soprotivleniya obraztsov kirpicha metodom odnoosnogo ispytaniya na prochnost pri szhatii* [Evaluation of measurement errors in determining the mechanical resistance of brick samples by uniaxial compression strength testing]. *Components of Scientific and Technological Progress*. 2024, № 4 (94), P. 73–80.
8. Korolev A. E., Bobrov A. D. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka metodov stroitelnoy defektoskopii* [Technical and economic evaluation of construction defectoscopy methods]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economics and Business: Theory and Practice]. 2022, № 9 (91), P. 98–101. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-9-98-101.
9. Zubanov S. V., Tkachev E. V. *Opredelenie prochnosti silikatnogo kirpicha i kladki nerazrushayushchimi metodami kontrolya* [Determination of the strength of silicate bricks and masonry by non-destructive testing methods]. *Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of SGASU. Urban Planning and Architecture]. 2013, № 3(11), P. 90–96. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.03.18.
10. Sklyarenko A. V., Vinogradova E. V. *Analiz sovremennykh metodov i sredstv nerazrushayushchego kontrolya konstruktsey pri obsledovanii zdaniy i sooruzheniy* [Analysis of modern methods and means of non-destructive testing of structures during building inspections]. *Naukosfera* [Science Sphere]. 2021, № 12–2, P. 211–214. EDN JBKLYN.
11. Isakov A. V., Shtengel V. G. *Faktory, vliyayushchie na dostovernost rezultatov nerazrushayushchego kontrolya betona konstruktsey ekspluatiruemykh sooruzheniy (iz opyta obsledovaniy)* [Factors affecting the reliability of non-destructive testing results of concrete structures in operational buildings (from inspection experience)]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva* [Proceedings of the VNIIG]. 2021, Vol. 301, P. 85–108.
12. Grănescu A.M., Gelmambet S., Drăgoi M., Pericleanu B.D. *Determination of Mechanical Properties of Natural Stone and Brick Elements in Masonry Heritage Buildings. Nondestructive Testing of Materials and Structures: Proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, May 15–18, 2011*. P. 1173–1178.
13. Binda L., Cantini L., Tedeschi C. *Diagnosis of Historic Masonry Structures Using Non-Destructive Techniques. Nondestructive Testing of Materials and Structures: Proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, May 15–18, 2011*. P. 1089–1102.
14. Petukhov V. D., Ryabchikov S. V. *Osobennosti i vidy mekhanicheskikh, fizicheskikh i kompleksnykh nerazrushayushchikh metodov opredeleniya prochnosti betona i analiz ikh primeneniya* [Features and types of mechanical, physical and complex non-destructive methods for determining concrete strength and analysis of their application]. *Informatsionno-tekhnologicheskii vestnik* [Information Technology Bulletin]. 2022, № 1 (31), P. 189–201.

© А. Х. Байбурин, А. В. Фадеев, А. А. Мельник, 2025

Получено: 20.03.2025 г.