

К вопросу применения ультразвукового метода при контроле однородности реставрационного кирпича

А.С. Перунов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В данной статье затронуты проблемы качественного выполнения ремонтно-восстановительных работ поврежденных строительных конструкций. Автор в статье предлагает использовать при контроле и отбраковке реставрационного кирпича один из перспективных методов неразрушающего контроля – ультразвуковой импульсный метод, основанный на применении преобразователей с экспоненциальными волноводами. Приводятся результаты исследований старого и нового кирпича с помощью данного метода, предлагаемого производителем в качестве замены старому в восстанавливаемой конструкции. Описан алгоритм проведения испытаний данных двух типов кирпичей, для обоснования применимости ультразвуковых датчиков преобразователей с экспоненциальными волноводами. В статье делаются выводы о перспективах применения ультразвуковых преобразователей с экспоненциальными волноводами в вопросах контроля качества реставрационных каменных материалов, основанных на достаточной точности, скорости проведения исследований, а также конечной их стоимости.

Ключевые слова: реставрация, реконструкция, восстановление строительных конструкций, кирпичная кладка, ультразвуковой импульсный метод, экспоненциальные преобразователи, неразрушающий метод, контроль качества продукции.

В практике реставрации зданий исторической застройки, выполненных из красного полнотелого кирпича, часто возникает необходимость замены части элементов отдельной конструкции из-за наличия значительных повреждений и износа. Для данного типа зданий под заменой отдельных элементов конструкций понимается частичная замена участка кирпичной кладки для полного восстановления работоспособного состояния конструкции в целом. Особенностью восстановления работоспособного

состояния реставрируемой строительной конструкции из красного полнотелого кирпича является замена повреждённого кирпича и раствора кладки на аналогичные по своим физико-механическим свойствам материалы [1]. Эта особенность подбора материалов для восстановления поврежденной кирпичной кладки позволяет обеспечивать однородность конструкции в целом, что в свою очередь позволяет работать сохранившимся элементам кирпичной кладки в привычном для них сложившемся нагрузочном режиме. Следует также отметить, что одной из целей реставрационных работ является максимальная возможность сохранения оригинальных конструктивных элементов здания [2]. В случае необходимости замены или воссоздания данных элементов необходимо подбирать новые конструктивные материалы, по своим характеристикам максимально повторяющие оригинальные материалы, такие, как, например кирпич или раствор кладки.

Однако практика инженерно-технических обследований зданий исторической значимости, основные строительные конструкции которых выполнены из красного полнотелого кирпича, показывает, что материалы для восстановления кладки подбираются без надлежащего контроля. В частности новые материалы могут значительно отличаться от исходных материалов, что может привести к неконтролируемым перераспределениям напряжений в самой строительной конструкции, образованию локальных концентраторов напряжений в зонах примыкания разнородных материалов кладки и т.д. Следует также отметить, что производство красного глиняного кирпича, применявшегося в зданиях исторической застройки, выполнялось по технологии пластического прессования (формования), что также необходимо учитывать при подборе нового реставрационного кирпича для замены.



Рис. 1. – Фрагмент фасада реставрируемого здания. Визуально видны места применения разнородных материалов кладки.

Для контроля однородности кирпича, применяемого в реставрируемых объектах, предлагается использовать ультразвуковой импульсный метод, который позволит отбраковывать новый кирпич, предназначенный для восстановления поврежденных реставрируемых конструкций. Фиксацию показаний прибора следует проводить с помощью преобразователей ультразвуковой волны с экспоненциальными волноводами.

Преобразователи с экспоненциальными волноводами могут быть использованы для обследования изделий сложной конфигурации, т.е. в тех случаях, когда стандартные преобразователи, имеющие плоскую поверхность, вообще не могли быть применены. Однородность кирпича обусловлена целым комплексом технологических факторов, начиная от подготовки глиняной массы и кончая обжигом. На основании этого, важно учитывать, что измерения однородности для нового кирпича производится после процесса обжига, при этом не учитываются возможные деструктивные

процессы, появившиеся, например, в процессе доставки на строительную площадку. При этом кирпич, извлеченный из конструкций, предназначенный для подбора физико-механических характеристик для нового кирпича имеет ряд приобретенных в процессе эксплуатации собственных особенностей. Данные особенности конкретного кирпича зависят от факторов его эксплуатации.

По данным выполненных ранее исследований [3], скорость ультразвука c_l имеет тесную корреляцию с прочностными свойствами кирпича ($r = 0,90$, $r=0,95$) и, таким образом, по ней можно косвенно судить об однородности распределения прочностных свойств в изучаемом изделии [4,5].

В данной статье приводятся результаты сравнительного анализа исследования двух типов кирпича с помощью ультразвуковых испытаний. Один из кирпичей являлся новым и предназначенным в качестве замены поврежденному кирпичу в кирпичной кладке стены реставрируемого здания [6,7]. Второй кирпич был извлечен из неповрежденного участка той же стены для определения и сопоставления физико-механических характеристик с новым кирпичом, предназначенным для замены. Оба кирпича были подвергнуты ультразвуковым испытаниям. На каждом кирпиче было проведено 78 измерений в двух основных направлениях — в направлении формования сырца кирпича (x) и перпендикулярно направлению формования (z) (рис. 2).

Изделия испытывались сквозным прозвучиванием с помощью ультразвуковых преобразователей с экспоненциальными волноводами на базе 12-13 см в направлении Z и на базе 6.3-6.5 см в направлении X по строго определенной схеме, что позволило по данным измерений построить поверхности изменения скорости ультразвука.

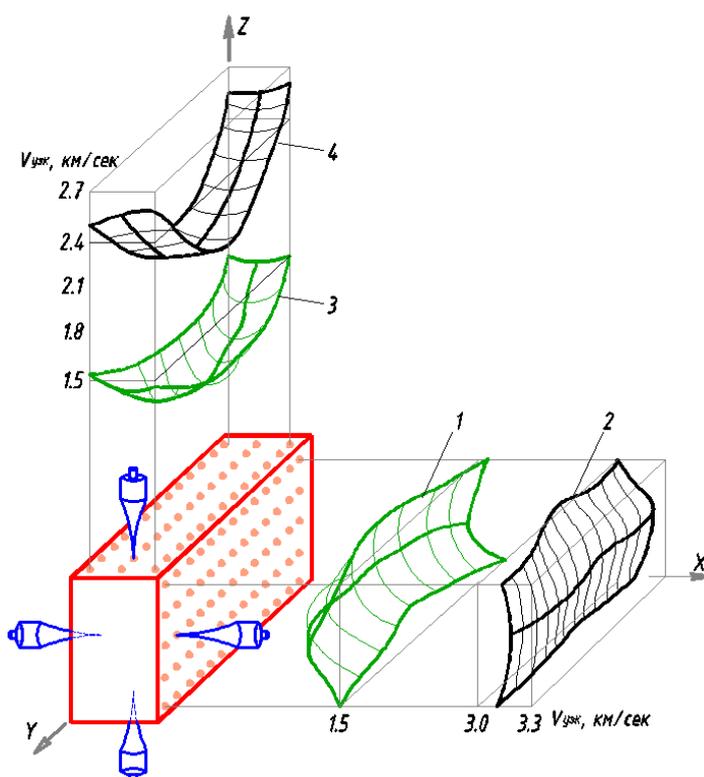


Рис. 2. – Схема ультразвукового контроля для глиняного нового (поз.2 и 4) и старого (поз. 1 и 3) кирпича методом сквозного прозвучивания преобразователями с экспоненциальными волноводами в направлении его формирования (ось Z) и перпендикулярно направлению формирования (ось X).

Анализ полученных данных позволил выяснить, что самая малая скорость для исследуемых кирпичей наблюдается в направлении Z, причем по длине кирпича она изменяется по параболическому закону с минимумом в середине кирпича. По аналогии с направлением Z у старого кирпича диапазон скоростей ультразвука и характер его распространения наблюдается и в направлении X. Характер распространения ультразвука в направлении X для нового кирпича отличается. В данном случае наблюдается увеличение скорости ультразвука ближе к центру изделия. Разность скоростей в середине и по краям старого кирпича составляла около 15—30%, для нового 25—40%. Учитывая тесную корреляцию скорости ультразвука с прочностными свойствами кирпича, следует

предположить, что в середине старого кирпича будет и самая малая прочность. У нового кирпича в направлении X наблюдается уменьшение прочностных характеристик по краям изделия, что говорит о возможных приобретённых наружных дефектах, возникших, например, при нарушении правил складирования. Также на основании данных исследований, установлено, что скорость ультразвука в направлении X значительно превышает скорость ультразвука для старого эталонного кирпича. Это косвенно может свидетельствовать о том, что прочность в данном направлении у нового кирпича значительно может превышать прочность старого кирпича.

Кроме того, следует отметить, что неоднородность физико-механических свойств нового кирпича обуславливается тем, что при формовании кирпича на ленточных прессах вследствие большого сопротивления движению массы в головке мундштука (нагнетателе) и в самом мундштуке периферийные слои бруса сырца кирпича движутся с меньшей скоростью, чем центральные, и, тем самым, сильнее уплотняются [8]. Кроме того, глиняная масса при переходе из круглой головки нагнетателя в мундштук находится во вращательном движении [9]. Таким образом, при некачественной подготовке массы возможно появление трещин, свилеватости и других дефектов во время формования изделий [10].

Таким образом, на основе представленного в данной статье способе контроля, можно детально подбирать и отбраковывать реставрационный кирпич, основываясь на требуемых физико-механических свойствах материалов кирпичной кладки.

Выводы:

1. Применение ультразвуковых преобразователей с экспоненциальными волноводами позволяет качественно и количественно оценивать, исследовать и сопоставлять
-

характеристики кирпичей, подобранных в качестве замены поврежденных в восстанавливаемых конструкциях реставрируемых зданий.

2. Применение современных ультразвуковых приборов ультразвукового контроля с использованием экспоненциальных датчиков-волноводов позволяет выполнять исследования и измерения в короткие сроки.
3. Общие трудозатраты и невысокая стоимость ультразвукового оборудования для данных видов работ позволяют держать уровень цен на исследования достаточно низким.

Литература

1. Гойкалов А.Н. Техническое обследование исторических зданий при их восстановлении с учетом дефектов каменных конструкций // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2017. № 3-4 (28-29). С. 35-40.
2. Боброва Е.А. Инновационные технологии усиления кирпичной кладки при реконструкции зданий и сооружений // Инновационное развитие современной науки: проблемы и перспективы. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2019. С. 31-37.
3. Дзенис В.В. Применение ультразвуковых преобразователей с точечным контактом для неразрушающего контроля // Рига: Зинатне, 1987. 263 с.
4. Звейниекс В.А., Эйдук Ю. А. Исследование неоднородности облицовочного глиняного кирпича при помощи продольных волн ультразвука // Неразрушающие методы испытаний строительных материалов и конструкций. Рига, 1977, вып.3, с. 96-102.
5. Тележкин В.Ф., Угаров П.А. Ультразвуковая система для экспресс-анализа технических характеристик кирпича // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2000. № 1. С. 171-180.

6. Гучкин И.С., Артюшин Д.В. Определение прочности (марки) керамического кирпича в конструкциях неразрушающим методом // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. №1. С. 103–104.

7. Деркач В.Н., Жерносек Н.М. Методы оценки прочности каменной кладки в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010 №3(28). С. 135–143.

8. Ненашев В.С., Снегирев Н.И. Опыт применения неразрушающих методов при оценке прочности материалов кирпичной кладки XVI века // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения. Материалы VII международной научно-практической конференции. 2017. С. 194-201.

9. Нежижимов Р.В., Иванчук Е.В. Технология реконструкции каменной кладки фундаментов исторических зданий // Академическая публицистика. 2017. № 5. С. 25-33.

10. Авдеева А.О. Материалы для каменной кладки. Факторы, влияющие на прочность каменной кладки // Colloquium-journal. 2020. №5-1 (57). С. 24-25.

References

1. Gojkalov A.N. Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. 2017. № 3-4 (28-29). pp. 35-40.

2. Bobrova E.A. Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki: problemy i perspektivy. 2019. pp. 31-37.

3. Dzenis V.V. Primenenie ul'trazvukovyh preobrazovatelej s tochechnym kontaktom dlya nerazrushayushchego kontrolya. [Application of ultrasonic transducers with point contact for non-destructive testing]. Riga. Zinatne, 1987. 263 p.



4. Zvejnieks V.A., Ejduk YU. A. Nerazrushayushchie metody ispytanij stroitel'nyh materialov i konstrukcij. 1977. №3, pp. 96-102.
5. Telezhkin V.F., Ugarov P.A. Izvestiya CHelyabinskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2000. № 1. pp. 171-180.
6. Guchkin I.S., Artyushin D.V. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2006. №1. pp. 103–104.
7. Derkach V.N., ZHernosek N.M. Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta. 2010 №3 (28). pp. 135–143.
8. Nenashev V.S., Snegirev N.I. Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya. Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017. pp. 194-201.
9. Nezhizhimov R.V., Ivanchuk E.V. Akademicheskaya publicistika. 2017. № 5. pp. 25-33.
10. Avdeeva A.O. Colloquium-journal. 2020. №5-1 (57). pp. 24-25.