

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 691.316. 699.865

А. И. АНАНЬЕВ, д-р техн. наук, проф.-консультант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **А. Г. РЫМАРОВ**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **Д. Г. ТИТКОВ**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИРПИЧА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, эл. почта: rymarov@yandex.ru

Ключевые слова: кирпич, теплопроводность, влажность, кладочный раствор, пустотность, облицовочный слой, долговечность.

Приведены: анализ долговечности и теплотехнические характеристики кирпича, полученные при исследовании в климатической камере; результаты исследований влажностного режима и теплотехнических свойств кирпичных кладок из пустотного кирпича.

В России из обожженной глины кирпич стали промышленно выпускать в 1834–1837 гг. XIX века. Теплотехнические свойства кирпича изучались и внедрялись в процессы строительства, а также с 1937 года д.т.н. К. Ф. Фокиным [1] внесены в советские нормативные документы.

Результаты натурных исследований долговечности сплошных наружных стен из полнотелого кирпича. Здания, построенные до 1900 г. из полнотелого керамического кирпича, в большом количестве в настоящее время находятся в удовлетворительном состоянии и за столетия эксплуатации наружных стен не потребовали капитального ремонта. Приемлемая долговечность наружных стен зафиксирована и в зданиях, построенных из полнотелого кирпича в 1930–1940 гг. и в послевоенный период 1947–1960 гг. [2]. На основе мониторинга полученных специалистами результатов натурных обследований зданий для наружных стен изменили нормативную периодичность межкапитального ремонта с 30 до 50 лет. Поскольку определяющим фактором в обеспечении долговечности наружных стен является качество наружного облицовочного слоя, то этому фактору при строительстве уделялось особое внимание. Для выбора природного (обязательно полнотелого кирпича) для облицовки наружных стен на завод направляли каменщиков, разбиравшихся в качестве кирпича, которые умели отличить хорошо обожженный кирпич от недожженного и пережженного. Для облицовки наружных стен допускался и пережженный кирпич – железняк (клинкер). Отобранный кирпич отличался от обычного кирпича красивым видом, без отбитых углов и ребер, с гладкими без трещин поверхностями и с одинаковым цветом. В итоге объем природного полнотелого кирпича для облицовки наружных стен не превышал 16 % от общего количества, выпускаемого заводом. Для заводов, специализирующихся на производстве облицовочного кирпича, был выпущен самостоятельный ГОСТ, а требуемого качества добивались специальной



технологией обжига. Частично вместо дров или торфа для обжига использовался качественный уголь (антрацит) и мазут, а в редких случаях для того времени, нефть и природный газ. При изготовлении сырца в глиняную массу вводили тонкомолотые добавки ржаной соломы или рисовой шелухи, а также антрацита, обладающие большой теплотой сгорания по сравнению с традиционным топливом. Сжиганием традиционного топлива совершался наружный обжиг сырца и поджигалось топливо, находящееся внутри. Таким способом обеспечивался более качественный обжиг глиняного кирпича, повышающий морозостойкость облицовочного кирпича до 100 циклов замораживания и оттаивания, а прочность такого кирпича для облицовки наружных стен повышалась в несколько раз.

Теплотехнические свойства кирпича. Керамический кирпич промышленностью Российской Федерации выпускается в двух размерах: 250×120×65 мм и 250×120×138 мм, называемый камнем. Поскольку камень превышал установленную нормами массу, то в нем в обязательном порядке для облегчения стали создавать пустоты. С целью снижения расхода сырья на производство, энергозатрат и повышения теплозащитных свойств в настоящее время выпускают и одинарный кирпич с пустотами. В керамическом кирпиче и камне выполняют квадратные пустоты размером 10×10 мм. Коэффициент теплопроводности кирпича и камня плотностью 1000 кг/м³, 1200 кг/м³ вне кладки стены составляет в сухом состоянии соответственно 0,28 Вт/м·°С и 0,32 Вт/м·°С [3], приведенные в СНиП II-A.7-62* «Строительная теплотехника. Нормы проектирования». Коэффициент теплопроводности для кладки на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м³ кирпича с пустотами для условий эксплуатации А составляет 0,46 Вт/м·°С, а для условий эксплуатации Б 0,52 Вт/м·°С, что на 34 % и 36 % ниже чем у кладки из полнотелого кирпича с теплопроводностью 0,7 Вт/м·°С и 0,81 Вт/м·°С. Соответственно, для кирпича с пустотами значение теплопроводности ниже на 26 % и 28 %.

Преимуществом пустотелого кирпича является то, что на его изготовление затрачивается глины на 30 % меньше, чем на полнотелый кирпич, а также наличие мелких пустот размером 10×10 мм, которые в процессе выполнения кладки не заполняются кладочным раствором (расход раствора на кладку составляет 0,23 м³, т. е. почти такой же, как и при полнотелом кирпиче [2]). В следующей редакции СНиП II-A.7-71 были исключены теплоэффективные кирпичи. Вместо них перешли на 7-9-щелевые кирпичи и камни, коэффициент теплопроводности у которых по тычку составляет 0,3–0,33 Вт/м·°С, по ложку 0,47–0,5 Вт/м·°С. Сопротивление паропрооницанию ложковых кирпичей в кладке было существенно меньше, чем у тычковых, поэтому ложковые кирпичи на фасаде зданий уже через 15 лет стали разрушаться. Кирпичи тычковых рядов на фасаде находятся в неразрушаемом состоянии в эксплуатации более 50 лет, поэтому необходимо выпускать пустотелый керамический кирпич с равнозначными значениями этих теплофизических параметров вдоль и поперек кирпича. Пустотелый керамический кирпич возможно применять только для облицовки наружных стен малоэтажных домов с маркой по морозостойкости F 35–50. Для наружных стен многоэтажных домов использовать полнотелый кирпич толщиной в один кирпич с маркой по морозостойкости F 75. Для высотных зданий трехслойные наружные кирпичные стены необходимо



облицовывать клинкерным кирпичом толщиной в один слой и маркой по морозостойкости F 100.

В следующей редакции СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» ввели названия кирпичных стандартов и названия керамических кирпичей со значением плотности кладок 1800, 1600, 1400, 1200 и 1000 кг/м³ и коэффициенты теплопроводности для условий эксплуатации А и Б. Силикатный кирпич в СНиП был представлен только полнотелый [4]. В последующих редакциях теплотехнического СНиП II-3-79**, СП 23-101-2004, а также СП 50.13330.2012 приведены теплотехнические показатели для пустотелых керамических кирпичей. Во всех случаях размер пустот не приводился, т. к. считалось достаточным их размер характеризовать изменением плотности. Таким способом была создана возможность увеличивать размер пустот сначала до 12 мм, а с 1 марта 2008 года – до 16 мм, квадратных и цилиндрических – до 20 мм. Это было сделано в интересах сокращения расхода на кирпич глины и снижения энергозатрат на обжиг. Такие главные вопросы, как снижение прочности стен, а также снижение теплозащитных качеств и увеличение энергозатрат на отопление здания не учитывались, поэтому ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко, НИУ МГСУ, НИИСФ РААСН отказались от участия в новых редакциях ГОСТ 530, а также согласовывать увеличение размера пустот. Увеличение размеров пустот привело производителей практически отказаться от выпуска полнотелого кирпича и перейти на пустотелый. Если до 1951 г. выпуск пустотелого кирпича составлял 3 % в общем объеме производства, то в настоящее время его объем возрос до 85–90 %.

Результаты исследований в климатической камере влажностного режима и теплозащитных свойств кладок из пустотелого кирпича. Существенным недостатком пустотелого кирпича является повышенное содержание раствора в кладке стены. Расход раствора зависит от размера пустот, их количества, консистенции раствора и выполнения установленных правил каменщиком, а сами пустоты на 20–25 % снижают прочность стен. Проваливающийся в пустоты кладочный раствор образует рваную постель в горизонтальных швах кладки, что создает трудности при производстве строительных работ качественно укладывать кирпич. Образующие неровности, разрывы и пустоты создают благоприятные условия для повышенной воздухопроницаемости, снижающие теплозащитные свойства стены. В целях создания качественного растворного шва каменщики часто выполняют кладку с полным заполнением пустот раствором. Попавший в пустоты рыхлый раствор не оказывает положительного влияния на повышение прочности кладки, при этом расход раствора по сравнению с кладкой из полнотелого кирпича, равным 0,22 м³ для 21 пустотелого кирпича с квадратными пустотами, размером 2×2 см, увеличивается. При заполнении пустот на 40 % объем раствора увеличивается до 0,31 м³, при 50 %, 70 %, 100 %, соответственно до 0,33 м³, 0,37 м³, 0,44 м³ (соответственно в процентах на 10,4 %, 13 %, 18 %, 26 %), при этом плотность кладки увеличивается с 1516 кг/м³, до 1670 кг/м³, 1700 кг/м³, 1800 кг/м³, 1900 кг/м³. Цементно-песчаный раствор плотностью 1800 кг/м³ и керамический кирпич той же плотностью в сухом состоянии имеют почти одинаковые коэффициенты теплопроводности 0,84 и 0,88 Вт/м·°С. В условиях эксплуатации Б влажность раствора составляет 4 %, а кирпичной кладки 2 % и коэффициент теплопроводности соответственно 0,93 и 0,81 Вт/м·°С, что превышает на 13 %. Поскольку цементно-песчаный раствор обладает более



высокими сорбционными свойствами чем керамика, то в зоне контакта с раствором ее влажность увеличивается, особенно в зоне, отстоящей на 1/3 от наружной поверхности стены [5]. Выполненными теплотехническими исследованиями в климатической камере на фрагментах несущих стен размером $2 \times 2 \times 0,38$ м из 21 пустотного кирпича при разном заполнении пустот раствором были установлены следующие закономерности. При расходе кладочного раствора $0,4 \text{ м}^3$ и $0,7 \text{ м}^3$ влажность керамики в этой зоне, по сравнению с выполненной без заполнения пустот $0,22 \text{ м}^3$, повысилась на 1,2 %, следовательно, до 2 % и 2,5 %. Средние значения влажности кладки изменились с 1,8 % до 2,5 % и 3,8 %, т. е. значительно превышающие 2 %. Такой перерасход на кладку стены из пустотелого кирпича привел к повышению коэффициента теплопроводности с 0,5 до 0,87, т. е. более чем на 50 %.

Долговечность зданий связана с материалами, из которых сделаны стены и другие ограждающие конструкции, нормы по тепловой защите [6, 7, 8] и по качеству микроклимата постоянно совершенствуются [6]. В настоящее время не нужно строить стены толщиной три метра [9]. Сегодня кирпичная стена, выполненная из качественного кирпича, становится редкостью, а красивые эстетичные кирпичные здания исторического наследия до сих пор украшают города нашей страны.

В качестве выводов авторы отмечают, что сложившаяся практика перехода с полнотелого кирпича на пустотелый дискредитировала этот стеновой материал как основной, обеспечивавший в зданиях комфорт, высокую теплоустойчивость и долговечность в сочетании с пожарной безопасностью. Существенное различие в пустотелых кирпичах коэффициентов теплопроводности и сопротивления теплопередачи ложковых рядов кирпичей от тычковых в наружных стенах приводит к преждевременному разрушению фасадов здания и общему снижению эксплуатационной надежности строительного объекта в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с. – ISBN 5-98267-023-5. – Текст : непосредственный.
2. Александровский, С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С. В. Александровский. – Москва : НИИСФ РААСН, 2004. – 400 с. – ISBN 5-902630-01-0. – Текст : непосредственный.
3. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий : стандарт организации : введен в действие приказом РОИС от 21 февраля 2006 г. № 8-12 с 1 марта 2006 г. – Москва : РОИС, 2006. – 64 с. – ISBN 5-9685-0036-0. – Текст : непосредственный.
4. Хавкин, Л. М. Технология силикатного кирпича / Л. М. Хавкин. – Москва : Стройиздат, 1982. – 384 с. – Текст : непосредственный.
5. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. – 400 с. – ISBN 5-902146-10-0. – Текст : непосредственный.
6. Бодров, М. В. Нормирование теплотехнических характеристик наружных ограждений сельскохозяйственных промышленных зданий / М. В. Бодров. – Текст : непосредственный // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : сборник докладов третьей международной научно-технической конференции / Московский государственный строительный университет. – Москва, 2009. – С. 99–102.



7. Рымаров, А. Г. Основные причины несоответствия нормативным требованиям фактического уровня тепловой защиты наружных стен современных зданий / О. Н. Лобов, А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 11. – С. 67–71.

8. Рымаров, А. Г. Энергоэффективные здания с наружными кирпичными стенами без мягких утеплителей / А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 10. – С. 105–110.

9. Рымаров, А. Г. Теплотехнические свойства и долговечность наружных облицовочных слоев кирпичных стен зданий / А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 7. – С. 22–30.

ANANIEV Aleksey Ivanovich doctor of technical sciences, professor - consultant of the chair of heat and gas supply and ventilation; RYMAROV Andrey Georgievich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation; TITKOV Dmitry Gennadievich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation

DURABILITY AND THERMAL PROPERTIES OF BRICK

Moscow state university of Civil Engineering (National Research University)
26, Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow, Russia. Tel.: +7 (499) 183-26-92,
e-mail: rymarov@list.ru

Key words: brick, thermal conductivity, humidity, masonry mortar, voidness, facing layer, durability.

The analysis of the durability and thermal characteristics of brick obtained during the study in the climatic chamber, the results of studies of the humidity regime and thermal properties of hollow brick masonry are presented.

REFERENCES

1. Fokin K. F. Stroitel'naya teplotekhnika ogradhayushchikh chastey zdaniy [Construction heat engineering of enclosing parts of buildings]. Moscow. AVOK-PRESS, 2006, 256 p.
2. Aleksandrovskiy S. V. Dolgovechnost naruzhnykh ogradhayushchiy konstrukciy [Durability of external enclosing structures]. Moscow. NIISF RAASN. 2004, 400 p.
3. STO 00044807-001-2006. Teplozashchitnye svoystva ogradhayushchikh konstrukciy zdaniy [Thermal protection properties of building enclosing structures]. Moscow. ROIS. 2006, 64 p.
4. Havkin L. M. Tekhnologiya silikatnogo kirpicha [Silicate brick technology]. Moscow. Stroyizdat. 1982, 384 p.
5. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika [Construction thermophysics]. Saint Petersburg. AVOK Severo-Zapad. 2006, 400 p.
6. Bodrov M. V. Normirovanie teplotekhnicheskikh harakteristik naruzhnykh ogradhdeniy selskokhozyaystvennykh promyshlennykh zdaniy [Normalization of thermal engineering characteristics of external fences of agricultural industrial buildings]. Sbornik dokladov tretey mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyacii» [Collection of reports of the third international scientific



and technical conference "Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation"]. Moscow. MGSU. 2009. P. 99–102.

7. Rymarov A. G., Lobov O. N., Anan'ev A. I. Osnovnye prichiny nesootvetstviya normativnym trebovaniyam fakticheskogo urovnya teplovoy zashchity naruzhnykh sten sovremennykh zdaniy [The main reasons for non-compliance with the regulatory requirements of the actual level of thermal protection of the exterior walls of modern buildings]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2016. № 11. P. 67–71.

8. Rymarov A. G., Anan'ev A. I., Titkov D. G. Energoeffektivnye zdaniya s naruzhnymi kirpichnymi stenami bez myagkikh utepliteley [Energy-efficient buildings with external brick walls without soft insulation]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2023. №10. P. 105–110.

9. Rymarov A. G., Anan'ev A. I., Titkov D. G. Teplotekhnicheskie svoystva i dolgovechnost naruzhnykh oblico-vochnykh sloev kirpichnykh sten zdaniy [Thermal engineering properties and durability of external surface layers of brick walls of buildings]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2021. № 7. P. 22–30.

© А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков, 2024

Получено: 05.10.2024 г.