

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

А. В. Вольф, Е. В. Божок, А. А. Ермолаев
Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Приведен анализ причин разрушения кирпичной кладки, выполненной с использованием силикатного кирпича. Показана необходимость повышения требований к показателям качества силикатного кирпича, таким как водостойкость и коррозионная стойкость. Исследовано влияние различных минеральных добавок на физико-механические свойства и долговечность силикатного кирпича.

Ключевые слова: силикатный кирпич, минеральные добавки, водостойкость, долговечность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России значительная часть жилых и общественных зданий возводится из силикатного кирпича. Широкое применение этого материала в строительстве в различных странах началось в 40-х годах двадцатого века. В 1960 г. в Германии, Голландии и Великобритании было изготовлено около 4,5 миллиардов штук силикатного кирпича. Для этого времени также характерен рост производства и использования этого материала в Советском Союзе.

Производство силикатного кирпича имеет ряд преимуществ по сравнению с производством керамического кирпича: более короткий технологический цикл, высокая степень механизации технологического процесса, меньшие энергетические затраты.

По прочностным и теплоизоляционным свойствам силикатный кирпич практически не уступает кирпичу керамическому, обладая пониженными показателями, характеризующими его долговечность. Так, по величине коэффициента размягчения силикатный кирпич относится к группе строительных материалов с ограниченной водостойкостью, при полном водонасыщении силикатный кирпич теряет до 40% первоначальной прочности, соответственно может снижаться несущая способность возведенных из него ограждающих конструкций. По причине низкой водостойкости цокольная часть зданий и сооружений, выполненных с использованием силикатного кирпича, возводится из керамического кирпича или цементного бетона.

Пониженная водостойкость материала стен должна учитываться при назначении режима эксплуатации возведенных объектов, они должны быть оборудованы безупречной

системой отведения талых и дождевых вод, внутри зданий также не должно быть источников значительного повышения влажности.

В большинстве случаев указанные требования не соблюдаются. Например, наличие воды в подвальной части зданий приводит к высокой влажности в плохо отапливаемых подъездах и, как следствие, к конденсации влаги на внутренней поверхности стен.

В таких условиях службы силикатный кирпич подвергается многократному увлажнению и высушиванию, которые сопровождаются набуханием и усадкой материала, что также приводит к снижению его прочности. Кроме того, попеременное увлажнение силикатного кирпича сопровождается коррозией вымывания с последующим образованием высолов, а также углекислотной коррозией.

Многие исследователи считают ничтожно малыми масштабы последнего вида коррозии, хотя ее протекание в несколько раз усиливает коррозию вымывания.

В последнее время появилось много публикаций, свидетельствующих об опасном состоянии или частичном разрушении кирпичных зданий, построенных около 50-55 лет назад (например, здание шестизэтажного больничного комплекса в г. Барнауле по ул. Титова). Большинство из этих объектов возведено из силикатного кирпича.

В качестве основной причины разрушений называются деформации, возникающие вследствие неравномерной просадки грунта под фундаментами зданий. Однако ее разрушительное действие сказывается значительно меньше на объектах, возведенных из керамического кирпича, хотя использованный в то время керамический кирпич также как и силикатный имел марки 75 и 100, а кладка

выполнялась на таких же кладочных растворах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обследование зон разрушения шестиэтажного больничного комплекса в г. Барнауле, как видно на фотографиях (рисунок 1), показывает, что основное количество очагов разрушения находится в местах контактов поверхности кирпича и затвердевшего кладочного раствора.

Известно, что прочность сцепления силикатного кирпича с затвердевшим раствором намного меньше таковой для керамического кирпича, поэтому, рассматриваемая контактная зона является наиболее слабым местом против любого коррозионного воздействия.

С целью исследования влияния минеральных добавок на основные строительные свойства и показатели долговечности силикатного кирпича были изготовлены образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм различных составов (таблица 1).

В качестве кремнеземистого компонента использовался кварцевый песок Власихинского месторождения Алтайского края с модулем крупности 1,305 и содержанием глинистых частиц 2,5%.

В качестве вяжущего компонента в основных составах использовалась быстрогающаяся кальциевая известь 1-го сорта производства ООО «Алтай-Известь». В последнем составе (№ 21) использовалась несортная недожженная кальциевая известь с содержанием активных $\text{CaO}+\text{MgO}$ 52%.



Рисунок 1 – Вертикальные и наклонные трещины в наружной стене с шириной раскрытия до 30 мм

Таблица 1 – Влияние минеральных добавок на физико-механические свойства и водостойкость силикатного кирпича

№ состава	Состав, %					Предел прочности при сжатии образцов после автоклавной обработки, МПа	Коэффициент размягчения	Пористость, %	Водопоглощение, %
	Известняк (на СаО)	Известняк	Доломит	Зола + фторангидрит	Песок				
1к	10				остальное	23,4	0,72	24,2	11,5
2	10	10				25,9	0,90	23,4	11,4
3	10		10			25,4	0,95	23,0	11,4
4	10			10		23,4	0,84	28,1	17,7
5	10	15				26,8	0,92	23,2	11,6
6	10		15			27,4	0,93	23,5	11,4
7	10			15		20,2	0,88	28,0	17,2
8	10	20				27,0	0,90	23,9	11,5
9	10		20			27,7	0,89	24,3	11,9
10	10			20		19,9	0,92	28,0	17,4
11к	8					20,8	0,70	24,3	11,6
12	8	10				24,0	0,91	23,2	11,7
13	8		10			23,2	0,89	24,3	12,1
14	8			10		22,5	0,88	27,4	16,6
15	8	15				24,4	0,91	23,9	12,1
16	8		15			27,0	0,88	24,4	12,6
17	8			15		18,9	0,96	27,9	17,3
18	8	20				25,9	0,93	24,8	12,6
19	8		20			26,1	0,93	24,5	12,5
20	8			20		18,5	0,92	28,1	17,2
21	10					25,6	0,89	23,8	11,8

Кроме основных компонентов в состав сырьевых смесей вводились тонкомолотые добавки: известняк Искитимского месторождения, доломит Таензинского месторождения, комплексная добавка, содержащая 50% высококальциевой золы ТЭЦ-3 г. Барнаула и 50% фторангидрита (отход химического производства в г. Северске Томской области).

Количество добавок варьировалось от 10 до 20%, общая активность массы составляла 10% (1-я серия) и 8% (2-серия). Все компоненты состава подвергались помолу в шаровой мельнице. Полученная смесь увлажнялась до нормальной формовочной влажности 8-12% (определяется органолептическим методом) и силосовалась в сушильных шкафах при температуре 60°C в течение 4 часов для гашения извести. После выдерживания смесь доувлажнялась и перемешивалась, так как часть воды связалась в процессе гидратации извести.

Формование образцов-цилиндров осуществляли в пресс-формах при давлении 20 МПа с равномерной подачей нагрузки. Для каждого состава формовали по 9 образцов-цилиндров.

Изготовленные образцы подвергали автоклавной обработке по режиму: 2 часа – подъем давления и температуры, 8 часов – выдержка при давлении 0,9 МПа, 1,5-2 снижение давления и температуры.

Одновременно с экспериментальными образцами формовали контрольный состав, состоящий из 10% (1-я серия) или 8% (2-серия) извести в пересчете на СаО и кварцевого песка (остальное).

Водостойкость силикатного кирпича оценивалась по величине коэффициента размягчения.

Коэффициент размягчения определяли вычислением отношения среднего арифметического значения предела прочности при сжатии трех образцов, испытанных в насыщенном водой состоянии, к среднему арифметическому значению предела прочности при сжатии трех образцов, испытанных в высушенном состоянии. Насыщение водой осуществляли по ГОСТ 7025-91 [1].

Влияние минеральных добавок на физико-механические свойства и водостойкость силикатного кирпича приведено в таблице 1.

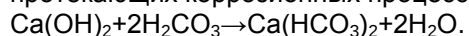
При введении в состав сырьевой смеси карбонатных добавок наблюдается увеличе-

ние прочности образцов по сравнению с контрольными до 30%, а также значительное повышение водостойкости. Коэффициент размягчения образцов возрастает до 0,95. Замена части песка (10%) карбонатными добавками при получении силикатного кирпича, соответствующего марке контрольного состава (1к), позволяет сократить расход известкового вяжущего примерно на 20% (составы № 12,13).

Необходимо отметить, что с технологической и экономической точек зрения более целесообразным является введение в состав сырьевых смесей карбонатной составляющей в составе недожженной извести, при этом также наблюдается рост прочности и водостойкости силикатного кирпича (состав № 21).

Использование комплексной добавки в виде золы и фторангидрита позволяет получать бездефектные изделия, однако при этом наблюдается снижение прочности образцов примерно на 15%. Введение данной добавки приводит к значительному увеличению водостойкости (коэффициент размягчения 0,96 для состава № 17), пористости и водопоглощения образцов, что способствует лучшему сцеплению силикатного кирпича с кладочным раствором.

Под действием воды происходит частичное растворение цементирующей связи силикатного кирпича, представляющей собой кальциевые соли поликремниевых кислот (минералы тоберморит и ксонотлит). При этом происходит вымывание из минералов катионных групп CaOH^+ . Процесс выщелачивания тормозится низкой растворимостью гидроксида кальция. В присутствии углекислоты воздуха продукты вымывания реагируют с ней с образованием хорошо растворимого гидрокарбоната кальция, что приводит к значительному ускорению совместно протекающих коррозионных процессов:



Карбонатные добавки, присутствующие в сырьевой смеси, способны взаимодействовать в автоклавных условиях с гидросиликатами кальция с образованием карбонатсодержащих гидросиликатных фаз, а также с гидроксидом кальция с образованием минерала дефернита – $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [2].

По данным дифференциально-термического и термогравиметрического методов анализа в составе продуктов гидротермального синтеза с карбонатными добавками значительно уменьшаются потери массы в эндозффекте соответствующем свободному гидроксиду кальция. Образующиеся продукты

гидратации являются более устойчивыми к действию углекислого газа и в меньшей степени подвержены коррозии вымывания.

Масштабы углекислотной коррозии силикатного кирпича в ограждающих конструкциях современных строительных объектов заслуживают особого внимания.

Результаты ранее выполненных исследований показывают, что в процессе принудительной карбонизации (при давлении углекислого газа в карбонизаторе – 0,4 МПа) в течение 6 часов 75% CaO из состава гидросиликатов кальция оказывается связанной в карбонатные соединения [3].

По нашим расчетам такая степень изменения состава гидросиликатной связи соответствует примерно 15 годам службы в атмосферных условиях. Необходимо учитывать, что протекающая углекислотная коррозия сопровождается карбонизационной усадкой и силикатного кирпича и цементного камня кладочного раствора, что в значительной степени ослабляет контакт между ними.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая все вышесказанное, необходимо повысить требования к качеству силикатного кирпича, который используется в современном строительстве. Прежде всего, надо считать недопустимым использование силикатного кирпича, относящегося к материалам с ограниченной водостойкостью.

Производители силикатного кирпича при соответствующем подборе состава сырьевой смеси, используя различные добавки, могут выпускать водостойкий силикатный кирпич на имеющемся технологическом оборудовании.

Как показывают результаты исследований [4] водостойкий силикатный кирпич характеризуется более высокой стойкостью против всех видов коррозионного воздействия, в результате чего снижаются также масштабы усадки. Кроме того, необходимо контролировать характер пористости силикатного кирпича, что может способствовать повышению прочности сцепления его с кладочным раствором.

В процессе эксплуатации объектов, возводимых из силикатного кирпича, необходимо полностью исключать замачивание стен, путем организации эффективной системы наружного водоотведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости».

2. Тейлор, Х. Химия цемента. – М: Мир, – 1996. – 560 с.

3. Козлова, В. К. Продукты гидратации кальцево-силикатных фаз цемента и смешанных вяжущих веществ / В. К. Козлова, Ю. В. Карпова, Ю. А. Ильевский. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – 163 с.

4. Хижинков, О. В. Силикатный кирпич с комплексными добавками на основе пыли-уноса цементных печей: автореф. дис. ... канд. технич. наук. – Барнаул, 2000. – 23 с.

Вольф А.В. – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства»

ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: volf.anna@mail.ru.

Божок Е.В. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: dmbozhok@gmail.com.

Ермолаев А.А. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: schurik_90@mail.ru.

УДК 528.48:721.222

ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ ЧУЙСКОГО ТРАКТА 698-703+250, 706-718 КМ

Е. И. Вяткина

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрен вопрос количественной оценки времени, затраченного на производство работ по лазерному сканированию на участках Чуйского тракта 698-703+250, 706-718 км в целом, так и чистого времени сканирования. Описаны особенности производства работ по наземному лазерному сканированию при выполнении инженерно-геодезических изысканий для капитального ремонта данных участков автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт». Приведены количественные характеристики времени, затраченного на производство работ по наземному лазерному сканированию этих участков.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, лазерный сканер GLS-1500 TOPCON, время сканирования, инженерно-геодезические изыскания, съемочное обоснование, Чуйский тракт.

Участки Чуйского тракта 698-703+250, 706-718 км – автодорога III категории, асфальтированная, находятся в Онгудайском районе Республики Алтай в окрестностях села Иня, расположенного на месте слияния реки Катунь с рекой Иня (соответственно, первый участок на левом берегу р. Катунь (рисунок 1) и второй – на правом (рисунок 2). Абсолютные отметки на первом участке составляют от 740 до 765 м над уровнем моря, на втором – от 733 до 827 м над уровнем моря. В окружении участка Чуйского тракта имеются почти безлесые невысокие горы высотой 1000-1500 м.

На первом участке работы по лазерному сканированию данного участка выполнялись

с 19 по 20 апреля 2016 г. с целью выполнения инженерно-геодезических изысканий для капитального ремонта участка автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией, км 698+000 – км 703+241.

На втором участке работы по сканированию проводились с 20 по 22 апреля и с 27 по 28 апреля 2016 г. с целью выполнения инженерно-геодезических изысканий для капитального ремонта участка автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией, км 706+000 – км 718+000.