



## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

**О.И. ЛОБОВ**, д-р техн. наук, ген. директор, председатель Президиума Правления Российского общества инженеров строительства (РОИС),  
**А.И. АНАНЬЕВ**, д-р техн. наук, академик ВИА, директор научного центра РОИС, главный научный сотрудник НИИСФ РААСН;  
**А.А. АНАНЬЕВ**, канд. техн. наук, руководитель сектора ОАО НТЦ «Промышленная безопасность» (Москва)

Керамический кирпич, как стеновой материал для возведения жилых зданий, в России стал использоваться с начала XVIII в. Наиболее привлекательным для этих целей он стал из-за высокой огнестойкости, так как пожары были главной причиной гибели не только отдельных зданий, но и целых районов и даже городов. В результате длительной эксплуатации кирпичных зданий керамический кирпич признан основным строительным материалом для возведения наружных стен, удовлетворяющим требованиям по тепловой защите, долговечности зданий и безопасности для проживания. Исторически сложилось и мнение, что жилые помещения в кирпичных зданиях наиболее полно отвечают санитарно-гигиеническим требованиям. Повышенная теплоустойчивость к резким колебаниям температуры наружного воздуха в соче-

тании с комфортом, долговечностью и пожарной безопасностью сделали кирпичные здания наиболее рациональным жильем в климатических условиях России.

До настоящего времени кирпичные здания, построенные даже до 1900 г., находятся в удовлетворительном техническом состоянии. На рис. 1 показано кирпичное здание, построенное в Москве в 1895-1900 гг. с наружными кирпичными стенами, облицованными полнотелым керамическим кирпичом. При натурных обследованиях технического состояния фасада здания в 2004-2005 гг. не установлено разрушений, выкрашиваний и трещин на поверхностях лицевых кирпичей. В течение столетней эксплуатации стены здания не потребовали капитального ремонта. Примеров, подтверждающих высокую долговечность кирпичных стен зданий, можно привести очень много, даже в зданиях, построенных 150-200 лет назад.

Положительно отзываются и о кирпичных домах, построенных в периоды 1930-1940 гг. и 1947-1960 гг. Их принято называть «сталинскими». Существенно отличаются по комфортности от панельных кирпичные дома, возведенные и в последующие годы (рис. 2). При одинаковом приведенном сопротивлении теплопередаче наружных кирпичных стен, по сравнению с панельными, кирпичные дома, благодаря своей большей теплоустойчивости, повышенному сопротивлению воздухопроницаемости и ряду других физических параметров потребляют значительно меньше тепла на отопление. В основном по этим домам сложилось мнение о керамическом кирпиче, как о надеж-

ном материале для строительства комфортного, энергосберегающего и долговечного жилища.

Стремление людей переселиться из панельных и блочных в квартиры кирпичных домов также подтверждает их преимущества. Панельные пятиэтажные здания, построенные в 1955-1960 гг., в Москве почти полностью сносятся, так как их санация не рентабельна из-за очень высокой стоимости земли, в других регионах страны дома некоторых серий также сносятся по причине их физического и морального износа, в других — проводится капитальный ремонт с надстройкой мансардных этажей и обязательным утеплением фасадов. Кирпичные стены зданий, построенных ранее и в тот же период с облицовочным слоем из полнотелого кирпича, не потребовали до настоящего времени даже текущего ремонта. Вопрос о сносе кирпичных зданий высотой шесть и более этажей в предстоящие 20-30 лет ставиться не будет.

Вместе с тем, за последние 50 лет на фоне интенсивного развития кирпичной промышленности сложились обстоятельства, не только дискреди-



**Рис. 1.** Кирпичное здание с наружными стенами, облицованными полнотелым керамическим кирпичом (построено в 1895-1900 гг. в Москве).



**Рис. 2.** Кирпичное здание, облицованное пустотелым керамическим кирпичом, построенное в Москве в 1978-1980 гг.





тировавшие керамические стеновые материалы, но и поставившие под сомнение перспективность кирпичного строительства в нашей стране.

Первые два связаны с неудачным применением Г-образных облицовочных керамических плит и пустотелого щелевого керамического камня и кирпича. Третье — с чрезмерным увеличением пустот.

Применение облицовочных слоев стен из Г-образных плит без экспериментальной проверки прочности и надежности привело к тому, что через 10-15 лет эксплуатации зданий горизонтальные полки плит, заделанные в кладку, начали скалываться. Несмотря на выполняемые частые ремонты, процесс разрушения облицовочного слоя стен из керамических плит продолжается по настоящее время, представляя большую опасность для населения (рис. 3). Практика эксплуатации наружных стен, облицованных керамическими плитами, показала нецелесообразность их использования для стен многоэтажных зданий. Поэтому их применение было приостановлено.

Неудачи постигли также производителей лицевого пустотелого керамического камня и кирпича при их применении для облицовки стен. Разрушение облицовочных слоев из девятищелевого керамического камня в стенах (скол) первых трех этажей в 7-8-этажных зданиях происходит по двум причинам. Первая — в результате более высоких деформационных свойств конструктивной части стены, особенно, если она выполнена из силикатного кирпича, по сравнению с облицовочным слоем из керамического камня. Вторая — в недостаточной прочности на изгиб керамических девятищелевых камней, связывающих облицовочный слой тычковыми рядами с конструктивной частью стены. Поэтому целесообразно щелевые керамические камни перед применением проверять не только на сжатие, но и на изгиб. Кроме того, облицовочные слои из щелевого керамического камня и кирпича оказались недолговечными. Через 15-20 лет на многих фасадах домов начался процесс шелушения лицевых камней из



Рис. 3. Фрагменты фасадов зданий, облицованных керамическими плитами, построенных в Москве в 1955–1960 гг. ( после капитального ремонта).

белоглистых глин. Фасады приобрели неопрятный вид и поэтому периодически ремонтируются.

Серьезный пересмотр отношения к кирпичному строительству наступил в 1994 г. после правительственных постановлений по экономии энергетических ресурсов в строительстве и ЖКХ. Изменения № 3, введенные в 1995 г. в СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника», перешедшие затем в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», предусматривали увеличение из условий энергосбережения требований к сопротивлению теплопередаче наружных стен зданий более, чем в три раза. Соответствовать новым требованиям при использовании полнотелого и пустотелого кирпича оказалось практически невозможно. По расчету толщину наружных кирпичных стен нужно было принимать увеличенной, например, в центральном регионе России до 2-2,5 м.

Еще до введения изменений № 3 к СНиП II-3-79\* НИИСФ провел научно-исследовательскую работу, направленную на повышение теплотехнической эффективности керамического кирпича. На основании полученных результатов было сделано предложение Госстрою СССР при пересмотре ГОСТ 530-80 «Кирпич и камни керамические» уменьшить размеры пустот в керамических кирпичах и кам-

нях, а также увеличить объем выпуска пористого полнотелого кирпича. Ширину щелевидных пустот было предложено изменить с 12 мм до 10 мм, диаметр цилиндрических пустот — с 16 мм до 12 мм, стороны квадратных пустот — до 12 мм. Кроме того, было предложено в качестве обязательного контролируемого параметра ввести коэффициент теплопроводности кирпича, определяемого в кладке стены, то есть с учетом влияния кладочного раствора.

В разрабатываемый на том этапе ГОСТ 530-95 был введен коэффициент теплопроводности керамического кирпича в качестве обязательного контролируемого параметра. Предложение НИИСФ по уменьшению размеров пустот было не просто отклонено, а было принято предложение ЦНИИСК им. В. В. Кучеренко и ВНИИстром им. П. П. Будникова увеличить ширину щелевых пустот с 12 мм до 16 мм, диаметр цилиндрических и стороны квадратных — с 16 мм до 20 мм. Одновременно Госстроем СССР планировалось поручить научно-исследовательским институтам совместно со строителями разработать новые подобные зарубежным технологии кладки стен, исключющие заполнение пустот раствором. Решение вопроса о снижении размеров пустот был отдан на откуп заводам. Но заводы не прояви-

ли инициативы к снижению размеров пустот, поскольку им это было невыгодно. В ГОСТ 530-2007, вступившим в действие с 1 марта 2008 г., предусматривается диаметр вертикальных цилиндрических пустот и размер стороны квадратных пустот не более 20 мм, а ширина щелевидных пустот — не более 16 мм (п. 4.2.3).

«Удачное» на первый взгляд лоббирование интересов производителей, обернулось для них значительным снижением востребованности пустотелого керамического кирпича для возведения наружных стен зданий. Переход заводов на массовый выпуск лицевого керамического кирпича с крупными пустотами с целью применения его для облицовки трехслойных стен показал его низкую долговечность в условиях эксплуатации при изменившемся температурно-влажностном режиме стен.

Справедливости ради следует отметить, что ряд заводов в настоящее время выпускают кирпич с щелевидными пустотами шириной до 12 мм.

Установление количественных зависимостей влияния кладочного раствора в крупных пустотах на влажностный режим и теплопроводность кладки стен выполняли в климатической камере на трех фрагментах стен размером 1,8х1,8х0,38 м, изготовленных в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко совместно с НИИСФ. Для экс-

перимента использовали серийный кирпич Голицынского завода с шириной щелей 12 и 16 мм, а также специально изготовленные кирпичи с шириной щелей 20 мм. При изготовлении фрагментов кладки измеряли расход раствора. В целях сравнения теплотехнической эффективности фрагментов стен, первый был изготовлен по технологии полностью исключая заполнение пустот раствором, то есть по технологии, соответствующей кладке из полнотелого кирпича. Расход раствора составлял 0,23 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Второй и третий фрагменты изготовлены, соответственно, с расходом раствора 0,3 м<sup>3</sup> и 0,4 м<sup>3</sup> на один кубический метр кладки, то есть с частичным заполнением пустот. Изменение влажностного режима кладки стены от увеличения расхода раствора показано на рис. 4.

Теплопроводность кладки из пустотелого кирпича с диапазоном значений средней плотности 1000-1400 кг/м<sup>3</sup> при расходе раствора 0,23 м<sup>3</sup> в сухом состоянии находится в пределах от 0,26 до 0,41 Вт/(м·°C). Различие не превышает 16%. При увеличении расхода раствора до 0,3 м<sup>3</sup> средняя плотность кладки, например, из пустотелого кирпича  $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$  возрастает с 1180 кг/м<sup>3</sup> до 1310 кг/м<sup>3</sup>. При расходе раствора 0,4 м<sup>3</sup> средняя плотность кладки повышается до 1490 кг/м<sup>3</sup>. Среднее зна-

чение влажности кирпичной кладки изменяется с 1,8% соответственно до 2,3% и 2,9%. Такое изменение влажности и плотности приводит к повышению коэффициента теплопроводности стены с 0,43 Вт/(м·°C) до 0,54 и 0,59 Вт/(м·°C), то есть на 25,6% и 37,2% соответственно.

При плотности кирпича 1400 кг/м<sup>3</sup> в результате увеличения расхода раствора до 0,3 м<sup>3</sup> и 0,4 м<sup>3</sup> коэффициент теплопроводности кирпичной стены возрастает с 0,56 Вт/(м·°C) до 0,65 и 0,7 Вт/(м·°C), то есть на 16% и 25%. Более существенное увеличение теплопроводности кирпичной стены из пустотелого кирпича плотностью 1400 кг/м<sup>3</sup> происходит при применении цементно-песчаного кладочного раствора плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup>. При том же расходе раствора, равном 0,3 м<sup>3</sup> и 0,4 м<sup>3</sup>, значение коэффициента теплопроводности увеличивается до 0,74 и 0,77 Вт/(м·°C) соответственно. Это приводит так же и к увеличению средней плотности кладки (рис. 5).

Проваливание кладочного раствора в увеличенные пустоты создает для камеников большие проблемы в создании ровной растворной постели в горизонтальных швах кладки. Образовавшиеся разрывы в горизонтальных швах создают благоприятные условия для циркуляции воздуха в пустотах. Созданная таким способом продольная фильтрация воздуха снижает теплотехническую эффективность пустотелых керамических стеновых и лицевых материалов.

Наружные ограждения, возведенные в соответствии с требованиями изменения №3 СНиП II-3-79\*, с повышенным уровнем теплоизоляции по температурному, влажностному и воздушному режимам существенно отличаются от ранее применяемых сплошных конструкций стен. Это оказало влияние на снижение долговечности облицовочного слоя. Необходимо было с введением новых норм по теплозащитным свойствам стен скорректировать и требования к морозостойкости, прочности и другим физическим параметрам лицевого керамического кирпича в СНиП II-22-81\* «Каменные и армокаменные конструкции». Такой подход обуслов-

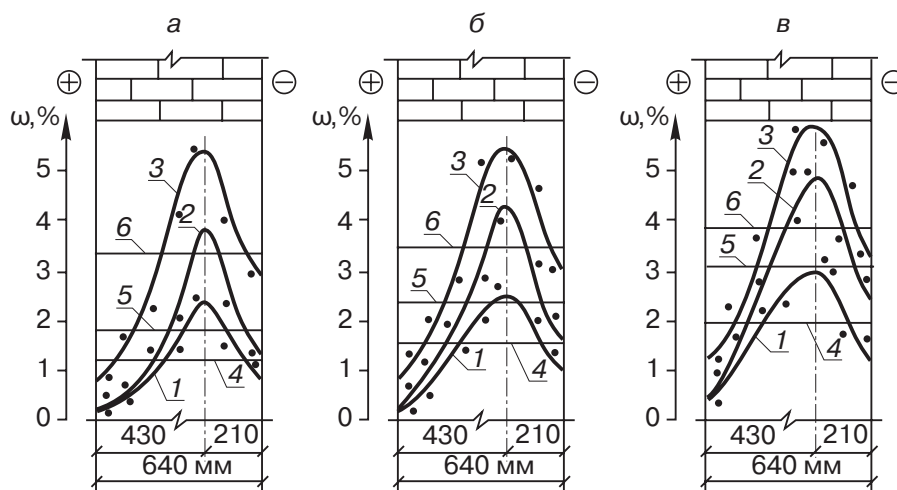


Рис. 4. Влажностный режим фрагментов кирпичных стен из 21пустот ного кирпича  $\gamma=1300 \text{ кг/м}^3$  с размером пустот 20х20 мм на цементно известковом растворе  $\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$ : а – расход раствора 0,23 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> кладки; б – то же 0,3 м<sup>3</sup>; в – то же 0,4 м<sup>3</sup>; 1 – кирпича; 2 – кирпичной кладки; 3 – кладочного раствора; 4, 5, 6 – среднее значение влажности соответственно кирпича, кладки, кладочного раствора.



лен основным принципом при прогнозировании долговечности наружных стен. Отсутствие комплексного подхода к решению проблемы долговечности наружных трехслойных стен с повышенным уровнем теплоизоляции, облицованных лицевым керамическим кирпичом, стало причиной их разрушения. Утвержденный Правительством Москвы в 2007 г. перечень из 53 домов, находящихся в аварийном состоянии, в настоящее время можно существенно дополнить.

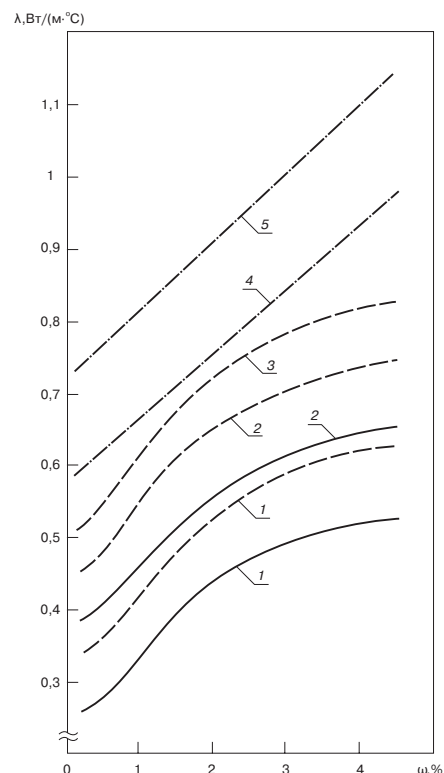
Основным фактором, влияющим на разрушение лицевого керамического кирпича в облицовочном слое наружных стен в условиях эксплуатации, являются переменные температурно-влажностные воздействия на ружной среды в осенне-зимний и зимне-весенний интервалы года. Количество переходов наружной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  в облицовочном слое в эти периоды года зависит от климата региона строительства. Эта специфика не учтена при назначении марки по морозостойкости лицевого кирпича, применяемого для облицовочного слоя наружных стен. Не учитывается так-же повышение уровня теплоизоляции наружных стен. В СНиП II-22-81\* нормируемое значение марки по морозостойкости для лицевого кирпича сплошных кирпичных стен при нормальном влажностном режиме помещений зданий составляет F25, а для многослойной кладки нормативное значение марки по морозостойкости лицевого керамического кирпича составляет F35. Эти требования распространяются на все конструкции стен без учета их уровня теплоизоляции и климатических условий региона строительства. Они обеспечивали требуемый срок службы стен до капитального ремонта с уровнем теплоизоляции, действовавшим до 1995 г.

Выполненные исследования в климатической камере и натурных условиях, а также расчеты температурных полей наружных стен с уровнем теплоизоляции ( $R_0$ ) от 1,2 до 4,2  $\text{m}^2\text{C}/\text{Вт}$  показали, что увеличение сопротивления теплопередаче наружных стен приводит к более глубокому промерзанию облицовочного слоя,

отделенного теплоизоляционным от конструктивной части стены. То есть чем выше значение уровня теплоизоляции стены, тем больше образуется льда в порах лицевого кирпича и тем быстрее он разрушается. В трехслойных наружных стенах с  $R_0 \geq 3,2 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$  отрицательная температура облицовочного слоя зафиксирована и при двух-, односуточных полупериодах похолодания и потепления. Количество циклов воздействия наружной температуры на лицевой кирпич облицовочного слоя в условиях эксплуатации с переходом через  $0^{\circ}\text{C}$ , вызывающих их разрушение значительно больше предполагаемого, которые могут выдержать кирпичи с маркой по морозостойкости, равной F25 для сплошных кирпичных стен и F35 для трехслойных. Преждевременные разрушения облицовочных слоев по этим причинам должны были наступить через 15-20 лет. Ведущие специалисты страны предупреждали об этом в докладах, публичных выступлениях и публикациях.

К сожалению, в стенах из эффективной кладки разрушение облицовочных слоев начались на 5-7 году эксплуатации из-за низкого качества строительных работ и недостаточно проработанных проектных решений. Расхождения с предполагаемыми сроками связаны с тем, что в середине 90-х гг. прошлого века трудно было предположить, что даже в городе Москве к выполнению облицовочных работ начнут привлекать рабочих, не имеющих строительной квалификации. Но второй этап разрушения облицовочного слоя стен с повышенным уровнем теплоизоляции неминуемо выполненными строительными работами, если был применен лицевой кирпич с морозостойкостью ниже F50 и с увеличенным во-

допоглощением. Проведенные исследования показали, что для трехслойных стен необходимо разработать новый тип облицовочного керамического материала, съемного и восстанавливаемого при капитальном ремонте. Создание такого облицовочного материала вызвано существующим в настоящее время



**Рис. 5. Зависимость теплопроводности кирпичной кладки из пустотелого кирпича от влажности: кирпичная кладка при расходе кладочного цементноизвестковопесчаного раствора  $0,23 \text{ m}^3$  плотностью  $\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$ ; то же при расходе раствора  $0,4 \text{ m}^3$ ; 1 — из кирпича  $\gamma=1000 \text{ кг/м}^3$  на цементноизвестковопесчаном растворе плотностью  $\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$ ; 2 — то же из кирпича  $\gamma=1400 \text{ кг/м}^3$ ; 3 — из кирпича  $\gamma=1400 \text{ кг/м}^3$  на цементноизвестковопесчаном растворе плотностью  $\gamma=2000 \text{ кг/м}^3$ ; 4 — цементноизвестковопесчаный раствор  $\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$ ; 5 — цементноизвестковопесчаный раствор  $\gamma=2000 \text{ кг/м}^3$ .**

несоответствием повышенной долговечности несъемного лицевого кирпичного слоя и низкой долговечности применяемых мягких утеплителей в трехслойных стенах. Выполнение восстановительного ремонта теплоизоляционного слоя в стенах, исчерпавшего заложенный в него ресурс, повлечет за собой и ликвидацию дорогостоящего облицовочного кирпичного слоя и последующую его утилизацию. Такое положение ставит под сомнение целесообразность применения долговечного лицевого керамического кирпича со сроком службы до первого капитального ремонта 80 и более лет в трехслойных стенах многоэтажных зданий с мягкими утеплителями. Нельзя допустить, чтобы в результате снижения теплозащитных свойств теплоизоля-



ционного слоя или наступления нового этапа увеличения требований к уровню теплоизоляции наружных стен пришлось бы их утеплять по облицовочному кирпичному слою, то есть так, как это вынуждены делать в настоящее время на многих зданиях в Москве.

Рациональным решением в повышении уровня тепловой защиты, долговечности и безопасности наружных стен следует считать использование крупноформатных пустотелых камней из поризованной керамики с перевязкой лицевыми кирпичами повышенной морозостойкости и влагостойкости. Применение крупноформатных пустотелых камней из поризованной керамики плотностью 1000-600 кг/м<sup>3</sup> позволит повысить уровень теплоизоляции наружных стен толщиной 640 мм до требуемого, установленного не только для центрального региона России, но и для регионов с более холодным климатом. При этом существенно снизится расход раствора на кладку стен и эксплуатационная влажность. Максимальное значение влажности в зимнее время в такой стене находится на расстоянии 1/3 толщины от наружной поверхности. Поэтому до влажной зоны может доходить отрицательная температура наружного воздуха только при похолоданиях с длительным периодом и большой амплитудой. При большом значении тепловой инерции, которой

обладают кирпичные стены, накопившаяся влага не успеет замерзнуть. Такое температурно-влажностное состояние не приведет к разрушению крупноформатных керамических камней, находящихся в стене за облицовочным слоем.

Вместе с тем запланированное использование крупноформатных камней в кладке стен без вертикального растворного шва не всегда обеспечивает требуемое сопротивление воздухопроницаемости кладки. Причина в наличии заусенцев, остающихся в уровне горизонтальной поверхности при резке бруса (не случайно практически на всех европейских заводах производят шлифование блоков), а также неровностей в вертикальной плоскости стенок, которые рабочие не устраняют в процессе кладки. Поэтому в вертикальном шве создаются щели шириной от 2 мм до 4 мм.

В 1999-2001 гг. в НИИСФ проводились лабораторные испытания воздухопроницаемости фрагментов стен размером 2х2 м толщиной в один крупноформатный камень ( $\delta = 510$  мм,  $\gamma = 1200$  кг/м<sup>3</sup>), изготовленных из экспериментальной продукции ЗАО «Победа Кнауф» (Санкт-Петербург). Первый фрагмент был оштукатурен с внутренней и наружной сторон. Второй был оштукатурен только с внутренней стороны, а с наружной облицован в полкирпича. Испытания

показали, что по сопротивлению воздухопроницанию, эти два фрагмента удовлетворяют нормативным требованиям. Испытания третьего фрагмента стены без штукатурных и облицовочных слоев показали, что его сопротивление воздухопроницанию в несколько раз ниже по сравнению с двумя первыми. Все фрагменты изготавливались с заполнением горизонтальных швов кладочным раствором, а вертикальные швы были соединены «насухо». Такое большое различие в сопротивлении воздухопроницаемости фрагментов стен говорит о том, что качество штукатурных и облицовочных работ требует повышенного внимания. В противном случае в условиях эксплуатации образование трещин в штукатурке может привести к конденсации пара на поверхности облицовочного слоя и к существенному увеличению фильтрации холодного наружного воздуха, что снизит долговечность и теплозащитные качества наружных стен.

Во избежание повторения ранее допущенных ошибок окончательное решение о массовом применении крупноформатных керамических камней, производство которых уже начато на нескольких российских заводах, следует принимать после проведения комплексных лабораторных и натурных исследований в экспериментальном доме.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВНУТРЕННЕГО АРМИРОВАНИЯ ОТДЕЛОЧНОГО СЛОЯ

Компания «Строймонтаж МС» расширяет торговый ассортимент марки ОСНОВИТ® и представляет новый трещиностойкий материал — армированная цементная базовая шпаклевка ОСНОВИТ БАЗСИЛК Т-30.

Шпаклевка ОСНОВИТ Т-30 разработана с применением технологии внутреннего армирования, благодаря данной технологии материал обладает высокой трещиностойкостью, что позволяет использовать его для отделки сложных участков фасада и цоколя.

Толщина слоя шпаклевки от 1-8 мм позволяет получить ровную прочную поверхность в один этап и сократить расходы на предварительное грубое выравнивание и финишное шпаклевание.

Шпаклевка является гидрофобной, благодаря этому свойству шпаклевка защищает поверхность от воды и влаги, создает долговечное покрытие.

Благодаря белому цементу, внутреннему армированию и гидрофобным добавкам, материал можно использовать в качестве финишного декоративного слоя без последующего окрашивания.

ОСНОВИТ БАЗСИЛК Т-30 применяется для выравнивания и ремонта фасадов, цоколей, подъездов, хозяйственных блоков, помещений промышленного назначения. Рекомендуются для ремонта кладочных швов, оконных откосов, локальных ремонтных работ, заделки швов и стыков бетонных плит.

Возможность нанесения материала механизированным способом значительно повышает производительность работ.

