

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «КЛАДКА-ПОКРЫТИЕ».

**Парута В.А., к.т.н., доц.**

*Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры, Одесса,  
Украина*

Применение автоклавного газобетона требует разработки оптимального, конструктивного решения наружных стен. В настоящее время широкое распространение получили многослойные конструкции с облицовкой газобетона кирпичом, с вентилируемым зазором или без него. Применяют так же системы типа «скрепленная теплоизоляция» или навесной вентилируемый фасад. Их недостатками является сложность устройства, повышенная стоимость, деформации многослойной конструкции, проблема анкерных узлов.

Оптимальным решением проблемы является применение однослойных стеновых конструкций из газобетонных блоков, оштукатуренных с двух сторон. Однако использование сложных растворов (известково-цементных) для наружного оштукатуривания не эффективно. Для них характерно высокое трещинообразование, малая адгезия к кладке и отслоение от нее, быстрое разрушение в процессе эксплуатации.

Причиной этому являются процессы, протекающие при устройстве и эксплуатации штукатурного покрытия. При нанесении растворной смеси, из-за высокого капиллярного потенциала подложки (газобетонной стены), происходит интенсивный отсос влаги из твердеющего композита. Обезвоживание материала интенсифицируется вследствие испарения влаги под воздействием солнечных лучей и воздушных потоков. Это приводит усадке раствора и образованию трещин, микро- и макрополостей в контактной зоне «кладка-покрытие», в объеме материала и на его поверхности. Уменьшение В/Ц отношения в твердеющем композите, отрицательно влияет на процессы гидратации цемента, что приводит к уменьшению степени гидратации и формированию дефектной микроструктуры цементного камня. В результате деструктивных процессов формируется дефектная структура в системе «кладка-покрытие» предопределяющая низкие ее физико-механические свойства и долговечность.

При эксплуатации, такая система испытывает напряжения вызванные деформированием кладки и покрытия. Деформация кладки происходит под воздействием собственной массы и массы перекрытия, эксплуатационных нагрузок, усадки кладочного раствора, карбонизации газобетона, увлажнения под воздействием парообразной влаги, диффундирующей из помещения и конденсирующейся внутри конструкции. Причинами деформаций штукатурного покрытия является воздействие солнечного излучения, атмосферной влаги, минусовых температур, деформация кладки. Разновекторность направления деформаций кладки и штукатурного покрытия, различие их величин, приводит к интенсификации деструктивных процессов в покрытии и контактной зоне. Это приводит к отслоению и разрушению покрытия, обнажению газобетонной кладки, ее увлажнению атмосферными осадками. Повышение влажности кладки, в свою очередь, приводит к увеличению ее тепло-влажностных деформаций, уменьшению долговечности ограждающей конструкции, увеличению теплопотерь при эксплуатации здания. Как следствие, уменьшится межремонтный период, увеличатся затраты на ремонт. И это, с учетом того, что выполнение работ по ремонту покрытия, на многоэтажных зданиях (этажностью 22 и более), является отнюдь не простой задачей.

Для обеспечения высокой долговечности системы «кладка – штукатурное покрытие», необходимо обеспечить сопоставимость их свойств, создав условия для формирования бездефектной структуры покрытия и контактной зоны, способных воспринимать собственные деформации и деформации кладки без значительных разрушений. Этого можно добиться, целенаправленно модифицируя растворную смесь. Для этого

необходимо, рассмотрев механизмы деструкции в системе «кладка - штукатурное покрытие», назначить способы их предотвращения. Адгезионная прочность является кинетической величиной, определяемой дефектами в контактной зоне и условиями разрушения системы «основание-покрытие». Поэтому, рассмотрев процессы зарождения и роста трещин, распределения напряжений, их релаксации, механизм разрушения композита, можно предложить решения, предотвращающие деструктивные процессы в системе «кладка-штукатурное покрытие».

Как мы уже отмечали, интенсивное обезвоживание является причиной зарождения трещин в контактной зоне «кладка-покрытие», на поверхности и в объеме штукатурного покрытия. В отличие от несущих конструкций, в которых основным источником напряжения и развития трещин, является собственная масса и эксплуатационная нагрузка, для штукатурного покрытия характерно усталостное разрушение под воздействием циклических напряжений, вызванных знакопеременными деформациями при увлажнении и высушивании, замораживании и оттаивании, нагревании и охлаждении. Этот процесс интенсифицируется при воздействии агрессивных жидкостей и газов.

Основную роль в процессе деструкции системы «кладка-покрытие», при эксплуатации, играют трещины, возникшие в контактной зоне, так как именно они определяют целостность системы. Трещины на поверхности и в объеме покрытия, являются «вспомогательными», в процессе разрушения, но отнюдь не второстепенными. Для всех трещин характерен кратковременный инкубационный период (время зарождения) и относительно длительный период медленного подрастания до критического размера. Системе присуще усталостное разрушение при низком уровне напряжений и частой их цикличности, под воздействием температурных ( $\Delta L_p$  и  $\Delta L_c$ ); и температурно-влажностных деформаций ( $\Delta L_{tv}$ ):

$$\Delta L_p = \alpha \Delta T^p L \quad \Delta L_c = \alpha \Delta T^c L$$

где:  $\Delta L_p$  – деформации растяжения;  $\Delta L_c$  – деформации сжатия;  $\alpha$  – коэффициент температурного удлинения материала;  $\Delta T$  – разность температур;  $L$  – длина элемента  
 $\Delta L_{tv} = (\alpha \Delta T L F_m) + (\Delta L_q L)$

где:  $\Delta L$ -тепло-влажностные деформации;  $\alpha$  – коэффициент температурного удлинения материала;  $\Delta T$  – разность температур;  $L$  – длина элемента;  $F_m$  - показатель материальных дефектов;  $\Delta L_q$  – влажностные деформации;

В результате разности температурных и температурно-влажностных деформаций кладки и штукатурного покрытия, в контактной зоне возникает напряжение сдвига, которые и есть основной причиной развития магистральной трещины в контактной зоне.

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] / [1/E_1 + 1/E_2]$$

где:  $\tau$ -напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см<sup>2</sup>;  $\Delta T_1$ ;  $\Delta T_2$ –разность температуры покрытия и кладки;  $\alpha_1$ ;  $\alpha_2$ –коэффициент термического расширения кладки и покрытия;  $E_1$ ;  $E_2$ –модули упругости кладки и покрытия, кгс/см<sup>2</sup>;

Такой характер разрушения приводит к тому, что микропроцессы разрушения локализируются в малой зоне у вершины трещины и определяются асимптотическими полями напряжений и деформаций, а скорость движения трещины ( $dl/dN$ ) зависит от коэффициентов интенсивности напряжений и величины эластичности (хрупкости) материалов.

$$dl/dN = A(\Delta K)^n$$

где:  $A$  и  $n$  - эмпирические коэффициенты,  $n=2-7$ , с увеличением хрупкости материала  $n$  увеличивается.

$\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$  - перепад коэффициента интенсивности напряжений за один цикл,  $N$  — число циклов.

$$dl/dN = C_0 (K_{\max} - K_{th} / K_c - K_{\max})^q$$

где:  $C_0, q$  — эмпирические величины,  $K_{th}$  - пороговый коэффициент интенсивности напряжений\*),  $K_c$  — вязкость разрушения. Предполагается, при  $K_{\max} < K_{th}$  трещина не растет. Это приводит к разрушению в контактной зоне «кладка-покрытие». Наблюдается адгезионный, когезионный и смешанный типы разрушений. Происходит отслаивание штукатурного покрытия от кладки в контактной зоне, развитие трещины по покрытию или по кладке.

Ускоряется процесс разрушения, из-за низкой паропроницаемости штукатурного покрытия. При диффузии, из помещения наружу, через ограждающую конструкцию, влага, в контактной зоне «кладка-штукатурное покрытие», может переходить, из парообразного в капельножидкое состояние. Адсорбция влаги на поверхности раздела, ее расклинивающее действие в устье трещины, приводит к снижению величины адгезионного сцепления покрытия с кладкой, уменьшению величины критических напряжений. Процесс разрушения интенсифицируется при отрицательных температурах, так как вода, при замерзании, увеличиваясь в объеме, создает дополнительные напряжения в системе, ускоряя рост трещин в контактной зоне и штукатурном покрытии. Высокая гидрофильность покрытия является причиной ее увлажнения атмосферными осадками. Это не только приводит к влажностным деформациям покрытия, но и к коррозии под воздействием агрессивных жидкостей и газов характерных для воздушного бассейна городов.

Одним из способов уменьшения деструктивных процессов является увлажнение кладки или ее грунтования ее перед нанесением растворной смеси. Это действительно позволит уменьшить отсос влаги материалом кладки из растворной смеси. Однако кардинально не улучшит положение, так как значительная часть влаги будет испаряться, под воздействием солнечных лучей и обдувания ветром предопределяя все те же механизмы деструкции. При эксплуатации грунтование не окажет значительного влияния на характер деструктивных процессов, так как оно не оказывает влияние на свойства затвердевшего раствора.

На основании анализа процессов деструкции системы «кладка-покрытие», были определены качественные параметры, которыми должно обладать растворная смесь и штукатурное покрытие, для обеспечения оптимальной работы системы. Предложены технологические-рецептурные варианты решения проблемы:

1. Растворная смесь должна иметь высокую водоудерживающую способность, примерно 98%. Это предотвратит ее быстрое обезвоживание, после нанесения на кладку, обеспечит оптимальные условия для гидратации цемента, формирования заданной структуры материала. Приведет к уменьшению усадочных деформаций, создаст оптимальные условия для роста новообразований, минимизирует количество микро- и макротрещин в контактной зоне и объеме материала. Добиться этого можно ведением диспергируемых полимерных порошков, метилцеллюлозы и карбонатного наполнителя. Диспергируемые порошки выполняют функции замедлителя твердения и испарения влаги, особенно в условиях жаркого климата, за счет создания полимерных пленок предотвращающих испарение влаги. Карбонатный наполнитель обеспечит водоудержание вследствие высокой удельной поверхности и гидрофильности поверхности. Функция метилцеллюлозы заключается в усилении полученного эффекта.

2. Растворная смесь должна иметь высокую «прилипаемость» к поверхности, то есть не должна значительно сползать с вертикальной поверхности. Введение диспергируемых полимерных порошков и метилцеллюлозы позволит обеспечить требуемые параметры.

3. Прочность при сжатии и модуль упругости затвердевшей штукатурки, должен быть сопоставимы с прочностью и модулем упругости стенового материала (автоклавно

газобетона) или быть несколько меньшими. Это обеспечит оптимальные условия для совместной работы системы «кладка-покрытие». Так как модуль упругости материала, определяется модулем упругости заполнителя и матрицы, то целесообразно использовать карбонатный, керамзитовый заполнитель и наполнитель, отходы дробления газобетона и др. Для модификации матрицы следует использовать редиспергируемые полимерные порошки.

4. Штукатурное покрытие должно обладать определенной эластичностью, чтобы обеспечить релаксацию напряжений в покрытии и минимальное трещинообразование. Коэффициент трещиностойкости затвердевшего раствора должен быть не менее 0,5, а величина прочности при изгибе должна приближаться к прочности при сжатии. Обеспечить эти показатели возможно путем введения редиспергируемых полимерных порошков, полимерной фибры и метиллцеллюлозы. Формирование полимерцементного вяжущего повышает эластичность матрицы, увеличивает прочность сцепления с мелким заполнителем и наполнителем, что повышает эластичность покрытия в целом. Метиллцеллюлоза и полимерная фибра обеспечивает упругие деформации композита, при возникновении в системе напряжений, а вместе с полимерцементным вяжущим, их релаксацию.

5. Паропроницаемость штукатурного покрытия должна быть равна или превышать паропроницаемость автоклавного газобетона. Это обеспечит свободный транзит влаги из помещения, наружу, создаст оптимальные условия для проживания и эксплуатации ограждающей конструкции. Для этого целесообразно использовать пористый песок (перлитовый, вермикулитовый и др.) либо воздухововлекающие или газообразующие добавки. Они обеспечат формирование пористой структуры материала и необходимые параметры по паропроницаемости.

6. Средняя плотность затвердевшего раствора должна обеспечивать необходимую паропроницаемость покрытия, и по возможности, приближаться к средней плотности стенового материала. Для этого так же целесообразно использовать пористый песок (перлитовый, вермикулитовый и др.) либо воздухововлекающие или газообразующие добавки. Формирование пористой структуры материала приведет к уменьшению средней плотности.

7. Покрытие должно иметь влажностные деформации сопоставимые с деформациями кладки. Этот показатель в значительной степени будет зависеть от пористости и водопоглощения штукатурного покрытия.

8. Покрытие должно иметь минимальное водопоглощение. Здесь мы наблюдаем противоречие требований. Требования по паропроницаемости определяют необходимость высокопористой структуры, в то время как для минимизации водопоглощения необходимо стремиться формированию материала с малой пористостью. Разрешить это противоречие можно путем использования редиспергируемых полимерных порошков и порошкообразных гидрофобизаторов (стеараты металлов). Редиспергируемые полимерные порошки обеспечат эффект воздухововлечения, гидрофобизируя материал по всему объему. Стеараты металлов усиливают полученный эффект.

9. Покрытие должно иметь морозостойкость не менее 35-50 циклов. И здесь мы наблюдаем противоречие требований. Высокая пористость зачастую является причиной низкой морозостойкости материала. Однако введение редиспергирующих полимерных порошков позволит сформировать замкнутую пористость, создать равномерно распределенную, поровую структуру. Поверхность пор будет иметь водоотталкивающее покрытие, а частицы стеаратов металлов усилят гидробный эффект. Замерзание все же проникшей в покрытие воды, не явится катастрофическим из-за сформированной развитой пористости. Незаполненные поры, будут выполнять, роль резервных и замерзающая вода, не разрушая материал, будет отжиматься в эти поры.

10. Между кладкой и покрытием должна быть сформирована контактная зона, обеспечивающая совместную работу системы «кладка-покрытие». Это обеспечивается всем перечисленным комплексом добавок. Метиллцеллюлоза, как водоудерживающая добавка, обеспечит высокую степень гидратации цемента. Совместно с полимерной

фиброй минимизирует усадку раствора при твердении. Это позволит уменьшить количество дефектов в контактной зоне, повысить величину адгезионного сцепления между кладкой и покрытием.

Таким образом, модифицирую штукатурную смесь можно создать систему «кладка-покрытие» с высокими эксплуатационными параметрами и долговечностью.

**The mechanism of degradation occurring in the "clutch-cover" in the application of conventional plaster. A theoretical study of optimization of the system "clutch-cover" to increase its longevity. Proposed receipt-technological solutions to the problem. The mechanisms of modification in order to make the necessary properties of dry construction mixtures for plastering.**

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Партон В. З. Механика разрушения: От теории к практике.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., -1990.— 240 с.

2. Черных Т. Н., Трофимов Б. Я., Крамор Л. Я. Влияние эфиров целлюлозы на свойства растворных смесей и растворов // Строительные материалы. – 2004. – №4. – С. 42 – 43.

3. Бабков В. В., Печеный Б. Г., Иванов В. В. О роли внутренних напряжений в формировании физико-механических свойств композиционных материалов. Доклад АН СССР. -1984. Т. 277. №36. – С. 594 – 597.

4. Бабков В. В. Физико-механические аспекты оптимизации структуры цементных бетонов: Автореф. дис... д-ра техн. наук. Л., -1990. – 45 с.

5. Кудяков А. И., Аниканова Л. А., Копаница Н. О. Влияние зернового состава и вида наполнителей на свойства строительных растворов // Строительные материалы. – 2001. – №11. – С. 28 – 29.