

Работа штукатурных покрытий в составе современных теплоэффективных наружных стен зданий

*Д.т.н., профессор В.В. Бабков;
к.т.н., старший преподаватель Д.А. Сеницын;
к.т.н., доцент А.Е. Чуйкин;
аспирант Р.С. Кильдибаев*;
аспирант О.А. Резвов,*

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет

Ключевые слова: штукатурка; напряжения в штукатурном слое; модуль упругопластичности

В последние годы в связи с появлением конструктивных решений многослойных теплоэффективных стен в практике проектирования и строительства зданий возросло применение защитно-декоративных штукатурных составов, включающих комплекс химических добавок, улучшающих технологические и эксплуатационные свойства штукатурных покрытий. Комплексные защитные штукатурные системы сегодня применяются в системах фасадной теплоизоляции в виде защитного слоя на поверхности пенополистирольных или минераловатных плит, формирующих теплоизоляционный слой, для наружной отделки стен из газобетонных блоков, для оштукатуривания кирпичной кладки при санации эксплуатирующихся зданий, в частности, жилых домов старых массовых серий [1-4].

В ГОСТ 31357-2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем» нормируемыми показателями для затвердевшего защитного раствора являются предел прочности на сжатие, водопоглощение, водонепроницаемость, прочность сцепления с основанием (адгезия), морозостойкость. Вместе с тем очевидно, что штукатурное покрытие на поверхности наружной стены под действием усадки и перепадов температур работает преимущественно на растяжение, при этом в действующих нормативах совершенно отсутствует такой показатель, как предельная растяжимость штукатурок. В литературе имеются данные по предельной растяжимости бездобавочных цементно-песчаных растворов [5]. Однако современные штукатурные смеси имеют в своем составе добавки, которые значительно повышают предельную растяжимость штукатурных составов, что способствует повышению их трещиностойкости [6-10]. Кроме того, в нормативных документах не нормируется усадка штукатурных растворов, хотя именно усадочные напряжения являются одним из главных факторов, обуславливающих растрескивание штукатурок. Нормируемые значения адгезии указываются только в зависимости от назначения штукатурного раствора, в то же время не учитывается прочность основы, на которую он наносится.

Целью данной работы является исследование физико-механических характеристик, наиболее значимых для штукатурных растворов с учетом особенностей их работы в качестве покрытия на фасадах зданий, и определение оптимальных параметров штукатурных растворов, обеспечивающих их работоспособность в составе наружных теплоэффективных стен.

Как уже говорилось, одним из главных факторов, приводящих к образованию трещин в штукатурном покрытии на цементной основе и потере сцепления раствора с основанием, является усадка. Усадка раствора происходит в условиях стесненности деформаций, что приводит к развитию в штукатурном слое напряжений растяжения. Величина свободной (нестесненной) усадки штукатурного раствора для цементных растворов, по данным авторов [11, 12], составляет в среднем около $40 \cdot 10^{-5}$, этот уровень усадочных деформаций используется в последующих расчетах. Помимо деформаций усадки, штукатурное покрытие подвергается также и температурным деформациям. В значительной степени эти деформации повторяет основа, однако в силу определенной разницы коэффициентов линейного расширения основы и штукатурки в штукатурном покрытии также развиваются термомеханические напряжения. Температурные деформации суммируются с усадочными, при этом их суммарное значение может достигать $80-100 \cdot 10^{-5}$. В том случае, когда суммарные температурно-усадочные растягивающие напряжения превысят прочность раствора на растяжение, в штукатурном покрытии образуются трещины [13-15].

В связи с вышеизложенным представляет интерес количественная оценка напряжений растяжения в штукатурных слоях, касательных напряжений и напряжений отрыва на границе штукатурного слоя и основы в условиях стесненной усадки и перепада температур.

В работе [16] рассмотрен случай однослойной штукатурки толщиной δ , нанесенной на жесткую основу в виде стеновой кладки или бетонной конструкции (см. рисунок 1). Штукатурка работает совместно с основой за счет сцепления по границе двух фаз. Учитывая, что $\delta \ll l_x, l_y$, где l_x, l_y – линейные размеры штукатурного покрытия в направлениях Ox, Oy , можно считать, что напряжения в пределах слоя в направлении Oz практически равны нулю и штукатурный слой находится в условиях плоского напряженного состояния.

Для случая плоского напряженного состояния связь между нормальными напряжениями и деформациями в направлении Ox описывается уравнением:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \mu \frac{\sigma_y}{E}, \quad (1)$$

где E и μ – значения модуля упругости и коэффициента Пуассона материала покрытия.

В рассматриваемом случае в зоне, достаточно удаленной от края элемента (на расстоянии $> 4 \dots 5 \delta$), $\sigma_x = \sigma_y$. Поэтому для напряжений растяжения в покрытии применительно к любой разнице свободных деформаций покрытия и основы $\Delta\varepsilon_x$, формирующей растяжение слоя покрытия (в силу разности деформаций усадки, разности температурных деформаций основы и покрытия), будем считать:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\Delta\varepsilon_x \cdot E}{1 - \mu}. \quad (2)$$

С учетом упругопластического поведения материала штукатурки в стадии ее работы перед образованием трещин будем иметь:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\Delta\varepsilon_x \cdot \nu_t \cdot E}{1 - \mu}, \quad (3)$$

где $\nu_t < 1$ – коэффициент упругопластических деформаций раствора при растяжении.

Выполним количественную оценку растягивающих напряжений, возникающих в условиях проявления усадки штукатурного слоя на основе бездобавочного цементно-песчаного раствора. Рассмотрим случай, когда усадочные проявления основы, на которую нанесена штукатурка, практически полностью завершены, т.е. $\Delta\varepsilon_x = \varepsilon_{sh}$, где ε_{sh} – усадочная деформация штукатурки, а жесткость основы абсолютна. Применительно к цементно-песчаному раствору марки 50 по прочности на сжатие принимаем значение начального модуля упругости $E \approx 6 \cdot 10^3$ МПа (по аналогии с мелкозернистым бетоном естественного твердения группы Б согласно СНиП 2.03.01-84*). Считая для цементно-песчаного раствора состава 1:2, что $\Delta\varepsilon_x = \varepsilon_{sh,lim} \approx 40 \cdot 10^{-5}$ [11], $\mu \approx 0,3$, $\nu_t \approx 0,5$ [17], будем иметь:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{40 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 10^3}{0,7} = 1,71 \text{ МПа},$$

что существенно выше расчетного сопротивления на растяжение для расчета по образованию трещин данного бетона согласно [17] ($R_{bt,ser} \approx 0,3 - 0,35$ МПа) и разрушающего напряжения растяжения $\sigma_{ubt} \approx 0,5$ МПа.

Для высокопрочной штукатурки на цементной основе марки 150 по прочности на сжатие состава 1:3 при $E \approx 14 \cdot 10^3$ МПа, $\Delta\varepsilon_x = \varepsilon_{sh,lim} \approx 40 \cdot 10^{-5}$, $R_{bt,ser} \approx 0,7$ МПа значения напряжений растяжения от усадки составят

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{40 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 14 \cdot 10^3}{0,7} = 4,0 \text{ МПа},$$

что также выше возможностей раствора по прочности на растяжение и соответствует реально наблюдаемой картине усадочного растрескивания, характерной для бездобавочных цементно-песчаных растворов, используемых в качестве штукатурок.

Анализ уравнения (3) показывает, что повышению трещиностойкости штукатурок на цементной основе по отношению к усадочным и термомеханическим напряжениям будет содействовать повышение упругопластических характеристик раствора и его предельной деформативности (снижение параметров ν_t и E), а также снижение усадки раствора.

Отметим, что полученные напряжения относятся к штукатурным слоям, нанесенным на абсолютно жесткую основу, что предполагает их завышенные значения по отношению к реальным основам конечной жесткости и не в полной мере отражает напряженно-деформированное состояние, возникающее в штукатурном слое. В существующей отечественной литературе отсутствуют данные решения НДС в тонких слоях на основе с разножесткими характеристиками этих двух элементов системы, исключение составляет работа [18], выполненная методом фотоупругости. Из зарубежных работ в этом направлении следует отметить [19, 20], в которых приведены результаты моделирования усадки растворной стяжки различного состава, нанесенной на бетонное основание. Для более точного представления о напряженно-деформированном состоянии в штукатурных покрытиях при воздействии, в частности, усадки, для частного случая соотношения модулей основы и покрытия необходимо выполнить расчеты на ЭВМ с использованием конечно-элементной модели и с применением сертифицированных программ.

Для постановки и решения задач работы штукатурных покрытий на основах конечной жесткости был выбран программный модуль ANSYS 13.0. Для оценки достоверности полученных данных рассчитанная выше методами теории упругости задача о НДС в штукатурном покрытии на абсолютно жесткой основе была решена на ЭВМ. Графические результаты расчетов для раствора марки 50 приведены на рисунке 1. На графике видно, что напряжения «в поле» $\sigma_{x50} = \sigma_{y50} = 1,7$ МПа и $\sigma_{x150} = \sigma_{y150} = 4,0$ МПа, и они полностью совпадают с численными решениями, полученными по формуле (3), при этом погрешность составляет не более 1%. Это свидетельствует о реальной возможности применения данной методики для решения задач применительно к основам конечной жесткости.

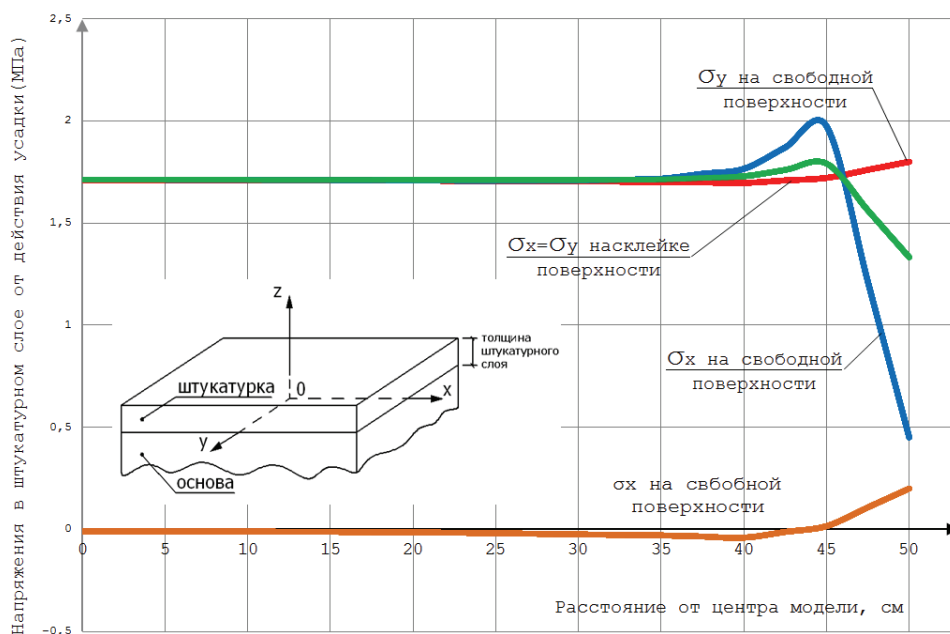


Рисунок 1. Напряженное состояние в штукатурном покрытии марки 50 на абсолютно жесткой основе от действия фактора усадки

При решении задач напряженно-деформированного состояния в штукатурном покрытии от воздействия стесненной усадки были рассмотрены следующие материалы основ и покрытия (табл. 1).

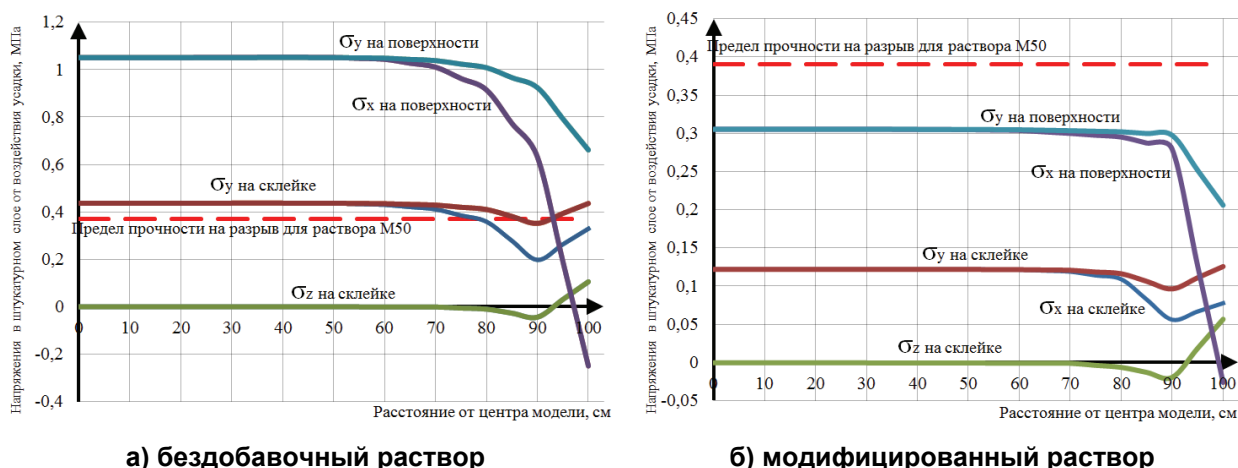
Таблица 1. Свойства материалов, использованных при расчетах напряженно-деформированного состояния в слоях штукатурных покрытий

	Плотность, кг/м ³	Температурный коэффициент линейного расширения α	Нач. модуль упругости / модуль упругопластичности, МПа	Коэффициент теплопроводности для условий эксплуатации А λ_A , Вт/(м·°С)
А) Штукатурный слой				
1. Бездобавочный штукатурный раствор марки М50	1800	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^3}$	0,76
2. Бездобавочный штукатурный раствор марки М150	1800	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{14 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^3}$	0,76
3. Модифицированный штукатурный раствор марки М50	1800	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{6 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^3}$	0,76
4. Модифицированный штукатурный раствор марки М150	1800	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{14 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 10^3}$	0,76
Б) Основа				
5. Тяжелый бетон класса В15	2500	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{23 \cdot 10^3}{-}$	1,92
6. Кладка из силикатного кирпича М100 на растворе М50	1800	$1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2,25 \cdot 10^3}{-}$	0,76
7. Кладка из автоклавного газобетона плотностью 500 кг/м ³ (класс В 2,5) на клею	500	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1,69 \cdot 10^3}{-}$	0,15
8. Экструдированный пенополистирол марки по плотности 45	45	$6 \cdot 10^{-5}$	$\frac{20}{-}$	0,032
9. Беспрепоровый пенополистирол марки по плотности 25	25	$6 \cdot 10^{-5}$	$\frac{10}{-}$	0,041

Для штукатурного раствора, работа которого рассматривается при растягивающих напряжениях, близких к разрушающим, в расчетах принимаем модуль упругопластичности, получаемый умножением начального модуля упругости E на коэффициент упругопластичности $\nu_t = 0,5$ (коэффициент упругопластических деформаций раствора при растяжении) для бездобавочных растворов и $\nu_t = 0,1$ – для модифицированных. Для материалов несущего слоя стены, воспринимающих сжимающие напряжения, которые по величине значительно меньше разрушающих, в расчетах принимаем начальный модуль упругости E .

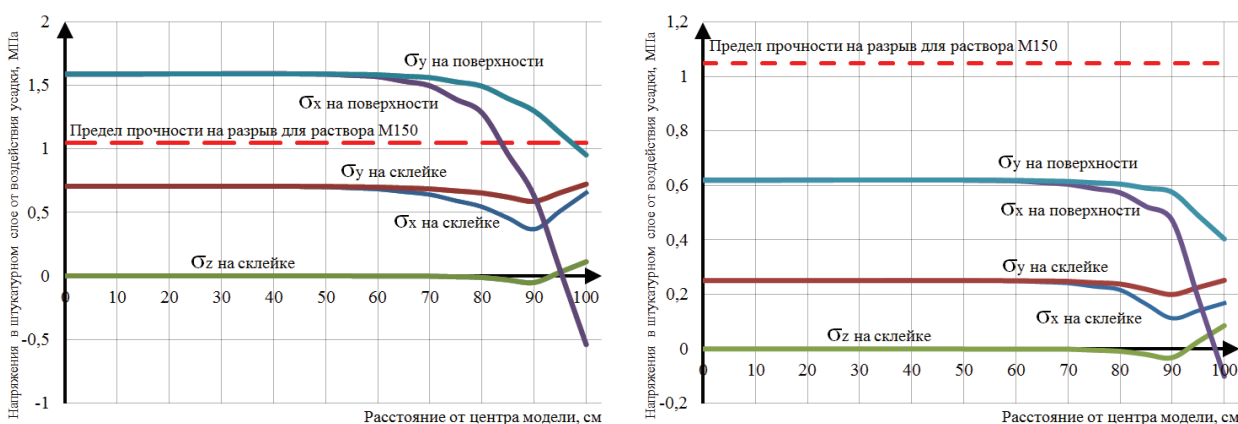
Размеры расчетной модели в плане были приняты равными 2,0×2,0 м, что позволяет при толщине штукатурного слоя 8мм получить точные значения напряжений «в поле». Боковые грани модели были приняты свободными, что в наибольшей степени соответствует реальной работе штукатурного покрытия на поверхности стены (например, простенок между двумя смежными оконными проемами). В качестве силового и деформационного фактора для расчетов принято значение полной усадки штукатурного раствора, равное $40 \cdot 10^{-5}$.

По результатам расчетов в программе ANSYS 13.0 были построены графики распределения напряжений в штукатурных слоях, примеры которых для штукатурного слоя на поверхности кладки из автоклавных газобетонных блоков плотностью 500кг/м³ для растворов марок по прочности 50 и 150 приведены на рисунках 3 и 4. Напряженно-деформированное состояние в слое штукатурки является совокупностью нормальных, касательных, главных и эквивалентных напряжений. Однако, как видно из графиков, основными напряжениями, определяющими стойкость покрытия от воздействия усадки, являются нормальные напряжения растяжения σ_x , σ_y и отрывные напряжения σ_z . При этом представляют интерес величины напряжений как по склейке, так и на свободной поверхности покрытия.



а) бездобавочный раствор

б) модифицированный раствор

Рисунок 2. Напряженное состояние в штукатурном растворе марки 50 на поверхности кладки из ячеистобетонных блоков плотностью 500 кг/м³

а) бездобавочный раствор

б) модифицированный раствор

Рисунок 3. Напряженное состояние в штукатурном растворе марки 150 на поверхности кладки из ячеистобетонных блоков плотностью 500 кг/м³

Как видно из графиков, максимальные растягивающие напряжения в штукатурном слое на поверхности стены из автоклавных газобетонных блоков для бездобавочного раствора марки 50 составляют приблизительно 1,0 МПа, для раствора марки 150 приблизительно 1,6 МПа. Полученные уровни напряжений примерно в 2 раза ниже тех же напряжений в штукатурке на абсолютно жесткой основе, однако выше разрушающих напряжений, равных $1,5R_{bтн}$. Максимальные растягивающие напряжения в штукатурном покрытии для модифицированного раствора марки 50 составляют приблизительно 0,3 МПа, для раствора марки 150 приблизительно 0,6 МПа, что ниже разрушающего напряжения $1,5R_{bтн}$, равного 0,39 МПа для раствора марки 50 и 1,05 МПа для раствора марки 150 и обеспечивает трещиностойкость данных растворов против действия фактора усадки.

Значения отрывных напряжений σ_z на склейке от воздействия усадки для штукатурных растворов марок 50 и 150 находятся в пределах разрушающего напряжения растяжения основы – ячеистобетонного блока класса В2,5, составляющего $1,5R_{bтн} = 0,46$ МПа [17].

По результатам анализа напряжений в штукатурном покрытии на различных по жесткости основах (см. таблицу 1) от действия усадки был построен сводный график, на котором показан рост максимальных растягивающих напряжений в штукатурном покрытии при увеличении жесткости основы (см. рис. 4). По этому графику можно определить возможную область применения каждого из рассматриваемых штукатурных составов.

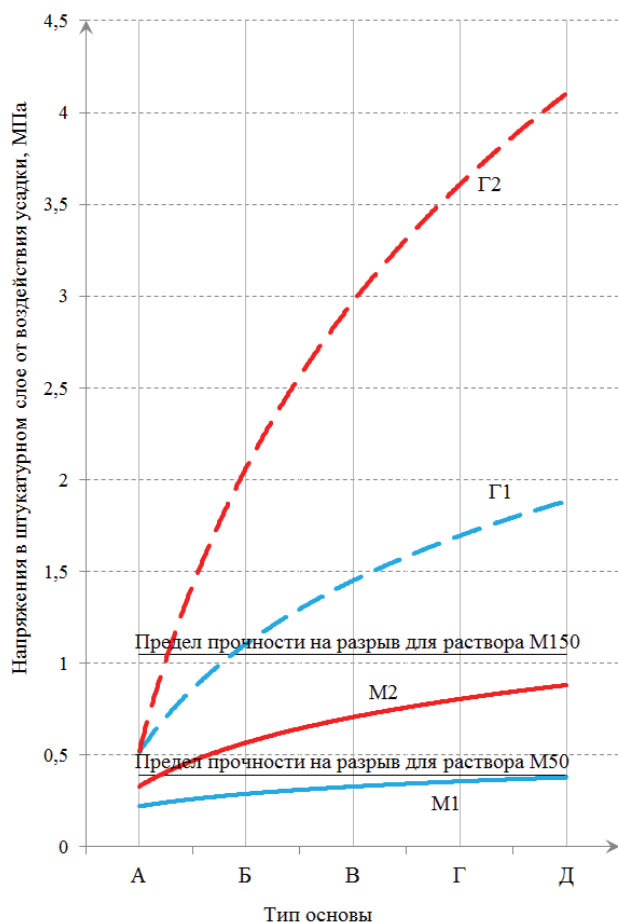


Рисунок 4. Максимальные растягивающие напряжения от действия усадки в штукатурных покрытиях, выполненных из бездобавочных и модифицированных растворов марок М50 и М150 на различных типах основы:

- А** – беспрессовый пенополистирол марки по плотности М25;
- Б** – экструдированный пенополистирол марки по плотности 45;
- В** – кладка из автоклавного газобетона плотностью 500кг/м³ (класс по прочности В2,5);
- Г** – кладка из силикатного кирпича марки 100 на растворе марки 50;
- Д** – абсолютно жесткая основа;
- Б1** – бездобавочный штукатурный раствор (гарцовка) марки М50;
- Б2** – бездобавочный штукатурный раствор (гарцовка) марки М150;
- М1** – модифицированный штукатурный раствор марки М50;
- М2** – модифицированный штукатурный раствор марки М150

Результатом решения задач по исследованию работы штукатурного покрытия на основах различной конечной жесткости явилось выявление ряда факторов, определяющих закономерности формирования напряженно-деформированного состояния.

- Механическая прочность штукатурного покрытия вносит существенный вклад в формирование напряженно-деформируемого состояния, так как с ростом прочности происходит рост модуля упругости и соответствующий пропорциональный рост напряжений.
- Модуль упругости основы в значительной степени влияет на картину развития напряжений. Так, при снижении модуля упругости основы наблюдается спад напряжений вследствие снижения влияния стесненности деформаций.
- С увеличением предельной растяжимости штукатурного покрытия при равной прочности происходит снижение коэффициента упругопластичности ν_t , обуславливающего спад напряжений.
- Толщина штукатурного покрытия вносит незначительный вклад в формирование напряжений вследствие ее малости относительно толщины основы. Так, при увеличении толщины покрытия с 6 до 12 мм наблюдается спад напряжений в пределах до 5% вследствие неполной реализации стесненной усадки.
- Толщина основы также вносит незначительный вклад в формирование напряжений. Так, при увеличении толщины основы в виде кладки из керамического кирпича с 510 до 640 мм наблюдается небольшой рост напряжений в пределах 7%, что объясняется незначительным изменением соотношений продольных и изгибных жесткостей штукатурного слоя и основы.

Используемые в расчетах параметры являются известными величинами, за исключением модуля упругопластичности, который напрямую зависит от предельной растяжимости основы. Авторами разработана методика определения предельной растяжимости штукатурных составов, позволившая определить значения коэффициентов упругопластичности бездобавочных растворов и растворов, соответствующих базовым слоям из систем «Баумит» и «Быстрой». Так, экспериментально установлено, что предельная растяжимость модифицированных штукатурных составов из системы «Баумит» в 4-5 раз выше, а коэффициент упругопластичности в 4-5 раз ниже значений соответствующих параметров для бездобавочного цементно-песчаного раствора. Результаты данных испытаний предполагается опубликовать в следующей статье.

Температурные напряжения в слоях штукатурного покрытия даже при более высоком деформационном потенциале существенно ниже усадочных напряжений. Данный факт объясняется условиями изменения температуры по толщине стены. Наружный слой штукатурного покрытия и поверхность основы, имеющие, как правило, близкие коэффициенты линейного расширения, деформируются синхронно, тем самым снижая фактор стесненности деформаций в штукатурном слое. Расчет на температурные напряжения в слоях штукатурного покрытия в рамках данной статьи не рассматривается, но требует дальнейшего изучения. Частично он изложен в статье авторов [21].

Выводы

1. Растягивающие напряжения в штукатурном покрытии на поверхности основы с высокой жесткостью (кирпичная кладка или кладка из автоклавных газобетонных блоков) от действия усадки для бездобавочных растворов превышают разрушающее напряжение растяжения, что приводит к образованию усадочных трещин в штукатурном покрытии. Повышение механической прочности штукатурного покрытия не обеспечивает стойкости к воздействию усадки, так как с увеличением прочности раствора напряжения в штукатурном слое возрастают пропорционально увеличению его модуля упругости.

2. Установлено снижение в 5-10 раз напряжений в штукатурном покрытии на поверхности маложесткого пенополистирольного утеплителя в составе стены по системе фасадной теплоизоляции по сравнению со штукатурным покрытием на основе большой жесткости (кирпичной кладки), поэтому растрескивания штукатурного покрытия в данных условиях не происходит. Это предопределяется значительным снижением степени стесненности деформаций штукатурного слоя на маложестком утеплителе.

3. Основными характеристиками, обеспечивающими работоспособность штукатурного покрытия, являются его предельная растяжимость (которая обеспечивает трещиностойкость покрытия) и адгезия (сцепление с основанием). При этом главным фактором, устанавливающим предельную растяжимость штукатурного раствора, является значение его модуля упругопластичности, в то время как рост прочности раствора приводит к увеличению напряжений в нем.

4. Экспериментально определена предельная растяжимость модифицированных штукатурных растворов, составляющая $100-120 \cdot 10^{-5}$, что существенно превышает значение усадки штукатурного раствора, а также сумму факторов усадки и перепадов температур.

Полученные результаты позволяют сформулировать требования к штукатурным составам по их деформативности, усадке, жесткости, адгезии.

Литература

1. Бутовский И. Н., Матросов П. Ю. Наружная теплоизоляция – эффективное средство повышения теплозащиты стен зданий // Жилищное строительство. 1996. №9. С. 7-10.
2. Аникин В. А., Гурьев В. В. Проблемы реконструкции и санации жилых домов первого и второго периодов массового индустриального домостроения // Промышленное и гражданское строительство. 2003. №11. С. 10-13.
3. Голунов С. А. Системы скрепленной теплоизоляции – эффективная технология энергосбережения // Строительные материалы. 2005. №9. С. 11-13.
4. Мамлеев Р. Ф. [и др]. Опыт реализации новых российских нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий в Республике Башкортостан // Строительные материалы. 2003. №10. С. 6-9.

5. Стольников В. В., Литвинова Р. Е. Трещиностойкость бетона. М.: Энергия, 1972. 113 с.
6. Безбородов В. А. [и др.] Сухие смеси в современном строительстве / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. Новосибирск, 1998. 94 с.
7. Козлов В. В. Сухие строительные смеси. М.: АСВ, 2000. 96 с.
8. Корнеев В. И., Зозуля П. В. Словарь «Что» есть «что» в сухих строительных смесях / НП «Союз производителей сухих строительных смесей». СПб., 2004. 312 с.
9. Палиев А. И., Лукоянов А. П. Модифицированные сухие смеси КНАУФ: качество и долговечность // Строительные материалы. 2005. №9. С. 20-23.
10. Bern D. L., Grant F. F. High-Performance Cement Plaster (Stucco) Systems // AEI 2008: Building Integration Solutions. Denver, Colorado, US, 2008. [http://dx.doi.org/10.1061/41002\(328\)14](http://dx.doi.org/10.1061/41002(328)14).
11. Невилль А. М. Свойства бетона. М.: Стройиздат, 1972. 344 с.
12. Рамачадран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Пер. с англ. / Под ред. В.Б.Ратинова. М.: Стройиздат, 1986. 278 с.
13. Василик П. Г., Голубев И. В. Трещины в штукатурках // Строительные материалы. 2003. №4. С. 14-16.
14. Chew M. Y. L., Nayanthara de Silva. Factorial Method for Performance Assessment of Building Facades // Journal of Construction Engineering and Management. 2004. Vol. 130. №4. Pp. 525-533.
15. Edward G.Kub, Lawrence G. Cartwright, Irving J. Oppenheim. Cracking in Exterior Insulation and Finish Systems // Journal of Performance of Constructed Facilities. 1993. Vol. 7. №1. Pp. 60-66.
16. Синицин Д. А. Стойкость штукатурных покрытий в системах фасадной теплоизоляции: Дисс ...канд. техн. наук. Уфа, 2006. 198 с.
17. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. М., 1989.
18. Александров А. Я., Ахметзянов М. Х. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. М.: Наука, 1973. 576 с.
19. Qiang Li, Fujian Ni, Zaixin Li. Experimental Tests and Finite Element Modeling of Shrinkage Behavior in Cement Stabilized Aggregate Base // Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development, and Management. Ninth International Conference Chinese Transportation Professionals. 2009, Harbin, China. Pp. 2754-2760.
20. Meschke G., Grasberger S. Numerical Modeling of Coupled Hygromechanical Degradation of Cementitious Materials // Journal of Engineering Mechanics. 2003. Vol. 129. №4. Pp. 383-392.
21. Бабков В. В. [и др.] Эксплуатационная надежность систем фасадной теплоизоляции // Строительные материалы. 2008. №2. С. 20-27.

** Ринат Салаватович Кильдибаев, г. Уфа, Россия*
Тел. моб.: +7(919)600-3057; эл. почта: rbstroj@mail.ru

© Бабков В.В., Синицин Д.А., Кильдибаев Р.С., Резвов О.А., Чуйкин А.Е., 2012

doi: 10.5862/MCE.34.3

Behavior of plasters on the modern heat-effective exterior walls of buildings

**V.V. Babkov;
D.A. Sinitsin;
R.S. Kildibaev;
O.A. Rezvov;
A.E. Chuikin,**

*Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia
+7(919)6003057; e-mail: rbstro@mail.ru*

Key words

plaster; stresses in plaster layers; viscoelasticity modulus

Abstract

Physical and mechanical characteristics, the most significant for the plasters with regard to the features of their behavior as the coating of building faces were evaluated.

Results of quantitative estimation of stresses in the plaster layers on surfaces of different stiffness due to the plaster shrinkage are given. It is shown that with a decrease of the surface modulus of elasticity, stresses in the plaster coating are decreased either due to reduction of the effect of its deformations' constraint.

By analysis and with experiments it is proved, that the main factor evaluating the ultimate extensibility of the mortar is its viscoelasticity modulus, while mortar strength increase involves its stresses increase.

References

1. Butovsky I. N. Matrosov P. J. *Zhilishchnoye stroitelstvo*. 1996. No. 9. Pp. 7-10. (rus)
2. Anikin V. A., Guriev V. V. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2003. No. 11 Pp. 10-13. (rus)
3. Golunov S. A. *Stroitelnyye materialy*. 2005. No. 9. Pp. 11-13. (rus)
4. Mamleev R. F. *Stroitelnyye materialy*. 2003. No. 10. Pp. 6-9. (rus)
5. Stolnikov V. V., Litvinova R. E. *Treshchinostoykost betona* [Cracking resistance of concrete]. Moscow: Energiya, 1972. 113 p. (rus)
6. Bezborodov V. A., Belan V. I. et al. *Sukhiye smesi v sovremennom stroitelstve* [Dry mixtures in modern construction]. Novosibirsk, 1998. 94 p. (rus)
7. Kozlov V. V. *Sukhiye stroitelnyye smesi* [Dry construction mixtures]. Moscow: ASV, 2000. 96 p. (rus)
8. Korneev V. I., Zozulya P. V. *Slovar «Chto» yest «chto» v sukhikh stroitelnykh smesyakh* [Dictionary «what» is «what» in the dry construction mixtures]. NP «Soyuz proizvoditeley sukhikh stroitelnykh smesey». Saint-Petersburg, 2004. 312 p. (rus)
9. Paliev A. I., Lukoyanov A. P. *Stroitelnyye materialy*. 2005. No.9. Pp. 20-23. (rus)
10. Bern D. L., Grant F. F. High-performance cement plaster (stucco) systems. *AEI 2008: Building Integration Solutions*. Denver, Colorado, US, 2008. [http://dx.doi.org/10.1061/41002\(328\)14](http://dx.doi.org/10.1061/41002(328)14)
11. Nevill A.M. *Svoystva betona* [Concrete properties]. Moscow: Stroyizdat, 1972. 344 p. (rus)
12. Ramachadran V., Feldman R., Boduen Dzh. *Nauka o betone* [The science of the concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1986. 278 p. (rus)
13. Vasilik P. G., Golubev I. V. *Stroitelnyye materialy*. 2003. No. 4. Pp.14-16. (rus)
14. Chew M. Y. L., Nayanthara de Silva. Factorial Method for Performance Assessment of Building Facades. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2004. Vol. 130. No.4. Pp. 525-533.
15. Edward G.Kub, Lawrence G. Cartwright, Irving J. Oppenheim. Cracking In Exterior Insulation And Finish Systems. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 1993. Vol.7. No.1. Pp. 60-66

Babkov V.V., Sinitsin D.A., Kildibaev R.S., Rezvov O.A., Chuikin A.E. Behavior of plasters on the modern heat-effective exterior walls of buildings

16. Sinitsyn D. A. *Stoykost shtukaturnykh pokrytiy v sistemakh fasadnoy teploizolyatsii* [Resistant plaster coatings in the systems of facade heat insulation]. The thesis on competition of a scientific degree of the candidate of technical Sciences. Ufa, 2006. 198 p. (rus)
17. *SNiP 2.03.01-84. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii* [Concrete and reinforced concrete structures]. Moscow: USSR Gosstroy, 1989. (rus)
18. Alexandrov A. Ya., Akhmetzyanov M. Kh. *Polyarizatsionno-opticheskiye metody mekhaniki deformiruyemogo tela* [Polarization-optical methods of deformable body mechanics]. Moscow: Nauka, 1973. 576 p. (rus)
19. Qiang Li, Fujian Ni, Zaixin Li. Experimental Tests and Finite Element Modeling of Shrinkage Behavior in Cement Stabilized Aggregate Base. *Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development, and Management. Ninth International Conference Chinese Transportation Professionals*. 2009, Harbin. China. Pp. 2754-2760.
20. Meschke G., Grasberger S. Numerical Modeling of Coupled Hygromechanical Degradation of Cementitious Materials. *Journal of Engineering Mechanics*. 2003. Vol. 129. No. 4. Pp. 383-392.
21. Babkov V. V., Gaisin A. M., Kildibaev R. S. *Stroitelnyye materialy*. 2008. No.2. Pp. 20-27. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 22-29