

**АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ФАСАДНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ
ПОКРЫТИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ**

ГУБСКАЯ А. Г., ГАПОТЧЕНКО А. П., ВОЛОВИК Т. В.
Государственное предприятие «Институт НИИСМ»
Минск, Беларусь

Современная строительная концепция предусматривает создание гармоничной среды обитания человека. Одним из направлений решения данных проблем является сохранение внешнего облика зданий во время их эксплуатации путем устранения негативных последствий воздействия техногенных загрязнений – дефектов на защитно-отделочных покрытиях [1-4]. Решение этих проблем невозможно без установления причин появления дефектов и определения решений по устранению. Данные, изложенные в статье, получены в ходе анализа результатов исследований, проведенных лабораторией физико-химических и теплофизических исследований Государственного предприятия «Институт НИИСМ» в 2015–2020 гг.

Анализ показывает, что наиболее часто на фасадных отделочных покрытиях наблюдаются следующие дефекты: отслоение покрытия, «дутики» на поверхности, пятна, грибок, высолы. Ниже рассмотрены наиболее вероятные причины появления каждого из дефектов.

Отслоение фасадного защитно-отделочного покрытия. Наиболее часто данный вид дефектов проявляется при отделке стен из ячеистого бетона. Как правило, наблюдается отслоение штукатурного слоя совместно с нанесенным на нее фасадным покрытием. Для Республики Беларусь при наличии своей сырьевой базы и развитого производства, автоклавный ячеистый бетон является стратегическим материалом. После введения повышенных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций ячеистый бетон с учетом его теплофизических и эксплуатационных свойств остался практически единственным строительным материалом, который обеспечивает выполнение нормативных требований строительной теплотехники.

Следует отметить, что паропроницаемость ячеистого бетона (табл. 1) значительно выше паропроницаемости защитно-декоративных покрытий с использованием сухих строительных смесей по СТБ 1307-2012 «Смеси растворные и растворы строительные».

Таблица 1

Теплофизические свойства
ячеистого бетона автоклавного отвердения

Плотность, ρ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м·К)	Теплопроводность, λ , Вт/(м·К) для условий эксплуатации		Паропроницаемость, μ , мг/(м·ч·Па) для условий эксплуатации
		А	Б	А, Б
300,0	0,080	0,090	0,100	0,260
350,0	0,090	0,105	0,115	0,240
400,0	0,100	0,120	0,130	0,230
450,0	0,110	0,135	0,145	0,215
500,0	0,120	0,150	0,160	0,200
550,0	0,130	0,165	0,175	0,185
600,0	0,140	0,180	0,190	0,170
650,0	0,160	0,205	0,215	0,165
700,0	0,180	0,230	0,240	0,160

В результате в стеновой конструкции из ячеистого бетона происходит накопление влаги (табл. 2), приводящая к появлению дефектов (рис. 1).

Таблица 2

Влажность образцов, отобранных из стеновых конструкций

Место отбора	Влажность, %
г. Минск, ул. Притыцкого, 91	33,48
	35,97
	35,42
г. Минск, ул. Грушевская, 91	36,63
	45,51



Рис. 1. Дефекты на стенах жилых домов в г. Минске:
 а) – ул. Грушевская, 91; б) – ул. Притыцкого, 91

При разрушении защитно-отделочного покрытия происходит изменение минералогического состава и структуры поверхности основания – ячеистого бетона. Основные физико-химические изменения связаны с процессами карбонизации.

Подтверждением отмеченного выше, являются исследования, проведенные на строительных объектах: г. п. Островец, пер. Мира, д. 2; Молодечненский р-н, д. Чисть, ясли-сад № 2; Минский р-н, г. Логойск (табл. 3, рис. 2).

В [5–6] описано влияние процесса карбонизации на изменение гидросиликатов ячеистого бетона. Аналогичный механизм воздействия карбонизации будет происходить и в силикатном кирпиче, поскольку состав их гидросиликатной связки близок. Под воздействием CO_2 и относительной влажности происходит разрушение гидросиликатов (тоберморита) по следующему механизму:

Тоберморит \rightarrow ватерит + гель $\text{SiO}_2 \rightarrow$ арагонит (кальцит) + гель SiO_2

Данный механизм разрушения ячеистого бетона подтверждается результатами рентгенофазового анализа. Отличительной особенностью пробы ячеистого бетона, извлеченного из стены на строительном объекте с разрушенным защитно-отделочным покрытием, является:

- высокая влажность (до 31 %);
- более низкое содержание гидросиликатов кальция – новообразований, определяющих прочность материала;
- присутствие двуводного сульфата кальция (гипса) в свободном состоянии, а не в связанном в гидросульфатоалюминаты кальция, что свидетельствует об их деструкции. Это также может отрицательно сказываться на физико-механических свойствах ячеистого бетона;
- высокое содержание карбоната кальция – кальцита (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика образцов ячеистого бетона

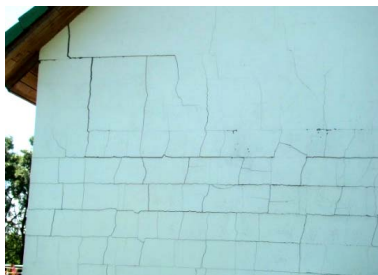
Показатель	Образец контрольный – с ненарушенным защитно-отделочным покрытием	Образец с нарушенным защитно-отделочным покрытием
Цвет	белый	серый
Содержание CO ₂ , %	3,48	11,59
Содержание CaCO ₃ %	26,34	7,91
Структура	Поры имеют четкие очертания. Стенки пор без видимых дефектов. Частицы песка-заполнителя сцементированы гидросиликатной связкой, образовавшейся при автоклавной обработке.	Структура менее плотная. Стенки пор имеют дефекты и частично разрушены. Видны отдельные зерна кварца, что может свидетельствовать о деструктивных процессах. В порах отчетливо видны черные включения, наиболее вероятной причиной появления которых является скопление пыли.



а



б



в

Рис. 2. Разрушение зданий из ячеистого бетона:
а – г. п. Островец, пер. Мира, д. 2; *б* – Молодечненский р-н, д. Чисть, ясли-сад № 2; *в* – Минский р-н, г. Логойск

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности жилых домов с несущими ограждающими конструкциями из ячеистого бетона автоклавного твердения требует решения.

В соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» паропроницаемость ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью 400–700 кг/м³ составляет 0,23–0,16 мг/(м·ч·Па), а паропроницаемость защитно-отделочных полимерминеральных штукатурок (внутренних и наружных) составляет, соответственно, 0,03–0,02 мг/(м·ч·Па) по СТБ 1263-2001 «Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия», что на порядок ниже, чем у ячеистого бетона.

Известно, что как отделочные, так и защитные покрытия должны выполнять две основные функции: препятствовать проникновению влаги любого агрегатного состояния внутрь наружного стенового ограждения с одной стороны, а с другой – не являться сдерживающим фактором для отдачи влаги наружными слоями ограждающей конструкции в окружающую среду, обеспечивая нормальный тепловлажностный режим наружному стеновому ограждению в процессе эксплуатации.

Следовательно, применение для наружных стеновых конструкций из ячеистого бетона автоклавного твердения в качестве защитно-отделочных покрытий полимерминеральных растворов создает условия для систематического накопления влаги в стеновых конструкциях в процессе эксплуатации, обуславливает преждевременное их разрушение с наружной стороны, появления грибков и плесени на внутренних поверхностях, значительно снижает теплозащитные свойства ограждающих конструкций.

«Дутики» на поверхности защитно-отделочных покрытий. Причиной дефектов фасадных защитно-отделочных покрытий может быть также качество самих ограждающих конструкций. Это может приводить к появлению дефектов в виде так называемых «дутиков» – небольших бугорков на поверхности бетона или штукатурки. Они легко осыпаются, оставляя в центре белое или желтоватое пятнышко. Именно такие дефекты выявлены на поверхности бетонных конструкций.

Как правило, «дутики» образуются за счет гидратации пережженных оксидов кальция и магния, присутствующих в вяжущем (цементе или извести), которая происходит значительно позже в теле уже сформированного строительного изделия (бетона или штукатурки). Эти процессы характеризуются значительным увеличением объема, что и приводит к отколам.

Так как «дутики» являются новообразованиями, образуемыми в уже сформировавшейся структуре бетона, они сформированы очень мелкими, плохо закристаллизованными образованиями. Такие кристаллы характеризуются повышенной растворимостью по сравнению с минералами бетона. Поэтому в качестве основной методики при проводимых исследованиях был принят метод анализа водной вытяжки (табл. 4, рис. 3).

Анализ водной вытяжки бетона

Место отбора образцов	Содержание оксидов, % по массе		
	Na ₂ O	K ₂ O	CaO
Контрольный (кern, вырезанный из строительной конструкции)	0,06	0,11	0,66
Наружная стена (рис. 3, а)	0,09	0,15	2,91
Наружная стена (рис. 3, б)	0,10	0,21	4,92
Внутренняя стена (подъезд) (рис. 3, в, г)	0,13	0,49	3,52



а



б



в



г

Рис 3. Макроструктура дефектов на стеновых конструкциях, отобранных по адресу: жилой дом № 14 по ул. Северная в г. Солигорске

Анализ данных, приведенных в таблице 4, показывает, что содержание СаО в пробах «дутиков» вне зависимости от места отбора значительно выше, чем у контрольной пробы бетона (керна, вырезанного из конструкции). Это подтверждает, что «дутики» образовались за счет гидратации пережженного оксида кальция, присутствующего в цементе, происходящей значительно позже: в теле уже сформированного и затвердевшего бетонного изделия. Эти процессы характеризуются значительным увеличением объема, что и привело к отколам – «дутикам».

Подтверждением того, что дефекты на внутренней стеновой конструкции, вызваны двумя причинами видны при сравнении содержания как СаО, так и щелочных оксидов (Na_2O и K_2O) в контрольном образце и в отколах («дутиках»), где содержание перечисленных выше оксидов увеличивается: СаО в 5,3 раза, Na_2O и K_2O в 2,2 и 4,5 раза соответственно. Вероятной причиной может быть повышенное содержание щелочей в цементе.

Кроме описанных выше дефектов фасадных защитно-отделочных покрытий на строительных объектах существует и ряд других дефектов, которые также встречаются на строительных объектах.

Шелушение - отделение небольших чешуек краски на фасаде или появление пузырьков на окрасочном покрытии (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Дефекты защитно-отделочного покрытия:
а – шелушение; *б* – пузырьки на окрасочном покрытии

Возможные причины появления дефектов:

- несовместимость финишного слоя с грунтовочным;
- невысохший грунт;
- окраска проводилась при неблагоприятных погодных условиях (дождь, мороз, перепад температур);
- недостаточная паропроницаемость окрасочного слоя по отношению к штукатурному.

Пятна на поверхности окрашивающего слоя. Наиболее часто такие дефекты отмечаются на зданиях после тепловой реновации с использованием утеплителя – минераловатных плит (рис. 5).



Рис. 5. Макроструктура фрагмента фасада с минеральной плитой и декоративным окрасочным слоем (г. Минск ул. Казимировская, 15)

Проведенные исследования позволили установить, что утеплитель – минераловатная плита, имеет неравномерную структуру: присутствуют включения, отличающиеся более темным цветом и большей плотностью по сравнению с основной массой плиты. По результатам термического анализа установлено, что содержание органических веществ во включениях в несколько раз больше, чем в основной массе минераловатной плиты. Следовательно, основной причиной появления окрашенных пятен на декоративном покрытии является миграция на его поверхность органических веществ из включений в минераловатном утеплителе.

Другой причиной появления пятен: желтых (ржавых) (рис. 6) может быть использование штукатурки с большим количеством железистых включений. Такой вид дефектов был обнаружен на строи-

тельных объектах в г. Гродно: здании казармы инв. № 15/218 в военном городке «Фолюш» и ГУ «Гродненский городской дом ночного пребывания лиц без определенного места жительства» по ул. Карского, 29. На этих строительных объектах пятна появились после проведения строительных работ, включающих оштукатуривание и окрашивание.

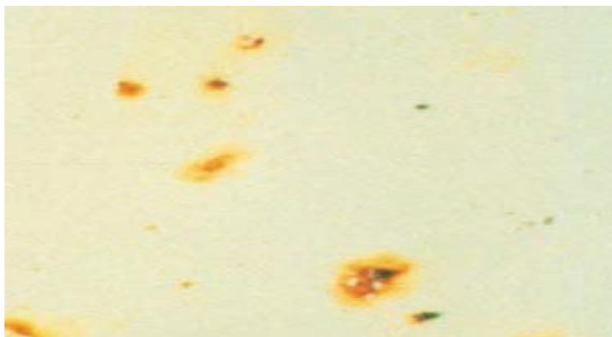


Рис. 4. Макроструктура поверхности стены ГУ «Гродненский городской дом ночного пребывания лиц без определенного места жительства» по ул. Карского, 29 в г. Гродно

Методом тестирования (проба с раствором желтой кровяной соли) установлено, что фрагменты покрытия, отобранные на обоих объектах, содержат ионы железа (Fe^{3+}). При визуальном исследовании полученных нерастворимых осадков установлено, что в пробах № 1 и № 3 присутствует от 10 до 30 % черных включений. Размер включений сопоставим с размерами зерен песка. В пробах контрольных образцов № 2 и № 4 таких включений не обнаружено. Содержание железа в пересчете на Fe_2O_3 приведено в табл. 5.

Таблица 5

Содержание железа в пересчете на Fe_2O_3

№ пробы	Содержание оксида железа (Fe_2O_3), %
1	7,45
2	0,96
3	9,92
4	1,19

На основании проведенных исследований установлено, что причиной появления желто-коричневых подтеков на поверхности обследованных строительных объектов является повышенное содержание оксидов железа в пробах № 1 и № 3, превышающее в восемь раз содержание оксидов железа в пробах № 2 и № 4 (без подтеков). Наиболее вероятным источником железистых включений является заполнитель, использованный при производстве сухой смеси – штукатурного раствора.

Аналогичные дефекты на фасадном покрытии были обнаружены и на другом строительном объекте – «Реконструкция 2-хэтажного административного здания с 3-хэтажной пристройкой административно-бытового корпуса в д. Боровая Минского района». Как и в первом случае, причиной их образования является заполнитель, использованный при производстве сухой смеси – штукатурного раствора.

Вероятно, что производитель сухой смеси использовал при ее производстве заполнитель (песок) в виде техногенных отходов, например отходов формовочных смесей или сушка песка производилась в сушильном агрегате, загрязненном металлом. Обе эти причины недопустимы при получении качественных сухих штукатурных смесей.

Грибок на поверхности фасадного покрытия. Грибок на поверхности фасадного покрытия может появиться, если:

- фасад все время был влажным;
- при использовании красок низкого качества;
- поверхность перед покраской не была обработана грунтовкой;
- окрашивание мест, зараженных микроорганизмами, производилась без предварительной обработки.

Высолы на поверхности фасадного покрытия. Основной причиной появления высолов является выделение стенами солей под воздействием климатических факторов. Как правило, они сложены агрегатами очень мелких (около 1 мкм) непрозрачных частиц. Основные кристаллические фазы высолов представлены карбонатами щелочных и щелочноземельных металлов. Это подтверждают результаты исследования проб высолов, отобранных на лицевой поверхности плит перекрытий объекта «Реконструкция пищеблока психбольницы п. Новинки»:

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (термонантрит) $d/n = 0,530; 0,415; 0,276; 0,267; 0,246; 0,237; 0,224; 0,219 \dots \text{нм}$;
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гидрат оксида кальция) $d/n = 0,490; 0,311; 0,263; 0,244; 0,1927; 0,1796; 0,168 \dots \text{нм}$;
- CaCO_3 (кальцит) $d/n = 0,386; 0,303; 0,249; 0,228; 0,208; 0,191 \dots \text{нм}$;
- NaHCO_3 (нахколит) $d/n = 0,306; 0,295; 0,260; 0,219; 0,203 \dots \text{нм}$;
- $\text{K}_6\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (бючлиит) $d/n = 0,303; 0,286; 0,2688; 0,206 \dots \text{нм}$.

Чтобы удалить с поверхности белый кристаллический налет (высолы), необходимо провести очистку поверхности (стальными щетками или другим инструментом), перетирку штукатурки, просушку и повторную окраску дефектного участка.

На основе проведенных Государственным предприятием «Институт НИИСМ» исследований можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев причинами дефектов на защитно-отделочных покрытиях, возникающих в процессе эксплуатации зданий, являются:

- неправильный подбор отделочных покрытий (без учета характеристик основания, на которое они наносятся);
- несоблюдение технологии производства строительных материалов;
- несоблюдение технологии выполнения строительных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ремнев, В. В. Обследование технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений / В. В. Ремнев, А. С. Морозов, Г. П. Тонких. – М.: Маршрут, 2005. – 196 с.
2. Грунау, Э. В. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях / Э. В. Грунау. – М.: Стройиздат, 1980. – 215 с.
3. Работе, Ж. Л. Качество и долговечность отделочных покрытий в строительстве / Ж. Л. Работе. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.
4. Хорст, Ройль Руководство по защите и санированию строительных сооружений. Причины повреждений, методы диагностики, возможности санирования / Ройль Хорст ; пер. с нем. – СПб.: «Квинтет», 2013. – 372 с.

5. Парута, В. А. Проектирование состава штукатурных растворов для автоклавного газобетона / В. А. Парута [и др.] // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. – Вып. 47. – 2013. – С. 81–87.

6. Камерлах, Н. А. К вопросу о механизме перекристаллизации микроструктуры ячеистых бетонов при карбонизации / Н. А. Камерлах // Тез. докл. V республик. конференции «Долговечность автоклавных бетонов», Таллинн, 1984. – Ч.1. – С. 129–131.

УДК 69.059.73

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЩЕЖИТИЯ ПОД МНОГОКВАРТИРНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ ПО УЛ. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ В Г. МИНСКЕ

ГУЗАРЕВИЧ Я. В., ЗВЕРЕВ В. Ф., ШАНЮКЕВИЧ И. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение. На сегодняшний день, жилищный вопрос относится к числу наиболее острых для большей части населения страны. При этом плотность современной городской застройки не всегда позволяет выделить свободные земельные участки под новую жилую застройку, в том числе с учетом сноса существующей. Учитывая срок эксплуатации, моральный и физический износ, а также возможную необходимость изменения функционального назначения или объемно-планировочных решений зданий в период эксплуатации, часто возникает вопрос не только о проведении их капитального ремонта, но и реконструкции. Приведение существующего, но морально и физически устаревшего жилищного фонда, в соответствие с техническими, социальными и санитарными нормами, а также со стандартами и условиями проживания, включая улучшения эксплуатационных и потребительских характеристик здания, является целью реконструкции [1].

В данной статье рассмотрен проект реконструкции на примере здания общежития коридорного типа, расположенного по адресу ул. Железнодорожная, 136 в г. Минске, которое эксплуатируется более 50 лет. Предполагается реконструкция данного общежития