Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г. И. ГРИНФЕЛЬД

ОТДЕЛКА КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2011

УДК 693.2
ББК 32.816я73
Т41

Рецензенты:
Доктор технических наук,
Главный научный сотрудник Всероссийского Научно-исследовательского института транспортного машиностроения
М. И. Маленков
Доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
С. Ф. Бурдаков

Гринфельд Г .И. **Отделка кладки из автоклавного газобетона: учеб. пособие / Г.И. Гринфельд. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 98 с.**

В настоящем Пособии систематизирована информация по отделке кладки из автоклавного газобетона. Рекомендации по отделке даны с учетом требований действующих нормативных документов.

При разработке Пособия учтена особенность отечественного подхода к нормативным требованиям и запретам — ограничения, цель и причины которых не ясны исполнителям, игнорируются. Поэтому все рекомендации предварены объяснением явлений, лежащих их в основе.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по магистерской программе «Энергосбережение и энергоэффективность» направления подготовки магистров «Строительство». Оно может быть также использовано в системах повышения квалификации, в учреждениях дополнительного профессионального образования.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Гринфельд Г. И. , 2011
© Санкт- Петербургский государственный политехнический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……..... 5

1. Виды отделки...……..…….. 8

1.1. Виды отделки газобетонных стен. Обзор……. 8

1.2. Отделка газобетонных стен. Общие рекомендации……... 9

2. Эксплуатация неотделанной кладки…… 12

2.1. Нормативные требования к назначению отделки…… 13

2.2. Физические основы эксплуатации неотделанной кладки…….. 16

3. Цель наружной отделки. Требования к наружной отделке ……..……..... 20

3.1. Нормативные требования к характеристикам отделки….. 21

3.2. Физические основы предъявляемых к отделке требований..... 23

3.3. Влага в газобетоне……..…… 24

4. Облицовка на относе……..……. 26

4.1. Нормативные требования к облицовкам на относе.....…. 27

4.2. Физические основы работы облицовочных слоев……... 28

4.3. Рекомендации к устройству облицовок…… 30

4.3.1. Навесные облицовки по обрешетке……..…… 30

4.3.2. Облицовка с непосредственным креплением к стене…… 34

4.3.3. Облицовочная кладка…… 34

5. Отделочные покрытия, адгезионно связанные с кладкой.. 40

5.1. Нормативные требования к отделочным покрытиям…….. 40

5.2. Физические основы эксплуатации отделочных слоев……. 41

5.3. Рекомендации по выбору отделочных покрытий..…….. 44

5.3.1. Гидрофобизация……... 45

5.3.2. Составы покрытий из литературы 1970–80-х гг..…... 45

5.3.3. Простая штукатурка……..….. 48

5.3.4. Подготовка поверхности……. 50

5.3.5. Армирование отделочных слоев…… 51

5.4. Типичные ошибки при отделочных работах……..……. 53

6. Облицовки, адгезионно связанные с кладкой…… 54
6.1. Нормативные требования к связанным облицовкам…… 54
6.2. Физические основы назначения характеристик ……..... 54
6.3. Рекомендации по устройству связанных облицовок…….. 55
7. Наружное утепление…… 57
7.1. Нормативные требования к системам наружного утепления по кладке из газобетонных блоков…… 58
7.2. Физические основы начального периода эксплуатации систем наружного утепления……..……. 58
7.3. Рекомендации по назначению и монтажу СНУ……... 64
7.3.1. Системы скрепленной теплоизоляции с тонким штукатурным слоем……... 64
7.3.2. Системы с вентилируемым воздушным зазором……. 68
7.3.3. Трехслойные системы «несущая стена — теплоизолятор — облицовочная кладка»…… 68
8. Внутренняя отделка……. 71
8.1. Нормативные требования к внутренней отделке……..……. 71
8.2. Функции внутренней отделки……..…….. 72
8.2.1. Пароизоляция……..……. 72
8.2.2. Воздухопроницаемость……..……. 76
8.3. Рекомендации по внутренней отделке ……..……. 77
8.3.1. Защита от переувлажнения……..…… 77
8.3.2.Контроль воздухопроницаемости……..……. 77
8.3.3.Общие рекомендации……... 78
9. Сезонные и неотапливаемые здания……..... 79
10. Отделка кладки из автоклавного газобетона. Общие требования и рекомендации……..……. 80
Библиографический список…….. **88**

ВВЕДЕНИЕ

Автоклавный газобетон в нашем климате применяется более 70 лет. Применяется в основном для наружных стен зданий. Первые газобетонные заводы, технологически и коммерчески успешно реализовавшие идею производства автоклавного газобетона, в котором молотый кварцевый песок становится не инертным заполнителем, а активным источником кремния для синтеза силикатов, были построены в межвоенной Европе сначала в Швеции, затем в большинстве регионов северной Европы. Часть построенных в те годы зданий из газобетонных блоков эксплуатируются до сих пор.

Наиболее ярко долговечность и стойкость газобетона во влажном балтийском климате видна на примере группы зданий, успешно переживших вторую Мировую войну и теперь стоящих в центре современной Риги.

Здания построены из автоклавного газобетона с тем же химическим составом, что выпускаемые сегодня блоки, но с большей плотностью. За прошедшие десятилетия признаки разрушения бетона в конструкциях не появились (рис. 1).

Рис. 1. Здание из автоклавного газобетона без наружной отделки. 1939 г.п., г. Рига, ул. Эльвирас, 15

В нашем городе промышленное производство автоклавного газобетона началось в 1959 году, с запуском газобетонного завода в составе ДСК-3 Главленинградстроя (ул. Автовская, 31) [1]. Продукция этого комбината оказала значительное влияние на облик современного Санкт-Петербурга. В 1960-е из газобетона возводились наружные и внутренние стены жилых зданий из крупных полупанелей (застройка исторически сложившихся районов Автово и Дачного) — плотность бетона наружных стен около 600 кг/м³, плотность бетона внутренних стен 1000 кг/м³ (рис. 2).

К 1970-му году из газобетона было построено более 3 млн. м² жилых домов. В 70–80-е годы XX века из газобетона строились жилые дома серии ЛГ-600, т.н. «корабли» (рис. 3) и наружные стены серии 137 ГБ. Усовершенствованная серия ЛГ 600.11 продолжает выпускаться и в настоящее время. Всего к началу 2000-х годов в Санкт-Петербурге эксплуатировалось более 15 млн. м² панельных зданий с однослойными газобетонными стенами.

Рис. 2. Здание из автоклавного газобеона, 1960-е. Санкт-Петербург, ул. Краснопутиловская, 45

Рис. 3. Здание серии ЛГ-600. Наружные стены из автоклавного газобетона. 1970-е, Санкт-Петербург, ул. Ушинского, 5

Со второй половины 1990-х годов, одновременно с развитием монолитного домостроения, активно стали применяться в городском строительстве мелкие газобетонные блоки. За первое десятилетие нового века в Санкт-Петербурге построено почти 15 млн. м² жилых зданий с монолитным каркасом и газобетонными стенами (с облицовкой кирпичом или штукатуркой) из общего объема 25 млн. м² жилья за этот период. Общее количество жилых домов с газобетонными стенами составляет около 30 млн. м² из 115 млн. м² общей площади жилого фонда Санкт-Петербурга. Т.е. каждый четвертый петербуржец живет за газобетонными стенами.

Схожая ситуация в загородном домостроении Ленинградской области, где больше половины вводимого жилья выполняется кладкой из газобетонных блоков.

1. ВИДЫ ОТДЕЛКИ

Несмотря на широту применения газобетона, его отделка продолжает вызывать вопросы у застройщиков, порождает мифы, становится источником ошибок. Основные ошибки связаны с желанием укрыть материал от воздействия осадков, игнорирование начальной влажности газобетона и потакание мифу о безусловной пользе доутепления.

Поэтому, прежде чем разбирать подробности различных видов отделки и излагать нормативные требования к ним, дадим общий обзор и основные рекомендации.

1.1. ВИДЫ ОТДЕЛКИ ГАЗОБЕТОННЫХ СТЕН. ОБЗОР

1. Эксплуатация неотделанной кладки, кладки, обработанной гидрофобизатором

Универсально применимый вид отделки для зданий любого назначения всех степеней долговечности. Пригоден для кладки из блоков без сколов или со снятыми фасками на белом клеевом растворе, для аккуратно выполненной кладки на растворах и клеях всех видов.

2. Адгезионно связанные («мокрые») отделочные покрытия

2.1. Окраска, покрытие фактурными красками

Применима для кладки из блоков без сколов или со снятыми фасками, для кладки с затертыми сколами и шлифованной поверхностью. Требования — достаточная паропроницаемость.

2.2. Штукатурка с последующим декорированием (окраска, офактуривание).

Универсальный вид отделки. Требования: невысокие прочность и модуль упругости, для стен отапливаемых зданий — достаточная паропроницаемость. Пожелания: ограниченное водопоглощение, определенные адгезия и морозостойкость контактной зоны.

2.3. Облицовка керамической плиткой или каменными плитами, облицовка кирпичом без зазора.

Вид отделки, применение которого для отапливаемых зданий имеет ряд ограничений: по сопротивлению паропроницанию, по адгезии, по сум-

марной площади наклеиваемых элементов. Для зданий сезонной эксплуатации и для внутренней отделки применим без ограничений.

2.4. Оклейка или обмазка гидроизоляционными материалами с низкой паропроницаемостью.

Для отапливаемых зданий ограниченно применима в зоне цоколя, в области выхода козырьков и выступающих поясов из плоскости фасада. Для зданий сезонной эксплуатации применима без ограничений.

3. Облицовка на относе

3.1. Навесные («экранные») отделки.

Наиболее щадящий кладку вид отделки. Закрывает кладку от осадков и солнца, не препятствует выходу влаги из толщи кладки.

3.2. Облицовочная кладка.

При условии оставления воздушного зазора и выполнении мероприятий по отводу конденсата универсально применима.

4. Системы наружного утепления

Обоснованность применения утеплителей поверх газобетонной кладки должна проверяться экономическим расчетом. В случае выбора наружного утепления необходимо соблюдение рекомендаций, приведенных в разделе «Наружное утепление» данного учебного пособия.

1.2. ОТДЕЛКА ГАЗОБЕТОННЫХ СТЕН. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Выбор вида отделки

Основная функция наружной отделки — декоративная. Если внешний вид неотделанной кладки не вызывает нареканий, достаточно защитить от влаги места потенциального замокания: подоконные зоны, цоколь, карнизы. Можно дополнительно обработать поверхность гидрофобизатором.

Также возможны простая окраска кладки, перетирка поверхности с покраской, нанесение фактурных красок. Более затратные виды отделки — штукатурка, навесные облицовки, облицовочная кладка. Используя штукатурку и облицовки можно дополнительно повысить долговечность и

улучшить влажностное состояние поверхностных слоев кладки, снизить ее воздухопроницаемость.

Рекомендации по защите кладки от влаги

При консервации недостроя или при эксплуатации неотделанной кладки необходимо обеспечить отвод воды со всех невертикальных поверхностей и всех мест, где может застояться вода. Это зоны под оконными проемами, область примыкания к отмостке или козырькам. В таких местах необходим водоотлив и экраны, отделяющие газобетон от лежащего снега или отбиваемых отмосткой брызг. Капиллярный подсос в газобетоне мал и обычные дожди редко увлажняют кладку глубже, чем на 20–30 мм. Поэтому дополнительной защиты плоскости стен не требуется.

Рекомендации по выбору штукатурных составов

Наружная штукатурка по газобетону должна иметь высокую паропроницаемость и сравнительно низкую прочность. Такими свойствами обладает большинство специально предназначенных для газобетона штукатурок. Поэтому основная рекомендация — использовать предназначенные для газобетона сухие штукатурные смеси заводской готовности.

Хорошо показывают себя также обычные поризованные растворы с плотностью до 1300–1500 кг/куб.м, удовлетворительно — известково-песчаная смесь (гарцовка) с добавлением небольшого количества (3–5% по массе) цемента. Перед ее нанесением поверхность кладки необходимо обильно увлажнить.

Вместо выравнивающей штукатурки возможно нанесение на кладку фактурных декоративных тонких штукатурок (называемых «шубками», «короедами», «шагренью» и т.п.). Перед их нанесением поверхность кладки выравнивается теркой, а сколы заполняются ремонтным раствором для газобетона или газобетонной крошкой, затворенной кладочным клеем.

Рекомендации по облицовке кирпичом

Больше всего вопросов касаются зазора между газобетоном и облицовкой в полкирпича.

Если постройка предназначена для сезонной эксплуатации (дача, турбаза), то наличие или отсутствие зазора не влияет на эксплуатационные характеристики газобетона.

Если же строение предназначено для круглогодичной эксплуатации, то воздушная прослойка между слоями становится полезной. Желательно также, чтобы эта прослойка соединялась с наружным воздухом специально оставленными продухами, т. е. была вентилируемой.

Если зазор между газобетоном и кирпичом отсутствует, то средняя за отопительный период влажность газобетонной кладки будет несколько выше, а следовательно сопротивление такой стены теплопередаче будет несколько ниже, чем в случае с наличием вентилируемой прослойки.

Рекомендации по доутеплению

1. Кладка из блоков с термическим сопротивлением более 2 м²×°С/Вт (кладка из блоков марки по средней плотности D500 и менее толщиной 300 мм и более) может быть самодостаточна с точки зрения тепловой защиты, целесообразность дополнительного утепления такой кладки должна быть подтверждена.

2. Поверх газобетона можно использовать минераловатные утеплители любой толщины.

3. Толщина полимерных утеплителей с низкой паропроницаемостью (пенополистирол, пенополиуретан) должна обеспечивать не менее половины общего термического сопротивления (см. 7.3.1) — в противном случае возможно увлажнение кладки под утеплителем. Интенсивность увлажнения необходимо проверять расчетом по п. 9.1 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕОТДЕЛАННОЙ КЛАДКИ

В ряде случаев эксплуатация неотделанной кладки оправдана. В первую очередь это касается ситуаций, когда к внешнему виду конструкций не предъявляется специальных требований, а сама кладка выполнена достаточно аккуратно. Опыт эксплуатации неотделанного газобетона в разных климатических условиях достаточно богат. С 1930-х годов (рис. 1) и вплоть до наших дней газобетон успешно эксплуатируется без отделочных покрытий (рис. 4).

Рис. 4. Завод по производству автоклавного газобетона со стенами из неотделанной кладки, 2002 г.п., Эстония, волость Сымеру

Конструкции из ячеистобетонных блоков и панелей без наружной отделки возводились и эксплуатировались в нашей стране массово. В нормативных документах, созданных в СССР, а затем в России, необходимость отделки *кладки* не оговаривается. Все требования к отделочным покрытиям, изложенные в нормативной и методической литературе, сформулированы для панелей и преследуют в качестве основной цели защиту от коррозии арматурного каркаса.

Наружная отделка может быть полезна. Она всегда выполняет декоративную и иногда — защитную функции. Правильно выполненная отдел-

ка улучшает влажностный режим конструкций и повышает их сопротивление воздухопроницанию.

Наружная отделка, выполненная с нарушением требований к отделке ячеистобетонной кладки, может способствовать разрушению стены. Поэтому к назначению отделки и выбору ее вида нужно подходить взвешенно.

2.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАЗНАЧЕНИЮ ОТДЕЛКИ

В настоящее время действует ряд документов, требования которых распространяются на кладку из газобетонных блоков. Вот что содержится в них применительно к отделке кладки из ячеистого бетона.

1. СНиП по проектированию кладки из кирпича, камней и блоков единственным критерием долговечности оставляет морозостойкость кладочных материалов и отделку вообще не оговаривает:

СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции [6]

[Изложение без цитирования по п. 2.3 и табл. 1] При предполагаемом сроке службы конструкций не менее 100 лет проектные марки по морозостойкости каменных материалов для наружной части стен (на толщину 12 см), должны быть не менее F25 (для зданий с нормальным режимом эксплуатации) и не менее F35 (для зданий с влажным режимом эксплуатации, для Северной строительно-климатической зоны).*

2. Рекомендации [7] вторят СНиПу:

Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. - М., 1992.

2.18. Отделка стен из мелких ячеистобетонных блоков в построечных условиях выполняется водоэмульсионными красками и эмалями на органических растворителях.

2.19. При отсутствии сколов и обеспечении марки блоков по морозостойкости F25, а для районов Севера не менее F35, допускается вести наружную кладку стен без наружной отделки под расшивку швов.

3. Документ, созданный в 2007 году на основе и с целью упорядочивания положений всех (более 40) документов, регламентировавших производство и применение ячеистых бетонов к 1989 году [8]:

СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации»

8.1. Защитно-декоративная отделка ячеистобетонной кладки производится:

- при соответствующем цвето-фактурном решении проектировщика;

- при кладке без расшивки швов;

- для увеличения морозостойкости ячеистого бетона блоков.

4. Наиболее ёмкий комментарий к советским наработкам и требованиям [9]:

Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. **Рекомендации** по проектированию, строительству и эксплуатации /В.В. Коровкевич, В.А. Пинскер и др., ЛенЗНИИЭП, Ленинград, 1989 г.

«Перспективным является метод ведения кладки из мелких ячеистобетонных блоков на клею. Основное преимущество кладки на клею – значительное сокращение расхода связующего материала, а кроме того, такая кладка выглядит эстететичнее и не требует отделочных работ.

Следует сказать, что по существующим нормативным требованиям, если завод-поставщик гарантирует марку ячеистобетонных блоков по морозостойкости 25 (для районов Севера – 35), кладку допускается вести под расшивку швов без наружной отделки. Кончено, при этом должны использоваться блоки без околов и трещин.»

5. Первый современный документ, в основе которого лежит стандарт на автоклавные ячеистые бетоны и кладка на клею [10]:

Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения / Ассоциация НААГ. – Белгород, 2010.

1.2. Наружные стены, выполненные из ячеистобетонных блоков, соответствующих требованиям ГОСТ 31360, с расшивкой растворных швов

или с тонкослойным клеевым швом, допускается эксплуатировать без наружной отделки.

1.3. Наружная отделка ячеистобетонной кладки назначается:

- для придания поверхности кладки декоративных (цветовых, фактурных) свойств;

- для повышения сопротивления воздухопроницанию кладки, выполненной без расшивки швов или без заполнения вертикальных швов при кладке стен из блоков с пазом и гребнем;

- для повышения долговечности кладки.

6. Сходные соображения, ставящие необходимость отделки в зависимость от назначения конструкций и условий эксплуатации присутствуют в немецких нормативах [11]:

DIN 4108-3 Теплозащита и энергосбережение в строительстве. Часть 3. Защита от влаги.

[Изложение без цитирования] Для зданий, к которым применимы требования к сбережению энергии, в зависимости от ливневой нагрузки могут предъявляться требования к наружной отделке. При малой ливневой нагрузке (группа I) и толщине стены от 310 мм и при средней ливневой нагрузке (группа II) и толщине стены от 375 мм (толщина с учетом внутренней штукатурки) требования к наружной отделке не предъявляются.

Нормативные требования. Резюме

Запретов на эксплуатацию кладки без отделки нет. Назначение отделки, как и в случае с кирпичной кладкой или с деревянными конструкциями, должно производиться с конкретной целью (обеспечение определенного внешнего вида, повышение конкретных характеристик кладки, выполнение специальных требований в зависимости от режимов эксплуатации).

2.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕОТДЕЛАННОЙ КЛАДКИ

Ячеистый бетон — капиллярно-пористый минеральный материал, содержащий, помимо капиллярных, значительное количество сферических пор. Его поведение в конструкциях обуславливается теми же законами, что и поведение других каменных и бетонных материалов. Механизмы его старения под действием факторов внешней среды сходны с механизмами старения других минералов: физические процессы подобны процессам, происходящим при эксплуатации каменных изделий (природных и искусственных, обжиговых и гидратационных); химические — подобны процессам, происходящим в бетонах — содержащих силикаты кальция цементных и силикатных бетонах.

Основные факторы, обуславливающие «старение» бетона

Физические:

- колебания температуры материала (под действием солнечного излучения, перепадов температуры воздуха);

- колебания влажности (от увлажнения осадками/высушивания ветром и солнцем);

- замораживание и оттаивание (замерзание жидкой влаги в порах материала).

Химические:

- карбонизация.

Эти факторы применительно к ячеистому бетону исследованы и подробно рассмотрены в отечественной [2, 3] и зарубежной [4] литературе, получили количественную оценку и могут быть учтены при проектировании и эксплуатации конструкций.

Желание в кратчайшие сроки закрыть газобетонную кладку от прямого контакта с атмосферой возникает, как правило, на основе бытовых представлений о характере его увлажнения.

Водопоглощение газобетона обусловлено его высокой пористостью. Полное водопоглощение составляет 60–80% по массе для плотностей 400–600 кг/м^3 и до 100% для марки D300. При смачивании подсохшей кладки

после перерыва в кладочных работах или при увлажнении поверхности перед началом штукатурных работ, впитывание воды поверхностными слоями бетона происходит быстро и эффектно, сопровождаясь шипением и пузырением водяной пленки.

Наглядность поглощения воды сухим бетоном, неравномерное потемнение кладки под действием осадков, кажущееся размягчение водонасыщенных поверхностных слоев — все эти легкие к наблюдению эффекты являются причиной распространенного заблуждения о безусловной необходимости защитных слоев на наружной поверхности ячеистобетонных конструкций.

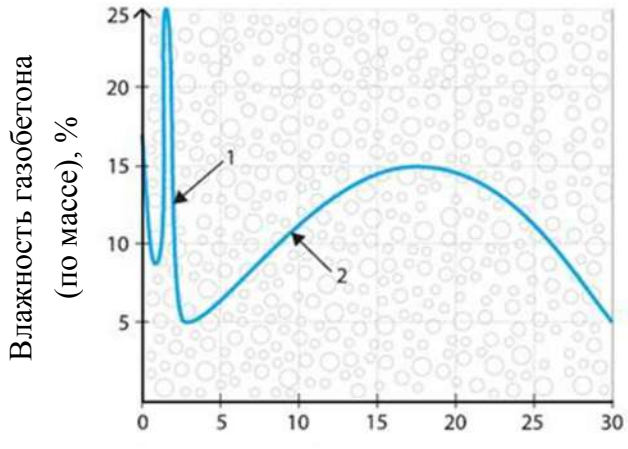
Однако влажностное состояние кладки можно описать не красочными эффектами, а измеримыми величинами.

Так, влияние осадков на влажность наружных слоев стены может нормироваться. Для учета увлажнения стен косыми дождями введено понятие ливневой нагрузки (DIN 4108-3). Стойкость к ливневым нагрузкам определяется через капиллярное водопоглощение, измеряемое в г/м^2×с^{0,5} [кг/м^2×ч^{0,5}] и характеризующее скорость поглощения безнапорной воды (методика приведена в ГОСТ 31356 [12]).

В отечественных нормативах этот параметр, учитывающий действие дождевания на увлажняемый материал, не применяется. Однако у нас есть богатая история исследования влияния атмосферных осадков на конструкции зданий. *Постановка задачи такого исследования применительно к ячеистым бетонам подробно описана в монографии [3], а результаты натурных экспериментов приведены в классическом труде по эксплуатационной стойкости ячеистобетонных конструкций [2]: Силаенков Е.С. «Долговечность изделий из ячеистых бетонов».*

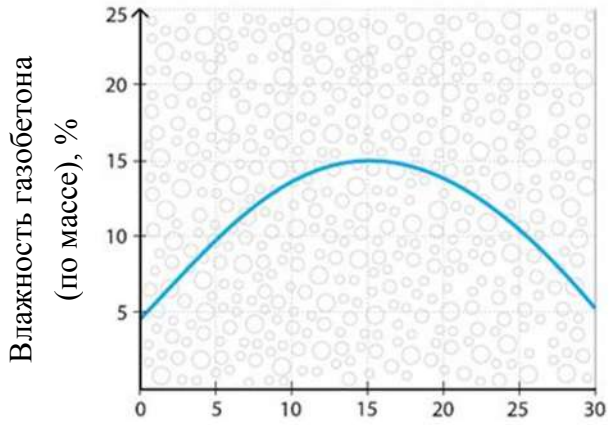
Многочисленные и длительные исследования показывают, даже при затяжных дождях заметное увеличение влажности происходит только в поверхностных слоях бетона (20–30 мм). Наши собственные обследования подтверждают — после периода затяжных дождей глубина увлажненной зоны неотделанных кладок из газобетона марки D400 не превышает 30 мм (рис. 5, 6).

а)



1 — слой активного колебания влажности;
2 — распределение влаги по толщине стены

б)



в)

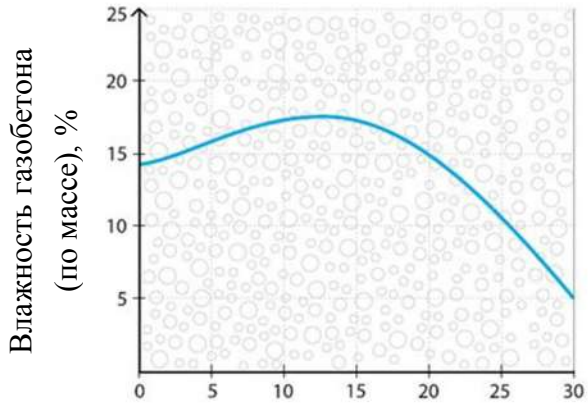


Рис.5. Влияние дождей и штукатурки на влажность газобетона (стена из D400 через 4–6 месяцев после кладки): *а* — неоштукатуренная кладка, влияние косых дождей; *б* — неоштукатуренная кладка, укрытая от осадков (под балконной плитой); *в* — кладка, оштукатуренная с наружной стороны

Характер распределения влажности и степень карбонизации бетона по сечению стены после 2-3 лет эксплуатации:
1 – влажность бетона; 2 – степень карбонизации бетона; 3 – граница поверхностного слоя бетона с влажностью, при которой процесс коррозии арматуры приостанавливается; 4 – зона проникновения косых дождей

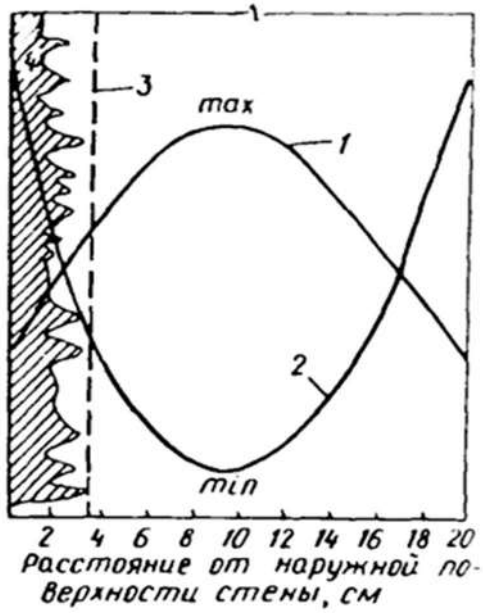


Рис.6. Иллюстрация к книге «Долговечность ячеистых бетонов» Е.С. Силаенкова, 1986.

Физические основы. Резюме

Газобетонные конструкции без отделки имеют слой активного колебания температуры и влажности. Этот поверхностный слой толщиной 5–30 мм может рассматриваться как защитный по отношению к заглубленным слоям.

3. ЦЕЛЬ НАРУЖНОЙ ОТДЕЛКИ. ТРЕБОВАНИЯ К НАРУЖНОЙ ОТДЕЛКЕ

Несмотря на возможность и обоснованность использования ячеистобетонных конструкций без отделки, современные соображения эстетики оставляют для неотделанной кладки ограниченную область применения. Открытая кладка, которая еще 20 лет назад была эстетической нормой, сегодня, как правило, закрывается от наблюдения.

Поэтому основная функция отделки, особенно в малоэтажном строительстве, — декоративная. Именно пожелания к внешнему виду определяют выбор вида отделки и являются первичными. Технические характеристики отделки призваны, при заданном внешнем виде, обеспечить максимально благоприятный режим эксплуатации стены.

В книге Е.С. Силаенкова «Долговечность изделий из ячеистых бетонов» приведена таблица ([2], таблица 54, стр. 126), различающая требования к отделке ячеистобетонных конструкций в зависимости от вида изделий (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Дифференциация технологических требований к отделке по видам изделий

Вид изделия	Технологические требования по свойствам отделки		
	Паропроницаемость	Сцепление с бетоном	Водонепроницаемость
Мелкие неармированные стеновые блоки	Паропроницаемость отделки должна обеспечивать отрицательный годовой баланс влаги в стене	Специальных требований не предъявляется	Специальных требований не предъявляется
Крупные неармированные блоки	То же	Сцепление отделки с бетоном должно быть не менее предела прочности бетона при растяжении, но не менее 0,65 МПа	То же

Окончание табл. 3.1

Армированные	То же	То же	Отделка должна препятствовать увеличению влажности бетона сверх 5% по объему в зоне расположения арматуры (при атмосферных осадках)

3.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ОТДЕЛКИ

Отдельных требований к облицовкам на относе и к системам наружного утепления по газобетону не предъявляется. Четкие требования сформулированы только для покрытий, наносимых на газобетон «мокрым способом» и адгезионно связанных с ним. Косвенные требования ко всем видам отделки вытекают из СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» [17], разделы 8 «Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и помещений» и 9 «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций».

Подробный разбор различных видов отделки дан ниже, в соответствующих разделах. Здесь приведены только общие ограничения.

Итак, требования к адгезионно связанной с ячеистым бетоном наружной отделке, формализованные в виде физико-технических характеристик отделочных слоев, изложены в трех документах.

1. СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001 [13]. (табл. 8).

2. СТО 501-52-01 Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть 1. (табл. 8.1)

3. Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения / Ассоциация НААГ. – Белгород, 2010. (табл. 3).

Таблица 3.2

Требования к отделочным покрытиям наружных стен из ячеистобетонных блоков

№	Параметр	Метод определения	Нормируемые значения, единицы измерения
1а	Сопротивление паропроницанию (для отделочных покрытий на основе толстослойных штукатурок), R^e_{vp}	По диффузии насыщенного пара в среду ненасыщенного ($\varphi_n = 55\%$) в стационарных условиях (20±2ºС) согласно ГОСТ 25898-83	$R^e_{vp} \le 0{,}5$ м^2·ч·Па/мг
1б	Сопротивление паропроницанию (для отделочных покрытий на основе тонкослойных штукатурок и отделочных покрытий без штукатурных слоев), R^e_{vp}	По диффузии насыщенного пара в среду ненасыщенного ($\varphi_n = 55\%$) в стационарных условиях (20±2ºС) согласно ГОСТ 25898-83	$R^e_{vp} \le 0{,}2$ м^2·ч·Па/мг
2	Водопоглощение при капиллярном подсосе	По ГОСТ 31356-2007	$w \le 0{,}5$ кг/(м²·ч^{0,5}).
3	Адгезия к ячеистому бетону	Адгезия к основанию по ГОСТ 31356-2007	$R^o_{сц} \ge 0{,}15$ МПа
4	Морозостойкость контактной зоны	Определение морозостойкости контактной зоны согласно ГОСТ 31356-2007	F35
5	Устойчивость к разрыву по трещине в ячеистом бетоне	Растяжение образца с отделкой при раскрывающейся трещине по ГОСТ 31383-2008	Целостность покрытия при раскрытии трещины под ним от 0 до 0,3 мм

Требования всех трех документов сходны, в последнем из них [10] методы определения характеристик приведены со ссылкой на стандартные методы испытаний, поэтому процитирован только он (табл. 3.2).

Нормативные требования. Резюме

Все формализованные требования можно разделить на три группы:
- сопротивление паропроницанию не больше допустимого;
- защита от атмосферной капельной влаги не меньше требуемой;
- долговечность этих качеств.

3.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ОТДЕЛКЕ ТРЕБОВАНИЙ

Основная цель отделки — декоративная. Формализуемых в технические термины физических основ она не имеет, определяется окружающей средой и застройкой, модой, вкусом заказчика.

Основная техническая цель — не ухудшить отделкой условия эксплуатации конструкции, обеспечив воплощение художественного замысла декоратора. Цель достигается выполнением простых технических требований, различающихся в зависимости от типа отделки.

Начальная влажность кладки из ячеистого бетона всегда выше расчетной эксплуатационной. Послеавтоклавная влажность составляет от 25 до 40% от сухой массы бетона. Дополнительное увлажнение кладки может происходить в процессе строительства — влага привносится дождями и мокрыми строительными процессами. Отделочные покрытия не должны препятствовать удалению влаги из конструкций.

Дополнительная техническая цель — улучшить отделкой условия эксплуатации конструкции.

Уже высохшая кладка может вторично увлажняться: косые дожди, брызги в зоне отмостки при неорганизованном водостоке, талый снег и дождь на окрытии козырьков. Предотвратить это вторичное увлажнение может правильно выполненная отделка.

Эта цель также достигается выполнением простых технических требований, зависящих от типа отделки и назначения конструкции.

Конкретные мероприятия, обеспечивающие достижение поставленных целей, рассмотрены в соответствующих разделах.

Физические основы. Резюме

Свежая газобетонная кладка имеет высокую влажность. Отделка не должна препятствовать высыханию кладки. Отделка по возможности должна предотвращать вторичное увлажнение кладки.

Все виды отделки можно разделить на три группы:

- облицовки на относе (листовые и погонажные материалы, закрепляемые к основе механически через направляющие или непосредственно, облицовочная кладка с зазором);

- сплошные связанные с кладкой слои (штукатурки, шпаклевки, краски, пропитки);

- связанные облицовки (приклеиваемые изделия из керамики и камня, плитка, приклеиваемая и наплавляемая гидроизоляция).

Каждый из этих типов отделки может устраиваться не непосредственно по кладке, а по слою утеплителя.

Для каждой из групп предлагаются свои специфические требования и ограничения по областям применения.

3.3. ВЛАГА В ГАЗОБЕТОНЕ

Автоклавный газобетон проходит длительную выдержку в среде насыщенного пара при высоком давлении (10–12 атм). Из автоклава блоки выходят с высоким содержанием влаги, которое составляет около 150 кг/м³ (15% по объему), это соответствует весовой влажности 25% для марки D600, около 35% для марки D400 и почти 50% для марки D300. После непродолжительного охлаждения блоки на большинстве современных заводах устанавливаются на поддоны и упаковываются в термоусадочную пленку (для предотвращения дальнейшего увлажнения атмосферными осадками при хранении на открытых и приобъектных складах), поэтому до момента распаковки поддона и начала строительных работ влажность бетона практически не меняется.

С началом кладочных работ влага может дополнительно привноситься в блоки из раствора или с осадками. Одновременно после начала строительства влага начинает активно уходить из толщи газобетона — обдув способствует интенсивному испарению, капиллярный перенос и диффузия обеспечивают вынос влаги из толщи бетона в поверхностные слои. Скорость удаления из кладки начальной влаги зависит от многих факторов:

- плотность бетона (меньшая плотность = бóльшая паропроницаемость = быстрое высыхание);

- толщина конструкции (из тонких перегородок влага уходит быстрее);

- время года, климат региона строительства, положение конструкции относительно ветра и солнца;

- вид отделки (сопротивление отделочного покрытия влагообмену).

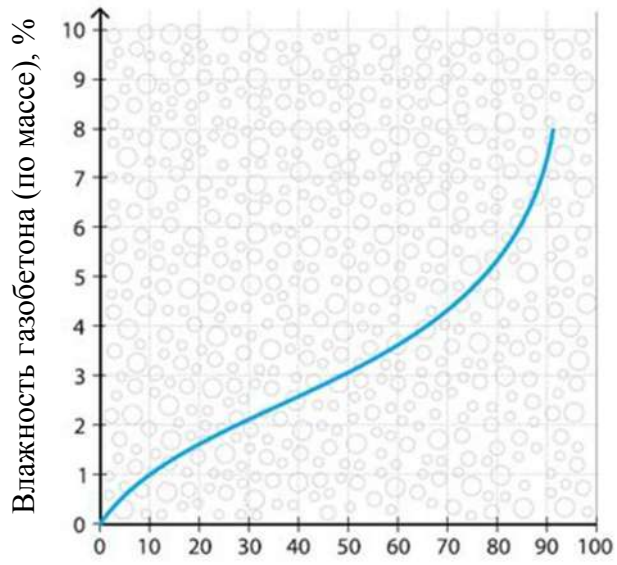


Рис. 7. Обобщенная изотерма сорбции газобетона

Постепенно в конструкции устанавливается равновесный с окружающей средой уровень влажности. Равновесная влажность зависит от сорбционных характеристик материала — определенному уровню влажности воздуха соответствует определенное влагосодержание материала. Обобщенная изотерма сорбции газобетона приведена на рис. 7.

Высыхание газобетона в однослойных конструкциях в климатических условиях С-Петербурга до равновесной влажности происходит за 2–3 года (рис.8).

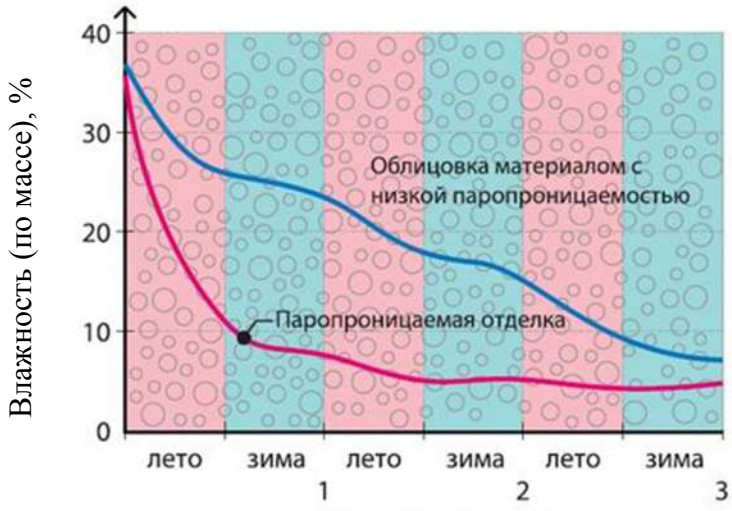


Рис. 8. Высыхание газобетона в однослойных конструкциях

Основное количество воды покидает кладку в первые 2–6 месяцев. Дальше происходит плавный выход на равновесное влагосодержание, которое колеблется вокруг уровня 4–5% по массе в течение года.

Влияние на уровень установившейся влажности оказывают вид отделки и режим эксплуатации конструкции.

4. ОБЛИЦОВКА НА ОТНОСЕ

Наружная отделка стен, представляющая собой слой, отделённый от основной конструкции воздушным промежутком — наиболее благоприятный вид отделки.

Находящийся на относе слой облицовки принимает на себя воздействие солнца, дождей и абразивное действие пыли. Стена за облицовкой защищена так же, как стена остекленной лоджии или как чердачное перекрытие. Она подвергается только воздействию температуры и влажности воздуха и перепадам ветрового и атмосферного давлений. За облицовкой исключены пересушивание поверхности бетона и ее увлажнение до сверхсорбционных значений.

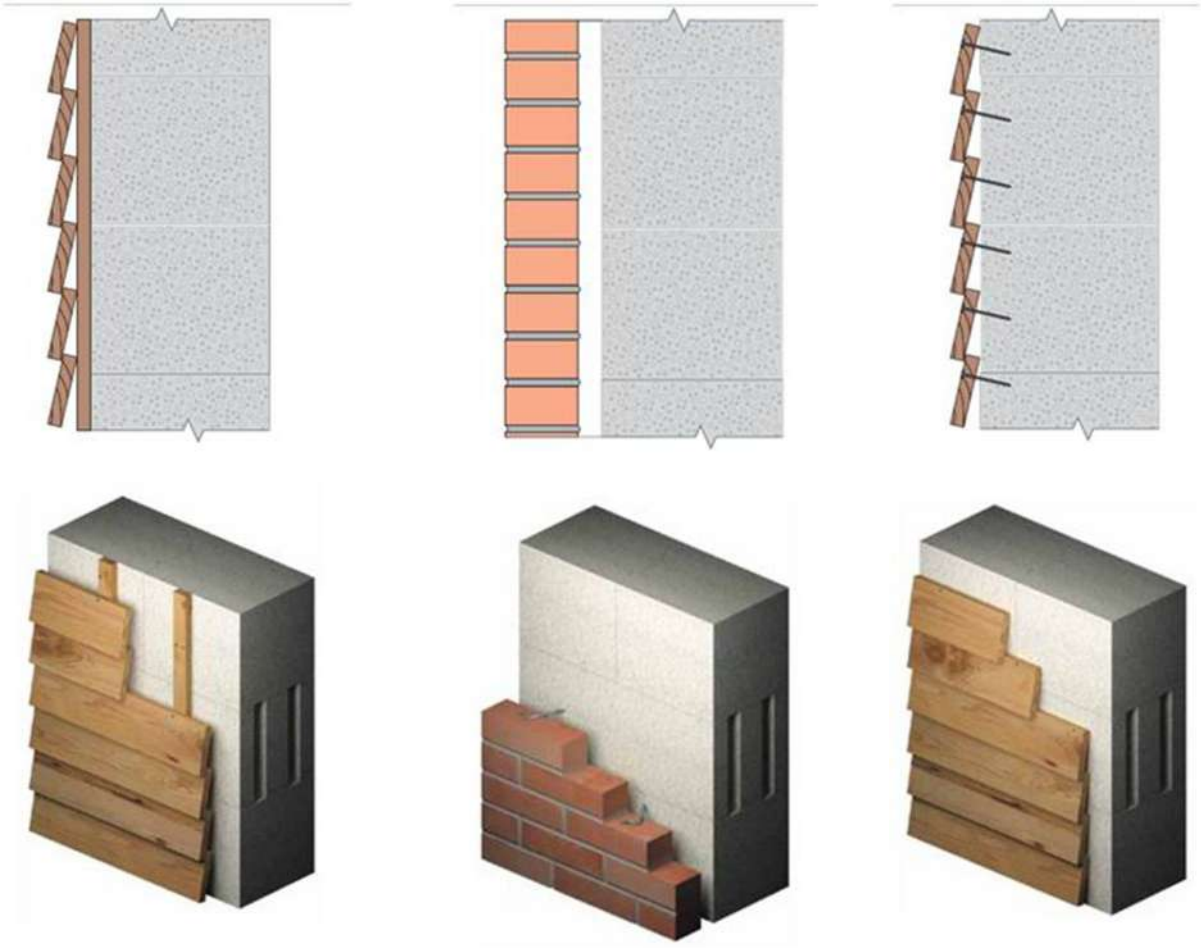


Рис. 9. Облицовка на относе: *а* — крепление облицовочных изделий к направляющим; *б* — облицовка кладкой из штучных материалов; *в* — механическое крепление штучных материалов к кладке

Частные случаи облицовки на относе:

- все виды навесных фасадных систем с креплением лицевого декоративного слоя к направляющим (доски, сайдинг и ламели из любых материалов — дерево, пластик, металл; различные плитки, панели и плиты — керамика, композитные листы, профлист, шифер, ЦСП, СМЛ и т.п.) (рис. 9, *а*);

- облицовка с воздушным зазором кладкой из штучных изделий (кирпич керамический и силикатный, бетонные камни) (рис. 9, *б*);

- механическое крепление штучных изделий непосредственно к кладке (доски внахлест, профлист, сланцевая плитка и черепица, клинкерная плитка на вспененной полимерной основе) (рис. 9, *в*).

4.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБЛИЦОВКАМ НА ОТНОСЕ

Конструктивные требования к облицовке кирпичом достаточно свободны:

Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. [7].

4.5. Для облицовки стен из мелких ячеисто-бетонных блоков применяют керамические лицевые камни и кирпич по ГОСТ 7484-78, а также отборный силикатный кирпич и камни по ГОСТ 379-79 /.../

Крепление облицовки к стенам из ячеистобетонных блоков выполняется при помощи гибких металлических связей с заполнением вертикального шва раствором и на относе (без заполнения вертикального шва раствором) или перевязкой с основной кладкой прокладочными тычковыми рядами.

При выполнении облицовки в качестве гибких связей применяют металлические скобы Ø 4–6 мм, которые устанавливают через 6–8 рядов облицовочного кирпича. Зазор между стеной и облицовкой должен быть от 20 до 30 мм.

Условия назначения зазора не оговариваются — кирпич, приклеенный к кладке раствором, и кирпич на относе описаны как равные.

В СП 23-101 «Проектирование тепловой защиты зданий» [14] приведены конструктивные рекомендации к вентилируемым воздушным прослойкам. Однако прописаны они для применения минераловатных утеплителей в высотном строительстве и призваны обеспечить нулевое сопротивление облицовки паро- и воздухопроницанию. В малоэтажном строительстве и для ячеистого бетона эти рекомендации избыточны.

8.14 При проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой (стены с вентилируемым фасадом) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- воздушная прослойка должна быть толщиной не менее 60 и не более 150 мм и ее следует размещать между наружным слоем и теплоизоляцией; следует предусматривать рассечки воздушного потока по высоте каждые три этажа из перфорированных перегородок; /.../

- наружный слой стены должен иметь вентиляционные отверстия, суммарная площадь которых определяется из расчета 75 см^2 на 20 м^2 площади стен, включая площадь окон;

- нижние (верхние) вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколями (карнизами), причем для нижних отверстий предпочтительно совмещение функций вентиляции и отвода влаги; /.../.

Нормативные требования. Резюме

Рекомендации к устройству облицовки достаточно свободны. Жестких требований нет.

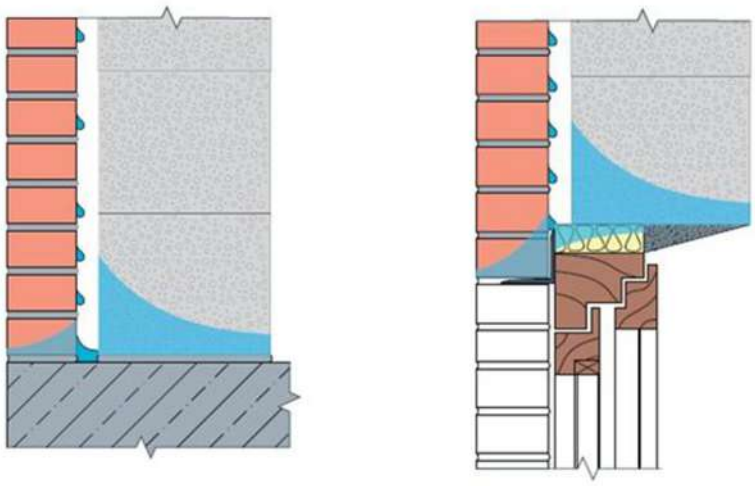
4.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ОБЛИЦОВОЧНЫХ СЛОЕВ

Облицовка на относе (экранная отделка, обшивка, двухслойная кладка) — это способ разделить защитные функции стены между слоями конструкции. Механическую защиту, защиту от атмосферной влаги и от солнечного излучения принимает на себя внешний слой, имеющий возможность независимых от основной стены деформаций. А функции сопротивления теплопередаче, защиты от ветра (контроля воздухопроницаемости) принимает на себя внутренний слой (который в свою очередь также может быть слоистым).

В нормативах (СП 23-101-2004, СТО 00044807-2006 [15], ранее СНиП II-3 [16]) содержатся упоминания замкнутых воздушных прослоек. К ним предъявляются конструктивные требования по габаритам (не более высоты этажа, с расчетной толщиной 10–40 мм), они имеют расчетные термические сопротивления (до 0,2 м^2× °С/Вт). В советские строительные нормы применительно к каменной кладке они попали в 1930-х годах, путем заимствования и перепроверки германского и американского опыта (Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций, 1937 [5]). Теплотехнические характеристики замкнутых прослоек были получены и назначены в период, когда каменная кладка велась на сложных растворах, а квалификация каменщиков позволяла класть рядовые и клинчатые перемычки, своды и арки.

Воздушную прослойку, образованную газобетонной кладкой и облицовкой толщиной в полкирпича, в современных условиях считать замкнутой и включать в теплотехнический расчет не следует. Трещины в узких тычках жесткого раствора и способ обустройства примыканий облицовки в зонах проемов позволяют прослойку между кирпичной облицовкой и основным слоем кладки считать вентилируемой. Даже расчетное сопротивление воздухопроницанию кирпичной кладки толщиной в ½ кирпича в 10–20 раз меньше расчетного сопротивления воздухопроницанию слоя бумажных обоев [14].

В использовании облицовок есть только один не очевидный момент, который следует учитывать при их устройстве — роса, иней или более общим термином, конденсат. Во-первых, конденсат на них образуется столь же свободно, как на отдельно стоящих заборах и экранах, а его количество зависит от свойств материала облицовки. Во-вторых, для облицовок отапливаемых зданий в отопительный период существует дополнительный источник влаги — мигрирующий через стену из-за разницы парциальных давлений пар. Особенно интенсивный поток влаги из стены идет в первые два года — при удалении начальной влажности. Конденсат, образующийся на внутренней поверхности облицовки, стекая, может локально замачивать основную стену в зонах цоколя, перемычек, балконов (рис. 10).



а) *б)*

Рис. 10. Конденсат на внутренней поверхности облицовок.
Зоны потенциального увлажнения: *а* – зона опирания облицовки на цоколь;
б – зона верхней четверти проема

Физические основы. Резюме

Облицовка на относе защищает стену от наиболее агрессивных внешних воздействий и не препятствует высыханию стены. При устройстве облицовки следует учитывать образование конденсата на ее внутренней поверхности.

4.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ ОБЛИЦОВОК

Три типа облицовок:
- навесные облицовки по обрешетке,
- облицовки с непосредственным закреплением к стене,
- облицовочная кладка.

4.3.1. Навесные облицовки по обрешетке

Подоблицовочные направляющие могут крепиться непосредственно к кладке, а могут, как в случае с навесными системами для наружного утепления, устанавливаться через кронштейны.

При выборе комплектных фасадных систем следует инструкции по их монтажу и проработанные технические решения получать у изготовителей.

Для устройства навесных облицовок из неспециализированных материалов можно дать основные рекомендации.

Деревянная обрешетка

В качестве направляющих оптимальны бруски шириной 40 и толщиной 15–40 мм.

При установке брусков обрешетки непосредственно на свежую кладку или при использовании широких (более 60 мм) досок между деревом и газобетоном желательны битумизированные подкладки толщиной 1–3 мм в местах установки крепежа (рис. 11, *а*), поскольку выходящая из кладки начальная влага может способствовать возникновению биоповреждений древесины. Если обрешетка монтируется через месяц по окончании кладочных работ на кладку с подсохшими наружными слоями, прокладки становятся излишними (рис. 11, *б*) — при влажности газобетона 10% и меньше, он наоборот вытягивает влагу из древесины и ускоряет ее высушивание.

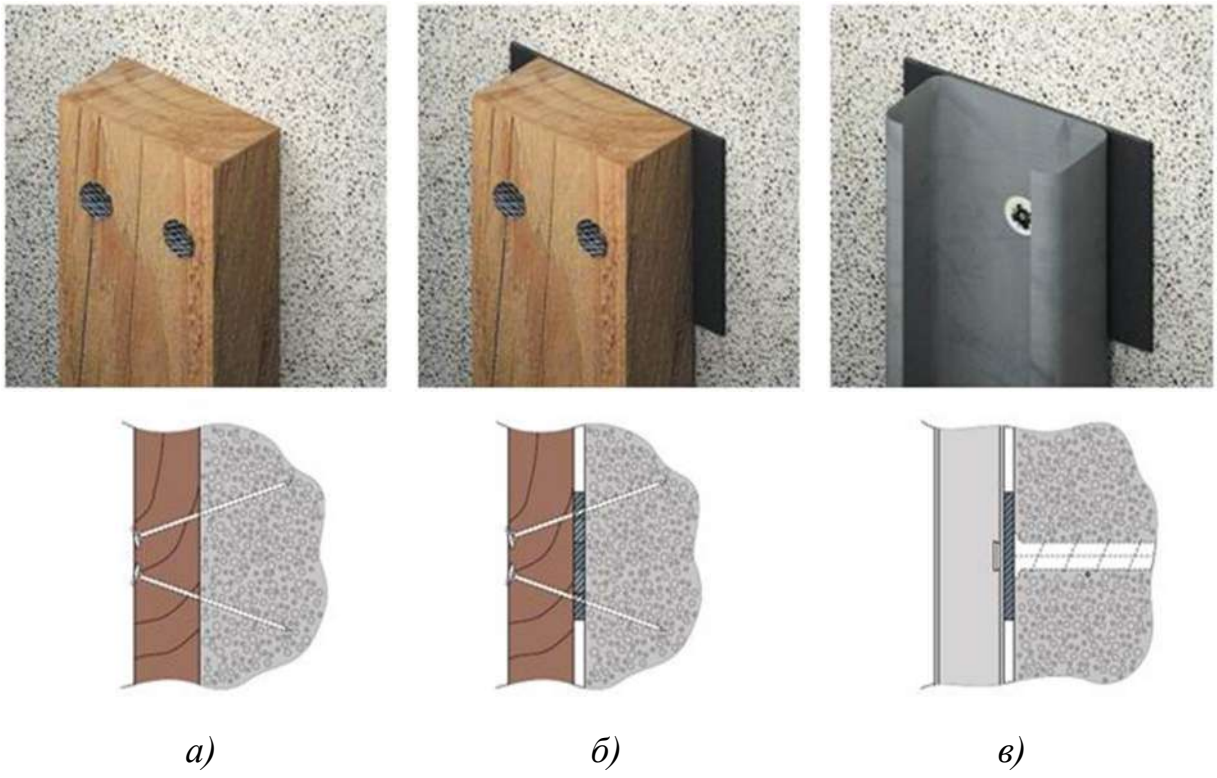


Рис. 11. Установка направляющих: *а* — деревянная обрешетка по подсохшей кладке; *б* — деревянная обрешетка по влажной кладке; *в* — металлическая обрешетка

Обрешетка из металлических профилей

Тонкостенные оцинкованные профили более чувствительны к ошибкам, чем древесина. На поверхности металла чаще образуется и дольше держится капельная влага (древесина поглощает конденсат поверхностными слоями, металл не имеет этого свойства, сказывается также высокая теплопроводность и низкая теплоемкость металла). Такое «сродство к конденсату» требует конструктивных мероприятий, снижающих риск развития коррозии в местах возможного появления и застоя жидкой воды.

Крепление металлических профилей к каменной кладке желательно осуществлять через прокладки толщиной 3–5 мм (рис. 11, *в*). На наружную поверхность металлических профилей перед монтажом облицовки также следует устанавливать гидроизоляцию (нетвердеющие бутилкаучуковые ленты, полосы битумизированных материалов).

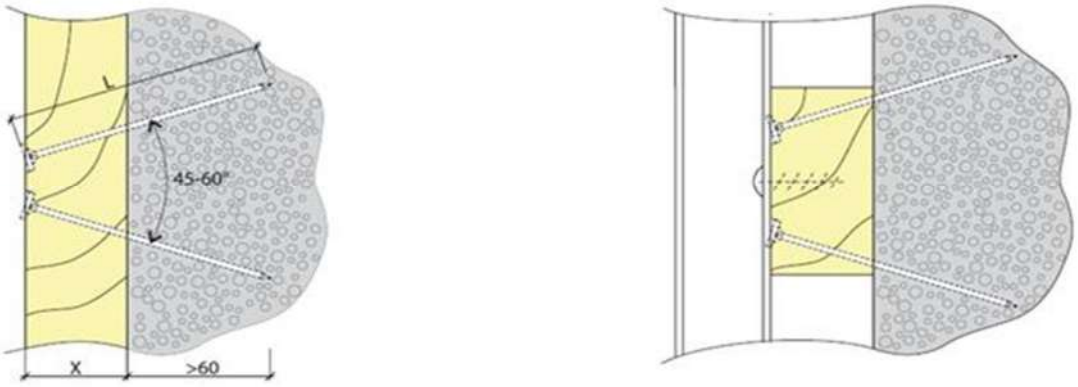
Крепление обрешетки на газобетонную кладку

Шаг обрешетки задается конструктивно, в зависимости от размера закрепляемых элементов облицовки. По умолчанию и для погонажных изделий шаг может быть принят кратным длине блока 600–625 мм. Для крепления тяжелых каменных плит шаг может быть уменьшен по расчету на срез элементов крепежа.

Для деревянной обрешетки оптимально крепление гвоздями. Гвозди длиной 100–150 мм (в зависимости от толщины бруска, веса облицовки и марки бетона) забиваются через брусок в кладку под углом к плоскости около 30°, а друг к другу соответственно под углом 45–60° (рис. 12, *а*). Два гвоздя образуют якорь, в котором начало перемещений по оси одного стержня приводит к возникновению изгибных напряжений в другом и работе бетона на смятие. Такая система обеспечивает сопротивление вырыву более 1 кН и сопротивление срезу более 0,5 кН при марке бетона от D400 и классе от B2.

Для металлических профилей крепление гвоздями неприменимо из-за их геометрии — даже через Z-образный профиль забить два гвоздя под большим углом друг к другу проблематично. Поэтому необходимо либо предварительное гвоздевое крепление на кладку опорных «кронштейнов» — деревянных, фанерных, ОСП или пластиковых пластин (примерно

40×40×10 мм) с последующим креплением направляющего профиля саморезами (рис. 12, *б*), либо использование специализированного крепежа.



а) *б)*

Рис. 12. Гвоздевое крепление обрешетки: *а* — деревянный брусок, набитый на кладку непосредственно; *б* — крепление профиля через опорный брусок

В качестве такого крепежа для навесных элементов в малоэтажном строительстве оптимальны пластиковые дюбели с наружной резьбой, вворачиваемые в предварительно засверленные в газобетоне отверстия. В розничных сетях они представлены марками Сормат КБТ и Фишер ФТП (рис. 13, *а*), а также Фишер ГБ (рис. 13, *б*). Сопротивление вырыву и срезу этих дюбелей достаточно для целей крепления облицовок в малоэтажном строительстве к любому бетону, включая D300.

а)

б)

Рис. 13. Фотографии и схемы из каталога «Фишер. Крепежые системы»: *а* — Фишер ФТП, Сормат КБТ; *б* — Фишер ГБ

4.3.2. Облицовка с непосредственным креплением к стене

Непосредственное крепление облицовочных элементов к стене — это частный случай облицовки на относе (с «нулевой» толщиной направляющих). Такой вид отделки не имеет широкого распространения, но заслуживает нескольких замечаний.

Внимания заслуживают: площадь непосредственного контакта облицовочных элементов с кладкой, коррозионная стойкость и подверженность биологическому повреждению облицовочных элементов (для металлических и деревянных изделий), способ механического крепления, направление стока конденсата.

Рекомендации

1. Для размера площади контактных зон предлагаем следующие конструктивные ограничения:

- общая площадь не более 20% площади укрываемой кладки;

- размер пятна не более 100×100 мм или не шире 50 мм для погонажных элементов.

2. Для металлических элементов в точках крепления использовать шайбы из битумизированных материалов;

3. Механический крепеж по возможности использовать гвоздевой — парными гвоздями с непараллельными осями. В обоснованных случаях использовать дюбели с наружной резьбой или разжимные, анкерящиеся «по форме».

4. Элементы облицовки устанавливать либо вразбежку, с оставлением открытых швов-зазоров, либо с нахлестом по направлению стока воды по кровельному принципу.

4.3.3. Облицовочная кладка

Облицовочная кладка — традиционно один из самых распространенных способов наружной отделки газобетонных стен. В зависимости от региона строительства и от текущей моды предпочтения отдаются лицевому керамическому или силикатному кирпичу, бетонным камням.

Наличие / отсутствие воздушного зазора

Традициями также определяется способ устройства облицовочной кладки — с воздушным зазором или вплотную, с зачеканкой зазора раствором. Выбор способа устройства зазора может сильно влиять на скорость высыхания ячеистого бетона. Влияние вида зазора на зимнее влагонакопление в уже высохшей кладке также может быть заметным.

При выборе вида зазора можно учитывать два фактора: сопротивление облицовки воздухопроницанию и сопротивление паропроницанию.

1. В случае некачественного выполнения вертикальных швов кладка толщиной в один блок продувается. Перепад давления по обе стороны стены и отсутствие раствора в швах ведут к заметной фильтрации воздуха. Поскольку качество заполнения вертикального клеевого шва плохо поддается контролю, а в случае пазогребневого стыка не может быть проконтролировано вообще, обязательным элементом однорядной кладки является внутренняя штукатурка. Расчетные сопротивления воздухопроницанию штукатурок (СП 23-101-2004 табл. 17 [14]) позволяют для обеспечения нормативной воздухопроницаемости стены рассчитывать только на них.

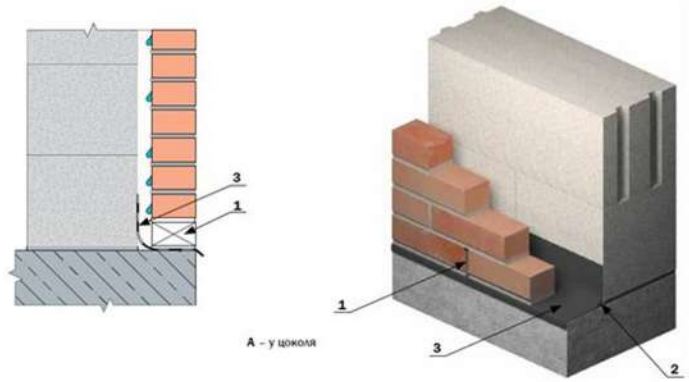
Кирпичная облицовка, выполненная вплотную к газобетонной стене, с заполнением вертикального шва раствором, позволяет считать ее сопротивление воздухопроницанию ненулевым. Однако оно все равно будет на один—два порядка меньше сопротивления воздухопроницанию сплошных штукатурок (1–2 $м^2 \times ч \times Па/кг$ для кладок против 15–400 $м^2 \times ч \times Па/кг$ для штукатурок). Поэтому внутренняя штукатурка ячеистобетонной кладки остается обязательной. Возможная альтернатива штукатурке — плотные обои, облицовка плиткой, сплошные паро- и гидроизоляционные покрытия.

2. Влиянием кирпичной облицовки на влагонакопление наоборот, лучше не пренебрегать. Расчетная величина сопротивления паропроницанию такой облицовки не очень велика (0,5–1,1 $м^2 \times ч \times Па/мг$), но превышает ограничения, предъявляемые к штукатуркам. Также следует учитывать возможность образования конденсата, который при отсутствии обустроенного зазора будет стекать по облицовке и локально замачивать ячеистый бетон, что является аргументом в пользу воздушного зазора.

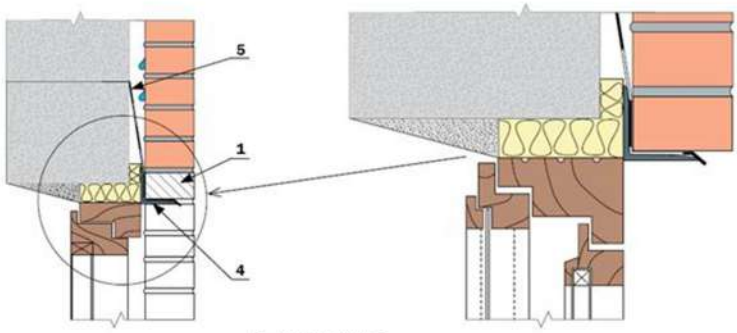
Общая рекомендация по назначению зазора

Для отапливаемых зданий:

- при облицовке кирпичом свежей, еще влажной кладки, зазор обязателен, а мероприятия по отводу конденсата и вентилированию прослойки желательны (рис. 14).

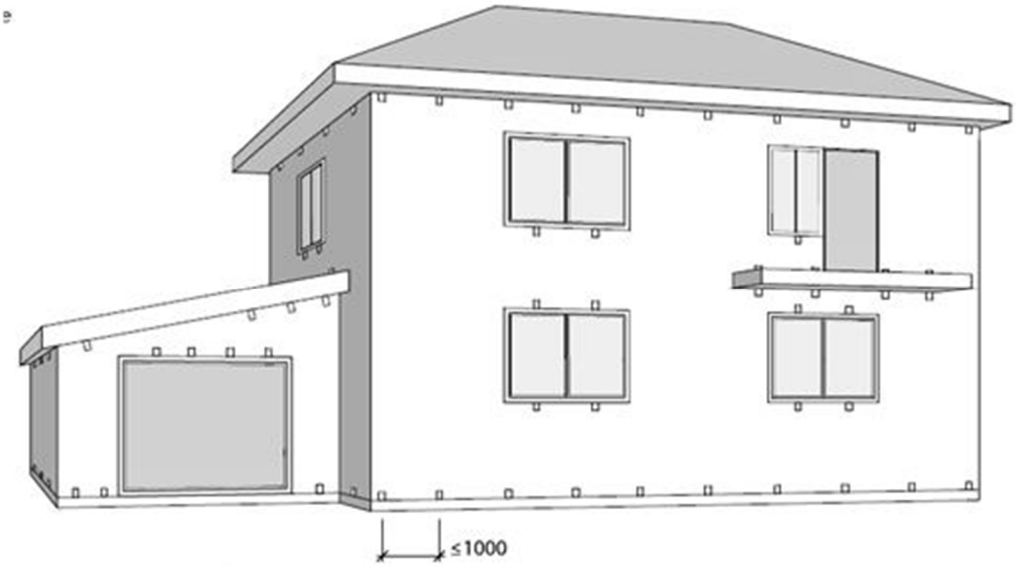


А – у цоколя



Б – над перемычкой,

1 – сливное и вентиляционное отверстие (пустой вертикальный шов, заткнуть путанкой из лески или проволоки);
2 – галтель (выкружка из раствора);
3 – слой гидроизоляции (мастичной) с уклоном к сливному отверстию;
4 – перемычка;
5 – слой гидроизоляции (рулонной).



В – схема расположения вентиляционных и сливных отверстий.

Рис. 14. Меры по отводу конденсата из зоны потенциального увлажнения

- при облицовке кладки, постоявшей год – два, зазор и мероприятия по отводу конденсата желательны.

Для зданий сезонной эксплуатации с периодическим включением отопления ни зазор, ни мероприятия по отводу конденсата не важны. Устраивать их имеет смысл только в расчете на возможное изменение режима эксплуатации на круглогодичный.

Связь облицовочного слоя с основной кладкой

К связям между слоями каменных стен с облицовками СНиП II-22-81* [6] предъявляет конструктивные требования:

6.31. Гибкие связи следует проектировать из коррозионно-стойких сталей или сталей, защищенных от коррозии, а также из полимерных материалов. Суммарная площадь сечения гибких стальных связей должна быть не менее 0,4 см^2 на 1 м^2 поверхности стены. Сечение полимерных связей устанавливается из условия равной прочности стальным связям. /.../ Связи должны устанавливаться с закреплением в несущей стене и облицовочном слое путем отгибов.*

Функция гибких связей сводится к обеспечению устойчивости облицовочного слоя и независимости его температурных и усадочных деформаций. Для сопротивления ветровому давлению и возможным изгибным деформациям тонкой облицовочной кладки в малоэтажном строительстве достаточно условных 100 кгс/м^2.

Конструктивно назначаемая прочность связей, принимаемая из условия соответствия прочности 40 мм^2 проката класса А240С, составляет (40 × 240 ≈ 10 кН) 1000 кгс. Обоснование этой величины отсутствует, однако, поскольку она не противоречит сложившейся практике и может быть косвенно мотивирована соображениями долговечности, ее можно принимать за основу.

Такая прочность обеспечивается следующими видами гибких связей.

- гвозди проволочные (ГОСТ 283) и строительные (ГОСТ 4028):

Ø 4 мм — сечение 12 мм^2, 4 шт./м^2;

Ø 5 мм — сечение 20 мм^2, 2 шт./м^2.

- сетка стекловолоконная штукатурная:

прочность на разрыв по основе 500 Н/5 см — 1 п.м/м^2;

прочность на разрыв по основе 1500 Н/5 см — 0,35 п.м/м^2;

прочность на разрыв по основе 3000 Н/5 см — 0,2 п.м/м^2.

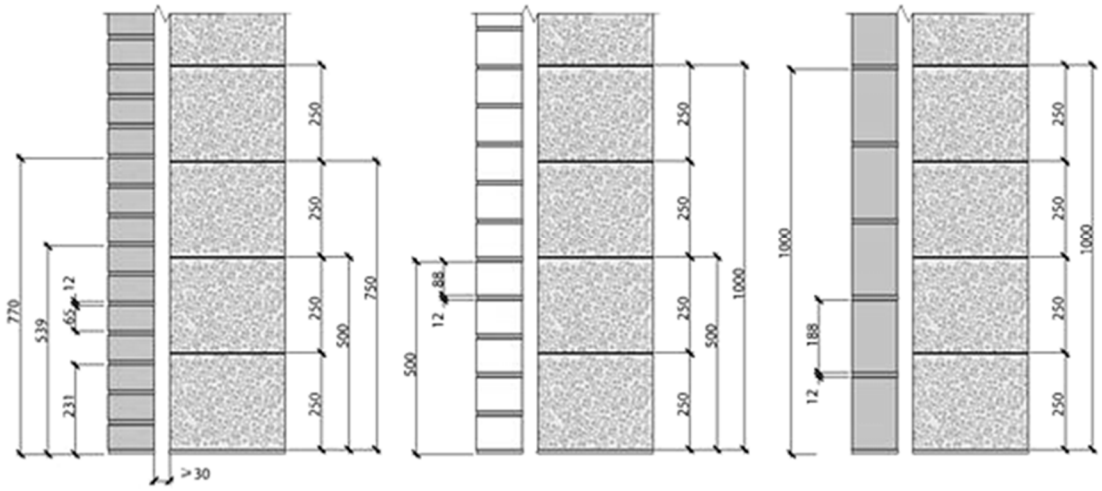
- полоса стальная перфорированная оцинкованная:

сечением 0,55×20 мм — 4 шт./м^2;

сечением 1,0×20 мм — 2 шт./м^2.

Поскольку при малом количестве точек крепления лимитировать надежность связи слоев будет не прочность связей, а прочность закрепления связей в кладке, следует также принять конструктивный минимум удельного количества связей — 4 шт./м^2, а при связи слоев штукатурными сетками — 1 п.м/м^2.

Связи из армированного волокнами (базальтовыми, стеклянными) пластика также могут использоваться для соединения слоев. При их выборе нужно учитывать сложность их монтажа: армированные пластиковые связи не являются забивными, их установка должна осуществляться заведением в шов кладки. Клеевые швы газобетонной кладки и растворные швы кирпичной облицовки не совпадают по высоте (рис. 15), монтаж пластиковых стержней требуют подгонки высоты ряда толщиной растворного шва, что может влиять на внешний вид облицовочной кладки.



а) *б)* *в)*

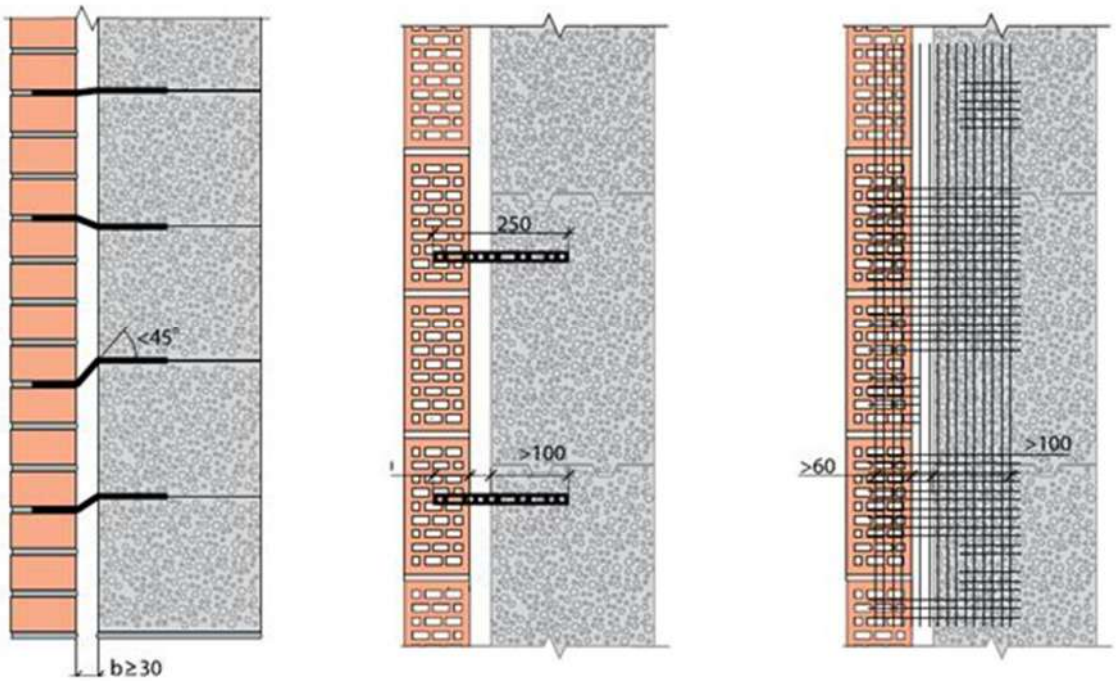
Рис. 15. Двухслойные кладки с облицовками:

а – облицовка одинарным кирпичом, высота ряда 65+12 – 77 мм;

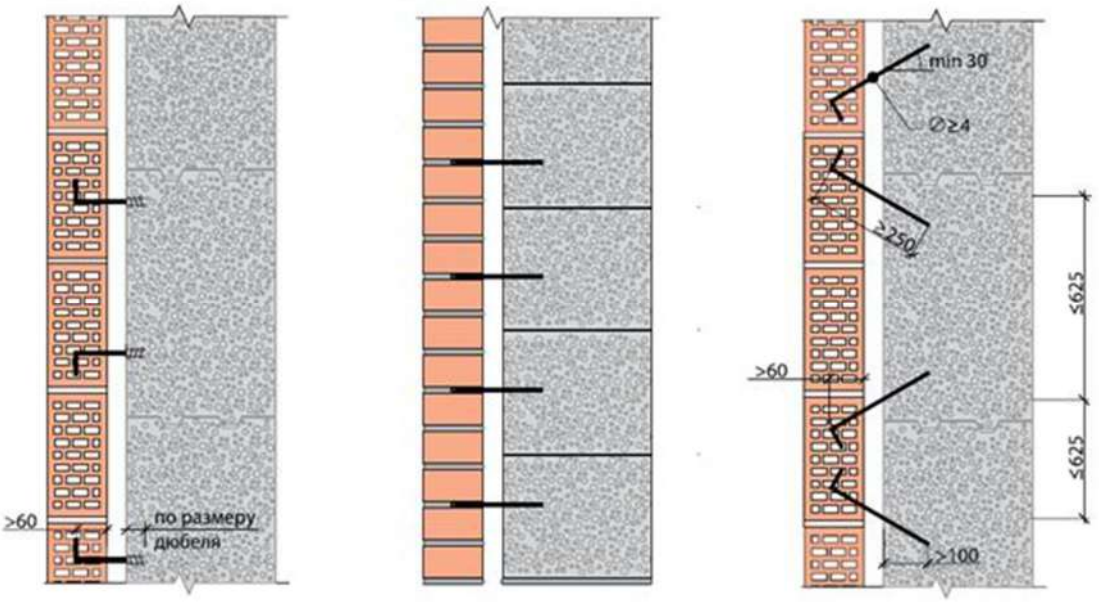
б – облицовка модульным («полуторным») кирпичом, высота ряда 88+12 – 100 мм;

в – облицовка бетонным камнем, высота ряда 188+12 – 100 мм

Стальные связи и стекловолоконные сетки лишены этого недостатка: стальные стержни могут монтироваться забиванием в плоскость уже возведенной кладки, стальные полосы, заложенные в клеевые швы кладки из блоков, могут перегибаться для подгонки к высоте ряда облицовочной кладки (рис. 16). Также могут перегибаться волокнистые сетки.



а)



б)

Рис. 16. Связь облицовочного и основного слоев кладки:
а — связи, монтируемые в процессе возведения кладки: стальная полоса, защищенная от коррозии (нержавеющая сечением от 15×0,5 мм, оцинкованная — от 15×1 мм); сетка из стеклянного волокна (10×10…20×20 мм, кислото- и щелочестойкая); *б* — связи, устанавливаемые при возведении облицовочного слоя: забивные стержни (гвозди) диаметром от 4 мм; дюбели для слоистой кладки с ячеистобетонным слоем.

5. ОТДЕЛОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ, АДГЕЗИОННО СВЯЗАННЫЕ С КЛАДКОЙ

Отделочные покрытия, наносимые на ячеистый бетон мокрым способом (штукатурка, окраска) наиболее универсальны, но в то же время наиболее требовательны к характеристикам применяемых материалов.

Именно штукатурные и окрасочные составы, будучи подобраны без учета нормативных требований (см. п. 3.1) могут стать причиной медленного высыхания кладки или даже зимнего влагонакопления, превышающего годовое испарение. В то же время именно сплошные адгезионно связанные с бетоном покрытия позволяют использовать кладку (без облицовки) в условиях интенсивного увлажнения, а также гарантированно обеспечивают низкую воздухопроницаемость стены.

5.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТДЕЛОЧНЫМ ПОКРЫТИЯМ

Нормативные требования, изложенные в п. 3.1 направлены в первую очередь на нормирование свойств адгезионных покрытий, поскольку к облицовкам применимы лишь косвенно. Сходные между собой требования изложены в трех документах: СН 277-80 [13] (Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона), СТО 501-52-01-2007 [8] (Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть 1) и Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения НААГ [10].

Требования, призванные обеспечить оптимальный влажностный режим ячеистобетонной кладки, формализованы в двух пунктах:

- сопротивление паропроницанию $R^e_{vp} \le 0{,}5\,м^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ (0,2 $м^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ для отделочных покрытий на основе тонкослойных штукатурок и отделочных покрытий без штукатурных слоев);

- водопоглощение при капиллярном подсосе $w \le 0{,}5$ кг/($м^2 \cdot ч^{0,5}$).

Требования, касающиеся надежности обеспечения этих характеристик (адгезия и устойчивость к разрыву по трещине) и их долговечности (морозостойкость) не специфичны для ячеистобетонных стен и универсально применимы к отделочным покрытиям стен из большинства штучных материалов.

5.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТДЕЛОЧНЫХ СЛОЕВ

Повторим здесь тезисы, приведенные применительно к отделке вообще, несколько сместив акценты.

Основная цель отделки — декоративная. В первую очередь ради требуемого внешнего вида стена подвергается нанесению покрытий.

Основная техническая цель — не ухудшить отделкой условия эксплуатации конструкции. Цель достигается низким сопротивлением отделки паропроницанию (основная техническая задача) при малом водопоглощении (задача, решаемая, например, простой гидрофобизацией поверхности).

Начальная влажность кладки из ячеистого бетона всегда выше расчетной эксплуатационной. Послеавтоклавная влажность бетона составляет около 15% по объему. Дополнительное увлажнение кладки может происходить в процессе строительства — влага привносится дождями и мокрыми строительными процессами. Отделочные покрытия не должны препятствовать удалению влаги из конструкций.

Сопротивление паропроницанию слоя отделки конструктивно ограничено величиной 0,2–0,5 $м^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ [10]. Приведем соображения в обоснование этих значений.

СНиП 23-02 [17] в разделе 9 «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» нормирует сопротивление паропроницанию исходя из двух условий: во-первых, в расчете на год в конструкции должно конденсироваться меньше влаги, чем способно испариться. Во-вторых, общее количество конденсирующейся за один сезон влаги не должно превышать нормируемой величины (для газобетона — 6% по массе).

Первое требование в Санкт-Петербурге выполняется при сопротивлении паропроницанию слоя газобетона в два раза большем, чем сопротивление паропроницанию слоя отделки. Второе требование применительно к однослойной стене оказывается еще мягче и выполняется для жилья всегда, когда толщина газобетона D400 составляет хотя бы 250 мм.

Требования к сопротивлению паропроницанию слоя наружной отделки, однако, более жесткие, чем предъявляемые СНиП «Тепловая защита

зданий». Увлажнение кладки конденсатом происходит неравномерно по всей толщине стены. Наиболее увлажняемым в конструкции со сравнительно малопаропроницаемым внешним слоем являются наружная сторона «утеплителя» — основного слоя стены, являющегося хорошим проводником водяного пара. Конденсация локализуется на границе газобетон / наружная отделка. Контактная зона наружной отделки в результате может переувлажняться, что в морозном климате приводит к образованию льда в толще конструкции и постепенному исчерпанию ресурса морозостойкости контактной зоны. Итогом регулярного переувлажнения и замораживания контактной зоны отделки становится нарушение её сцепления с газобетоном и отслоение отделочных слоев от кладки (см. рис. 18).

Требования к ограничению сопротивления паропроницанию слоя наружной отделки направлены не на обеспечение нормируемого влажностного режима всей конструкции, а на выполнение более локального (и оттого более строгого) условия — недопущение переувлажнения конденсатом слоя кладки за отделкой.

Примечание. Конструктивные требования (0,2–0,5 $м^2 \cdot ч \cdot Па/мг$) могут быть уточнены применительно к конкретному региону строительства и характеристикам отделочного покрытия исходя из условия: допустимое приращение массового отношения влаги в слое 20 мм за отделкой — не более 35%.

Дополнительная техническая цель — улучшить отделкой условия эксплуатации конструкции.

Чтобы кладка не увлажнялась вторично, отделочные покрытия должны обладать малым водопоглощением.

Эта цель может достигаться гидрофобизацией (уменьшением смачиваемости): пропиточной по уже нанесенной штукатурке или объемной при приготовлении штукатурного раствора (предпочтительно окрашенного в массе, поскольку окраска гидрофобизированной стены составами на водной основе не применима).

Другие способы минимизации капиллярного водопоглощения покрытия — подбор гранулометрии заполнителей, исключающий образование протяженных капилляров, применение порообразователей и полимерных добавок.

Долговечность

Стойкость штукатурного покрытия на кладке из газобетонных блоков зависит от двух основных факторов: физико-технических свойств штукатурного состава и условий его нанесения.

Физико-технические свойства

В основном – это деформативность. Чтобы граница штукатурка / основа не становилась зоной концентрации напряжений при усадочных и температурных деформациях, деформационные характеристики штукатурки должны быть близки характеристикам ячеистого бетона основы. Общее правило, обеспечивающее надежность штукатурных покрытий каменной кладки, состоит в том, чтобы прочность покрытия была ниже прочности основы. В случае многослойных штукатурок, прочность должна последовательно снижаться от кладки к шпаклевочному слою. Применительно к отделке газобетона, который сам является материалом с невысокой прочностью, это правило не всегда выполнимо.

Низкая прочность финишных слоев не является самоцелью. Желательность низкой прочности обусловлена корреляцией между прочностью материала и его начальным модулем упругости.

Деформация отделочных слоев вызывается внешними факторами: нагрев на солнце, охлаждение при обдуве, увлажнение и высушивание поверхности, — их амплитуда затухает и запаздывает по времени по мере продвижения вглубь стеновой конструкции. Прочный (с высоким модулем упругости) наружный слой, деформируясь, вызывает напряжения в подстилающем слое, не получившем еще внешних воздействий достаточной интенсивности. Использование низкопрочного внешнего слоя вызывает меньшие напряжения штукатурной системы в целом.

Во-вторых, для долговечности штукатурки важна паропроницаемость, которая, как прочность с модулем упругости, в первом приближении коррелирует с плотностью. Низкоплотные штукатурки, как правило, более паропроницаемы.

Морозостойкость контактной зоны тоже обычно коррелирует с низкой плотностью штукатурки.

Условия нанесения штукатурных растворов

Ячеистый бетон — основание с переменными свойствами. В зависимости от текущей влажности сильно меняется его впитывающая способность.

Другие факторы, которые следует учитывать при штукатурных работах:

- возможная запыленность поверхности (развитая система пор и общая шероховатость способствуют пылеудержанию);
- неоднородность поверхности, обусловленная качеством кладочных работ (сколы, пустошовка, потеки клея, наплывы бетона, отслоения).

Физические основы. Резюме

Газобетонная кладка должна иметь возможность беспрепятственного высыхания. Отделочные покрытия должны подбираться с учетом этого требования. Вторая по значимости задача отделочных покрытий — предотвращать вторичное увлажнение кладки. Для обеспечения долговечности покрытия штукатурка должна обладать низким модулем упругости. При ее нанесении должно быть обеспечена однородность основания.

5.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОТДЕЛОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Самый простой и надежный способ получить покрытие, соответствующее предъявляемым требованиям, — воспользоваться специализированными составами и системами, предназначенными для отделки ячеистого бетона. Такие материалы достаточно широко представлены на рынке, часть из них протестирована совместно с производителями автоклавного газобетона. Для применения таких систем разработаны подробные инструкции, а их производители, как правило, предоставляют техническую поддержку.

Для тех случаев, когда по каким-либо причинам отделочные материалы заводского производства не применимы, можно дать общие рекомендации по подбору и приготовлению штукатурных и окрасочных составов.

5.3.1. Гидрофобизация

Гидрофобизация — это придание поверхности кладки свойств несмачиваемости. Такая обработка достаточна для полной защиты кладки от осадков. Паропроницаемость наружных слоев кладки от нанесения гидрофобизирующих составов практически не изменяется, одновременно с тем практически исключается капиллярное водопоглощение поверхностью кладки. Внешний вид кладки от действия гидрофобизаторов также не меняется, поэтому применимость гидрофобизации без дополнительных мероприятий ограничена соображениями эстетики.

Гидрофобизаторы (кремнийорганические жидкости) представлены на рынке как в виде водных эмульсий, так и в виде растворов в неполярных растворителях. Водные эмульсии можно наносить на визуально подсохшую кладку. Растворы на органической основе можно наносить только на кладку с влажностью поверхностных слоев в пределах сорбционной. Это достигается примерно месяцем нахождения наружной поверхности кладки на открытом воздухе, без увлажнения дождями.

5.3.2. Составы покрытий из литературы 1970-80-х гг.

В нормативных и рекомендательных документах 1970–80-х годов по применению ячеистых бетонов приведены составы отделочных покрытий. Помимо рекомендаций по отделке каменными дроблеными материалами или керамической плиткой типа «ириска» документы содержат и рецепты растворов и красок для наружной отделки ячеистого бетона.

Эти рецепты вполне применимы в современных условиях с учетом двух оговорок:

- средняя плотность бетона блоков в годы написания рецептур и вплоть до конца девяностых была 600–700 кг/м^3, марка D500 была редка и рассматривалась как экзотика. Соответственно и штукатурные составы, хоть и объявлялись «легкими» и «паропроницаемыми», предназначены были для обеспечения благоприятного влажностного режима кладки из тех, сравнительно тяжелых по современным меркам, бетонов.

- часть исходных компонентов для приготовления растворов и красок современной промышленностью не выпускается и требует замены на компоненты-аналоги.

Источники рецептов отделочных составов:

- СН 277-80 **Инструкция** по изготовлению изделий из ячеистого бетона — таблицы 9, 10, 11, приложение 3 (табл. 13–17) [13].

- **Рекомендации** по отделке ячеистобетонных стен жилых и промышленных зданий / НИИЖБ Госстроя СССР, М.: 1987 [18].

В наиболее применимом в современных условиях виде составы для выравнивания наружной поверхности ячеистого бетона и рекомендации по их нанесению приведены в **СТО 501-52-01-2007 часть I** «Проектирование и возведения ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации» [8]:

8.11. Отделываемая поверхность должна быть чистой и сухой. Влажность ячеистого бетона в поверхностном слое на глубину 5 мм не должна превышать 8 % (по массе) при отделке красками и составами на органических растворителях и 20 % (по массе) при отделке водоэмульсионными красками.

8.12. На поверхности стен, подлежащих отделке, не должно быть:

- трещин в бетоне, за исключением местных, поверхностных шириной более 0,2 мм;

- жировых и ржавых пятен;

- пыли;

- раковин, выколов, впадин глубиной более 2 мм и диаметром более 5 мм и наплывов;

- задиров высотой более 1,5 мм.

8.13. При наличии на поверхности стен указанных выше дефектов их необходимо устранить. Ремонт отдельных выбоин, околов углов и ребер следует производить сложным раствором с добавлением 50 % -ной дисперсии ПВА в количестве 10 % от массы цемента. Состав раствора в масс. ч. равен 1:0,2:4 (цемент : известь : песок) и вода до подвижности раствора 8 - 10 см по конусу ГОСТ 5802.

8.14. При большом количестве дефектов производят выравнивание поверхности растворами, взаимозаменяемые составы которых приведены в таблице 8.2.

8.15. Компоненты раствора перемешивают в мешалке, загружая их в следующей последовательности: половинное количество воды и дисперсию ПВА перемешивают 2 - 3 мин, затем вводят песок, цемент (или цемент с измельченным газобетоном) и остальную воду затворения. Полученную смесь перемешивают еще 5 мин. Подвижность раствора 8 - 10 см по конусу ГОСТ 5802.

8.16. Выравнивающий слой наносят на поверхность стены, огрунтованную дисперсией ПВА, разведенной водой в соотношении 1:3 (дисперсия : вода) по объему.

Таблица 8.2

Состав раствора для отделки стен

Компоненты	***Составы в масс. ч.***	
	1	***2***
*Портландцемент марки не ниже 300**	*1*	*1*
Измельченный газобетон с удельной поверхностью 80-600 м^2 кг	*-*	*1*
Песок крупностью до 1,2 мм	*3*	*2*
Дисперсия ПВА 50 %-ная пластифицированная	*0,35*	*0,2*
Вода	*0,35*	*0,6*
** Для ускорения твердения раствора рекомендуется ввести глиноземистый цемент в количестве 10 % от массы портландцемента.*		

8.17. Оштукатуривание стен из мелких блоков рекомендуется производить только при кладке стен на растворе, швы которого имеют неодинаковую толщину.

Штукатурные растворы должны быть обязательно поризованными марки по плотности D1500 и менее.

8.18. Поризованные растворы можно приготавливать путем перемешивания цемента и песка в соотношении 1:3 с введением в них порообразующих добавок или путем введения отдельно приготовленной пены.

8.19. Пена приготавливается в смесителях, оснащенных электродрелью с насадкой, путем перемешивания пенообразователя в воде. Пену добавляют в цементно-песчаный раствор до получения растворной смеси D1500.

8.20. Наружную поверхность штукатурки уплотнять и железнить не рекомендуется.

5.3.3. Простая штукатурка

Требования к составу для штукатурки (к характеристикам растворной смеси и затвердевшего раствора) приведены в таблице 2 **Руководства** по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения Ассоциации НААГ [10] (см. табл. 5.1).

Таблица 5.1

Требования к штукатурным составам для наружной отделки ячеистобетонных стен

№	Параметр	Метод определения	Нормируемые значения, единицы измерения
1а	Средняя плотность (для толстослойных* штукатурок)	По ГОСТ 12730.1-84	Не более 1300 кг/куб.м
1б	Средняя плотность (для тонкослойных* штукатурок)	По ГОСТ 12730.1-84	Не более 1600 кг/куб.м
2	Марка по прочности на сжатие	По ГОСТ 10180-90	От М15 до М75**
3	Марка по морозостойкости	По ГОСТ 31356-2007	Не менее F50
4	Водоудерживающая способность (для штукатурок, предназначенных для нанесения без предварительного грунтования)	По ГОСТ 5802-86	≥ 98%

*к толстослойным штукатуркам относятся штукатурки со средней толщиной слоя более 7 мм, к тонкослойным — со средней толщиной 7 мм и менее.

**более высокая прочность допустима для наружного слоя многослойных штукатурных систем.

Все требования, приведенные в табл. 5.1, носят конструктивный характер и направлены на обеспечение нормируемых характеристик конечного покрытия, изложенных в разд. 3.1 (табл. 3.2). Требования косвенные, поэтому при условии обеспечения требований табл. 3.2 могут не выполняться. Строго говоря, табл. 3.2 предъявляет требования к покрытию, а табл. 5.1 рекомендует способы получения итоговых характеристик. Так, в современных конструктивных требованиях по сравнению с предыдущим нормотворческим периодом (1970–80-е годы) рекомендовано снизить плотность раствора вслед за снижением средней плотности выпускаемого бетона.

Обеспечить выполнение этих требований можно штукатурными смесями приобъектного приготовления. Такие составы нельзя рекомендовать к включению в проекты из-за сложности контроля качества и низкой однородности получаемых смесей. Однако для индивидуального применения в малоответственных конструкциях их применение может быть оправдано.

Ремонтная смесь (пригодна для сплошного выравнивания поверхности кладки).

Рецепт 1. Поризованный цементно-песчаный раствор

Цемент М400/песок (мелкий, вплоть до пылеватого) = 1/(2–4). Поскольку пластичность такой смеси не обеспечивает удобоукладываемость штукатурки, в ее состав необходимо ввести пластификатор. А для того, чтобы штукатурка не пересыхала на газобетоне, она должна обладать высокой водоудерживающей способностью. Обе задачи решаются затворением такой смеси мыльным обойным клеем (в условиях индивидуального строительства в качестве пластификатора идеальны бытовые ПАВ: дающие стойкую пену средства для мытья посуды и стиральные порошки, водоудерживающим агентом становятся эфиры целлюлозы: КМЦ — клей для бумажных обоев).

В готовый раствор для снижения его плотности вводится пена, выступающая дополнительным пластификатором. Источники пены — пенообразователи для пожаротушения или производства пенобетона.

Оштукатуренная поверхность после окраски может быть обработана гидрофобизатором.

Рецепт 2. Раствор на основе газобетонной крупки

Цемент М400/газобетонная крупка = 1/(4–6). Затворять сухую смесь раствором 0,5% хозяйственного мыла и 1% обойного клея. Наносить на увлажненное основание. Оштукатуренную поверхность окрасить и гидрофобизировать.

5.3.4. Подготовка поверхности

Требования к поверхности изложены в Руководстве по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения Ассоциации НААГ (на основе требований СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», таблица 34 [19]).

3.1.2. Поверхность кладки, являющаяся основанием под штукатурное покрытие, должна соответствовать требованиям таблицы 1. Отбитости, сколы и выемки на поверхности блоков, превышающие требования таблицы 1 должны быть заполнены кладочной, штукатурной или ремонтной растворной смесью. В случае, когда суммарная площадь заполняемых отбитостей превышает 5% от площади поверхности кладки, предназначенной под отделку, растворная смесь для их заполнения должна соответствовать требованиям таблицы 2 к толстослойным штукатуркам.

Таблица 1

Требования к поверхности кладки, передаваемой под наружную отделку

№ п/п	Проверяемые параметры	Предельные отклонения, мм
1	Отклонения поверхностей и углов кладки от вертикали: - на один этаж - на здание высотой более двух этажей	 5 30
2	Отклонения поверхности от вертикали и по горизонтали (мм на 1 м)	3
3	Отклонения оконных и дверных проемов от вертикали (мм на 1 м)	4
4	Неровности на вертикальной поверхности кладки, обнаруживаемые при накладывании рейки длиной 2 м	5
5	Глубина отбитостей, сколов и выемок блоков на поверхности кладки	10

3.2. Влажность ячеистобетонного основания при нанесении составов на водной основе не нормируется. При нанесении составов на органических растворителях требования к влажности основания должны устанавливаться производителем таких составов.

3.2.1 При нанесении составов с водоудерживающей способностью <98% поверхность кладки рекомендуется предварительно увлажнять до появления на поверхности капельной влаги или грунтовать составами, снижающими впитывающую способность основания.

3.2.2 Неравномерно увлажненные поверхности ячеистобетонной кладки стен (например, при косом дожде) следует оштукатуривать после выравнивания их цвета с цветом неувлажненных участков.

3.3 Клей, выступивший (выдавленный) в процессе кладки из швов, удаляют после схватывания острой частью инструмента каменщика (например, углом зубчатого шпателя. Затирать клей не допускается.

3.4. Остатки затвердевшего клея и выступы на поверхности кладки удаляют механическим путем с помощью рубанка или шлифовальной теркой.

5.3.5. Армирование отделочных слоев

Кладка из штучных материалов под нагрузкой деформируется. Предельные деформации кладки составляют до 2 мм/м. Неравномерные деформации возникают в местах изменения нагрузок и температуры. В кладке из ячеистого бетона неравномерные деформации возможны в местах изменения влажностного режима.

В местах возможных неравномерных деформаций отделочные слои следует армировать. Армирование штукатурки осуществляется штукатурными сетками, изготавливаемыми, как правило, из стекловолокна. Армирование не предотвращает образование трещин штукатурного покрытия. Армирование ограничивает раскрытие трещин и перераспределяет местные напряжения по большей площади.

Места, армирование которых всегда оправдано (рис. 17):

- стык разнородных материалов;
- подоконная зона и зона перемычек;
- углы проемов;
- выступающие и западающие углы кладки (в т.ч. наружные откосы проемов).

Сплошное армирование штукатурки не является необходимым, но желательно при отделке свежей влажной кладки.

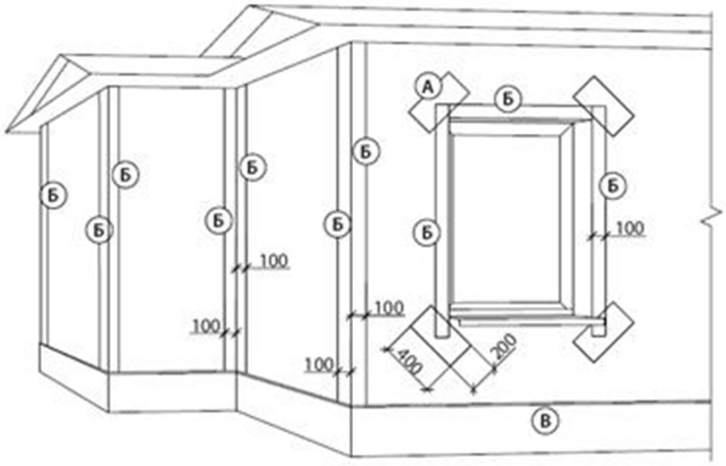


Рис. 17. Схема армирования штукатурки: А — углы проемов. Сетка 200×400 мм; Б — углы кладки, ребра откосов. Угловой профиль и сетка. Нахлест сетки по 100 мм. Ширина полотна 100 + 100 = 200 мм; В — примыкание к цоколю. Цокольный стартовый профиль.

ВАЖНО! При устройстве верхнего откоса оконных и дверных проемов предусмотреть капельник.

а) *б)*

Рис. 18. Нарушение сцепления с газобетоном и отслоение отделочных слоев от кладки: *а* – отрыв штукатурки с высоким сопротивлением влагообмену от влажной кладки; *б* – трещина на штукатурке, затворенной избытком воды

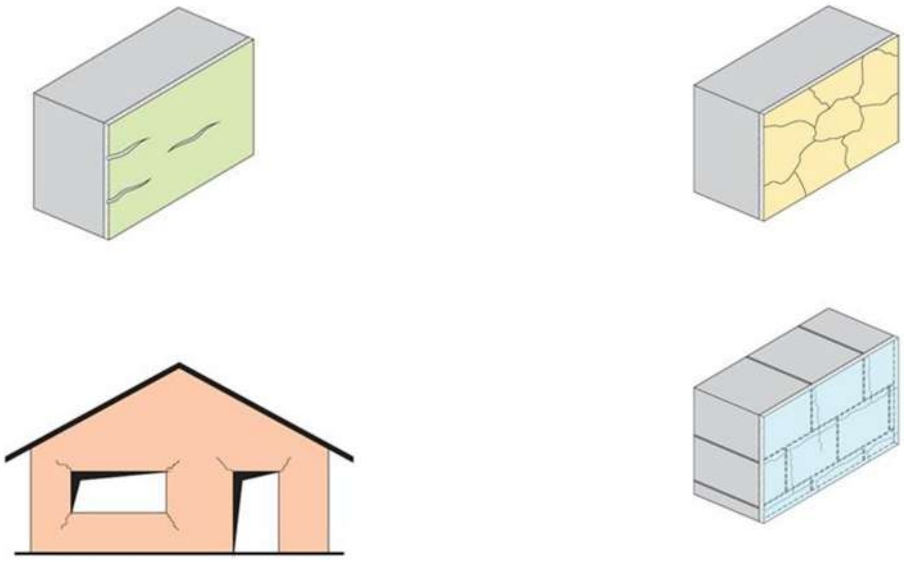


Рис. 19. Основные типы дефектов штукатурки

Рекомендации. Резюме

Получить качественное отделочное покрытие ячеистобетонной кладки можно, воспользовавшись материалами заводской готовности, специально предназначенными для ячеистого бетона, выполняя рекомендации их производителей. Существует принципиальная возможность приготовления отделочных составов в построечных условиях.

Выбор вида отделки, помимо соображений внешнего вида, может диктоваться необходимостью достижения определенных эксплуатационных характеристик. Выбор также должен учитывать качество поверхности передаваемой под отделку кладки.

5.4. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТАХ

Основные ошибки:

- использование штукатурок с низкой паропроницаемостью по свежей кладке (рис. 18, *а*);

- неспецифичные ошибки (универсальные для штукатурок вне зависимости от вида основания) (рис. 18, *б*; 19) — работа штукатурными смесями с избыточным количеством воды (долив воды сверх инструкции для повышения пластичности смеси), нарушение температурного и влажностного режима работ, работа по неоднородному основанию.

6. ОБЛИЦОВКИ, АДГЕЗИОННО СВЯЗАННЫЕ С КЛАДКОЙ

Связанные облицовки — это наклеиваемые на стену керамические и бетонные плитки и плиты из камня, т.е. изделия с низкой паропроницаемостью.

В 1960–80-х в панельном домостроении была распространена наружная отделка ячеистобетонных панелей керамической плиткой и дробленым камнем. В современной практике встречается местная отделка кладки керамической плиткой, плитами натурального и искусственного камня. Частный случай связанной облицовки — облицовочная кладка в полкирпича без воздушного зазора.

6.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СВЯЗАННЫМ ОБЛИЦОВКАМ

К связанным облицовкам не предъявляется специфических требований. Отделка, выполненная в виде связанных облицовок, должна удовлетворять общим требованиям к отделке ячеистобетонной кладки, т.е., в первую очередь, обеспечивать сопротивление паропроницанию, исключающее переувлажнение конструкций.

6.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК

Речь идет об облицовке штучными изделиями: керамической или бетонной плиткой, каменными пластинами. Такая облицовка может рассматриваться как неоднородный слой из материалов с разными свойствами.

Усредненные, приведенные к площади характеристики мозаичного слоя (в отношении как потока тепла, так и потока водяных паров) в первом приближении можно получить арифметически (по формуле 10 СП 23-101 [14]: $R = A/(\Sigma A_i/R_i)$). Т.е. поток паров через слой облицовки равен сумме потоков через плитки и через швы, а удельный поток зависит от соотношения площадей швов и облицовочных элементов: $Q = (\Sigma Q_i/A_i)/A$.

Суммарный поток влаги через облицовку должен обеспечивать высыхание за лето образовашегося зимой конденсата. Но даже при выполне-

нии этого условия зоны, находящиеся непосредственно за наклеенными на кладку элементами, будут намокать в период влагонакопления. В местах локального переувлажнения (в пятне за плиткой) влага может замерзать в капиллярах и порах наружных слоев бетона. По мере исчерпания ресурса морозостойкости будет происходить постепенное разрушение адгезионного слоя — контактной зоны между бетоном и клеем, удерживающим облицовку на поверхности.

6.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ СВЯЗАННЫХ ОБЛИЦОВОК

Общие рекомендации по применению облицовочных плиток для наружной отделки газобетона были даны в 1970-х годах — для заводской отделки панелей. По СН 277-80 [13], например, площадь швов между плитками должна составлять 25–34% от общей площади облицовки (таблица 7). Применительно к облицовочной плитке формата стандартного кирпича это означает толщину швов между плитками 17–20 мм.

То есть при облицовке постоянно отапливаемых зданий изделиями с низкой паропроницаемостью (паропроницаемость клинкера близка к паропроницаемости стекла, т.е. к нулю) необходимо обеспечить выход влаги из толщи стены через швы между элементами облицовки. Такая кладка обменивается влагой с окружающей средой только по швам, поэтому исполнение и площадь швов важны для долговечности отделки.

Высыхание через швы актуально не для всех облицовочных изделий. Действительно, низкая паропроницаемость у клинкерной и керамической плитки, стеклянных и металлических пластин, метаморфических и магматических горных пород (мрамора и гранита), полимербетона — именно для них важны площадь и качество исполнения швов между элементами облицовки.

При облицовке кладки плитками из известняка или мелкозернистого бетона острота проблемы снижается, поскольку их паропроницаемость близка к паропроницаемости обычного строительного раствора (СП 23-101-2004 [14], Приложение Д, строки 227–229, 232–234). При малой толщине плиток их расчетные сопротивления паропроницанию получаются сопоставимыми с сопротивлениями штукатурок. Поэтому рекомендации те

же, что и при выборе материалов для мокрой отделки: обеспечить общее невысокое сопротивление паропроницанию отделки, приступать к отделке такими материалами только после удаления из кладки основного количества начальной влаги (обычно через год по окончании строительства), — подробней об этом в разделе *Наружное утепление*.

Контактная зона между наклееной плиткой и стеной в морозном климате постепенно теряет прочность, поэтому полезно армировать клеевой слой сетками — местное нарушение сцепления клея со стеной в этом случае не приведет к выпадению плиток с ее поверхности.

При облицовке керамическим или силикатным кирпичом значения сопротивления паропроницанию облицовок превышают рекомендуемые 0,5 $м^2$·ч·Па/мг, поэтому следует выполнять рекомендации к *п. 4.3.3 Облицовочная кладка* или выполнить проверочный расчет увлаженения конденсатом зоны анкеровки связей облицовочного слоя с основной кладкой (см. Примечание к п. 5.2).

Рекомендации. Резюме

1. Облицовка керамической, клинкерной, гранитной и мраморной плиткой — необходимо обеспечить выход влаги через швы. Площадь швов не менее 25% площади стен.
2. Облицовка каменными плитами из осадочных пород или мелкозернистого бетона — необходим проверочный расчет конструкции на переувлажнение. Толщина слоя отделки должна обеспечивать сопротивление паропроницанию слоя облицовки не более 0,5 $м^2$·ч·Па/мг.
3. Монтаж связанных облицовок следует проводить на следующий сезон после проведения кладочных работ — после удаления из кладки основного количества начальной влаги.
4. Во всех случаях наклеивать облицовочные элементы на кладку следует через армирующую сетку.
5. При облицовке кладкой из штучных материалов следовать рекомендациям к п. 4.3.3.

7. НАРУЖНОЕ УТЕПЛЕНИЕ

Кладка из ячеистобетонных блоков с тонким швом из бетона марок по плотности D500 и ниже, обладает низкой теплопроводностью. Низкая теплопроводность (до 0,15 Вт/м×°С [20]) позволяет получить высокое сопротивление теплопередаче при разумной толщине конструкции. Однослойная кладка толщиной до полуметра позволяет удовлетворять требованиям тепловой защиты к наружным ограждениям жилых зданий практически во всех регионах России.

В некоторых случаях, однако, в силу разных причин, в строительстве оправдано применение конструкций, в которых по кладке из ячеистого бетона устанавливается слой дополнительной теплоизоляции.

Примеры ситуаций, в которых применение наружного утепления целесообразно:

- кладка из блоков высокой плотности;

- заполнение ячеистым бетоном несущих каркасов зданий с выходящими на фасад колоннами / стенами и торцами межэтажных перекрытий;

- исправление ошибок, допущенных при проектировании и строительстве: толстые растворные швы, железобетонные пояса на всю ширину стены, высокотеплопроводные участки в местах сопряжения кладки с цоколем, перекрытиями, конструкциями крыши.

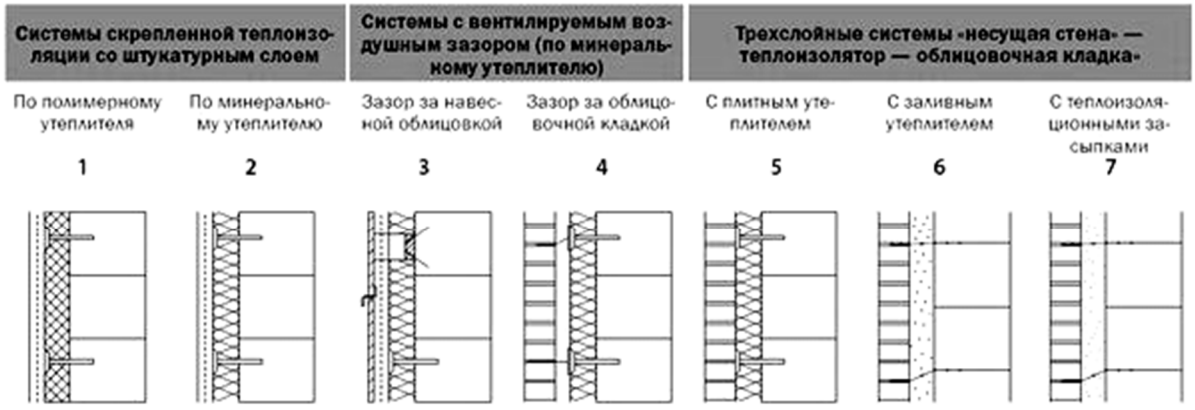


Рис. 20. Системы теплоизоляции

На системы теплоизоляции можно посмотреть как на разновидность отделочных покрытий и оценить их влияние на влажностный (основной с точки зрения требований к отделке) режим стен.

Классификация систем теплоизоляции приведена на рис. 20. Каждая из систем имеет свои особенности, которые можно кратко охарактеризовать.

7.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ НАРУЖНОГО УТЕПЛЕНИЯ ПО КЛАДКЕ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Специальных конструктивных требований к системам теплоизоляции по кладке из газобетона не предъявляется. Конструкция стены проверяется на соответствие требованиям СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» в части сопротивления теплопередаче и защиты от переувлажнения.

7.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ НАРУЖНОГО УТЕПЛЕНИЯ

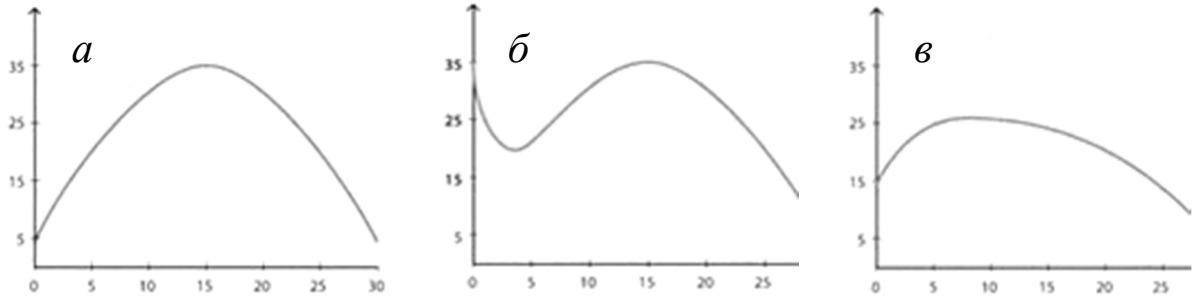
Системы наружной теплоизоляции в рассматриваемом аспекте — частный случай наружной отделки. Требования к такой отделке и основы ее функционирования на газобетонной стене разобраны выше, в разделах *4 Облицовка* и *5 Мокрая отделка*.

При рассмотрении систем наружного утепления газобетонной кладки следует учитывать их особенности. Так, для систем с плитными полимерными утеплителями с низкой паропроницаемостью необходима проверка возможности высыхания конструкции до расчетной влажности. В системах с использованием минераловатных плит в качестве основы для штукатурки следует учитывать высокую паропроницаемость плит при относительно низкой у штукатурного слоя. Следует также учитывать, что основа для слоя теплоизоляции в первые годы является не слоем,

сопротивляющимся проникновению паров из помещения в сторону улицы, а самостоятельным источником поступления влаги.

Здесь мы покажем работу наружного утепления с точки зрения влажностного режима конструкции в начальный период ее эксплуатации (до установления расчетных значений влажности) и потом, при высыхании стен и установлении в конструкции режима сезонных колебаний влажности.

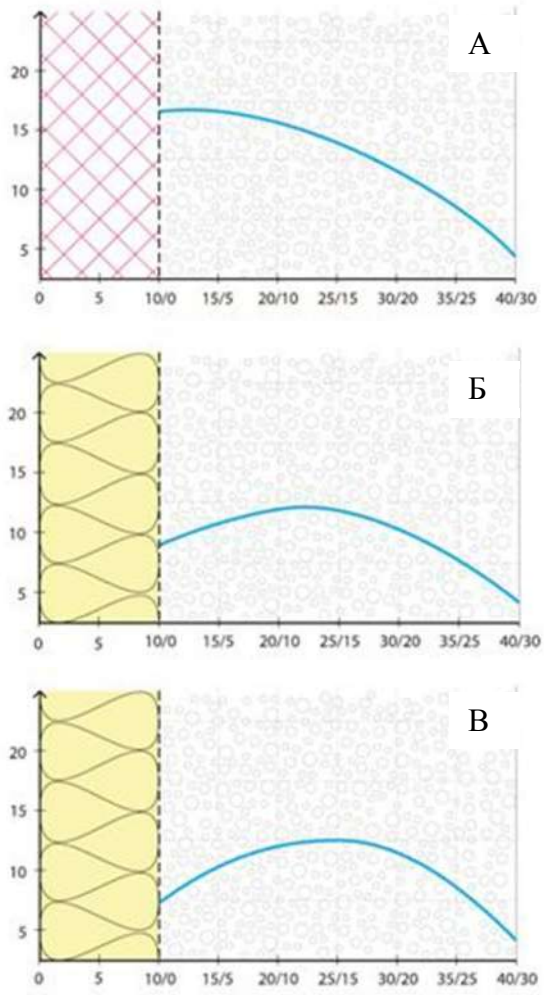
В свежей кладке, постоявшей без отделки 1–2 месяца, влажность распределяется, убывая от максимальной в центре до незначительной в наружных слоях (рис. 21, *а*). Оштукатуривание приводит сначала к намоканию внешнего слоя (рис. 21, *б*), а потом отражается на скорости высыхания. В кладке, оштукатуренной с одной стороны, влажность распределяется с некоторой ассиметрией, вызванной тормозящим действием штукатурки на выход влаги из стены (рис. 21, *в*).



По оси абсцисс — расстояние от наружной поверхности кладки, см;
По оси ординат — массовая влажность кладки, %

Рис. 21. Распределение влаги по толщине стены:
а — стена здания с незакрытым контуром через месяц после кладочных работ;
б — стена после нанесения штукатурки;
в — стена через месяц после штукатурных работ

Установка на поверхность кладки теплоизоляционного материала также оказывает влияние на скорость удаления из кладки начальной влаги. Графики распределения влаги по толщине утепленной стены неотапливаемого дома хорошо показывают это влияние (рис. 22).



По оси абсцисс — расстояние от наружной поверхности кладки, см;
По оси ординат — массовая влажность кладки, %

Рис. 22. Распределение влаги по толщине утепленной стены.
Стена здания с незакрытым контуром через четыре месяца
после кладочных работ:
А — штукатурка по пенополистиролу;
Б — штукатурка по минвате;
В — вентфасад по минвате

Распределение влаги по толщине стены изменяется, когда кладка с высокой влажностью начинает эксплуатироваться в качестве ограждения отапливаемого помещения (рис. 23).

Заштрихованная область — зона, в которой влажность газобетона выше сорбционной, зона возможной конденсации.

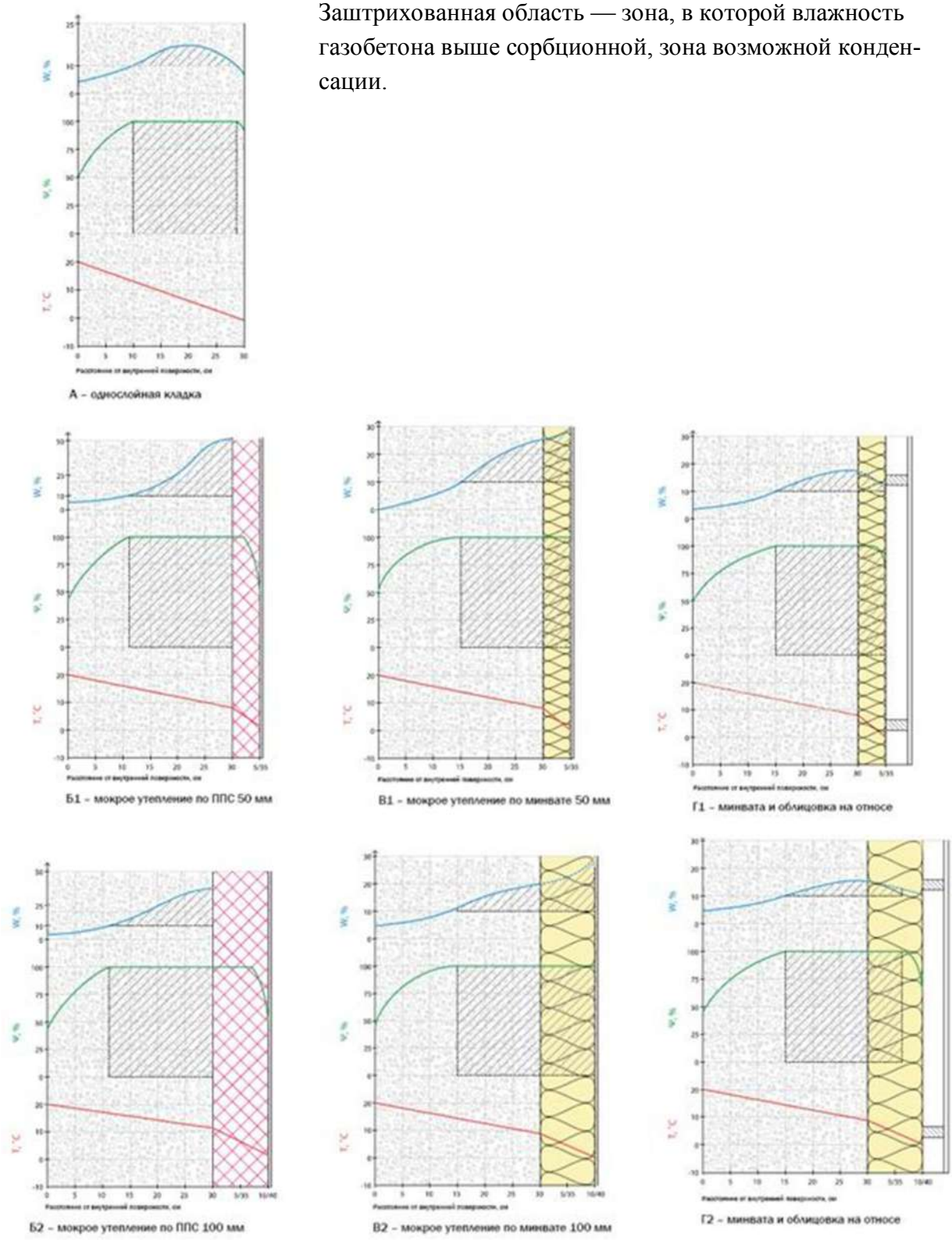


Рис. 23. Распределение влаги, температуры и влажности воздуха в порах материала по толщине стены в первый отопительный сезон. Начальная влажность газобетона — 100 кг/м³

Движение влаги в толще стены происходит под действием градиентов нескольких факторов. Основные описанные механизмы переноса влаги:

- диффузия и термодиффузия водяного пара;

- течение смачивающих пленок;

- течение жидкости в порах;

- фильтрация жидкой влаги;

- прямой и обратный капиллярный перенос;

- капиллярный термоосмос;

- термокапиллярное течение.

Температурный перепад, возникающий по обе стороны стены, ограждающей отапливаемое помещение, запускает механизмы, основанные на градиенте температур и связанном с ним градиенте парциальных давлений водяного пара. Высокое парциальное давление пара в теплом воздухе отапливаемого помещения запускает сквозную диффузию пара через стену из помещения на улицу. В результате распределение влаги по толще стены становится еще менее симметричным: не меняя средней влажности стены, вода из внутренних теплых слоев перемещается в сторону холодной улицы. В наружных слоях газобетона и теплоизоляции влага конденсируется, вызывая их переувлажнение.

Характер увлажнения стены зависит от ее конструктивного решения. Наружное утепление тонкими слоями пенополистирола приводит к переувлажнению поверхностных слоев газобетона, которые оказываются в зоне стабильно отрицательных температур. Минвата со слоем наружной штукатурки сама становится увлажняемым слоем с влагоемкостью практически равной ее объему — слой толщиной 50 мм способен сконденсировать в себе за зиму до 50 л воды на 1 м^2. Т.е. осушить газобетонный слой ценой собственного переувлажнения. Облицовка на относе значительно снижает количество воды, остающейся в слое минваты, но не сводит его к нулю.

Через 1–3 года, когда влажность газобетонного слоя конструкций снижается до близких к равновесным значений, распределение влаги по толщине стены становится более равномерным, а зоны возможной конденсации уменьшаются (рис. 24).

Заштрихованные области — зона возможной конденсации (при расчете по средней температуре отопительного периода в Санкт-Петербурге)

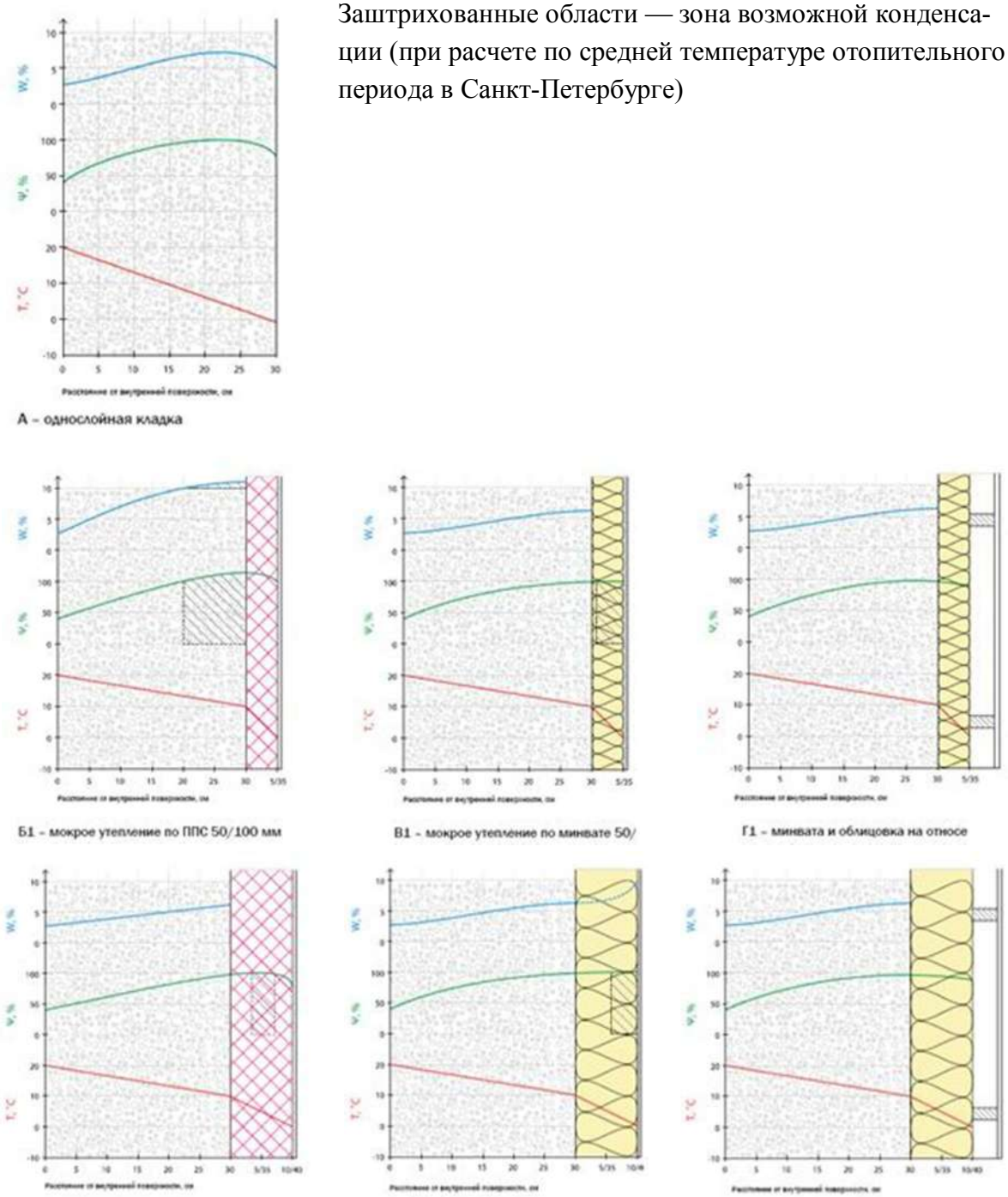


Рис. 24. Распределение влаги, температуры и влажности воздуха в порах материала по толщине стены в отопительный период.
Влажность кладки установившаяся равновесная

Физические основы. Резюме

1. Характеристики наружного утепления (толщина, паропроницаемость) влияют на влажность газобетонной кладки и всей стены в целом. Начальная влага, содержащаяся в газобетоне, является источником увлажнения утеплителей в первые отопительные сезоны.
2. Тонкие слои полимерной теплоизоляции приводят к вторичному увлажнению стен конденсирующейся влагой — за тонким слоем теплоизоляции происходит конденсация в зоне стабильно отрицательных температур.
3. Минвата со штукатуркой поверх мокрой кладки при запуске отопления становится конденсатором водяных паров и переувлажняется.
4. Минвата с экранной отделкой не подвержена значительному увлажнению.
5. Влажностное состояние средних слоев трехслойных конструкций основано на тех же закономерностях.

7.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ И МОНТАЖУ СИСТЕМ НАРУЖНОГО УТЕПЛЕНИЯ

Выбор и назначение систем наружного утепления является источником большого количества ошибок, приводящих к неоптимальному использованию применяемых материалов. Часть ошибок ведет к снижению долговечности конструкций, часть увеличивает теплопотери.

Возникают ошибки, как правило, из-за того, что не все характеристики входящих в состав конструкции материалов правильно учитываются при выборе конструктивных решений. Нет четкого общепринятого понимания правильной технологической последовательности операций.

7.3.1. Системы скрепленной теплоизоляции со штукатурным слоем

Системы скрепленной теплоизоляции со штукатурным слоем по полимерному утеплителю

Паропроницаемость плитных вспененных полимеров, как правило, сравнительно невысока. Паропроницаемость беспрессового фасадного пе-

нополистирола составляет около 0,02 мг/(м×ч×Па), экструдированного еще меньше — около 0,005 мг/(м×ч×Па). Сходные показатели у пенополиуретана [14].

Эти полимеры формируют на наружной поверхности стены слой с паропроницаемостью в 5–40 раз меньшей, чем у газобетонной кладки. В результате плотность потока водяных паров на границе газобетон / пенопласт резко падает. При понижении температуры за утеплителем до значений ниже температуры точки росы, в толще газобетона начинается конденсация водяных паров. При понижении температуры ниже точки замерзания капиллярной влаги (–1…–2,5 °С в зависимости от радиуса пор и ионного состава жидкости) в кладке за отделкой начинается образование льда.

Тонкие слои полимерных утеплителей слабо влияют на температуру в наружном слое газобетона, но заметно снижают выход влаги и способствуют интенсивному увлажнению кладки за утеплителем.

По сути, тонкие слои полимеров работают не как утеплители, а как увлажняющие кладку компрессы. В итоге может создаться ситуация, при которой увлажнение кладки приведет к росту ее теплопроводности, а тонкий слой полимера не снизит увеличившийся тепловой поток до начальных (без утеплителя) значений.

Толщина утеплителя, при которой увлажненная кладка не будет замораживаться, и толщина, при которой влагонакопление в кладке не будет происходить, являются расчетными.

Отсутствие устойчивой конденсации в кладке будет обеспечено при условии, что за слоем теплоизолятора средняя за период влагонакопления температура выше, чем температура точки росы в этой зоне.

Пример

Регион строительства: Санкт-Петербург. Средняя температура периода влагонакопления: –4,96 °С.

Основа: кладка из D500, 300 мм, $\lambda_{кладки}$ = 0,15 Вт/(м×°С), μ = 0,20 мг/(м×ч×Па).

Утеплитель: ПСБ-С-25Ф, Х мм, $\lambda_{утепл}$ = 0,04 Вт/(м×°С), μ = 0,02 мг/(м×ч×Па). Влиянием теплопроводных элементов (тарельчатые дюбели) пренебрегаем.

Параметры внутреннего микроклимата: T_{int} = 20 °С, ψ = 55% (возьмем для наглядности максимальное значение, принятое для расчета возможности конденсации на внутренней поверхности стен, как более наглядное, чем реальные 25–40%).

Сопротивление паропроницанию слоя теплоизолятора возьмем из расчета толщины 100 мм. $\Omega_{ут}$ = 0,1/0,02 = 5,0 м²×ч×Па/мг. Сопротивление паропроницанию слоя газобетона $\Omega_{гб}$ = 0,3/0,2 = 1,5 м²×ч×Па/мг.

Давление водяных паров на границе газобетон/утеплитель $e_{нпг} = e_{int} – (e_{int} – e_{ext})×[\Omega_{гб}/(\Omega_{гб} + \Omega_{ут})] = 1286 – (1286 – 293)×1,5/(1,5 + 5,0) = 1057$ Па

Соответствующая ему температура насыщения и конденсации T_{cond} = 7,7 °С.

Такая температура на наружной поверхности газобетона будет при условии, что термическое сопротивление слоя утеплителя составит не менее $1 – (t_{int} – t_{нпг})/(t_{int} – t_{ext}) = 1 – (20–7,7)/(20–(–4,96)) \approx 0,5$ от общего термического сопротивления конструкции. $R_{ут} \geq 0,5×R_0$. В нашем случае это составляет около 2,0 м²/(Вт×°С), т.е. не менее 80 мм.

Полное отсутствие конденсации не является обязательным условием. Поэтому получаемое таким оценочным расчетом значение можно принимать за основу при назначении минимальной толщины слоя полимерной теплоизоляции.

Полученное в рассмотренном примере значение (на долю утеплителя должно приходиться не менее половины общего термического сопротивления конструкции) достаточно универсально. Его можно применять практически на всей европейской территории России для практически всех типов полимерных утеплителей. При возникновении потребности применить слой полимерного утеплителя с меньшей долей термического сопротивления, необходим проверочный расчет такой конструкции на защищенность от переувлажнения по методике СНиП 23-02.

Рекомендация. Наружное утепление материалами с низкой паропроницаемостью в общем случае должно обеспечивать не менее [0,5×R_0] половины термического сопротивления конструкции**.**

Системы скрепленной теплоизоляции со штукатурным слоем по минераловатному утеплителю

При выборе таких штукатурных систем необходимо обращать внимание на их влажностный режим (на сопротивление паропроницанию всех слоев многослойной системы, на расчетное влагонакопление в слое наружной теплоизоляции). В некоторых случаях, особенно когда основанием для минваты служат сравнительно тонкие (150–250 мм) слои низкоплотного бетона, расчет показывает необходимость отдельного пароизоляционного слоя — между минватой и кладкой или на внутренней поверхности кладки. Поскольку минвата с тонким штукатурным слоем, как правило, не препятствует высыханию кладки наружу, обладая невысоким (в пределах 0,3–0,5 м²×ч×Па/мг) сопротивлением паропроницанию, пароизоляционные слои имеет смысл наносить на внутреннюю поверхность кладки — в виде штукатурок, полимерных шпаклевок, наклеиваемых листовых и рулонных материалов.

Толщина слоя минваты не оказывает существенного влияния на влажностный режим газобетонной основы стены, поскольку не задерживает выход паров из конструкции. Поэтому минимальных требований к толщине слоя минваты не предъявляется.

Для теплоизоляции со штукатурным слоем по минеральной вате существует другое ограничение. Поскольку выходящая из кладки в первые один–два года начальная влага встречает на наружной поверхности минваты слой с относительно низкой паропроницаемостью, высока вероятность переувлажнения утеплителя. Такая возможность требует выполнения одного из двух условий: либо сам утеплитель не должен терять своих свойств при намокании / высушивании, либо слой пароизоляции на наружной стороне кладки должен препятствовать увлажнению утеплителя. Тогда, при наличии пароизоляции между кладкой и минватой, становится оправданным выполнение условия, действующего в отношении полимерных малопроницаемых для паров утеплителей, — на долю термического сопротивления утеплителя должно приходиться не менее 50% суммарного термического сопротивления конструкции.

Итак, при запуске системы отопления ранее, чем через год по окончании кладочных работ, необходимо выполнение одного из двух условий:

либо не разрушающийся при намокании утеплитель, либо пароизоляция между кладкой и наружным утеплителем при условии, что на долю утеплителя приходится не менее половины термического сопротивления конструкции.

7.3.2. Системы с вентилируемым воздушным зазором

Наличие вентилируемого воздушного зазора исключает применение горючих утеплителей. За воздушным зазором могут находиться только минеральные утеплители, поверх некоторых из них необходима ветрозащитная пленка.

Никаких дополнительных ограничений на применение систем с воздушным зазором нет. Система универсально применима при любой толщине теплоизоляции (при условии ее паропроницаемости не меньшей, чем у материала основной кладки).

7.3.3. Трехслойные системы «несущая стена — теплоизолятор — облицовочная кладка»

Трехслойные конструкции могут быть классифицированы по виду утеплителя:

- с плитным утеплителем;
- с заливным утеплителем;
- с теплоизоляционными засыпками.

Каждая из конструкций заслуживает краткой характеристики с обращением внимания на возможные ошибки.

Трехслойная стена с плитным утеплителем

Такие конструкции запрещены к применению в ряде регионов [22] (Распоряжение Минмособлстроя от 23.05.2008 №18 «О применении трехслойных стеновых ограждающих конструкций с внутренним слоем из плитного эффективного утеплителя и лицевым слоем из кирпичной кладки при строительстве гражданских зданий на территории Московской области»). Запрет касается строительства на бюджетные средства и приема на баланс структур, имеющих бюджетное финансирование.

Причины запрета: низкая ремонтопригодность (демонтаж облицовки и повторный монтаж системы утепления — дорогостоящие мероприятия), статистически низкое качество исполнения, невозможность контроля качества законченной конструкции без промежуточного освидетельствования скрытых работ, массовые разрушения облицовочного слоя.

Применение пенополистирольных плит за кирпичной облицовкой сопровождается, как правило, плохой пригонкой их друг к другу (стык плит — сплошной воздушный канал с интенсивными конвективными потоками), плиты плохо примыкают к основной стене (из-за отсутствия приклеивания), что формирует конвективные потоки в зазорах между несущей стеной и утеплителем. Следует также учитывать требования, касающиеся систем наружного утепления со штукатурным слоем.

Применение минваты уменьшает размер проблем, вызванных неплотным прилеганием листов утеплителя, благодаря малой жесткости плит, применяемых для заполнения полостей. Однако наиболее распространенный способ устройства таких конструкций — крепление минплиты прижимом облицовки, приводит к большому проценту брака (оседание утеплителя, его увлажнение в зоне контакта с облицовкой, неплотное прилегание).

Рекомендации

1. Избегать устройства трехслойных стен с плитым утеплителем в качестве среднего слоя и каменной кладкой в качестве облицовочного наружного слоя.
2. При необходимости устройства таких стен возведение их проводить в той же последовательности, что и монтаж систем наружного утепления: кладка основной стены, монтаж утеплителя на слой клея и закрепление его тарельчатыми дюбелями, устройство облицовки. Только последовательное выполнение монтажных операций может обеспечить приемлемое качество трехслойной стены.

Трехслойная стена с заливным утеплителем

В качестве заливного утеплителя могут выступать ячеистые и легкие бетоны естественного твердения, различные пеноизолы (вспененные воздухотверждаемые или двухкомпонентные смолы).

Основной фактор, который следует учитывать, применяя заливные утеплители — их высокая начальная влажность. Некоторые типы несъемной опалубки не обеспечат стабильного удаления начальной влаги из заливки. Например, маловероятно быстрое высыхание заливок через кладку из клинкерного кирпича на растворе с полимерными адгезионными добавками, через листовые обшивки из СМЛ или ОСП. Гарантированно не произойдет высыхание за смонтированными на относе металлическими и пластиковыми обшивками.

Рекомендация. Наружная облицовка трехслойных стен с заливным утеплителем должна обладать невысоким сопротивлением паропроницанию. Примеры: кладка из пустотелого кирпича на поризованном растворе, дощатая обшивка, съемная опалубка.

Трехслойная стена с теплоизоляционной засыпкой

Варианты засыпок: вспученные минералы (керамзит, перлит, вермикулит), пеностеклянная и газобетонная крошка, котельный шлак, органические засыпки (распушенная целлюлоза — эковата, минерализованные древесные опилки, отходы переработки льна и конопли).

Общие соображения по применению засыпок те же, что и по заливным утеплителям и, ранее, по системам наружного утепления вообще. Изначально влажные утеплители должны иметь возможность высохнуть. Сухие — быть стойкими к увлажнению начальной влагой, выходящей из кладки.

8. ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА

В некоторых случаях внутренняя отделка газобетонной кладки необходима, и требования к ней можно формализовать измеряемыми величинами. При других конструктивных решениях или режимах эксплуатации внутренняя отделка с определенными характеристиками желательна. Иногда она не нужна и выбирается по субъективным соображениям внешнего вида.

Отделка, обеспечивающая низкую воздухопроницаемость, нужна при кладке толщиной в один блок без наружной штукатурки для стен отапливаемых помещений. Водоизоляционные покрытия нужны в помещениях душевых и моечных. Внутренняя отделка помещений парных и бассейнов должна обеспечивать надежную пароизоляцию.

8.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКЕ

Из всего массива нормативных документов можно вычленить два требования к внутренней отделке наружных стен из газобетона:

1. Общее требование к наружным стенам зданий с влажным и мокрым режимами эксплуатации

ГОСТ 31360-2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения» [21].

1. Область применения

/.../ При относительной влажности воздуха более 75% внутренние поверхности наружных стен из изделий должны иметь пароизоляционное покрытие.

2. Требование к ограничению воздухопроницаемости стен из каменной кладки

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [17].

Раздел 8 «Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и помещений»

Пункт 8.3 и таблица 11: нормируемая воздухопроницаемость [G_n] наружных стен жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений не более 0,5 кг/(м²×ч).

8.2. ФУНКЦИИ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ

8.2.1. Пароизоляция

В теплом воздухе отапливаемых помещений содержится больше влаги, чем в холодном наружном воздухе. Кажущийся сухим воздух помещений, имеющий примерно 40% относительной влажности, содержит около 8 г воды на 1 м³. А сырой уличный воздух, при температуре –5 °С и относительной влажности 90% содержит водяных паров лишь около 3 г/м³.

Каждому значению температуры воздуха соответствует предельная концентрация водяных паров. Эта концентрация соответствует 100% относительной влажности — максимуму, больше которого воздух не может содержать воды в виде пара. Концентрация паров, помимо абсолютного содержания воды в единице объема, характеризуется парциальным давлением, т.е. давлением, которое создавали бы пары, занимай они весь объем, занимаемый смесью газов. Максимальное парциальное давление водяных паров в воздухе зависит от температуры и давления. Поскольку колебания атмосферного давления, зависящие от климатических факторов, составляют единичные проценты, их влиянием в этом разделе можно пренебречь. А влияние температуры на давление насыщения и предельную концентрацию водяных паров в воздухе важно для понимания роли пароизоляции.

Давление насыщения водяного пара и его максимальное содержание в воздухе в зависимости от температуры изменяется по параболе (рис. 25).

Воздух жилых помещений увлажняется из многих источников. Это и влага, содержащаяся в выдыхаемом воздухе и испаряемая с поверхности кожи, и влага, попадающая в воздух при влажной уборке, при приготовлении пищи, выделяемая комнатными растениями и сохнущей одеждой. В пересушенный воздух современных квартир и домов влага вносится и намеренно — увлажнителями.

Отдельную категорию помещений составляют бани, бассейны и душевые, встроенные в жилые дома или выделенные в отдельные строения.

В отопительный период разница парциальных давлений водяного пара по обе стороны от стены, ограждающей отапливаемое помещение,

постоянна по знаку — давление паров воды в воздухе помещения выше, чем в уличном воздухе. Эта разница давлений создает движущую силу для переноса парообразной влаги через конструкцию.

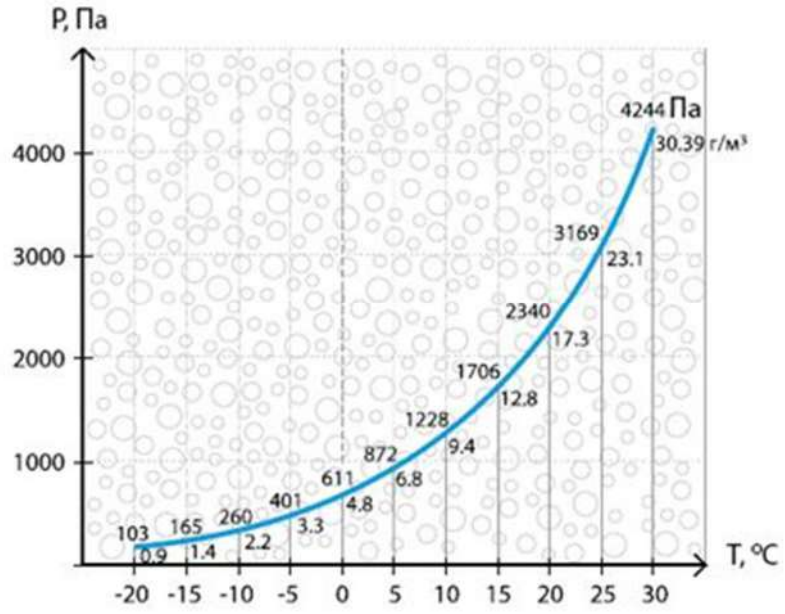


Рис. 25. Давление насыщения водяного пара и максимальное влагосодержание воздуха в зависимости от температуры

Материалы стены оказывают движению водяных паров сопротивление, влияя на плотность потока. По мере продвижения наружу, пары оказываются в слоях стены со все меньшей температурой. Если сопротивление движению паров будет относительно невелико, в толще стены могут возникнуть условия, при которых концентрация паров достигнет предельных для данной температуры значений. Дальнейшее развитие этого процесса приведет к конденсации. Длительная и интенсивная конденсация может привести к значительному увлажнению того слоя конструкции, в котором концентрация водяных паров достигает значения насыщения. Увлажнение конструкции увеличит ее теплопроводность и сместит фронт температуры конденсации ближе к внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Сопротивление стеновых материалов паропроницанию и влияние этого сопротивления на интенсивность потока водяных паров через кон-

струкцию описывается той же зависимостью, что и остальные процессы массо- и энергопереноса в макромире — законом Ома, открытым в 1824 году для электричества и универсально применимым ко всем явлениям макромира, проходящим без фазовых переходов и химических преобразований: интенсивность потока прямо пропорциональна разности потенциалов и обратно пропорциональна сопротивлению. Применительно к движению парообразной влаги через материалы стен под действием разности парциальных давлений эта зависимость принимает вид Ω = δ/μ (сопротивление паропроницанию слоя материала прямо пропорционально толщине и обратно пропорционально паропроницаемости этого материала), и w = ΔP/Ω (интенсивность потока водяных паров прямо пропорциональна разности давлений и обратно пропорциональна сопротивлению паропроницанию).

Большая разность давлений может возникнуть при высоких температуре и / или относительной влажности воздуха в помещении (рис. 26).

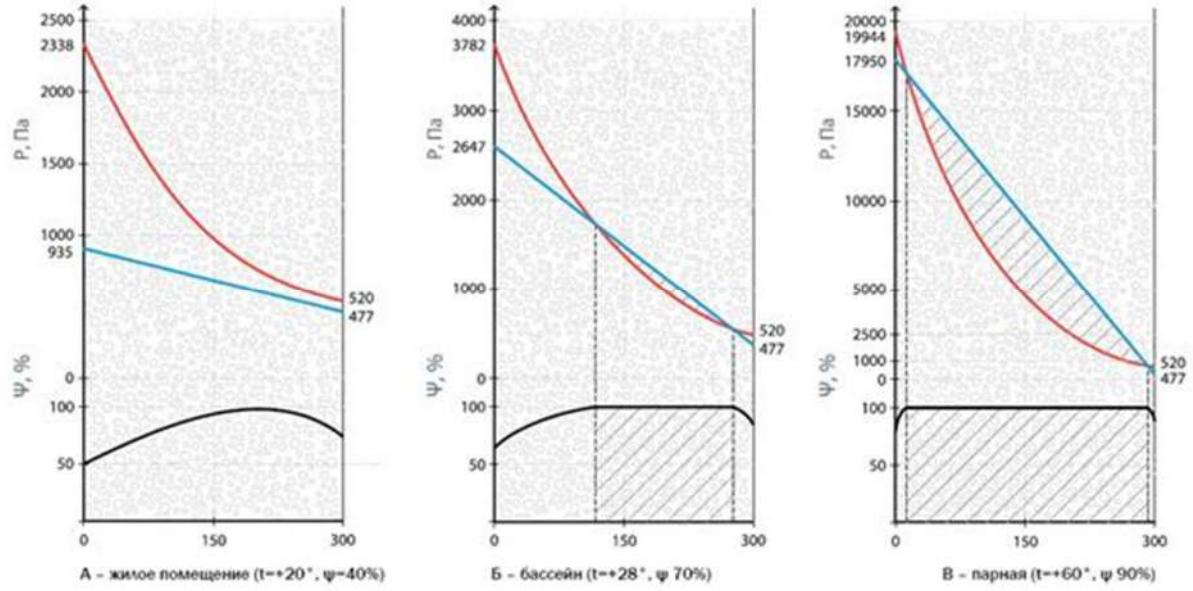
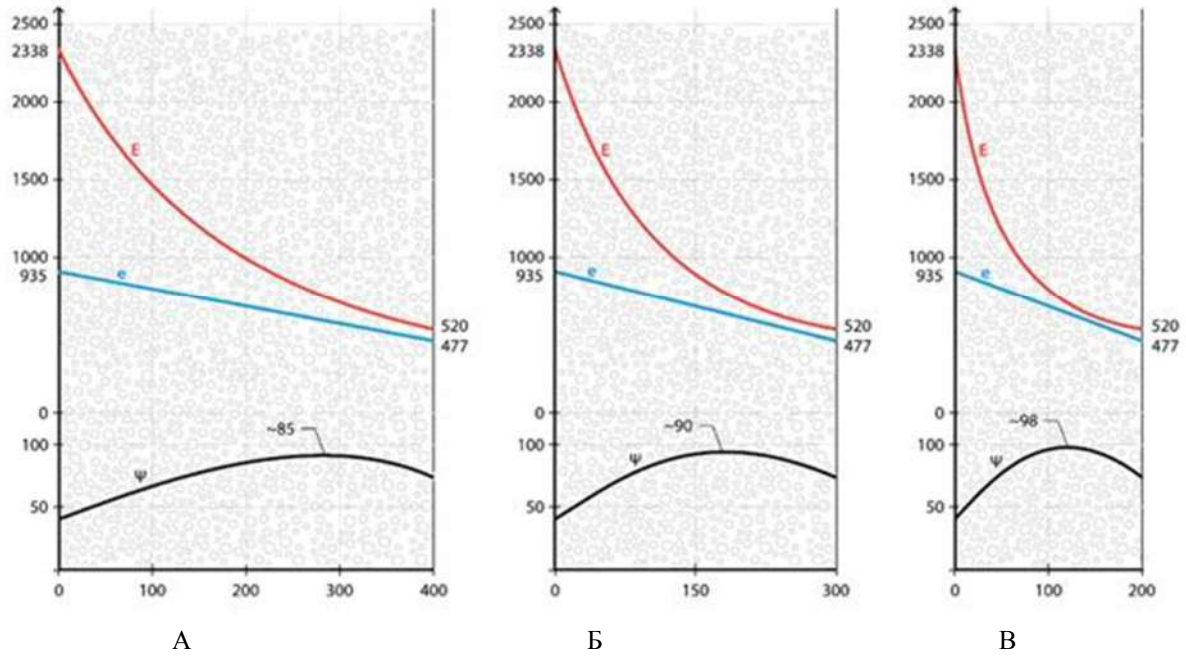


Рис. 26. Влияние микроклимата на распределение влажности воздуха в порах по толщине стены: А – жилое помещение (t = 20°, ψ = 40%); Б – бассейн (t = 28°, ψ = 70%); В – баня (t = 60°, ψ = 90%).

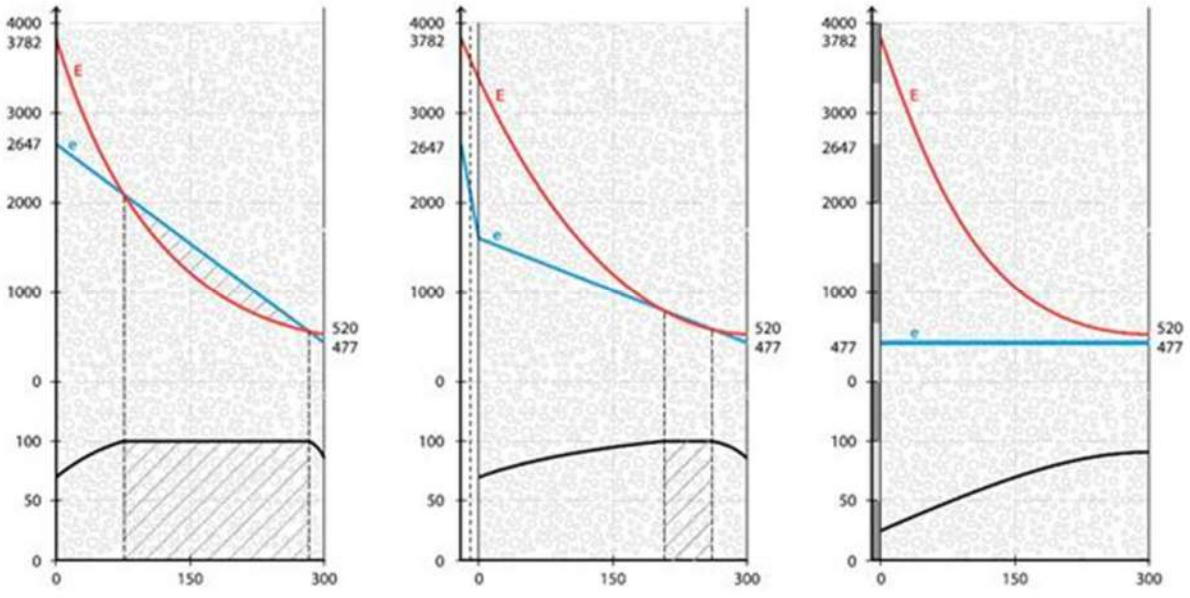
Большая разность давлений влечет за собой повышение интенсивности потока паров через стену. Интенсивный поток паров увеличивает вероятность конденсации и обильность конденсата. Аналогично увеличивает

вероятность конденсации и количество конденсата и уменьшение толщины сопротивляющегося паропроницанию слоя (рис. 27).



А Б В

Рис. 27. Влияние толщины конструкции на распределение влажности воздуа в порах по толщине стены: А — 400 мм; Б — 300 мм; В — 200 мм



А Б В

Рис. 28. Влияние внутренней пароизоляции на распределение влажности воздуха в порах по толщине стены: А — без внутренней отделки; Б — слой цементно-песчаной штукатурки; В — паронепроницаемая отделка.

Размещение между источником паров и основным слоем стены, который должен быть защищен от увлажнения конденсацией, слоя с высоким сопротивлением паропроницанию, уменьшает плотность потока водяного пара и предотвращает образование конденсата в толще стены (рис. 28).

Из всего сказанного и показанного выше следует роль пароизоляции в улучшении влажностного режима ограждающих отапливаемые помещения конструкций. Внутренняя поверхность стен теплых и влажных помещений должна иметь слой пароизоляции.

Другим способом избежать конденсации паров в защищаемом слое ограждающей конструкции является уменьшение разницы температур на границах этого слоя: наружное утепление выравнивает температуру в толще несущей основы стены и предотвращает ее увлажнение.

8.2.2. Воздухопроницаемость

В отопительный период теплопотери помещения складываются из двух составляющих: тепловой поток через ограждающие конструкции (теплопроводностью для стен и полов, теплопроводностью и излучением для окон) и затраты энергии на подогрев поступающего наружного воздуха. Теплопотери через конструкции зависят от их площади и сопротивления теплопередаче (теплопроводность и толщина входящих в состав материалов, условия теплоотдачи). Затраты на подогрев поступающего воздуха зависят от его количества.

Воздух поступает в помещения через вентиляционные устройства (воздуховоды, клапаны, форточки) или через неплотности в ограждающих конструкциях (оконные притворы, зоны сопряжения конструкций, воздухопроницаемость самих конструкций). Поступление воздуха через вентиляционные устройства может контролироваться и регулироваться.

Интенсивность поступления воздуха через неплотности конструкций зависит от их состояния и разности давлений воздуха по обе стороны наружного ограждения (зависит в первую очередь от скорости и направления ветра, во вторую — от характеристик вентиляционной системы). Интенсивность «продувания» не поддается оперативному контролю и регулировке. Мероприятия по подготовке помещений к зиме сводились в недавнем времени как раз к уменьшению неплотностей — заклейке окон, обваловке цоколей, конопачению и оштукатуриванию стен. Общий подход к

воздухопроницаемости остается неизменным — неконтролируемая фильтрация воздуха через ограждения должна быть сведена к минимуму, приток должен осуществляться через регулируемые устройства.

8.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКЕ

8.3.1. Защита от переувлажнения

Газобетонные стены отапливаемых помещений с повышенной влажностью и температурой (мойки, душевые, бассейны, бани) без выраженного слоя наружной теплоизоляции должны иметь пароизоляцию на внутренней поверхности.

В качестве слоя пароизоляции можно рекомендовать [14]:

- обработку стен олифой (или масляной шпаклевкой) [0,64 м²×ч×Па/мг];
- пропитку холодными битумными мастиками (раствором битума в керосине) [0,3–1,1 м²×ч×Па/мг];
- отделку керамической плиткой (с расшивкой швов силиконовыми герметиками) [3–7 м²×ч×Па/мг];
- оклейку обоями с полимерным покрытием (тяжелые виниловые обои) [0,5–3 м²×ч×Па/мг];
- оклейку битумными гидроизоляционными рулонными материалами [1–5 м²×ч×Па/мг];
- устройство изоляции из фольги (для помещений парных и саун) [паронепроницаема].

8.3.2. Контроль воздухопроницаемости

Для стен отапливаемых помещений всегда нужен контроль воздухопроницаемости. Кладка толщиной в один блок не имеет гарантированного сопротивления воздухопроницанию из-за возможных неплотностей в вертикальном шве. При этом продольная (вдоль плоскости фасада) фильтрация воздуха в такой кладке практически отсутствует — малое сечение и достаточная плотность горизонтальных швов при отсутствии продольных вертикальных швов не создают для нее исходных условий.

Достаточное сопротивление воздухопроницанию обеспечивают:

- один слой штукатурки (наружной или внутренней);
- один слой бумажных обоев;

- один слой адгезионно связанной с кладкой пароизоляции;

- ветрозащитные пленки, применяемые для деревянных стен и минеральных ват.

- мероприятия по герметизации вертикальных швов эластичными герметиками также создают достаточное сопротивление воздухопроницанию.

8.3.3. Общие рекомендации

Основные требования к внутренней отделке, так же как и к наружной, предъявляются соображениями внешнего вида:

- ровная оштукатуренная поверхность;

- поверхность, облицованная плиткой;

- поверхность, обшитая погонажными и листовыми материалами.

В общем случае к внутренним штукатуркам не предъявляется специальных требований. Адекватное задачам индивидуального строительства сопротивление воздухопроницанию возникает по факту наличия штукатурки толщиной от 5 мм и плотностью от 1000 кг/м³. Удобны для внутренней отделки гипсовые штукатурки. Применимы известковые, известково-цементные и цементные составы. Основной характеристикой штукатурки становится удобоукладываемость. Прочность, морозостойкость — не важны при отделке интерьеров.

Облицовка плиткой может вестись непосредственно по кладке. Если температурный и влажностный режим эксплуатации помещения предъявляют к отделочному слою специальные требования, под плитку может быть целесообразным нанесение обмазочной полимерцементной или битумной гидро- или пароизоляции.

Обшивка листовыми и погонажными материалами (дерево — вагонка, блок-хаус, обрезная доска; композиты — фанера, гипсокартон, стекломагнезит, ОСП; пластиковые и МДФ ламели и панели) возможна как по направляющим, так и непосредственным приклеиванием или механическим закреплением к кладке.

При внутренней обшивке следует обращать внимание на сопротивление стен воздухопроницанию. При отсутствии наружной штукатурки желательна предварительная расшивка вертикальных швов на внутренней поверхности кладки на ширину 5–10 и глубину 10–20 мм и их заполнение эластичными герметиками.

9. СЕЗОННЫЕ И НЕОТАПЛИВАЕМЫЕ ЗДАНИЯ

Достаточно большая группа зданий, возводимых для удовольствия горожан, не предназначена для постоянной круглогодичной эксплуатации. Это здания, предназначенные для кратковременного проживания людей — дачи, базы отдыха, охотничьи и туристические базы. В помещениях таких зданий должен быть обеспечен комфортный микроклимат, однако к ним не применимы требования к минимизации расхода энергии на поддержание комфортных условий.

Вторая группа зданий, наружные ограждения которых не сопротивляются миграции водяных паров из теплого воздуха в холод — это не отапливаемые постройки: склады, гаражи, летние павильоны.

Для обеих этих категорий строений утрачивает значение большинство ограничений, накладываемых на отделочные покрытия газобетонных стен постоянно эксплуатируемых зданий. Отсутствие постоянного напора водяных паров из помещения в сторону улицы снимает вопросы сопротивления паропроницанию. Поэтому ограничивающие требования, касающиеся паропроницаемости штукатурок, размера швов между плитками, воздушного зазора между облицовочной кладкой и основной стеной — снимаются.

Отделывая газобетонную кладку сезонных и неотапливаемых зданий, можно не учитывать особенности начального период эксплуатации ячеистого бетона и подходить к выбору материалов и способов отделки так же свободно, как к отделке традиционных каменных кладок.

10. ОТДЕЛКА СТЕН ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Назначение отделки

Кладка из газобетонных блоков может эксплуатироваться без отделки. Это касается зданий любого назначения, эксплуатируемых во всех регионах. Обязательной является защита от влаги мест потенциального намокания: подоконных зон, зон примыкания к отмостке, козырькам — мест, где возможно образование снеговых карманов, потеков или воздействие отбойных брызг.

Основная функция наружной отделки — декоративная. Попутно отделка может выполнять защиту поверхностных слоев кладки от увлажнения атмосферными осадками, повышать сопротивление кладки воздухопроницанию и защищать ее от механических повреждений на наружных углах у проездов, разгрузочных окон, ворот и т.п.

Для отделки, наносимой непосредственно на поверхность кладки (штукатурка, окраска, наклейка плитки или каменных плит), вступают в силу дополнительные ограничения. Слой такой отделки должен обеспечить удаление из кладки начальной технологической влаги, а для отапливаемых зданий еще и не вызывать значительного увлажнения кладки за отделкой в отопительный сезон.

Виды отделки

Конструктивно отделочные системы могут быть разделены на два основных типа:

- адгезионно связанные с кладкой (окраска, выравнивание поверхности ремонтными растворами, оштукатуривание, оклейка штучными изделиями);

- монтируемые механически (облицовки на относе или облицовочная кладка с воздушным зазором).

Каждый из этих типов отделки может наноситься непосредственно на кладку, а может через слой теплоизоляционного материала (с высокой либо с низкой паропроницамостью).

Адгезионно связнання отделка — требования к материалам

Штукатурки по газобетону должны быть так же деформативны, как кладка. Это требование универсально для всех типов зданий — как отапливаемых, так и не отапливаемых. Применительно к минеральным шуткатуркам это означает ограничение прочности — не более М50. Штукатурки с высоким содержанием полимеров могут не удовлетворять этому требованию, если введение модифицирующих добавок приводит к снижению начального модуля упругости материала ($E_0^{\text{штукатурки}} \leq 3{,}5E_0^{\text{кладки}}$).

Штукатурки по газобетону, предназначенные для наружной отделки отапливаемых зданий, должны иметь сравнительно высокую паропроницаемость. Сопротивление паропроницанию всех слоев отделочной системы (грунтовка, штукатурка, финишное декоративное покрытие) должно быть не выше 0,2–0,5 м²×ч×Па/мг. Максимально допустимое сопротивление паропроницанию отделки для регионов с отрицательной изотермой января должно проверяться расчетом. Проверяемое условие — допустимое приращение массового содержания влаги в слое 20 мм за отделкой не более 35%.

Адгезионно связанная отделка — требования к подготовке поверхности и производству работ

Оптимальное время проведения отделочных работ — после удаления из кладки основного количества начальной влаги. Как правило это требует паузы в несколько месяцев и отделка выполняется на следующий после кладочных работ сезон. Допустима отделка непосредственно по окончании кладки. В этом случае к наружной отделке стен отапливаемых зданий предъявляются более жесткие требования: максимальная паропроницаемость, санирующие штукатурые составы (препятствующие капиллярному выносу влаги на фасадную поверхность).

Поверхность перед финишным оштукатуриванием должна быть подготовлена: швы и сколы расшиты и заполнены ремонтной (штукатурной) смесью, потеки клея и бетона срезаны и отшлифованы, пыль удалена, впитывающая способность всех участков кладки выровнена (увлажнением или грунтованием). *Задача предварительной заделки швов и сколов — устранить резкие перепады толщины основного штукатурного слоя. Местные неровности (в зоне пустых швов или наплывов вытекшего клея) приводят*

к концентрации напряжений и трещинообразованию. Особенно часты трещины по кладочным швам.

Производство штукатурных и окрасочных работ должно проводиться в узком температурном диапазоне от +5 до +25 °С — меньшая температура требует применения специальных смесей, бóльшая — мероприятий по предохранению свежих отделочных слоев от пересушивания.

Облицовка — общие рекомендации

Навесные облицовки могут монтироваться на газобетонную кладку без предварительного удаления из кладки начальной влаги. Крепление подоблицовочных направляющих в малоэтажном строительстве может производиться как гвоздями, так и специализированными дюбелями.

При устройстве облицовок необходимо предотвращать локальное увлажнение кладки образующимся на внутренней поверхности облицовки конденсатом. Толщина воздушного зазора между облицовкой и основной кладкой назначается конструктивно.

Дополнительное утепление

При термическом сопротивлении основной стены 2 и более м²/Вт×°С целесообразность дополнительного утепления должна быть проверена экономическим расчетом. В расчете следует учитывать затраты на утепление, разницу затрат на компенсацию теплопотерь через ограждающую конструкцию, разницу в стоимости систем отопления разной мощности.

Утепление материалами с паропроницаемостью большей, чем у газобетона, и с воздушным зазором можно проводить без дополнительных расчетов влажностного режима. При применении систем скрепленной теплоизоляции (со штукатурным слоем по утеплителю), а также конструкций с наружным облицовочным слоем, необходим расчет стен на возможность удаления начальной влаги, а также проверка защищенности от переувлажнения итоговой слоистой конструкции. Системы со штукатуркой по минеральной вате могут потребовать пароизоляции на внутренней поверхности стены, системы с полимерными утеплителями могут потребовать наращивания толщины утеплителя сверх назначенной по соображениям снижения трансмиссионных теплопотерь.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТДЕЛКЕ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В ФОРМАЛИЗОВАННОМ ВИДЕ

10.1. Допускается эксплуатация неотделанной кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения с учетом требований п. 10.4.

10.2. Наружная отделка кладки назначается с целью обеспечения требуемого внешнего вида и выполняет декоративную функцию.

10.3. Наружная отделка кладки может выполнять защитные функции:

- предотвращать увлажнение наружных слоев кладки;
- повышать сопротивление кладки воздухопроницанию;
- выполнять механическую защиту кладки.

10.4. Законченные конструкции из ячеистобетонной кладки должны иметь защиту от переувлажнения в местах интенсивного воздействия влаги и на горизонтальных участках (подоконные зоны, зоны примыкания к отмостке, к окрытиям козырьков, места выхода балконных плит и архитектурных элементов и т.п.).

10.5. По конструктивному исполнению отделка ячеистобетонной кладки разделяется на два типа:

- адгезионно связанная с кладкой (окраска, затирка, штукатурка, облицовка штучными изделиями);
- монтируемая механически (навесные облицовки на относе и облицовочная кладка с воздушным зазором).

Требования к отделочным покрытиям (материалам, системам, изделиям) предъявляются в зависимости от режима эксплуатации отделываемых конструкций.

10.6. Требования к адгезионно связанным с кладкой отделочным покрытиям приведены в табл. 10.2, требования к штукатуркам для таких покрытий — в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Требования к штукатурным составам для отделки ячеистобетонной кладки

№	Параметр	Метод определения	Нормируемые значения, единицы измерения	Применимость
1а	Средняя плотность (для толстослойных[1] штукатурок)	По ГОСТ 12730.1-84	Не более 1300 кг/куб.м	Для наружной отделки отапливаемых зданий
1б	Средняя плотность (для тонкослойных[1] штукатурок)	По ГОСТ 12730.1-84	Не более 1600 кг/куб.м	
2а	Марка по прочности на сжатие	По ГОСТ 10180-90	От М5 до М50[2]	2а – конструктив-ное ограничение, 2б – целевое требование
2б	Модуль упругости	По ГОСТ 24452-80	$E_0 \leq 3{,}5E_0^{кладки}$	
3	Марка по морозостойкости[3]	По ГОСТ 31356-2007	Не менее F50	Для наружной отделки

[1]к толстослойным штукатуркам относятся штукатурки со средней толщиной слоя более 7 мм, к тонкослойным — со средней толщиной 7 мм и менее.

[2]более высокая прочность допустима для наружного слоя многослойных штукатурных систем.

[3]требование может уточняться в зависимости от региона строительства и условий эксплуатации.

Таблица 10.2

Требования к отделочным покрытиям ячеистобетонной кладки

№	Параметр	Метод определения	Нормируемые значения, единицы измерения	Применимость
1а	Сопротивление паропроницанию (для отделочных покрытий на основе толстослойных штукатурок)	По ГОСТ 25898-83	$R_{vp}^{e} \le 0{,}5$ м^2·ч·Па/мг	Для наружной отделки отапливаемых зданий. 1а, 1б – конструктивные ограничения, 1в – целевое требование
1б	Сопротивление паропроницанию (для отделочных покрытий на основе тонкослойных штукатурок и отделочных покрытий без штукатурных слоев)	По ГОСТ 25898-83	$R_{vp}^{e} \le 0{,}2$ м^2·ч·Па/мг	
1в	Сопротивление паропроницанию[1, 2, 3]	По ГОСТ 25898-83	$R_{vp}^{e} \le R_{vp}^{F}$, см. Прим.1	
2	Водопоглощение при капиллярном подсосе	По ГОСТ 31356-2007	w ≤ 0,5 кг/(м²·ч^{0,5}).	Для наружной отделки
3	Адгезия к ячеистому бетону	Адгезия к основанию по ГОСТ 31356-2007	$R_{сц}^{o} \ge 0{,}15$ МПа	
4	Морозостойкость контактной зоны	По ГОСТ 31356-2007	F35	Для наружной отделки

Примечания

1. Сопротивление паропроницанию R_{vp}^{F} назначается из условия ограничения влаги в слое за отделкой в период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха, определяется по формуле 17 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0{,}0024 z_0 (e_{int} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w_{av} + \eta}$$

, где Δw_{av} принимается 35% (масс) для слоя толщиной 20 мм за отделкой.

2. Для наружного слоя двухслойной кладки, выполняемой без воздушного зазора между слоями, сопротивление паропроницанию R_{vp}^{F} назначается из условия ограничения влаги в слое за облицовкой (примечание 1). При этом Δw_{av} принимается 35% (масс) для внешнего слоя кладки толщиной равной половине глубины заделки гибких связей.

3. Во всех случаях конструкции должны удовлетворять требованиям СНиП 23-02 к защите от переувлажнения.

10.7. Влажность кладки перед началом отделочных работ не нормируется. Рекомендуемая влажность перед началом штукатурных работ — до 8% по объему в среднем по толщине стены. При нанесении составов на органических растворителях требования к влажности основания должны устанавливаться производителем таких составов.

10.8. Перед нанесением отделочного штукатурного слоя поверхность кладки должна быть подготовлена: швы и сколы расшиты и заполнены ремонтной (штукатурной) смесью, потеки клея и бетона срезаны и отшлифованы, пыль удалена, впитывающая способность кладки выровнена (увлажнением или грунтованием).

10.9. Производство штукатурных и окрасочных работ составами на водной основе рекомендуется проводить при температуре +5…25 °С. При более высокой температуре воздуха, а также в солнечную погоду и при скорости ветра более 10 м/с необходимо принимать меры по защите свежеуложенных слоев наружной отделки от обезвоживания.

10.10. Устройство облицовок с механическим креплением может осуществляться вне зависимости от влажности основания и при любой температуре.

10.11. Элементы крепления облицовок должны быть рассчитаны на восприятие вертикальных (от собственного веса) и горизонтальных (ветровых) нагрузок.

10.12. При устройстве облицовочной кладки из штучных материалов с воздушным зазором между облицовкой и ячеистым бетоном при средней влажности ячеистого бетона более 8% по объему рекомендуется предусматривать конструктивные мероприятия по отводу конденсата от основного слоя стены.

10.13. При проектировании конструкций с наружной теплоизоляцией по основанию из ячеистобетонной кладки следует предусматривать возможность удаления из кладки начальной влаги.

10.13.1. Устройство систем наружного утепления с воздушным зазором между утеплителем и облицовочным слоем при паропроницаемости утеплителя большей, чем у ячеистого бетона, возможно при любой влажности основания и любой толщине утеплителя.

10.13.2. Устройство систем наружного утепления со штукатурным слоем по утеплителю рекомендуется проводить при средней объемной влажности ячеистого бетона не более 8%. Сопротивление паропроницанию таких систем должно удовлетворять требованию п. 1в табл. 10.2.

Библиографический список

1. *Пинскер В.А., Вылегжанин В.П.* Газобетон в жилищном строительстве с максимальным его использованием //Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов.Выпуск 5 – Санкт-Петербург: НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2008. С. 10–32.

2. *Силаенков Е.С.* Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.

3. *Гаевой А.Ф., Качура Б.А.* Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Харьков, издательское объединение «Вища школа», 1978, 224 с.

4. Автоклавный ячеистый бетон: Пер. с англ./ Ред.совет: Г.Бове (пред.) и др. М.: Стройиздат, 1981. 88 с., ил. 119

5. *Онищик Л.И.* Прочность и устойчивость каменных конструкций.. Москва, Ленинград. Главная редакция строительной литературы. 1937, 564 с.

6. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 40 с.

7. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М., 1992, 86 с.

8. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий из ячеистых бетонов в Российской Федерации. Ассоциация Строителей России. М.: 2008. 44 с.

9. *В.В. Коровкевич, В.А. Пинскер и др* Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. ЛенЗНИИЭП. Ленинград, 1989. 284 с.

10. Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. Ассоциация НААГ. Белгород, 2010. 10 с.

11. DIN 4108-3. Теплозащита и энергосбережение в строительстве. Часть 3. Защита от влаги. 2001

12. ГОСТ 31356-2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний. М., 2008. 14 с.

13. СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона. Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2001, 48 с.

14. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М., 2004

15. СТО 00044807-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Российское общество инженеров строительства. М., 2006

16. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.М.: Издательство стадндартов. 1995

17. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М., 2004.

18. Рекомендации по отделке ячеистобетонных стен жилых и промышленных зданий / НИИЖБ Госстроя СССР, М.: 1987.

19. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкциию. М.: 1989.

20. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. М.: 2008.

21. ГОСТ 31360-2007. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия. М.: 2008.