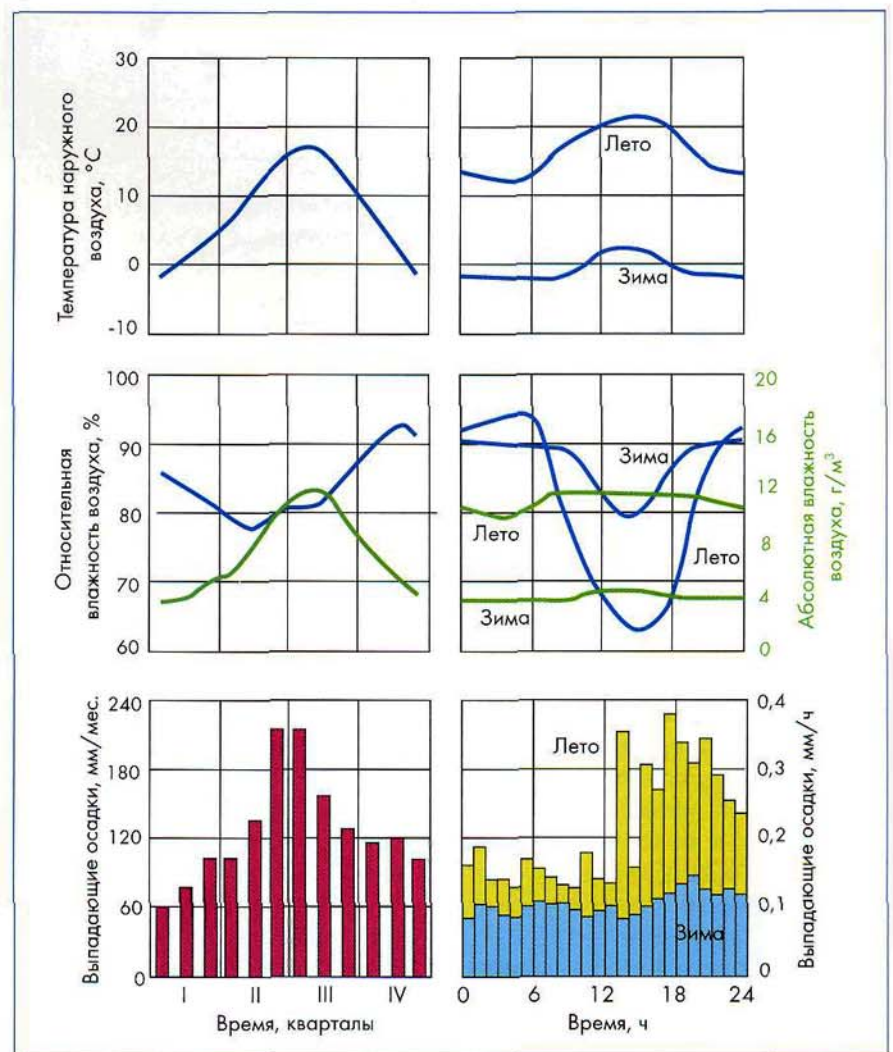


Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем

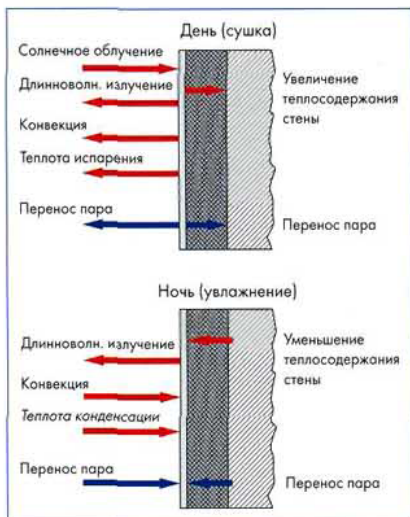
Температурно-влажностные воздействия и долговечность систем теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем

Настоящая статья подготовлена доктором техн. наук, В. Г. Гагариным, на основе материалов статьи сотрудников Института строительной физики общества им. Фраунхофера «Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedamm-Verbundsystemen», авторы Hartwig M. Künzle, H. Künzle, K. Sedlbauer опубликованной в журнале «Bauphysik», 2006, 28, Н.3.

Температурно-влажностные воздействия существенно влияют на процессы старения и долговечность систем теплоизоляционных фасадов. Наряду с погодными условиями, температурой, солнечным излучением и влажностью воздуха на наружные стены часто воздействуют внешние или внутренние источники влаги, например, косые дожди, строительная влажность, образование конденсированной влаги. Отчасти из-за своей небольшой массы системы теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем (далее – теплоизоляционные фасады) особенно подвержены этим воздействиям. Тем не менее, длительное исследование объектов с теплоизоляционными фасадами показывает, что применение этих фасадов не увеличивает подверженность повреждениям. Если не считать некоторых проблем эстетического характера, связанных с внешним видом, то эксплуатационные характеристики теплоизоляционных фасадов при их длительной эксплуатации следует оценивать как весьма положительные. При регулярном техническом уходе долговечность теплоизоляционных фасадов соответствует долговечности наружных стен, оштукатуренных обычным образом.



■ Рис. 1. Годовое изменение среднемесячных значений (графики слева) и среденные изменения в течение летних и зимних суток (графики справа) температуры, влажности наружного воздуха и атмосферных осадков в Хольцкирхене



■ Рис. 2. Схематическое изображение температурных (красный) и влажностных (синий) воздействий на наружную штукатурку в дневное и ночное время

1. Введение

На протяжении примерно 40 лет системы теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем используются в качестве наружной фасадной изоляции. Благодаря новизне этих изоляционных систем, которые поначалу выполнялись только с использованием пенопластовых плит и штукатурки на синтетических смолах, их распространение уже с начала 1970-х годов сопровождалось научными исследованиями. Из-за растущего значения этих систем внешней изоляции и их проникновения на рынок на протяжении следующих десятилетий возникали все новые вопросы, относящиеся к области строительной теплофизики, например: в 1980-е годы – влияние трещин в штукатурке; в 1990-е годы – перекрытие деформационных швов при санировании зданий с фахверковыми или бетонными конструкциями; в последнее время – проблема образования водорослей и применение теплоизоляционных фасадов в других климатических зонах.

Между тем в Германии более 700 млн м² фасадов были теплоизолированы с применением теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем. Говоря о таком количестве, нельзя, конечно, не отметить, что в отдельных случаях были отмечены повреждения, вызываемые некачественным монтажом, применением непригодных материалов, а также слишком интенсивными температурно-влажностными воздействиями. Применение теплоизоляционных фасадов с самого начала

сопровождалось сомнениями в их работоспособности и долговечности. И сегодня по каждой системе теплоизоляционных фасадов должно предъявляться разрешение Немецкого института строительной техники, т. к. даже через 40 лет после начала их применения, не существует никакого стандарта для этих систем.

Цель данной работы заключается в реалистичной оценке срока службы теплоизоляционных фасадов с учетом климатических условий их эксплуатации. Для этого на ряде примеров анализируются температурно-влажностные воздействия и изменения во времени характеристик теплоизоляционных фасадов, на основании чего делаются практические выводы.

2. Температурно-влажностные воздействия

2.1. Климатические условия

Температурно-влажностные воздействия на теплоизоляционные фасады определяются климатическими условиями. В настоящей статье рассматриваются климатические условия поселка Хольцкирхен не далеко от Мюнхена (Германия) (680 м над уровнем моря), которые являются до известной степени репрезентативными для Центральной Европы.

На рис. 1 слева можно увидеть изменение среднемесячных значений температуры наружного воздуха, влажности наружного воздуха и атмосферных осадков (средние величины, полученные обработкой данных более чем за десятилетний период) в течение года. Справа на этом рисунке представлены изменения этих величин в течение суток, осредненные для летних (июнь, июль, август) и зимних (декабрь, январь, февраль) месяцев. Таким образом, средние зимние сутки характеризуется температурами около 0 °С (по ночам несколько ниже, а днем несколько выше этого значения). Отсюда вытекает очень частое переменное замораживание и оттаивание, которое может оказать соответствующее воздействие на отделку фасада или окраску.

Для образования конденсата на наружной поверхности конструкции имеет значение еще один параметр – абсолютная влажность воздуха. Вскоре после восхода солнца абсолютная влажность, а с ней и точка росы наружного воздуха, ощутимо возрастают, в то время как относительная

Циркуляционные насосы UPS серии 100



Промышленные насосы UPS серии 200



Промышленные насосы серии TP, TPD



Промышленные насосы серии CR, CRN, CRT



Весь модельный ряд насосов GRUNDFOS можно приобрести в филиалах ООО «Оннинен»

onninen
комплектации и консультации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
тел.: (812) 703-0123, 336-2337
факс: (812) 448-0440, 336-2338

ЕКАТЕРИНБУРГ
тел.: (343) 379-3199
факс: (343) 379-3198

КРАСНОДАР
тел.: (861) 279-2211
факс: (861) 222-9362

МОСКВА
тел.: (495) 792-3100
факс: (495) 792-3109

НИЖНИЙ НОВГОРОД
тел.: (831) 257-8971
факс: (831) 257-8972

РОСТОВ-НА-ДОНУ
тел.: (863) 203-7293, 203-7292
факс: (863) 203-7295

РЯЗАНЬ
тел.: (4912) 25-7959
факс: (4912) 25-3664

САМАРА
тел./факс: (846) 998-6471
тел./факс: (846) 998-6472

САРАТОВ
тел.: (8452) 47-0160
тел./факс: (8452) 47-0162

ТЮМЕНЬ
тел.: (3452) 34-2911
факс: (3452) 34-2908

ЧЕЛЯБИНСК
тел.: (351) 267-6007
факс: (351) 269-8484

www.onninen.ru
www.grundfos.com/ru

влажность воздуха из-за нагревания солнцем резко падает. Этот эффект известен благодаря испарению капель тумана или росы на лугах и полях. В ноябре наблюдается самая высокая относительная влажность воздуха, тогда как максимум абсолютной влажности воздуха совпадает с максимумом температуры воздуха в июле.

В условиях континентального климата, как, например, в Хольцкирхене, наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в летние месяцы, причем во второй половине суток идет явно больше дождей, чем в первой. Это связано с более сильной грозовой активностью во второй половине суток. Зимой не приходится наблюдать учащения атмосферных осадков в какое-либо время суток.

Наряду с параметрами климата, показанными на рис. 1, важную роль для температурного и влажностного режима конструкций фасадов играет солнечная радиация. Однако, так как действие солнечной радиации существенно определяется ориентацией фасада, то и данные о годовом изменении солнечной радиации менее информативны. Например, измеряемая суммарная солнечная радиация в летний период, естественно, наибольшая, в то время как прямое облу-

чение южной стены достигает максимума зимой. Кроме того, отражение от снежного покрова соответствующим образом усиливает облучение.

2.2. Воздействие климатических факторов в суточном цикле (день/ночь)

Воздействие описанных климатических факторов на наружную стену с теплоизоляционными фасадами применительно к типичному суточному циклу схематически изображено на рис. 2.

В солнечный день штукатурка и теплоизоляция, а также находящаяся за ними конструкция стены нагреваются солнечной радиацией. Связанное с этим увеличение парциального давления пара ведет к высыханию поверхности штукатурки из-за влагоотдачи в наружный воздух, а также из-за диффузии пара в теплоизоляции к поверхности несущей стены. Последнее обстоятельство имеет силу почти исключительно для теплоизоляционных фасадов с минераловатной теплоизоляцией. При использовании в качестве теплоизоляции плитного пенополистирола диффузия пара внутрь конструкции пренебрежимо мала.

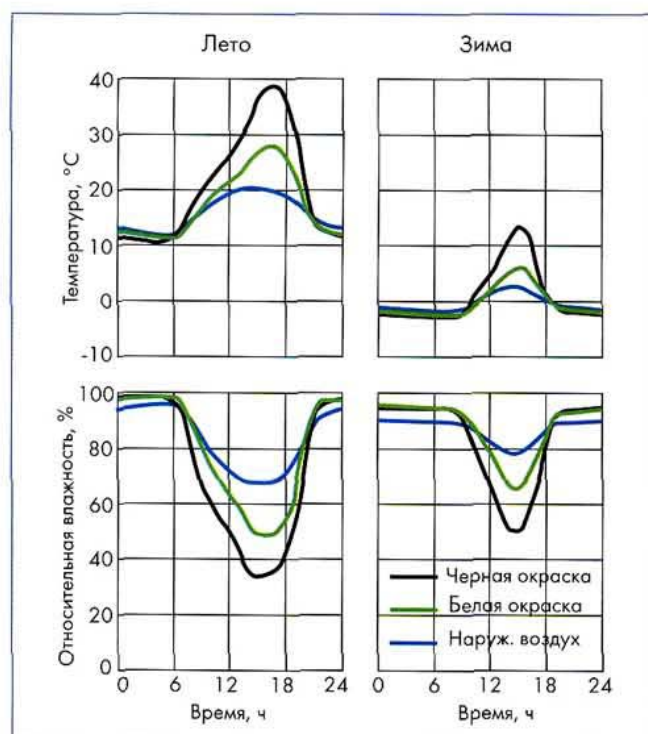
Скорость высыхания слоя штукатурки зависит от температуры по-

верхности. Эта температура получается из баланса теплопоступлений и теплоотдачи:

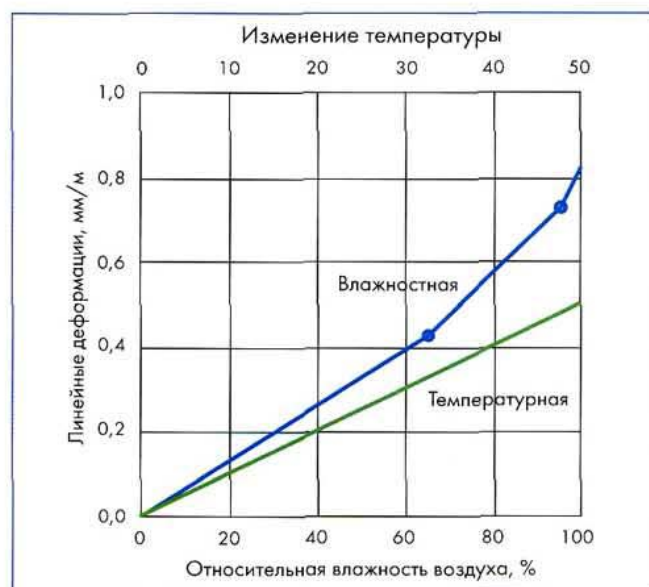
- коротковолнового облучения солнечной радиацией;
- длинноволнового излучения конструкции;
- теплоотдачи на границе с наружным воздухом в результате конвекции и испарения пара;
- теплопереноса посредством теплопроводности внутрь конструкции.

Ночью, когда солнечное облучение отсутствует, доминирует длинноволновое излучение конструкции. Обусловленное этим обстоятельством охлаждение поверхности конструкции может привести к охлаждению штукатурки до температуры, которая даже ниже точки росы наружного воздуха. В этом случае конденсированная вода (роса) осажается на штукатурку или краску, где, в зависимости от поверхностных свойств, она всасывается или остается в форме капель.

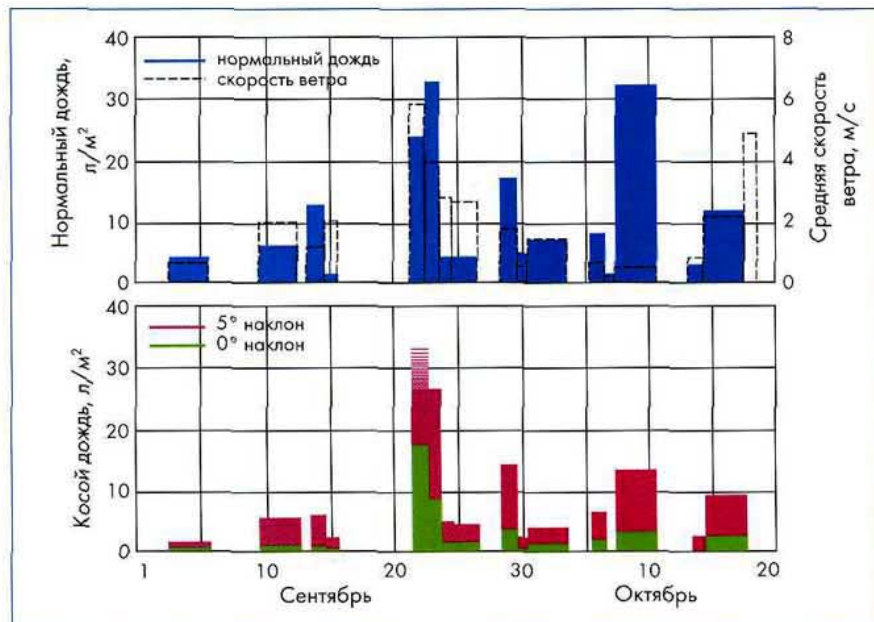
В случае использования в качестве теплоизоляции минеральной ваты внутренняя сторона штукатурного слоя может дополнительно увлажняться вследствие диффузионного переноса водяного пара из более теплой толщи конструкции к наружному слою. ■■■▶



■ Рис. 3. Кривые изменения в течение суток осредненных температур поверхностей штукатурки фрагментов конструкций с теплоизоляционным фасадом, измеренных в летние и зимние месяцы, а также кривые изменения в течение суток влажности поверхности штукатурки, рассчитанные на основании изменения температуры, для стены с теплоизоляционным фасадом, ориентированной на запад и покрытой белой и черной краской, в сравнении с температурой наружного воздуха (голубой цвет линии)



■ Рис. 4. Средние влажностные и температурные деформации штукатурки для теплоизоляционных фасадов, рассчитанные исходя из измерений 24 различных штукатурных систем, изготовленных разными производителями. Образцы штукатурки размерами 5 x 20 см отбирались из фрагментов конструкций при натурных испытаниях теплоизоляционных фасадов, которые перед этим в течение шести месяцев подвергались воздействию погодных условий на испытательном полигоне в Хольцкирхене. Температурное расширение измерялось в области изменения температуры от 20 до 80 °С при постоянной относительной влажности воздуха в 35 %. Влажностные растяжения определялись при температуре 20 °С, исходя из сухого состояния штукатурки и последующего увлажнения до влажности, соответствующей относительной влажности воздуха 65 или 95 %, а также влажности при свободном насыщении материала водой



■ Рис. 5. Воздействие от косого дождя (внизу), измеренное как дневные суммы (или трехдневные суммы в конце недели) на вертикальные и наклоненные на 5° к вертикали фасадные элементы в середине фасада испытательного зала высотой 4 м, ориентированного на запад, с плоской крышей. Для сравнения приведено количество осадков на горизонтальную поверхность и скорость ветра западного направления (вверху)

Знакопеременные климатические воздействия на нестационарный температурно-влажностный режим теплоизоляционных фасадов могут быть показаны точнее на основе данных непрерывных измерений температуры поверхности фрагментов конструкции на полигоне для натуральных испытаний.

На рис. 3 (вверху) представлены для летних и зимних месяцев осредненные кривые изменения в течение суток температуры поверхности штукатурки теплоизоляционного фасада, ориентированного на запад и покрашенного белой и черной краской, а также кривые изменения температуры наружного воздуха. На этом же рисунке внизу представлены кривые изменения в течение суток влажности поверхности штукатурки, рассчитанные на основании изменения температуры поверхности и условий окружающей среды. При этих расчетах пренебрегалось влаге емкостью поверхностного слоя штукатурки, что представляется оправданным, если речь идет о системах с тонким штукатурным слоем.

Независимо от окрашивания средняя температура поверхности экспериментального фрагмента конструкции в ночное время ниже температуры наружного воздуха. Соот-

ветственно, высока и средняя влажность на поверхности фасада. В дневное время черная поверхность нагревается, естественно, сильнее, чем белая. Средний подъем температуры за день составляет зимой до $9-17^\circ\text{C}$ (в зависимости от окраски поверхности), а летом до $18-28^\circ\text{C}$. В то же время изменение значений относительной влажности при осредненном суточном ходе составляет от 30 до 45 % зимой и от 50 до 65 % летом. С этими суточными колебаниями температуры и влажности связаны температурные и влажностные деформации и соответствующие внутренние напряжения, если основание противодействует перемещению поверхностного слоя.

В ходе лабораторных измерений 24 видов штукатурки для теплоизоляционных фасадов, изготовленных различными производителями, при сохранении свободной подвижности исследованных образцов штукатурки, получены значения коэффициента температурного расширения, которые находятся в диапазоне от $0,007$ до $0,013 \text{ мм}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. Измеренные величины усадки при высыхании образцов штукатурки – от полного насыщения водой до их равновесной влажности при 65 % относительной влажности воздуха –

показывают существенно более широкий диапазон от $0,1$ до $1,1 \text{ мм}/\text{м}$.

На рис. 4 представлены обусловленные климатом температурно-влажностные деформации для всех исследуемых видов штукатурки.

Отсюда можно сделать вывод о том, что ежедневно повторяющееся повышение температуры на 28°C , которое было измерено, например, летом на черной поверхности экспериментального фрагмента конструкции с теплоизоляционными фасадами, имеет следствием расширение слоя штукатурки почти на $0,3 \text{ мм}/\text{м}$ и соответствующие внутренние напряжения.

В результате наступающего одновременно изменения влажности поверхности штукатурки от соответствующей 98 % до соответствующей 33 % относительной влажности воздуха потенциальное влажностное изменение размеров составляет ровно двойную величину от температурного изменения, достигая $0,6 \text{ мм}/\text{м}$. Так как изменение температуры происходит быстрее, чем изменение влажности из-за высыхания поверхностного слоя, то и соответствующие напряжения, как правило, возникают с временным смещением. Трещины возникают в тех случаях, если результирующие температурно-влажностные внутренние напряжения превосходят прочность армированной штукатурной системы.

2.3. Источники влаги

Наряду с циклической нагрузкой на конструкции с теплоизоляционными фасадами под действием изменения температуры воздуха и влажности в суточном цикле, дополнительную нагрузку представляют собой спорадически возникающие источники влаги. Такие источники влаги могут воздействовать на фасад как извне, так и изнутри.

В качестве внутренних источников влаги здесь имеются в виду те источники, которые подводят влагу к теплоизоляционным фасадам изнутри. К ним относится диффузия пара из воздуха в помещении в наружный воздух, однако воздействие этого явления часто переоценивается, как правило, оно не составляет проблемы¹. Совершенно по-другому обстоят дела со строительной влажностью². ■■■►

¹ Диффузия пара из внутреннего воздуха к наружной поверхности конструкции оказывает существенное влияние в случае большого перепада между температурой и влажностью внутреннего и наружного воздуха, большой паропроницаемости стены, на которую монтируется теплоизоляционный фасад и в некоторых других случаях.

² Строительной влажностью называется влажность материалов в конструкции, обусловленная выполнением строительных работ.



■ Рис. 6. Экспериментальный фрагмент теплоизоляционного фасада, установленный с отклонением от вертикали примерно на 30°, ориентированный на запад, через 12 лет после установки. Значительно более высокое воздействие выпадающих осадков вследствие наклона поверхности привело к полному разрушению поверхностного слоя штукатурки и, как следствие, к сильному разрастанию мха на поверхности фасада.



■ Рис. 7. «Эффект леопарда» – узор на фасаде здания – однозначный признак микробиологического обрастания из-за образования конденсированной воды на поверхности фасада

Влага из возведенной несущей стены перемещается по направлению температурного градиента через теплоизоляционный фасад к наружной штукатурке. В случае когда фасад смонтирован с теплоизоляцией из минеральной ваты, водяной пар перемещается из кирпичной кладки через слой теплоизоляции с малым сопротивлением паропрооницанию и конденсируется на границе с наружным отделочным слоем, так что зимой существует опасность морозного повреждения штукатурки. Строительная влажность может и без мороза вызвать неприятные побочные последствия, что доказывается появлением грибковой плесени черного цвета на теплоизоляционных фасадах вновь построенных жилых зданий. С помощью более точного исследования показано, что микробное поражение объясняется увлажненностью теплоизоляционных фасадов из-за строительной влажности конструкции.

Косые дожди, потоки воды или брызги, а в ясные ночи и роса – это примеры внешних источников влажности. Количество дождевой воды, попадающей на поверхность конструкции, зависит от ориентации и наклона поверхности, а также от окружающей застройки. Это относится и к росе, которая образуется на поверхности фасада, если ее температура ниже точки росы воздуха. В обоих случаях соответствующий свес крыши уменьшает источник влажно-

сти. Водяные брызги большей частью появляются в области цоколя, которая поэтому часто должна иметь особенно стойкую штукатурку.

2.4. Косые дожди

Воздействие, вызываемое косыми дождями, как правило, оказывается наиболее интенсивным с наветренной стороны. Особенно сильно затрагиваются высоко находящиеся поверхности фасадов и поверхности в области углов и кромок здания. Эркер и другие выступающие из стен конструкции также подвержены повышенному воздействию от косых дождей. Часто недооценивается влияние наклона поверхности фасада. Наклонное положение фасада, вызванное выпуклостью участка стены, а также при утолщающейся книзу каменной кладке, может привести к увеличению воздействия осадков, так как в этом случае дождь попадает на фасад даже при безветренной погоде.

Чтобы иметь возможность более точно исследовать данные обстоятельства, обычные измерения воздействия косых дождей на вертикальные поверхности фасадов были дополнены измерениями воздействий на наклонную поверхность (при наклоне в 5°); исследования проводились в климатическом зале полигона натуральных испытаний в Хольцкирхене осенью 2004 года. Для этого дождемер, встроенный в фасад зала, был расположен так, чтобы нижняя часть его приемного сосуда на несколько

сантиметров выступала от наружной поверхности стены.

Результаты этих измерений в сравнении с обычными измерениями косого дождя на том же фасаде в течение двухмесячного периода представлены в нижней части на рис. 5. Можно вполне ясно увидеть, что относительно малое отклонение приемной поверхности дождемера (всего на 5°) приводит к повышению нагрузки от косого дождя примерно в четыре раза по сравнению с нагрузкой на вертикальный фасад.

Сопоставление этих результатов с представленными на верхней части рис. 5 измеренными количествами нормального дождя (количество осадков, выпавших на горизонтальную поверхность в открытом поле) и скоростью ветра, направление которого перпендикулярно поверхности испытываемого фасада, показывает, что количество осадков, попадающих от косого дождя на вертикальную поверхность, при некотором ветре почти достигает нормального количества дождя.

Маловероятно, что непропорционально высокое увеличение воздействия от косого дождя при малом отклонении от вертикали вызывается только дополнительно уловленным компонентом нормального дождя. Скорее приходится предположить, что из-за наклона улавливается и часть брызг, происходящих от попадания косого дождя на области фасада над

дождемером. Часть (около 30 %) количества дождевой воды, стелющаяся с фасадом, отражается от него в виде брызг.

В какой мере эти брызги вызывают сильное повышение воздействия атмосферных осадков на немного наклоненные части фасада – еще следует выяснить при дальнейших исследованиях. В целом, однако, можно констатировать, что наклонные поверхности подвержены существенно более высокому воздействию косо дождя, чем вертикальные поверхности фасада. Даже современные водоотталкивающие виды штукатурки не выдерживают столь интенсивного воздействия в течение длительного времени, как это показали испытания на полигоне наклонно расположенных фрагментов теплоизоляционных фасадов (рис. 6). Поэтому в испытаниях, проводимых в настоящее время, обращается внимание на строго вертикальное расположение фрагментов.

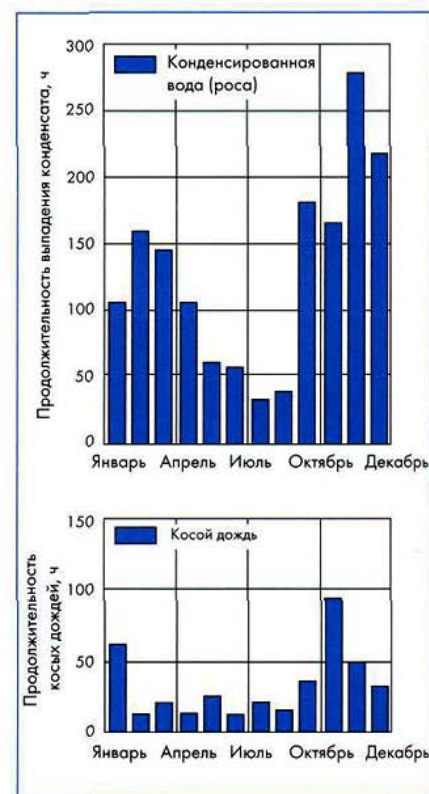
2.5. Конденсация влаги из наружного воздуха (роса)

В то время как воздействие косых дождей на фасад зависит от его ориентации, но не зависит от его тепло-технических свойств, теплоемкость и теплопроводность наружной стены определяют количество конденсированной влаги (росы) на ее наружной поверхности в безоблачные ночи. Как уже было разъяснено с использованием рис. 2, поверхность теплоизоляционного фасада пребывает в состоянии лучистого теплообмена (обмена длинноволновым излучением) с окружающей ее средой. Так как ночью отсутствует облучение солнечной радиацией, а излучение атмосферы при ясной погоде (отсутствие облаков) гораздо меньше излучения поверхности фасада, то наружная поверхность фасада лишается теплоты. Охлаждение ниже точки росы наружного воздуха является предпосылкой для образования конденсата на поверхности, однако, выпадение конденсата (росы) может наступить лишь в том случае, если теплота будет добавляться изнутри в очень малой степени, а внешний поверхностный слой будет обладать относительно малой теплоемкостью. Поэтому теплоизоляционные фасады, как правило, сильнее подвержены образованию на поверхности конденсата (росы) в течение ночи, чем большинство других конструкций стен. Пра-

вда, образование конденсата отнюдь не ограничивается конструкциями с теплоизоляционными фасадами.

До сих пор нет свидетельств по поводу повреждений наружных стен в связи с ночным охлаждением. Однако несомненно, что связанное с этим образование конденсата на поверхности теплоизоляционного фасада может привести к биологическому обрастанию фасада, которое можно видеть на рис. 7. Показанный на рисунке узор при обрастании теплоизоляционного фасада, часто называемый «эффектом леопарда», представляет собой однозначный признак микробиологического роста (например, водорослей, грибов и т. д.) из-за образования конденсированной воды. Уже в конце 1990-х годов это явление было исследовано в Швейцарском институте по проверке и исследованию материалов. В процессе исследования выяснилось, что указанное явление характерно, прежде всего, для наиболее новых систем теплоизоляционных фасадов. Точный анализ с помощью инфракрасной термографии показал, что ночная температура поверхности представляет собой индикатор обрастания. В областях, где по сравнению с обросшими поверхностями наблюдалась более высокая температура, не обнаруживалось обрастания, как, например, на поверхности штукатурки над дубелями, являющимися тепловыми мостиками. Подобное явление (отсутствие обрастания) имеет силу и для систем теплоизоляционных фасадов старого типа с меньшей толщиной теплоизоляционного слоя (около 40 мм), так как температуры на их поверхностях из-за более значительного теплопереноса изнутри конструкции к штукатурке остаются выше точки росы наружного воздуха. Тем самым наблюдавшийся узор обрастания мог быть однозначно объяснен ночным образованием конденсированной воды (росы).

В соответствии с исследованиями, начало и продолжение микробиологического роста сильно зависят от того, как долго сохраняются соответствующие условия роста. Сравнение внешних влажностных воздействий, обусловленных косым дождем и росой, изображено на рис. 8, применительно к теплоизоляционным фасадам западной ориентации на испытательном полигоне в Хольцкирхене. Очевид-



■ Рис. 8. Длительность образования росы (температур поверхности ниже точки росы) в сравнении с продолжительностью косых дождей, измеренной на теплоизоляционном фасаде западной ориентации ($U = 0,26 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ с белой окраской)

но, месячная продолжительность образования конденсированной воды на поверхности фасада явно больше соответствующей продолжительности косых дождей. Это, однако, еще не означает, что и средняя влажность поверхности фасада, обусловленная косым дождем, должна быть всегда меньше. Так как интенсивность ливня на наветренной стороне далеко превосходит интенсивность образования росы – ежегодное количество ливня в Хольцкирхене примерно в десять раз больше ежегодного количества конденсированной воды на высоко теплоизолированных фасадах, – то условия возникновения влажности на фасаде решающим образом зависят от влагоемкости фасадного поверхностного слоя. Поэтому теплофизические свойства материалов поверхностных слоев (штукатурки и краски) и находящегося за ними изоляционного материала являются в настоящее время предметом интенсивной исследовательской и технологической деятельности. ■

Продолжение статьи читайте в следующем номере журнала «АВОК».

Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем*

Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем широко применяются в практике отечественного строительства с середины 1990-х годов. Среди эксплуатируемых фасадов встречаются как удачные примеры, так и не совсем, т. е. фасады с явными повреждениями штукатурки. Конечно, многие повреждения обусловлены ошибками, допускаемыми при монтаже. Однако важно выделить факторы, влияющие на снижение долговечности правильно смонтированных фасадов. В статье обобщен опыт многолетнего наблюдения за фасадами с тонким штукатурным слоем. Сделан практический важный вывод о том, что межремонтный срок для таких фасадов составляет в среднем 20 лет. Интересно отметить, что в ФРГ, как и в нашей стране, отсутствуют нормы для данных конструкций, несмотря на сорокалетний период их эксплуатации. Предлагаемая статья поможет нашим специалистам частично сориентироваться в проблеме повышения долговечности фасадов.

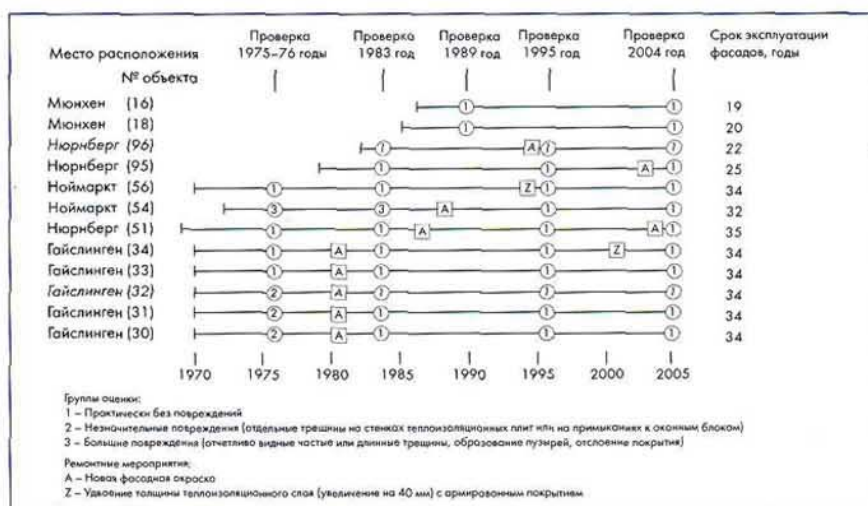
3. Состояние фасадов при эксплуатации и их долговечность

Состояние теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем (далее – теплоизоляционные фасады) при старении в 1960-е и 1970-е годы было еще неизвестно. Поэтому в разное время в Институте строительной физики общества им. Фраунхофера проводились исследования на возведенных зданиях, с целью определения надежности теплоизоляционных фасадов в натуральных условиях. Первый осмотр объектов был в 1975 году и включал в общей сложности 93 здания в Германии, Австрии и Швейцарии. Затем в 1983 году было обследовано 87 зданий. В 1989 году были проведены соответствующие исследования, касавшиеся теплоизоляционных фасадов с минеральными теплоизоляционными материалами.

Контрольные обследования были проведены в 1995 и 2004 годах с целью выяснения эксплуатационных характеристик, а также характера и результата потребовавшихся ремонтных работ. Ниже мы расскажем о последних исследованиях, проведенных в конце 2004 года в общей сложности на 12 зданиях с теплоизоляционными фасадами, изготовленными различными производителями.

3.1. Способ оценки

При осмотре для оценки состояния фасадов нижний этаж рассматривался на нормальном для невоору-



■ Рис. 9. Диаграмма, показывающая хронологию проверок и ремонтов фасадов с указанием их срока эксплуатации и оценки состояния посредством отнесения к группам 1, 2 или 3

женного глаза расстоянию, а более высокие этажи – с помощью полевого бинокля. По результатам детального осмотра фасады были разделены на три группы.

Группа 1. Практически без повреждений, имеются небольшие трещины, едва различимые при нормальном расстоянии.

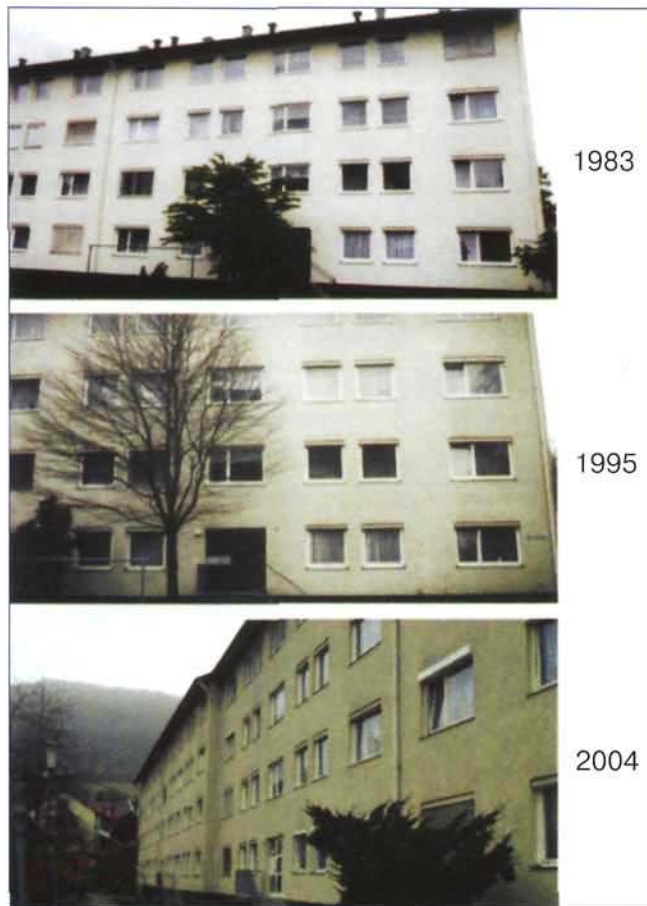
Группа 2. Небольшие повреждения. Отдельные трещины, например, длинные трещины, отходящие от углов окон, или отдельные трещины вдоль стыков изоляционных плит, не бросающиеся в глаза и различимые только при внимательном рассмотрении.

Группа 3. Более серьезные повреждения. Частые или более

длинные трещины, большей частью вдоль стыков изоляционных плит, четко видимое образование пузырей или отслаивание покровного слоя.

Небольшие трещины на углах окон или дверей или поблизости от них не являются специфическими для системы, так как могут возникнуть и в других конструкциях, и не вызывают, как правило, других повреждений. Напротив, трещины вдоль стыков теплоизоляционных плит следует охарактеризовать как специфические для системы. В соответствии с имеющимися результатами исследований такие трещины не влияют на влагосодержание и тем самым на теплоизолирующую способность системы, и от них не приходится ожидать какого-либо ущерба. Образование водорослей оце-

* Продолжение. Начало статьи – в журнале «АВОК», № 6, 2007, с. 82–90.

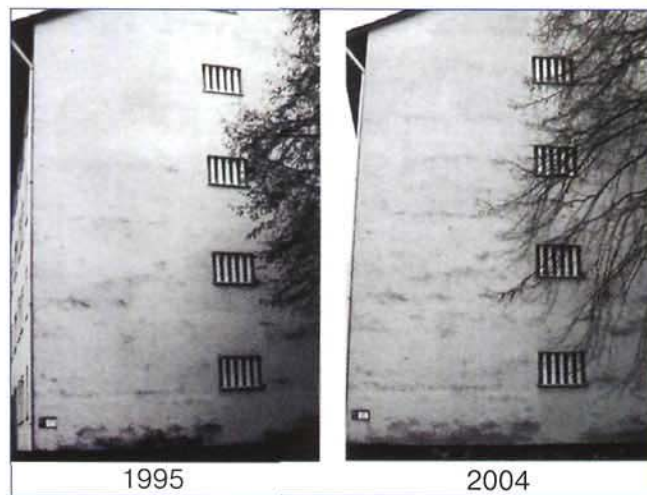


1983

1995

2004

■ Рис. 10. Северный фасад объекта 32 в три разных момента времени: 2, 14 и 23 года спустя после ремонта в 1981 (сверху вниз) при различных позициях съемки и качестве снимков. На каждой из трех фотографий видно медленно растущее хвойное дерево; лиственное дерево было срублено перед 2004 годом



1995

2004

■ Рис. 11. Западная торцевая стена объекта 31 через 14 (слева) и 23 (справа) года после ремонта в 1981 году с образованием водорослей на фасаде на высоте фундамента, а также вдоль горизонтальных полос, появление которых обусловлено неправильностями в структуре штукатурки в связи с рабочими уровнями лесов. Дерево заметно выросло; обрастание водорослями осталось в основном неизменным при небольшом увеличении в верхней части фасада

нивается не как технический недостаток, а как «оптический ущерб», т. е. как потеря эстетического вида. Под обозначением «водоросли» следует в дальнейшем понимать различные виды микробиологического обрастания без более обстоятельной дифференциации, которой не было в рамках исследований. ➡

ФУНДАМЕНТ КОМФОРТА —

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ



СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Москва, Локомотивный проезд, 21, офис 208.
Тел.: (495) 228 7777. Факс (495) 228 7701. E-mail: arktika@arktika.ru
Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.
Тел.: (812) 441 35 30. E-mail: arktika@arktika.quantum.ru

Таблица 1

Данные по проверенным объектам и состоянию фасадов в ноябре-декабре 2004 года

№ объекта	Место-нахождения	Назначение здания	Вид и толщина теплоизоляции	Монтаж		Ремонт	Состояние в конце 2004 года и замечания
				здания	теплоизоляционных фасадов		
16	Мюнхен	Дом престарелых	Минеральная вата, 60 мм	1960	1986	Не было	Сильное образование водорослей на поверхностях, подверженных увлажнению дождем, выделяются головки дюбелей
18		Склад	Минеральная вата, 60 мм	1945	1985	Не было	Равномерное образование водорослей, некоторая загрязненность, частично выделяются головки дюбелей
96	Нюрнберг	Жилое здание	Пенополистирол, 60 мм	1982	1982	1995 – покраска, силиконовой краской	Через 9 лет после ремонта хорошее состояние, водоросли отсутствуют
95		Жилое здание	Пенополистирол, 60 мм	1979	1979	2002 – покраска из-за загрязнения	Хорошее состояние, новая покраска в различные цвета
51		Жилое здание	Пенополистирол, 50 мм	?	1969	1987 – общая покраска, 2001 – только первый этаж со стороны улицы (север), 2004 – только со стороны сада (юг)	Хорошее состояние, новая покраска в различные цвета
56	Ноймаркт	Жилое здание	Пенополистирол, 50 + 40 мм	1970	1970	1993 – установка второго теплоизоляционного слоя 40 мм со штукатуркой	Через 11 лет после ремонта небольшое образование водорослей, на северной стороне сильнее, чем на западной
54	Ноймаркт	Жилое здание с помещениями для торговли	Пенополистирол, 20 мм	1972	1972	1988 – покраска	Равномерное загрязнение (рис. 12), на северной стороне небольшое образование водорослей
34	Гайслинген	Жилое здание	Пенополистирол, 30 мм	1961	1970	1981 – покраска, 2000 – покраска	Из-за сильного образования водорослей в 2000 г. была проведена новая окраска, с тех пор хорошее состояние
33		Жилое здание	Пенополистирол, 30 мм	1961	1970	1981 – покраска	Частичное образование водорослей на наветренной стороне в области фундамента (рис. 10 и 11). Очевидно, проведенная в 1981 году другая, чем на объекте 34, покраска была выполнена из-за сильного образования водорослей.
32		Жилое здание	Пенополистирол, 30 мм	1961	1970	1981 – покраска	
31		Жилое здание	Пенополистирол, 30 мм	1961	1970	1981 – покраска	
30		Жилое здание	Пенополистирол, 30 мм	1961	1970	1981 – покраска	

3.2. Проверенные объекты и их деление по группам оценок

Проверенные объекты с данными о местоположении, характеристиками теплоизоляционных фасадов, годом строительства и ремонта, а также примечаниями о состоянии фасада приведены в табл. 1. На рис. 9 схематически представлены хронологические характеристики изготовления, осмотра и оценки состоя-

ния фасадов. Из них можно заключить следующее:

– Возраст проверенных теплоизоляционных фасадов колеблется от 18 до 35 лет. Некоторые здания проектировались и сооружались с теплоизоляционными фасадами, но в большинстве случаев было выполнено дополнительное улучшение теплоизоляции существующих строений. Поэтому, а также из-за более низких требований,

предъявлявшихся в прошлые годы, толщина изоляционного слоя иногда мала с точки зрения современных представлений (минимум составлял 20 мм). Все теплоизоляционные фасады, возраст которых превосходит 20 лет, были обновлены с помощью покраски, некоторые дважды.

– При первой проверке в 1975 году (рис. 9) половина зданий была включена в группы 2 и 3 (повреж-



■ Рис. 12. Восточный и южный (справа) фасады объекта 54 в декабре 2004 года, через 16 лет после ремонта в 1988 году при помощи покраски. В маленьком фрагменте фотографии представлена съемка штукатурки крупным планом. Произошло равномерное загрязнение штукатурки



■ Рис. 13. Часть северного фасада объекта 51. Спустя 17 лет после ремонта при помощи покраски в 1987 году. Участки межоконных простенков окнами, сильнее смачиваемые дождевой водой, несколько светлее. Этот факт позволяет заключить, что увлажнение дождевой водой имеет здесь следствием не образование водорослей, а эффект очистки поверхности фасада

дения от небольших до более серьезных); при оценке всех осмотренных тогда зданий недостатков оказалось существенно больше, чем показано на рис. 9. Напротив, при последней проверке, проведенной в конце 2004 года после ремонта, все здания были оценены как «не имеющие недостатков» (группа 1). Ремонт заключался в основном в повторной окраске, в одном случае был смонтирован дополнительный теплоизоляционный слой. Тем самым состояние фасада со временем было улучшено. Сказанное может быть объяснено тем, что у старых систем теплоизоляционных фасадов начала 1970-х годов техника выполнения была не вполне отработанной, и поэтому появлявшиеся недостатки были устранены впоследствии при ремонте. При

помощи приведенных ниже фотографий показаны и объяснены обнаруженные изменения внешнего вида фасадов.

3.3. Загрязнение и образование водорослей

В первые десятилетия применения теплоизоляционных фасадов их загрязнение представляло собой главную причину необходимости проведения ремонтов посредством нового окрашивания. Загрязнение воздуха было тогда существенно больше, чем в настоящее время, особенно это наблюдалось в промышленных агломерациях или у магистральная дорог. Загрязнение фасадов было хорошо видно в основном на участках, поверхности которых по разному смачивались дождем: поверхности, часто под-

вергавшиеся воздействию дождя, были явно чище защищенных от попадания дождя поверхностей, находившихся, например, под свесами крыш или оконными карнизами. Впоследствии стала применяться очистка отработанного воздуха в промышленных установках. Фильтрация отработанного воздуха снижала не только содержание загрязняющих частиц, но и содержание в нем вредных веществ, в особенности двуокиси серы (SO_2). Вследствие этого очистка воздуха оказывала также содействие росту микроорганизмов на фасадах, например, водорослей и бактерий. Рост микроорганизмов ранее существенно парализовался воздействием SO_2 . В результате фасады, смачиваемые дождем, сегодня часто можно характеризовать не отсут-

Продукция от известного европейского производителя

Контроллеры для управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования



Люди



Продукция



Воплощение



CEILHIT

Разнообразие продукции позволяет выбрать контроллер в зависимости от выполняемых задач, схемных решений и эстетических требований

www.ceilhit.ru

тел./факс: (495) 540 1204





■ Рис. 14. Западный фасад объекта 16 в сентябре 1989 года, через три года после установления теплоизоляционных фасадов (слева) и 15 лет спустя, в ноябре 2004 года (справа). Отчетливо видно образование водорослей, в особенности на местах, подвергавшихся сильному воздействию влаги (см. стрелку и рис. 15)

ствием загрязнения, а обрастанием водорослями, так как влажность является предпосылкой их роста. С изменением фасадной поверхности вследствие загрязнения или водорослей, в общем и целом, мирятся как с «патиной», если оно оказывается относительно равномерным. Напротив, характеризующиеся локальной концентрацией загрязнения или обрастание водорослями часто воспринимается как потеря внешнего вида. На проверенных зданиях, на поверхностях часто смачиваемых дождем, можно было констатировать как наличие «эффекта очистки», так и обрастание водорослями. Это могло быть связано как с качеством местного воздуха, так и с действием фунгицидных* добавок к штукатурке, а также с позднейшим покрытием краской. Соответствующих исследований не проводилось. Ниже в качестве примеров рассмотрены некоторые результаты, полученные при проверке фасадов.



■ Рис. 15. Место на фасаде, где отмечается большое образование водорослей вдоль зоны усиленного водостока, возникающего под воздействием ветра из-за боковых ограждений балконов. Непосредственно под балконом образование водорослей явно меньше, чем на незащищенной поверхности стены

На рис. 10 изображен северный фасад объекта 32 (жилой дом в Гайслингене) в три различных момента времени эксплуатации. Несмотря на различное качество фотографий, на протяжении 23 лет не было установлено какого-либо заметного или вредного изменения. На западных сторонах размещенных параллельно друг другу жилых домов в Гайслингене (объекты с 30 по 33), напротив, отмечалось частичное образование водорослей. Достоин внимания то обстоятельство, что обрастание водорослями практически не изменилось в период между двумя осмотрами (рис. 11). Для объекта 34, жилого дома, который в 1981 году был, очевидно, покрыт другой обновляющей окраской, чем соседние с ним здания, потребовалось повторное покрытие краской из-за сильного поражения водорослями к 2000 году (табл. 1).

На рис. 12 показаны восточный и южный фасады объекта 54 в Ноймаркте. Равномерное загрязнение привело здесь на протяжении 16 лет к появлению некоторой патины. На северном фасаде (который выходит на улицу) объекта 51 в Нюрнберге, через 17 лет после первого ремонта при помощи покраски, не было установлено обрастания водорослями. Здесь преобладает эффект чистки в результате слива дождевой воды, сильнее проявляющейся в межконных проемах (рис. 13).

Состояние западного фасада объекта 16 (дом престарелых в Мюнхене) в 1989 году, через три года после установления теплоизоляционных фасадов, показано на

рис. 14 (слева). В то время на фасаде не было никаких повреждений. Во время осмотра в 2004 году, т. е. 15 годами позже, было обнаружено явное обрастание водорослями (рис. 14 справа), в особенности на местах, подвергавшихся сильному воздействию влаги (рис. 15).

3.4. Прочность и долговечность

Часто предполагается, что малая толщина штукатурки и мягкий изоляционный слой в качестве основания под штукатурку могут являться причиной повреждений вследствие механических воздействий. Однако при многократных осмотрах фасадов не удалось обнаружить какой-либо особой подверженности повреждениям фасадов по этой причине. Напротив, в непосредственном соседстве с проверяемыми объектами часто находились дома, стены которых были оштукатурены обычным способом, и их штукатурный слой был поврежден, повреждения объяснялись деформациями кирпичной кладки. Таких деформаций часто нельзя полностью избежать при выполнении каменной кладки из крупногабаритного камня или при стыках между каменной кладкой и бетонными конструктивными элементами. В качестве примера можно привести жилой дом в поселке Гайслинген, построенный так же как и объекты от 30 до 34, но не имевший теплоизоляционного фасада. Это единственное жилое здание с повреждениями кладки и штукатурки (рис. 16). Следовательно, разделение каменной кладки и слоя штукатурки мягким теплоизоляционным материалом является хорошим способом, чтобы избежать таких повреждений. ➔

* Фунгициды – химические препараты для уничтожения или предупреждения развития грибов и бактерий.

Ориентировочные значения продолжительности периода эксплуатации до проверки или ремонта защищающих от дождя внешних слоев фасадов по результатам опроса экспертов и специалистов по строительству

Вид наружного слоя	Межремонтный период, годы	
	Границы интервала	Среднее значение
Наружная минеральная штукатурка	15–50	35
Окраска фасада	5–20	10
Штукатурка на синтетической смоле по каменной кладке или по теплоизоляционному слою	10–25	18
Фиброцементные облицовочные плиты	10–30	20



■ Рис. 16. Трещина в стене и повреждение штукатурки западного фасада здания без теплоизоляционных фасадов, расположенного по соседству с объектом 32. Трещина в стене под окном (очерчена) продолжилась в штукатурке. Верхний слой штукатурки отчасти отделился от нижнего. Таких повреждений удастся в целом избежать при наличии теплоизоляционных фасадов благодаря теплоизоляционному слою, который разъединяет каменную кладку и штукатурку, применению добавок в штукатурный состав, а также армированию штукатурки

3.5. Затраты на обслуживание

Фасады зданий требуют постоянного обслуживания. Время от времени необходимо выполнять не только заново окраску фасада из-за загрязнения и выветривания, но следует также контролировать, а при определенных обстоятельствах и ремонтировать «опасные зоны» на фасаде. Такими «опасными зонами» могут быть, например, стыки около окон или элементы завершения фасадов, как показано на рис. 17.

В среднем временной межремонтный период проверенных теплоизоляционных фасадов составляет примерно 20 лет. Эта продолжительность межремонтного периода в целом соответствует верхним предельным значениям для периода обновления окраски фасада и штукатурки с использованием синтети-

ческой смолы, которые были определены ранее (табл. 2).

4. Обсуждение результатов и выводы

Температурно-влажностные воздействия на теплоизоляционные фасады выражены сильнее, чем на большинство других фасадных конструкций. В первую очередь это относится к изменению температуры поверхности и образованию росы на ней вследствие длинноволнового излучения. Тем не менее, на теплоизоляционных фасадах, как правило, и по прошествии многих лет не обнаруживаются больших повреждений.

Многочисленные обследования многоэтажных зданий с теплоизоляционными фасадами при сроке их эксплуатации до 35 лет позволили сформулировать следующее:

- Повреждения теплоизоляционных фасадов, обусловленные раздельной работой штукатурки и стены вследствие разделяющего действия теплоизоляционного слоя, проявляются реже, чем при обычной каменной кладке со штукатуркой. Повреждения, обусловленные механическими воздействиями на поверхность, не играют большой роли.

- Нельзя сказать, что обрастание водорослями обязательно является следствием смачивания дождевой водой или выпадения росы в ночное время. В некоторых случаях отмечено явное поражение водорослями, в других, напротив, преобладал эффект чистки поверхности фасада в результате смачивания дождем. Важен установленный факт, что усиленный поток дождевой воды по какому-либо участку фасада может быть причиной образования водо-



■ Рис. 17. Пример повреждения на нижнем окончании фасада западной ориентации в результате проникновения влаги на завершающий профиль, вызванного, вероятно, дефектной водосточной трубой. Такие повреждения следует устранять по мере их возникновения, независимо от потребности фасада в общем ремонте

рослей, что воспринимается как потеря внешнего вида.

- Затраты на техническое обслуживание и частота проведения ремонтов должны быть установлены применительно к теплоизоляционным фасадам равными тем, которые предусмотрены для обычных оштукатуренных стен.

Средний срок службы теплоизоляционных фасадов, несомненно, больше периода времени, прошедшего с начала их применения, так как многие давно построенные фасады еще продолжают эксплуатироваться. В отчете Института строительных исследований указан срок службы теплоизоляционных фасадов – 40 и 60 лет. С учетом имеющихся результатов исследований, при регулярном уходе за фасадом (проведении ремонтов и т. д.) этот срок службы теплоизоляционных фасадов представляется вполне реалистичным. ■