

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ФАСАДНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ (СФТК)

Гельмут Кюнцель, Хартвиг М. Кюнцель, Клаус Зедльбауер
Институт Строительной Физик Фраунгофера, Хольцкирхен, Германия

Аннотация. С начала 1960х годов, более 500 миллионов квадратных метров Систем Фасадных Теплоизоляционных Композиционных с наружными штукатурными слоями (далее СФТК) было использовано для теплоизоляции зданий в Германии. В последнее десятилетие применение СФТК стало популярной мерой, позволяющей улучшить теплоизоляционные свойства, а также устойчивость к погодным условиям фасадов жилищного фонда. Конечно, это поднимает вопросы относительно прочности и долговечности СФТК по сравнению с другими типами теплоизоляции. В связи с этим, значительное количество многоэтажных домов с использованием СФТК были подвергнуты неоднократным проверкам, проводимым Институтом Строительной Физики Фраунгофера (ИСФ), начиная с 1975 года.

Результаты этих многократных проверок можно в целом описать следующим образом: Повреждения или износ фасадов с применением СФТК встречаются не чаще, чем на строениях, где использовалась обычная каменная кладка стен со штукатуркой. Можно отметить слегка большую подверженность СФТК росту микроорганизмов в связи воздействием на стены дождя и образованием конденсата. Затраты и частота проведения работ, направленных на поддержания состояния фасадов, сравнимы с аналогичными характеристиками традиционных стеновых конструкций. То же справедливо и в отношении других аспектов долговечности СФТК.

Ключевые слова: внешняя теплоизоляция, проверка состояния фасадов, работы по поддержанию состояния фасадов.

Введение

С начала 1960х годов СФТК, так же называемые External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) или External Wall Insulation Systems (EWIS) в Ирландии и Соединенном Королевстве или Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) в Канаде или США – широко используются в качестве внешней теплоизоляции фасадов в Центральной Европе. По причине инновационного характера данных теплоизоляционных систем, которые первоначально выполнялись только в форме пенополистирольных панелей и синтетической смолосодержащей штукатурки, Институт Строительной Физики Фраунгофера (далее по тексту ИСФ) начал их научное изучение в начале 1970х годов [Кюнцель 1975]. В связи с постепенно возрастающей важностью систем внешней теплоизоляции стен в Германии многочисленные исследования в ИСФ продолжились в течение следующих десятилетий, например [Бём и Кюнцель 1987, Кюнцель 1998, Циркельбах и др. 2004].

ИСФ, основанный в 1929 году в Штутгарте, занимается всеми аспектами Строительной Физики, включая сохранение тепла, влагостойкость и звукоизоляцию зданий. Однако большинство исследований, касающихся СФТК и их эффективности, были осуществлены на испытательной площадке ИСФ в Хольцкирхене, расположенной вблизи Баварских Альп. В 1951 году, благодаря довольно суровому климату,

изобилующему перепадами температуры и обилием приносимых ветром дождей, это место было выбрано в качестве площадки, позволяющей изучить воздействие на строения погодных условий. Было предположено, что постройки, продемонстрировавшие удовлетворительные гидротермальные свойства и прочность под воздействием природных погодных условий на данном испытательном полигоне, будут демонстрировать те же свойства и в других областях Германии. Это предположение доказало свою обоснованность на протяжении последних 50 лет [Кюнцель 2003]. Именно поэтому испытательная площадка в Хольцкирхене, которую первоначально планировали использовать только в качестве временной, до сих пор существует. Сегодня здесь работает почти столько же научного и технического персонала (почти 80 человек), как и в главном институте в Штутгарте.

Эта статья посвящена главным образом результатам периодических проверок зданий с использованием СФТК в Центральной Европе. В 1975 году состоялась первая проверка 93 зданий в Германии, Австрии и Швейцарии [Кюнцель 1976]. В 1983 данная проверка была проведена повторно в отношении 87 зданий [Майер 1984]. В 1989 эквивалентные проверки были осуществлены в отношении СФТК с использованием минеральных изоляционных материалов [Кюнцель, 1991]. Дальнейшие проверки были проведены в 1995 [Кюнцель 1997], а так же на выбранном количестве высотных зданий в 2004 с целью оценить долгосрочное поведение систем, а также с целью запротokolировать необходимость принятия мер по реконструкции зданий. В конце 2004 последние исследования, результаты которых изложены ниже, проводились в отношении 12 более высоких зданий с применением СФТК от различных производителей.

Модальность оценки

После детального осмотра объектов, состояние их фасадов было классифицировано в соответствии с тремя оценочными группами, причем области цокольных этажей подверглись тщательному исследованию, а верхние этажи были осмотрены с помощью бинокля:

Группа 1 - Практически без дефектов

Отсутствуют какие-либо видимые дефекты. В данную категорию попали небольшие радиальные трещины, едва видимые с обычного расстояния.

Группа 2 - Незначительные дефекты

Незначительное число трещин, например, берущие начало в углах окон, удлиненные радиальные трещины или единичные трещины вдоль мест соединения изоляционных плит, едва заметные, видимые только при близком рассмотрении.

Группа 3 - Значительные дефекты

Короткие или длинные трещины, по большей части вдоль мест соединения теплоизоляционных плит, образование пузырей или расслаивание покрытия, четко различимые.

Небольшие трещины, обнаруженные в углах окон и дверных проемов, не являются характерными для системы и могут также появиться при использовании других типов конструкций, но, как правило, они не влекут за собой дальнейших повреждений. Однако трещины вдоль соединения изоляционных плит должны рассматриваться как характерные. Согласно проведенному анализу, такие трещины не оказывают какого-либо влияния на содержание влаги или на теплоизоляционный эффект системы. Следовательно, не следует опасаться каких-либо серьезных повреждений фасадов [Кюнцель 1995]. Развитие морских водорослей не оценивается как технический дефект, а только как «видимый неблагоприятный эффект». Далее в статье термин «водоросли» означает разнообразную микробную растительность без более точного определения, и не выносился в контексте наших исследований.

Объекты исследования и результаты

Объекты исследования вместе с информацией, касающейся их местонахождения, типа используемых СФТК, данные о строениях и предпринятых мерах по ремонту фасадов указаны в Таблице 1. На Рисунке 1 указаны года, когда СФТК были установлены, когда была проведена проверка и оценка состояния фасадов. Результаты могут быть изложены следующим образом:

Сроки проверки СФТК варьируются от 18 до 35 лет. Некоторые здания были спроецированы и построенные изначально с использованием СФТК, в большинстве случаев, однако, СФТК представляет собой дополнение, улучшение уже имеющегося типа теплоизоляции. По этой причине, а также из-за более низких температурных требований в прошлом, толщина изоляционных слоев относительно невелика по сравнению с устанавливаемыми в настоящее время системами (минимальная толщина 20 мм). Все СФТК, возраст которых более 20 лет, были отремонтированы посредством нанесения одного или двух новых слоев внешнего покрытия. Согласно Рисунку 1 после проведенного в 1975 году осмотра половина зданий пришлось классифицировать по двум группам - 2 и 3 (незначительные или значительные дефекты); если оценивать все исследуемые в то время здания [Кюнцель и Майер1976], то количество строений, попавших в группы 2 и 3, будет значительно больше. Однако проверка в конце 2004 после проведения ремонтных работ показала, что все здания могут быть оценены как «не имеющие дефектов» (Группа 1). Ремонтные работы по существу заключались в наложении новых слоев покрытия, только в одном случае был установлен дополнительный слой изоляции. Следовательно, состояние фасадов улучшилось за прошедшие годы. Это может быть результатом того, что в начале 1970х, методы применения СФТК все еще нуждались в оптимизации, и вытекающие из этого факта дефекты были устранены в ходе ремонтных работ.

Нижеследующая фотографическая документация показывает и объясняет фактические визуальные изменения на фасадах.

Загрязнение – Рост водорослей

В предыдущие десятилетия, загрязнение фасадов было основной причиной ремонта, заключавшегося в наложении новых слоев внешнего покрытия. Уровень загрязнения воздуха был значительно выше в то время чем сегодня; это особенно справедливо в отношении промышленных центров и областей, через которые проходят основные транспортные магистрали. Загрязнение фасадов главным образом присутствовало на участках стен, подвергающихся различной степени воздействия дождя: области в большей степени подвергающиеся воздействию дождя были намного чище, чем защищенные от дождя, например, находящиеся под защитными крышами или оконными подоконниками. Благодаря фильтрации отработанного воздуха промышленных предприятий, загрязнение воздуха было сокращено, так же как и концентрация газообразных загрязняющих веществ в воздухе, особенно концентрация диоксида серы SO₂. Поскольку SO₂ является сильным биоцидом, следствием его исчезновения стала стимуляция роста микроорганизмов на фасадах, таких как водоросли, грибки и бактерии [Кюнцель 2000]. Это является причиной того, что участки фасадов, которые часто подвергаются воздействию дождя, могут быть заражены водорослями, так как влага является необходимым условием для их развития.

Таблица 1. Данные об исследуемых объектах

Номер объекта	Город	Адрес и назначение здания	Тип изоляционного материала и его толщина	Применение изоляционного материала		Ремонтные работы
				здание	СФТК	
16	Мюнхен	Burgmaerstr.9 Дом престарелых	Минеральная вата 60мм	1960	1986	Нет
18		Schleissheimerstr. 393 Магазин-склад	Минеральная вата 60 мм	1945	1985	Нет
96	Нюрнберг	Thumenberger Weg 11 Жилой дом	Пенополистирол 60мм	1982	1982	1995 – покрытие (силиконовая смолосодержащая краска)
95		Feinitzer Platz Жилой дом	Пенополистирол 60мм	1979	1979	2002 - новое покрытие в связи с загрязнением
51		Krugstr. 17-23 Жилой дом	Пенополистирол 50мм	?	1969	1987 – полностью новое покрытие 2001 – только первый этаж, прилегающий к дороге (северный фасад) 2004 – только стены, выходящие в сад (южный фасад)
56	Ноймаркт/ Опф.	Efastr. 2 Жилой дом	Пенополистирол 60 мм + 40 мм	1970	1970	1993 - второй слой изоляционного материала со штукатуркой
54		Mühlstr. 1-3 Жилые и промышленные здания	Пенополистирол 20мм	1972	1972	1988 – внешнее покрытие
34	Гейслинген/ Штайге	Bolzstr. 6-8 Жилое здание	Пенополистирол 30мм	1961	1970	1981 – внешнее покрытие
33		Bolzstr. 9-12 Жилое здание	Пенополистирол 30мм	1961	1970	1981 – внешнее покрытие
32		Eberstr. 1-7 Жилое здание	Пенополистирол 30мм	1961	1970	1981 – внешнее покрытие
31		Brüningstr. 2-8 Жилое здание	Пенополистирол 30мм	1961	1970	1981 – внешнее покрытие
30		Stresemannstr. 2-6 Жилое здание	Пенополистирол 30мм	1961	1970	1981 – внешнее покрытие

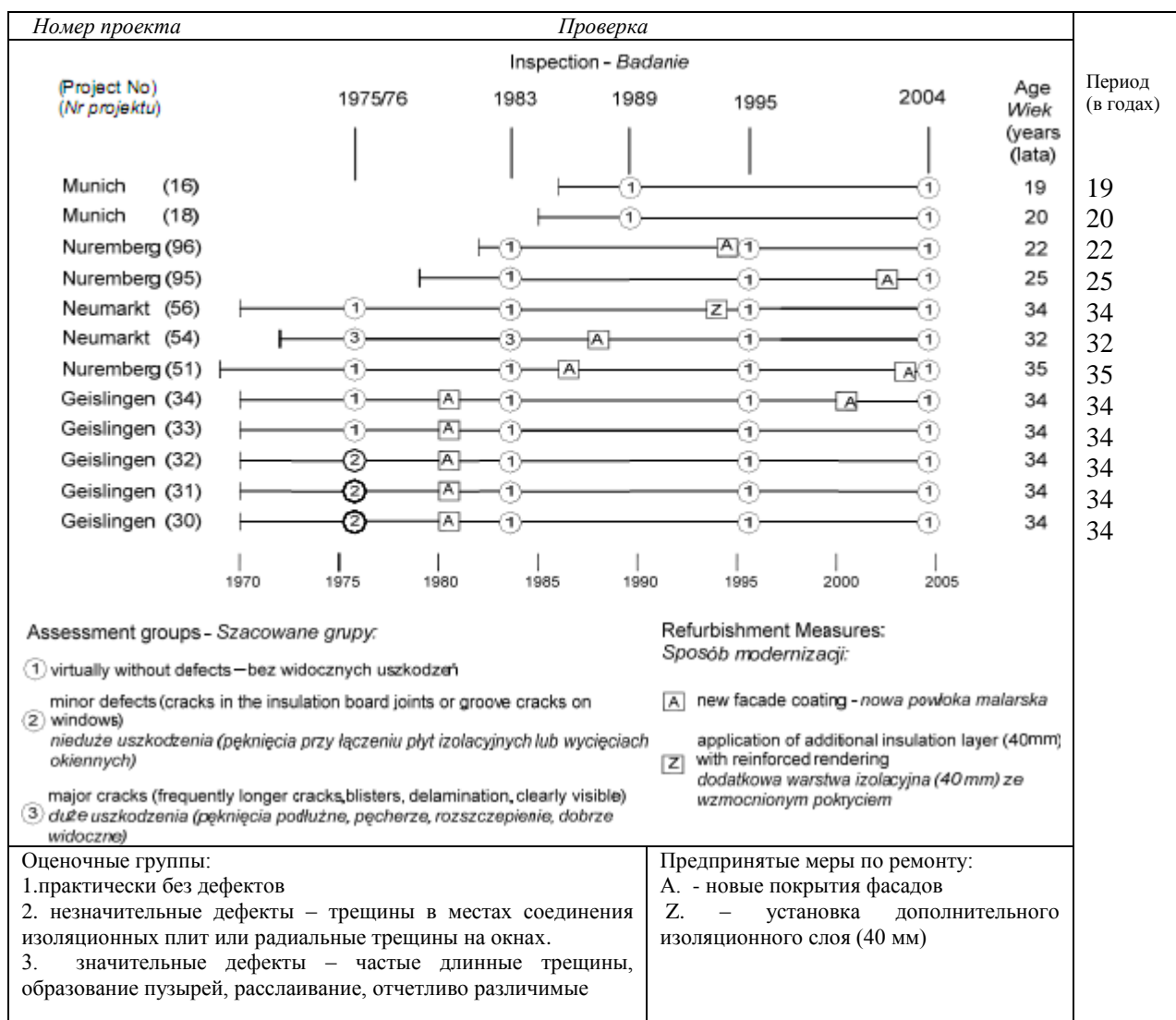


Рис. 1. Диаграмма, показывающая время, когда были установлены, проверены и реконструированы системы внешней изоляции стен с указанием состояния фасада, согласно описанной выше классификации по оценочным группам.

Что касается образования конденсата на фасадах, где применяется Системы Внешней Изоляции Стен, образующегося в ночное время, то это может так же быть дополнительной причиной скопления влаги, что опять же приводит к развитию водорослей. [Кюнцель и Зедльбауер 2001].

Изменения на поверхности фасадов, вызванные загрязнениями растущих на них микроорганизмов, обычно рассматривается как «патина» («налет») поскольку они распространяются равномерно, в то время как локальные концентрации загрязнений или водорослей часто оцениваются как «видимый неблагоприятный эффект».

На поверхностях исследуемых зданий, часто подвергающихся воздействию дождя, вместе с развитием водорослей наблюдался так же «очищающий эффект». Это так же можно отнести к местному качеству воздуха или к типу добавляемого в штукатурку или защитные слоя фунгицида. Такой контекст, однако, не принимался во внимание во время анализа результатов. Следующие примеры объясняют некоторые результаты, полученные в ходе изучения состояния фасадов. На Рисунке 2 показан северный фасад объекта 52 (жилой дом в Гайслингине) в три разных временных периода. Несмотря на различия в качестве сделанных фотографий, никаких важных или вредных изменений не наблюдается за период в 23 года. На западных стенах расположенных параллельно жилых

домой в Гейслингине (объекты 30 и 33), однако, возникло частичное распространение водорослей. Примечательно, что темп роста данных микроорганизмов не изменялся в период между двумя проверками (Рис. 3).

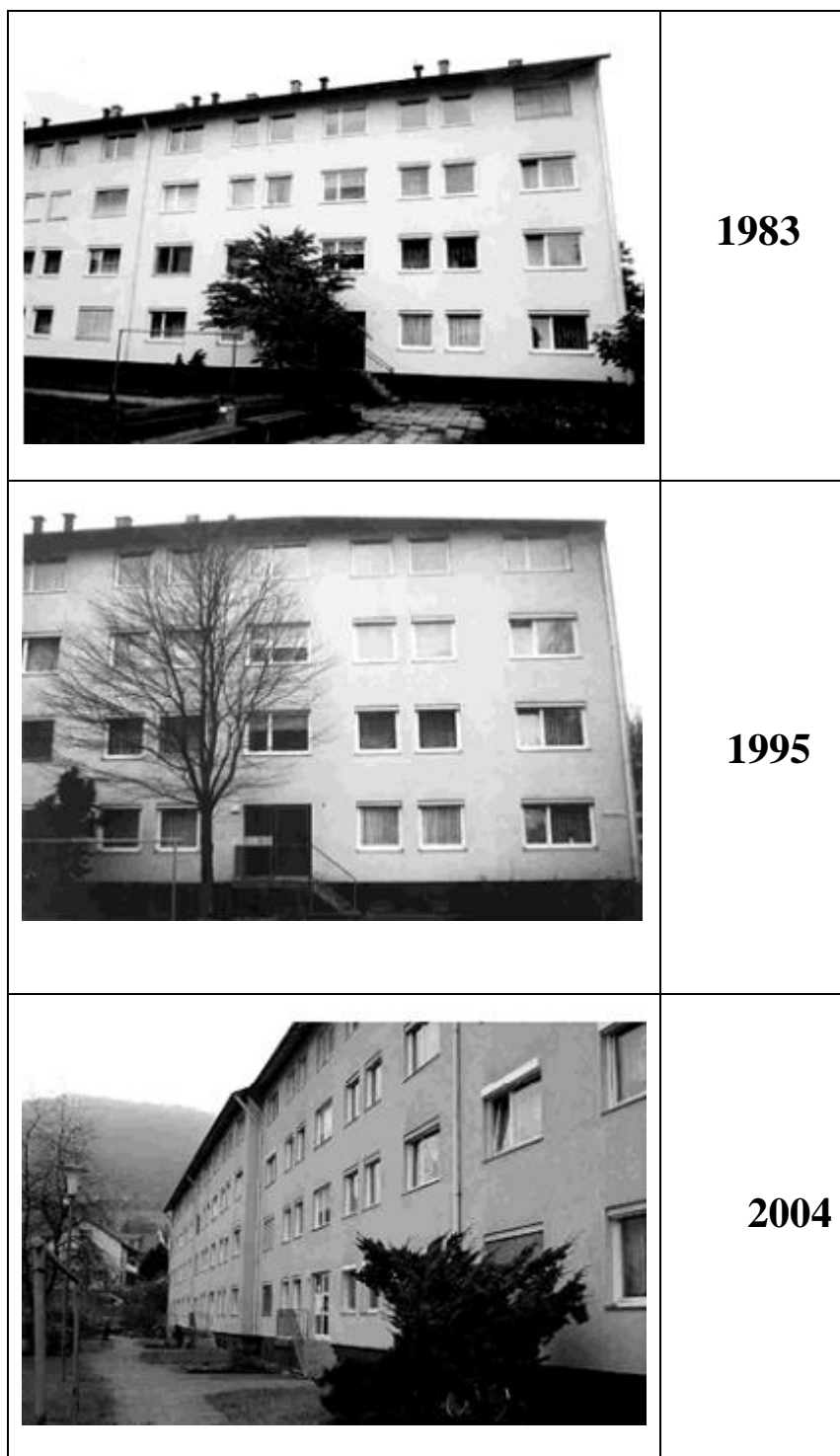
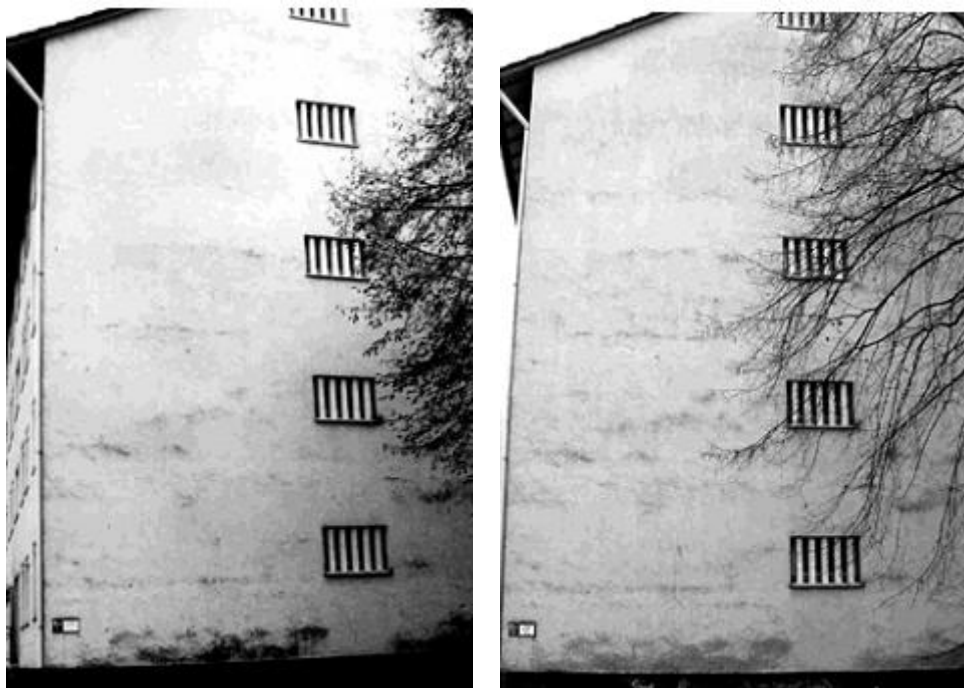


Рис. 2 Северный фасад здания в Гейслингине в 3 разных временных периода: 2, 14 и 23 года после ремонтных работ, выполненных в 1981 году, снятый под разным углом. Медленно растущее хвойное дерево можно увидеть на всех фотографиях; лиственное дерево было срублено до 2004 года.

Расположенный по соседству объект 34, который очевидно подвергнулся ремонту в 1982 путем использования дополнительного слоя внешнего покрытия, как и все соседние жилые дома, пришлось подвергнуть обновлению в связи с интенсивным развитием водорослей уже в 2000 году (Таб. 1).

На Рисунке 4 показаны восточные и южные фасады объекта 54 в Ноймаркте. Равномерное распространение загрязнения привели к образованию своего рода патины за 16 лет. На северном фасаде (прилегающем к дороге) объекта 51 в Нюрнберге не возникло никакого микробного роста после первого ремонта (новое внешнее покрытие), имевшего место 17 лет назад. В этом случае, превалирует очищающий эффект, связанный с дренажем дождевой воды, собирающейся между окнами (Рис.5).



1995

2004

Рис. 3. Западная фронтовая часть объекта 31 в Гайслингене спустя 14 (снимок слева) и 23 (снимок справа) года после ремонтных работ с очагом водорослей на цокольном участке и в виде нескольких горизонтальных полос, образовавшихся на участках, где структура штукатурки была нарушена, совпадающих с рабочими уровнями строительных лесов. На рисунке видно, что с течением времени дерево выросло, в то время как инвазия водорослей осталась неизменной, с легким усилением в верхней части фасада.



Рис. 4 Восточный и южный фасады (справа налево) объекта 54 в Ноймаркте в декабре 2004, спустя 16 лет после ремонтных работ, заключавшихся в наложении нового покрытия. В левом нижнем углу – приближенное изображение штукатурки над маленьким окном.



Рис. 5. Частичный вид северного фасада объекта 51 в Нюрнберге, 17 лет после ремонтных работ, заключавшихся в наложении нового слоя покрытия в 1987 году. Участки между окнами, которые подвергаются сильному воздействию дождя, более светлые, что говорит о том, что воздействие дождя на эти участки не привело к образованию водорослей, а носило очищающий характер.

Состояние западного фасада объекта 16 (Дом престарелых в Мюнхене) в 1989, спустя 3 года после использования СФТК показано на Рисунке 6 (слева). Какие-либо видимые дефекты на данном снимке отсутствуют. Но во время проверки в 2004, спустя 15 лет, можно четко видеть очаг водорослей (Рис 6, справа), особенно на участках, интенсивно подвергающихся воздействию дождя (Рис 7).

Износостойкость и прочность

Часто полагается, что небольшая толщина внешней штукатурки и гладкость изоляционного материала в качестве субстрата, могут являться причиной повреждения от механического воздействия. Но, даже после нескольких проверок, не было обнаружено никаких признаков особой подверженности какому-либо реальному повреждению. Напротив, традиционно построенные здания, расположенные в непосредственной близости к наблюдаемым объектам, часто демонстрировали повреждения штукатурки, вызванные деформацией каменной кладки. Таких деформаций нельзя полностью избежать при кладке блоков большого размера или комбинировании каменной кладки и строительных бетонных элементов. В качестве примера можно привести жилой дом в Гайслингене, имеющий ту же конструкцию, что и объекты 30 -34, но без применения СФТК. Это здание единственное во всем жилом комплексе имеет повреждение кладки и штукатурки (Рис. 8). В результате механического «разделения» заключительного слоя штукатурки и структурной каменной кладки посредством гладкого изоляционного материала, СФТК в меньшей степени подвержены данному виду повреждения, чем традиционно выполненные фасады.



Рис. 6 Западный фасад объекта 16 (Дом Престарелых в Мюнхене), в сентябре 1989, спустя 3 года после применения СФТК и спустя 15 лет в Ноябре 2004. Различие в цвете фасада не означает, что здание было перекрашено, а связано с качеством цифровой фотографии. Образование водорослей четко видно, особенно на участках, подвергающихся интенсивному воздействию дождя (см. Рис. 7).



Рис. 7. Локальное образование водорослей, вдоль участка с концентрацией на пути стока дождевой воды, вызванного боковым ограничением балконов и ветром. Рост водорослей явно менее интенсивен непосредственно в областях под балконной плитой, чем на незащищенных участках.

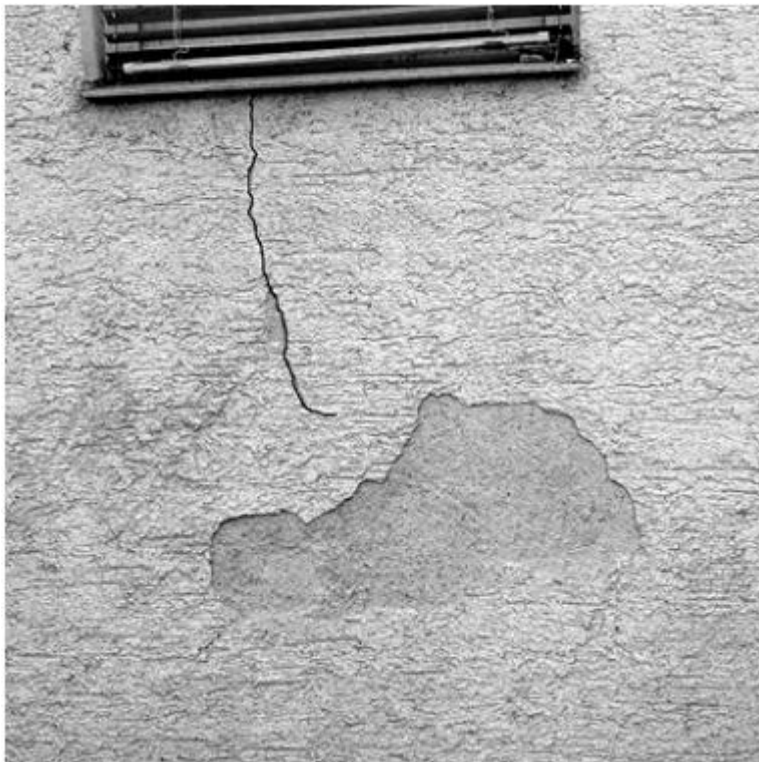


Рис. 8 Трещина на стене и повреждение штукатурки на фасаде здания, расположенного по соседству с объектом 32, без применения Систем Внешней Изоляции Стен (Eberstrasse,2). Трещина на стене под окном происходит в слое штукатурки. Завершающий слой штукатурки частично отошел от слоя грунтовки. Таких повреждений можно избежать, применяя СФТК с помощью эффекта «разделения» мягким изоляционным слоем, так же как с использованием пластических добавок и укрепления штукатурки.

Усилия по поддержания состояния фасадов

Постоянное поддержание состояния необходимо для фасадов зданий. Следует не только обновлять время от времени покрытие в связи с загрязнением и воздействием погодных условий, но также проверять и устранять «слабые места» фасадов, где это необходимо. Такие слабые места могут быть в соединениях вокруг окон или соединениях фасадов, как показано на Рисунке 9. Можно предположить, что - относительно изучаемых объектов и описанному выше – первичный ремонт покрытия служил, по крайней мере, частично, для того, чтобы исправить возникающие «начальные дефекты». Однако, период между нанесением первого и второго слоем покрытия – если оно осуществлялось – дает информацию о том, насколько часто необходимо проводить работы с целью сохранения желаемого вида фасадов. Рассматривая объекты 16 и 18, которым срочно нужен ремонт, и объекты 30-33, где ремонтные работы планируются, мы получим среднее значение частоты обновления наблюдаемых Систем Внешней Изоляции Стен примерно 20 лет. В соответствии с предыдущими исследованиями это среднее значение попадает в диапазон верхнего предельного значения для периодов реконструкции фасадных покрытий и синтетической смолосодержащей штукатурки (Таблица 2, см. Кюнцель [1980]).



Рис. 9. Пример повреждения нижней части фасада на западной стороне объекта 31, вызванного прониканием влаги в соединительный профиль (возможно, из-за неисправной водосточной трубы). Такой вид повреждения необходимо устранять на ранней стадии и отдельно от ремонтных работ на основном фасаде.

Таблица 2. Эталонные значения периода (в годах) до проведения проверки состояния фасада и работ по ремонту защищающих от дождя слоев фасада после консультации с экспертами в области строительства (согласно Кюнцелю [1980]).

Тип внешнего слоя	Период перед реконструкцией (в годах)	
	Предельное значение	Среднее значение
Внешняя минеральная штукатурка	15-50	35
Фасадное покрытие	5-20	10
Синтетическая смолосодержащая штукатурка на каменной кладке или изоляционный слой	10-25	18
Облицовка волокнистым цементом	10-30	20

Заключение и выводы

Результаты многократных проверок в течение длительного периода, предпринятых в отношении многоэтажных домов и высотных зданий с использованием СФТК, чей срок службы на настоящий момент составляет до 35 лет, показали следующее:

1. Повреждения фасадов возникают значительно реже по сравнению с традиционной каменной кладкой со штукатуркой в результате эффекта «разделения» мягкого изоляционного слоя. Повреждения, вызванные погодными условиями обычно незначительны.
2. Большая предрасположенность СФТК к образованию очагов развития водорослей в связи с дождями и образующимся на поверхности в ночное время конденсатом, очевидно, может быть компенсирована путем соответствующих добавок в штукатурку или внешнее покрытие. В некоторых случаях образование водорослей было очевидным, тем не менее в других случаях очищающий эффект дождя превалировал. Важно обеспечить достаточный дренаж дождевой воды на фасаде с целью предотвращения локальной концентрации воды, сбегаящей по фасаду. Длительное увлажнение поверхности может привести к росту водорослей, который может быть расценен как визуально неприемлемый.
3. Расходы и частота поддержания состояния СФТК эквивалентны расходам и частоте поддержания состояния обычных стеновых структур, состоящих из оштукатуренной каменной кладки. То же справедливо в отношении прочности и ожидаемого срока службы, который обычно оценивается, по крайней мере, в 60 лет для стен с использованием каменной кладки.

Положительные долгосрочные эксплуатационные характеристики вместе с превосходной защитой от проливного дождя, а так же высокими теплоизоляционными качествами стали причинами такой большой популярности СФТК в центральной Европе. В настоящее время более 30 миллионов квадратных метров СФТК устанавливаются в Германии каждый год.

Список литературы

- Böhm H., Künzel H., 1987. Wie sind Putzrisse bei außenseitiger Wärmedämmung zu bewerten (Evaluation of cracks in the rendering of external insulation systems). IBP-Mitteilung 14, No 147.
- Künzel H., 1975. Außenseitige Wärmedämmung und Witterungsschutz (External Thermal Insulation and Weathering Protection). Gesundheits-Ingenieur 96, 5, 132–139.
- Künzel H., 1980. Funktionssicherheit und Lebensdauer wärmedämmender Maßnahmen (Service Life and Durability of Thermal Insulation Measures). VDI-Berichte No 365.
- Künzel H., 1995. Die Bewertung von Putzrissen bei Wärmedämmverbundsystemen (Assessing the Effects of Cracks in the Rendering of External Wall Insulation Systems). Bautenschutz und Bausanierung 18, 6, 42–48.
- Künzel H., 1998. Zur Frage der Überbrückung von Bewegungsfugen durch Wärmedämmverbundsysteme (Moving Gap Bridging Capacity of External Wall Insulation Systems). Bauphysik 20, 5, 140–144.
- Künzel H., 2000. Algenbewuchs an Fassaden: Eine Folge reiner Luft! (Algae Growth on Facades, a consequence of clean air!) Arconis 5, 3, 12–14.
- Künzel H., 2003. A Retrospective Look at 50 Years of the Outdoor Testing Field in Holzkirchen. Journal of Thermal Envelope and Building Science 27, 1, 5–14.
- Künzel H., Leonhardt H., 1991: Praxisbewährung von mineralischen Wärmedämmverbundsystemen (Performance of Mineral Fiber External Wall Insulation Systems in Practice). Die Mappe, 7, 20–22.
- Künzel H., Mayer E., 1976. Überprüfung von Außendämmsystemen mit Styropor-Hartschaumplatten (Inspection of External Insulation Systems with Polystyrene Foam Boards). DBZ 6, 763–764.
- Künzel H.M., Sedlbauer K., 2001. Biological Growth on Stucco. Buildings VIII-Proceedings Clearwater Beach Dec. 2001, ASHRAE Publication.
- Künzel H., Riedl G., Kießl K., 1997. Praxisbewährung von Wärmedämmverbundsystemen (Practice Performance of External Wall Insulation Systems). Deutsche Bauzeitung 131, 9, 97–100.
- Mayer E., Künzel H., 1984. Bewährung von Wärmedämmverbundsystemen mit Kunstharzputzen in der Praxis (Performance of External Wall Insulation Systems with Synthetic Renderings in Practice). Der Architekt 6.
- Zirkelbach D., Künzel H.M., Sedlbauer K. 2004. Einsatz von Wärmedämm-Verbundsystemen in anderen Klimazonen (Application of External Wall Insulation Systems in Different Climate Zones). Bauphysik 26, 6, 335–339.