

**НИИ по исследованию материалов / лаборатория по испытанию материалов
для строительства Лейпциг Зарегистрированное общество (e.V.)
(MFPA LEIPZIG)**

**ПРИЗНАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ по СТРОИТЕЛЬНЫМ
МАТЕРИАЛАМ, КОНСТРУКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ и МЕТОДАМ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Научный директор: Универ.-Проф. Инж. Д-р наук Р. Тиле

Управляющий: Д-р Инж. Х.
Майкснер

Отделение строительной физики

Руководитель: Проф. Инж. Д-р наук Петер Бауэр

Испытательная лаборатория Контроль
изоляционных материалов для тепло- и
звукоизоляции

Отчёт о научном исследовании

№ FUV/99-711

от 13.03.2000 г., _____ экземпляра

Предмет: Экспериментальные исследования энергетической эффективности
покрытия "ТермоЩит Наружный" (Thermo-Shield Exterieur)

Заявитель: Вонунгсбау Геноссеншафт «Контакт»
Айленбургер Штрассе 10
04317 Лейпциг

Запрос от
20.09.1999 г.

Наш знак (№) для ответа
Люнерт

Поступление
24.09.1999 г.

Лицо, ведущее дело: Д-р естествоведения Л. Ханке
Дипл.-Инж. Х. Вольны

Настоящий отчёт состоит из 9 страниц.

Данный отчёт о научном исследовании может быть размножен только без сокращений. Его опубликование (перепечатывание), также и только выдержек из него, требует предварительного письменного согласия MFPA Лейпциг Зарегистрированного общества (e.V.).

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС УЧРЕЖДЕНИЯ PF 132, 04252 Лейпциг

Местонахождение: Рихард-Леманн-Штрассе 19, 04275 Лейпциг

Телефон: 0341/3904-105, -106

Телефакс: 0341/3 02 60 70

E-MAIL: MFPA.Bauphysik@t-online.de

1. Постановка задачи

Постановление о тепловой защите требует мер по защите жилых зданий от потерь энергии отопления. Это побуждает также и многих наймодателей оснащать свои старые здания дополнительной теплоизоляцией. Наряду с уже давно себя зарекомендовавшими продуктами (системами), такими как теплоизоляционные многослойные композиции или подвешенные задневентилируемые фасады, с некоторых пор идёт реклама и в пользу (лакокрасочных) покрытий (торговое название «Thermo-Shield»), которые будто бы демонстрируют схожий эффект энергосбережения, как в случае с вышеуказанными системами, но при значительно меньших затратах.

Источники технической информации о Thermo-Shield, напр., /1/ (в разделе №6), ссылаются на многочисленные заключения серьёзных официальных испытательных институтов, которые доказывают качество данных продуктов. Однако следует заметить, что в области теплоизоляционной техники при тщательном рассмотрении протокола испытаний на предмет теплопроводности от Calcoast Analytical –ITL /2/ обнаруживается, что по причине использования **не** единиц измерения по системе СИ (SI) и условных обозначений физических параметров, которые в условиях Германии могут вводить в заблуждение и приводить к ошибкам («K» вместо «h» и «R» вместо «k»), в Германии создано глубоко ошибочное преувеличение теплоизолирующей способности данных продуктов. Неоправданный перевод (из одной системы мер в другую) при переводе данного протокола на немецкий диплом-инженером (FH) г-ном Веспелем /3/ только усилило ошибочное мнение о высоком теплоизолирующем эффекте продукта Thermo-Shield.

В дополнение к этому приводятся измерения по Thermo-Shield, которые были проведены на практических объектах /4/, результаты которых, однако, нельзя воспроизвести, так что показанную «прибыль» по энергии отопления невозможно проверить. Подобным образом не может удовлетворять отчёт об испытаниях от «Точки замера звука и тепла Аахен» /5/, так как здесь отсутствует сравнение с нормальной фасадной окраской.

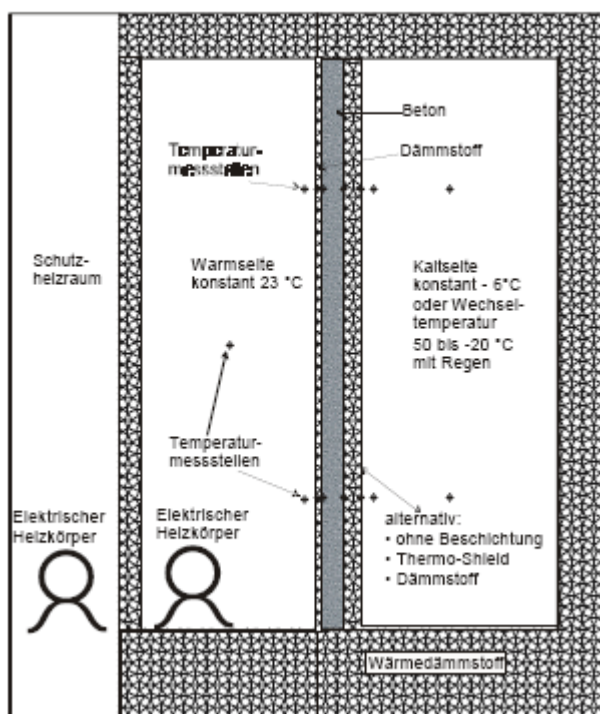
Ввиду на самом деле обоснованных сомнений в эффективности покрытия Thermo-Shield для целей экономии энергии отопления общество «Вонунгсбау Геноссеншафт «Контакт» в качестве наймодателя, с сознанием своей ответственности по отношению к своим квартирным арендаторам, поручило организации MFPA Лейпциг Зарегистрированное общество (e.V.), отделу строительной физики, исследовать данные обстоятельства дела. В фирменном издании «Thermo-Shield – Покрытие» /6/ снижение теплопотерь на наружной стене в результате использования покрытия Thermo-Shield указывается как на 30% и более. Путём приближенных к реальности опытов на специальной конструкции-имитации стены сопоставляются факторы энергосбережения такого покрытия на «необработанной» стене и на стене, защищённой системой WDV. Точным протоколированием и подготовкой результатов измерений наглядно представляется различие энергопотребления для отопления при данных технологиях и системах.

2. Макет

Для решения поставленной задачи пригоден гигротермический измерительный стенд MFPA Лейпциг e.V. (изображение 1).

Изображение 1: Схематическое устройство гигротермического измерительного стенда

Bild 1: Schematischer Aufbau des hygrothermischen Messstandes



Он предоставляет возможность условно помещать «контрольную стену» в максимально приближенные к практике условия для контроля с точностью ок. 7 миллилитров. То есть, с одной стороны (стены) создается атмосфера жилого помещения, в то время как с другой - симулируется естественное изменение состояния погоды. На теплой стороне энергопотребление для целей отопления, необходимое для поддержания определенной температуры, может быть учтено и зафиксировано. При этом теплая сторона «с запасом» защищена от неумышленных энергопотерь при отоплении (теплопотерь) посредством защитного обогреваемого пространства, где поддерживается равномерная температура. Энергия отопления «струится» в дальнейшем в 100%-ом объеме сквозь «контрольную стену» и выводится холодной стороной. При соответственно одинаковых температурных условиях на теплой и холодной сторонах, таким образом, становится возможным прямое сравнение различных вариантов стеновых макетов на предмет их теплотехнической эффективности посредством прямого измерения энергопотребления для целей отопления и обеспечивает красноречивое показание, по сравнению с теоретическими физическими параметрами, также и для дилетантов в строительной физике. В конце концов, квартирного арендатора интересует в первую очередь, что ему ожидать от «оздоровительного мероприятия» с целью энергосбережения.

В дополнение к этому, в рамках проведения эксперимента в нескольких точках «контрольной стены» измеряются и регистрируются временные характеристики в отношении температуры и теплового потока, чтобы можно было судить о переходных процессах, и чтобы на основании температурных профилей сделать заключение о действенности покрытий в отношении создания комфорта во внутренних помещениях.

В качестве «контрольной стены» была выбрана обработанная способной впитывать влагу минеральной штукатуркой бетонная стена, которая с внутренней стороны была облицована материалом 20 мм-вой толщины типа полистирол-жесткий пенопласт (EPS), чтобы таким образом достигнуть уровня теплоизоляции в $k = 1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, присущего среднестатистической наружной стене старого жилого здания. Бетон был выбран из-за его

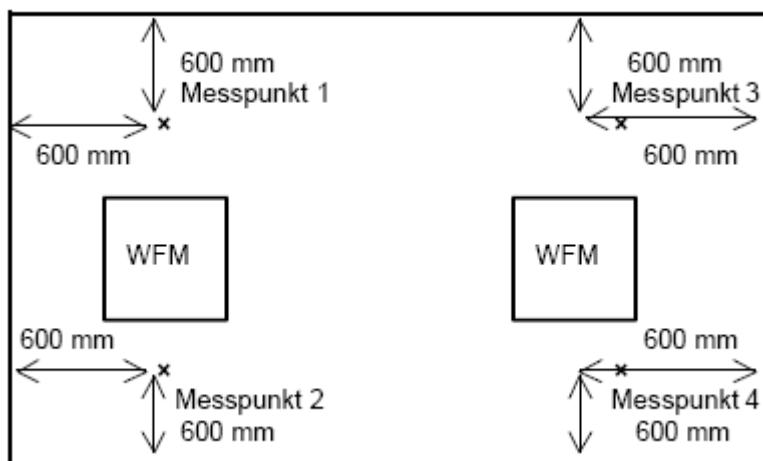
хорошей гомогенности и гладкой наружной поверхности. Способная впитывать влагу штукатурка с наружной стороны служит для доказательства «заявленного» в последней фирменной литературе о Thermo-Shield «гигро»-эффекта – низкое водопоглощение, связанное с низкой потерей из-за испарения.

После измерения «в состоянии покоя» (исходная конструкция) с наружной стороны силами специализированного предприятия наносится покрытие из Thermo-Shield Exterieur, и замеры повторяются спустя одну неделю подсушивания при одинаковых климатических условиях.

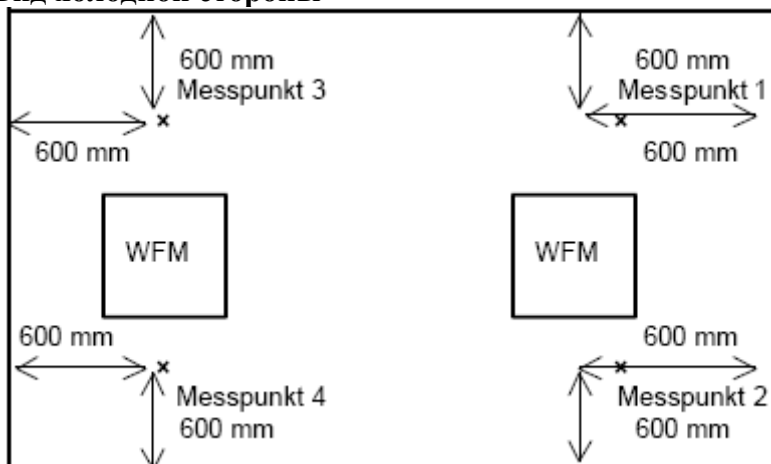
Изображение 2 Распределение точек замеров для анализа потребления теплоэнергии

Вид тёплой стороны

WFM = измеритель теплового потока



Вид холодной стороны



Где:

Messpunkt = точка замера

Места измерения температуры – номер канала многоканального переключательного устройства

Точка замера	Воздух снаружи	Воздух снаружи 5 см перед наружной поверхностью	Наружная поверхность изоляционный материал снаружи	Наружная поверхность бетон снаружи	Наружная поверхность бетон внутри	Наружная поверхность изоляционный материал внутри	Воздух внутри 5 см перед наружной поверхностью	Воздух внутри
1	18	6	7	8	2	3	4	22
2	19	9	10	11	27	24	26	22
3	20	12	13	14	30	37	38	22
4	21	15	16	17	33	25	36	22

Измерения теплового потока

Точка измерения 39 WFM 8926 внутри слева

Точка измерения 40 WFM 8910 внутри справа

После этого наружная штукатурка с покрытием удаляется, и вновь наносится штукатурка по системе WDV в стандартном исполнении также силами специализированного предприятия, затем после соответствующего периода сушки производятся новые замеры.

2. Проведение эксперимента

Для того, чтобы при исследовании были рассмотрены все интересующие проблемы и всё-таки в кратчайший срок добиться информативных результатов, была разработана следующая программа проведения испытаний:

Каждый из вышеназванных стеновых макетов после сразу наступающей фазы высыхания подвергается в течение одной недели стационарному температурному режиму и после этого в течение одной недели нестационарным (неустановившимся) климатическим условиям, включая ливневую нагрузку.

Для установившегося случая были выбраны 23 °С температуры внутреннего помещения и -6 °С наружной температуры. 23 °С, как приятная температура внутреннего помещения, и -6 °С, характеризующая зимние температуры в средневропейской климатической зоне.

Неустановившийся случай опирается на условия испытаний для систем WDV по EOTA /7/. То есть, контрольные температуры были взяты из этой инструкции, но время испытания было продлено до 24 часов на цикл, так как дело здесь не в испытании на стойкость покрытия, а в реакции влажности на энергопотребление в течение дневного цикла.

Этот цикл включает следующие отрезки:

6 часов нагрев до 50 °С

1 час дождь

2 часа паузы из-за понижения температуры при испарении – (тепловая) энергия из стены «вытягивается».

14 часов охлаждение до -20 °С

1 час на оттаивание, с достижением T 20 °С

На внутренней стороне непрерывно поддерживается заданное номинальное значение температуры в 23 °С.

Для сохранения внешних условий был использован микропроцессор – управляемый гигротермический измерительный стенд фирмы «Фойтрон Грайц» (Feutron Greiz). Он регулирует заданные температуры с точностью лучше чем $\pm 1,5$ К и управляет запрограммированным процессом для нестационарных циклов.

Для поддержания постоянной величины внутренней температуры воздуха и фиксации всех интересующих нас температур и тепловых потоков получил применение цифровой блок регистрации измеряемых величин с программным управлением фирмы «Кайтли Инструментс Мюнхен» (Keithley Instruments), состоящий из цифрового мультиметра 2001 и сканера 7001 со сканер-картами для термоэлементов 7014 с программой терморегулирования и регистрации измеряемых величин компании МФРА Лейпциг e.V. Распределение точек замеров происходило в соответствии с изображением 2 таким образом, что в каждом случае в четырёх местах «контрольной стены» можно было зафиксировать температурный профиль в последовательности: Внутренний воздух 25 см перед наружной поверхностью стены, Воздух 5 см перед изоляционным слоем, Внутренняя поверхность изоляционного материала, Внутренняя поверхность бетона, Наружная поверхность бетон снаружи, Наружная поверхность изоляционного материала снаружи, Воздух 5 см перед наружной поверхностью снаружи, Наружный воздух 25 см перед наружной поверхностью стены.

В качестве температурного датчика использовались термоэлементы типа Т (медь константан), которые перед проведением испытания калибровались вместе со всем измерительным устройством. Калибровочные показатели вводятся в программу регистрации измеряемых величин, так что достоверность показания измерения температуры составляет порядка $\pm 0,02$ К. Измерение теплового потока производится двумя измерительными пластинами теплового потока, которые вклеены между внутренним изолирующим слоем и бетонной стеной, с активной площадью в 300 мм Ч 300 мм. Теплопроизводительность учитывается путём суммирования продолжительности включения двух электрических калориферов, которые имеют каждый по 500 ватт номинальной мощности и через регулирование длительности импульсов согласовываются с действительной потребностью в тепловой энергии. Все эти результаты измерения считываются с 5-минутным интервалом и автоматически регистрируются компьютером.

Оценка и наглядный показ данных производился при помощи программы EXCEL 2000 компании «Майкрософт».

4. Обработка измерений

Энергопотребление для отопления было рассчитано на основе времени включения, просуммировано и графически представлено на период проведения эксперимента. Так называемый стационарный случай отображает изображение 3 и нестационарный случай – изображение 4.

Стационарный случай показывает полное совпадение кривых для необработанной стены и стены, покрытой материалом Thermo-Shield, с показателем в обоих случаях 216 ватт/час. (W/h). При покрытии WDVS энергопотребление отопления снижается до 96 ватт/час., так что образуется экономия в объёме около 55 % по сравнению с обоими другими макетами стены. В нестационарном случае энергопотребление отопления подчиняется 24-х часовому циклу, так что здесь показание в ватт/час. является менее целесообразным. Но чтобы также и здесь можно

было сделать конкретные выводы, привлекаем средний подъём кривых (графиков) для сравнения (вычисленный через линию регрессии). Здесь проявляется преимущество заделки пор (уплотнения) пористого слоя штукатурки, обеспечиваемого материалом Thermo-Shield. Предотвращается проникновение воды и тем самым и испарение, которое при пористых поверхностях ведёт к остыванию. Среднее энергопотребление отопления снижается со 160 ватт/час. на необработанной стене до 157 ватт/час. в случае со стеной, покрытой материалом Thermo-Shield. Это соответствует экономии в размере порядка 2 %. При этом при WDVS-покрытии необходимо только 86 ватт/час. И экономия составляет, таким образом, 46 %. Кажущееся более высоким энергопотребление отопления в течение первых 20 часов при применении системы WDV получается потому, что дневной цикл в нестационарном случае начинается с шестичасового нагрева (50 °C). Тому следствием является то, что напитуанию теплом снаружи препятствует система WDVS. Однако для суждения по энергопотреблению (отопления) протекание процесса на начальной стадии не имеет значения.

На основании измеренных температурных величин может быть ещё раз объяснено действие различных покрытий. Изображение 5 показывает средний температурный профиль для «опытной стены» в стационарном случае.

Также и здесь температуры в отдельных точках измерения по необработанной и обработанной материалом Thermo-Shield стенам почти полностью накладываются. Прежде всего, температура внутренней поверхности является определяющей для комфорта (в жилом помещении). По покрытию WDVS она находится значительно выше – а именно на 2 кельвина – чем при покрытии Thermo-Shield или при необработанной стене. Покрытие WDVS на бетонной стене приводит к значительному смягчению температурной амплитуды на внутренней поверхности. Тому следствием становится повышенный (температурный) комфорт. Ежедневный 24-часовой период так «поглощает» (энергию), что его воздействия внутри помещения больше не ощущаются. Напротив, в случае с покрытием Thermo-Shield невозможно определить разницу внутри помещения по сравнению с данными по необработанной стене.

Временные характеристики измеренных величин (изображения 6-11) также чётко демонстрируют совпадение параметров по необработанной стене и стене с покрытием Thermo-Shield. Как сравнение возрастных кривой при переходе от фазы просушивания к стационарному охлаждению, так и в нестационарной зоне не наблюдается различия в протекании кривых между необработанной стеной и стеной с покрытием Thermo-Shield. В то же время покрытие WDVS ясно показывает пониженные временные характеристики.

Третью возможность оценки результатов предоставляет плотность теплового потока. Из разницы температур между внутренней и наружной и из теплового потока может быть рассчитана величина K (k -Wert), показатель, характеризующий соответствующую строительную деталь в плане её теплоизолирующего качества. Как для необработанной стены, так и для стены с покрытием Thermo-Shield получается величина K в размере $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. К такому же результату можно прийти и в том случае, если для расчёта применяются ежечасно потребляемая энергия отопления и испытываемая поверхность. При применении покрытия WDVS величина K чётко снижается до $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

5. Выводы

В рамках проведённых исследований, при нанесении покрытия наружной стены ($k = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) продуктом Thermo-Shield Exterieur, не удалось подтвердить сколько-нибудь заметной экономии энергии, необходимой для отопления здания, по сравнению с характеристиками аналогичной необработанной наружной стены. Для неустановившегося случая (включая

ливневую нагрузку) удалось рассчитать экономию энергии для отопления, выраженную лишь значением в 2%.

Привлечённый же для сравнения материал WDVS (80-мм-вый пенополистирол) показал в отличие от необработанной наружной стены экономию энергии для отопления в 55% в стационарном, установившемся случае и 46% для неустановившегося случая.

Обращается внимание, что эффект солнечного нагревания при этом исследован не был, так как предмет данного исследования является исключительно проблематикой экономии энергии для отопления в холодное время года.

Однако для летней теплоизоляции отражающий эффект против солнечного света, который обеспечивают Thermo-Shield Exterieur или Top-Shield, ведёт к снижению нагревания помещения. Но доказательство этому ещё должно быть приведено.

Проф. Д-р-Инж. П. Бауэр
Начальник отдела

6. Указатель литературы

- /1/ Thermo-Shield Deutschland GmbH, 13156 Берлин «Технический паспорт и гарантия на изделия Thermo-Shield: Interieur – Exterieur – Top-Shield» Фирменное издание апрель 1998 г.
- /2/ Calcoast Analytical –ITL Lab File #0426-7A/D91 Определение теплопроводности продуктов Thermo-Shield Exterieur, Interieur и Top-Shield
- /3/ Веспель, Хартмут Акт испытания по теплопроводности Th Calcoast Analytical –ITL ASTM C177
- /4/ Thermo-Shield Deutschland GmbH «Улучшение коэффициента теплопередачи k-Wert в результате применения Thermo-Shield» Фирменное издание январь 2000-03-07
- /5/ Точка замера звука и тепла Аахен ГмбХ «Контрольный отчёт № : TWS-AC 30-10-99»
- /6/ Thermo-Shield – Покрытие (Азбука тепла), часть 1, издание от июня 1999 г.
- /7/ ЕОТА Наружные теплоизоляционные многослойные композиции ETAG проект № 11, ноябрь 1996 г.