

## Специальные темы

Набил А.Фоуд, Кэтрин Дорроу, Торстен Рихтер

### ТермоШилд – вклад в теплоизоляцию?

С недавнего времени на рынке появились так называемые термопокрытия известные как продукты, значительно сокращающие потребность в энергии на отопление зданий. При этом речь идет о краске для фасадов, например, продукте «ТермоШилд», которому приписывают микроскопически маленькие керамические кремневодородные пузырьки. В документах продукта вышеупомянутых покрытий дается информация о том, что экономия затрат на энергию или на отопление достигает 30% и со стороны производителя говорится о различных эффективных составляющих «ТермоШилд». Для проверки многообещаемых свойств продукта в рамках одной научной работы в университете Ганновера были исследованы термические свойства испытуемых предметов, на которые было нанесено покрытие «ТермоШилд - Экстерьер». Оценка результатов замеров показала, что покрытые «ТермоШилд» испытуемые предметы не проявили тех свойств, которые ожидалось в результате термоизоляционного действия нанесенного покрытия.

#### 1 Введение и постановка проблемы

Почти в каждом проекте новостроек и в строительных работах по ремонту уже возведенных строений большое значение придается минимальному использованию тепловой энергии для отопления или кондиционирования воздуха. Это происходит для выполнения требований законодателя, проведения политики охраны окружающей среды или в конечном итоге просто из необходимости.

Возможности строительной-технической реализации выше названных целей многогранны и открывают как застройщикам, так и подрядчикам много возможностей. Наряду с общепринятыми теплоизоляционными материалами с некоторых пор предлагаются также новые строительные продукты, которые должны внести вклад в теплоизоляцию благодаря наличию слоев отражающих инфракрасных лучей или керамических элементов. Продукт такого типа представлен аналогичным по цвету продуктом «ТермоШилд».

Продукт «ТермоШилд» представляет собой, согласно данным производителя, наносимое на фасады покрытие, которое состоит из микроскопически маленьких керамических пузырьков (Ceramic Bubbles, размер: 20-120 мкм) и одного факультативно синхронизированного активатора окруженного связывающим средством (рис.1). «ТермоШилд» перерабатывается как обычная краска и может смешиваться с красочными пигментами.

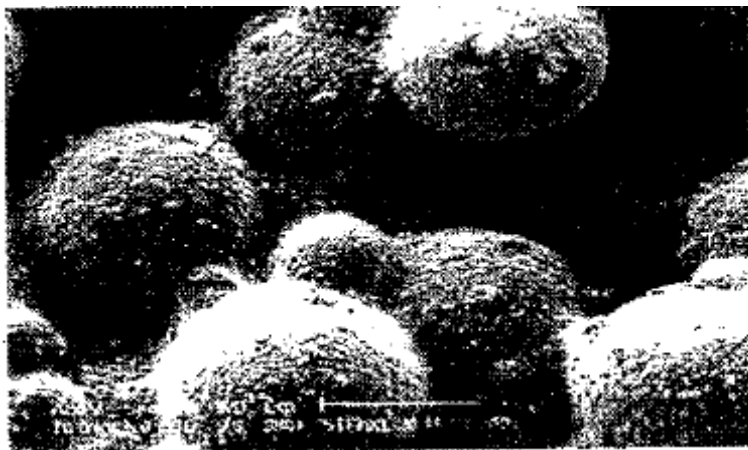


Рис.1 Снимок керамического покрытия, сделанный на растровом электронном микроскопе

В документах на данный продукт указывается, что нанесение специального покрытия на здание способствует значительному сбережению энергии. Энергосбережения или экономия расходов на отопление, отмечаемые как преимущества продукта, составляют до 30% и связываются производителем с различными эффективными составляющими «Термошилд». В целях практической и наиболее простой проверки многообещаемых свойств продукта в рамках учебной работы на степень магистра в университете г. Ганновер были исследованы термические свойства различных испытуемых образцов, обработанных покрытием «ТермоШилд - Экстерьер». Результаты замеров, вошедшие в эту работу, представлены в этом отчете.

## 2 Данные производителя по эффективности «ТермоШилд» и разработка макета

Производитель «ТермоШилд» доводит до сведения, что продукт проявляет свои энергосберегающие свойства только во взаимодействии со строительным элементом и внешним пространством и складывается из суммы различных эффективных составляющих. Краткое описание представленных в интернете по оферте производителя эффективных составляющих представлено в таблице 1.

Таб.1 Действующие механизмы покрытия «ТермоШилд» (непрокомментированные)

Наименование производителя: составление эффективных составляющих по оцениваемой важности		
Наименование	Символ	Доля (%)
Эмиссия	( $\epsilon$ )	3,5
Отражение	( $\rho$ )	2,6
Солнечное нагревание	( $-q_s$ )	10,7
Температура контакта	( $\theta$ )	6,3
Торможение конвекции	( $c$ )	1,9
Сбор латентного тепла	( $\Delta T$ )	6,6
Энтальпия	( $dH$ )	9,3
Кондукция	( $\lambda, U$ )	5,4
Удаление влаги	( $k$ )	23,2
Диффузия	( $\mu$ )	1,8
Дисперсия	( $MI$ )	28,7
	СУММА	100%

Наибольшую эффективную долю согласно таб.1 составляет так называемый «эффект рассеивания» с энергосбережением ок.30%. Для эффекта рассеивания, диффузии разъясняется, что тепло (как электромагнитная волна) на поверхности и внутри керамических пузырьков по законам оптической физики должно быть рассеяно и отражено. Стена с покрытием «ТермоШилд» должна вести себя как низко эмитирующий строительный элемент, даже если «краска» как таковая содержит высокую степень эмиссии от  $\epsilon=0,9...0,95!$

В качестве следующих эффективных долей производитель называет удаление влаги каменного строения с помощью «ТермоШилд» (23,2%), солнечное нагревание (10,7%), энтальпию (9,3%) и сбор латентного тепла (6,6%). В общей совокупности по данным производителя способ действия «ТермоШилд» исключительно комплексный и традиционные методы исследования не применимы для измерения эффективности «ТермоШилд». Для теоретического обоснования комплексного воздействия «ТермоШилд» дается ссылка на документы, примеры расчетов и теории в интернет–пространстве производителя.

В рамках проведенных исследований на первом плане стояло не изучение сути теоретического воздействия «ТермоШилд», а прежде всего наблюдение в рамках простого практического эксперимента за действием продукта «ТермоШилд», ведущим к энергосбережению. Для этого был разработан простой экспериментальный макет, согласно которому образец с нанесенным покрытием «ТермоШилд» сразу же сверялся с образцом, на который была нанесена стандартная стеновая краска. Это должно было обеспечить то, что замеры могли делаться одновременно и в максимально одинаковых условиях. В основу наблюдения за потоком энергии, которое было важно в данном эксперименте, положены следующие размышления:

Если наблюдать за потоками тепла через стену в стационарном, одномерном состоянии (рис.2), то он складывается из трех составляющих: потока тепла  $Q_i$  из воздушного пространства к стене,  $Q_m$  через стеновую конструкцию сквозь и  $Q_e$  во внешнее пространство. Составляющие тепла  $Q_i$  и  $Q_e$  определяются влиянием конвекции и теплоизлучения и могут быть отмечены как переходные крайние условия ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ ).

Объем перемещающегося тепла (1)

$$q_i \cdot A \cdot t = Q_c = \frac{1}{R_{si}} \cdot \Delta\theta_i \cdot A \cdot t$$

Объем циркулирующего тепла внутри (2)

$$q_m \cdot A \cdot t = Q_c = \frac{1}{\sum R} \cdot \Delta\theta_m \cdot A \cdot t$$

Объем перемещающегося тепла снаружи (3)

$$q_e \cdot A \cdot t = Q_c = \frac{1}{R_{se}} \cdot \Delta\theta_e \cdot A \cdot t$$

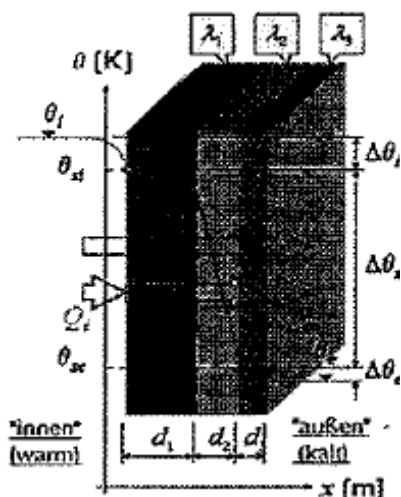


Рис.2 Принцип стационарного теплотока  $Q$  через ровную стену

В стационарном устойчивом состоянии устанавливается над общей толщиной стены константный тепловой поток, так как три компонента  $Q_i$ ,  $Q_m$  и  $Q_e$  должны быть одинаковой величины по условию продолжительности.

Объем тепла в стационарном состоянии, который перемещается над единицей поверхности  $A$  за единицу времени  $t$ , рассчитывается так:

$$\left\{ \begin{aligned} Q_i = Q_m = Q_e = Q &= \frac{1}{(R_{св} + R + R_{вв})} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot A \cdot t = \\ &= U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot A \cdot t \end{aligned} \right. \quad (4)$$

В случае энергосбережения, которое ожидается путем нанесения «ТермоШилд» на испытуемый предмет, объем циркулирующего тепла в стационарном состоянии должен уменьшиться. Так как внешние температуры окружающего пространства во время проведения эксперимента в обеих частях образца не изменяются, то должно проявиться теплоизоляционное действие покрытия «ТермоШилд» на поверхностных температурах испытуемых предметов. Полученные температуры замеряются датчиками на поверхности или при помощи термографии и оцениваются. Более ранние исследования в институте строительной техники и древесного строительства университета Ганновера показали, что такой метод дает точные результаты.

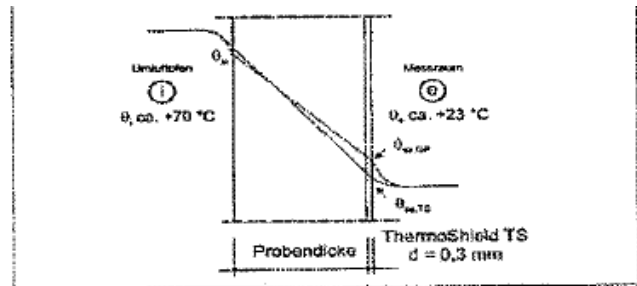
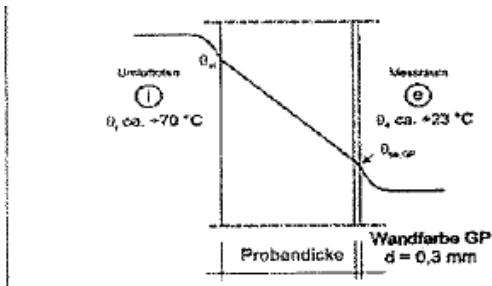
Данные опыты проводились в закрытом помещении с предметами из строительных материалов в обычном сухом состоянии, поэтому некоторые эффективные составляющие, указанные производителем «ТермоШилд», такие как, например, солнечное нагревание или удаление влаги не проявились. Положительное воздействие продукта «ТермоШилд» на энергосбережение из-за отсутствия остальных механизмов действия должно быть слабым (не ярко выраженным), но при сравнении испытуемых образцов четким. При совокупном энергосбережении ок.30% с использованием «ТермоШилд» должен устанавливаться абсолютно точно доказуемый эффект в отношении образца с нанесенным покрытием из обычной стеновой краски при отсутствии «солнечного нагревания» и «удаления влаги». Для оценки опытов было установлено, что отсутствующие механизмы действия должны давать как минимум 10% уменьшения пропуска тепла, так как только один действующий механизм «эффекта рассеивания» составляет ок.30% от совокупного действия.

В случае уменьшения пропуска тепла после нанесения «ТермоШилд» можно было бы сравнить действие «ТермоШилд» с энергосберегающим действием дополнительного слоя теплоизоляции. Здесь при избранном ходе опыта возникает такой эффект, что внешние температуры поверхности на стороне образца с покрытием «ТермоШилд» по сравнению со стороной образца, покрытым обычной краской для фасадов, понизились. Данное заключение сделано на основании разницы полученных температур на поверхностях (Таб.2).

Таб.2 Представление взаимосвязей, на основании которых произведены замеры «ТермоШилд» и обычной фасадной краски (Температура воздуха в сушильной печи 70°C)

Планируемое энергосберегающее действие «ТермоШилд», сравниваемое с термоизоляционными материалами.	
Покрытие стандартной фасадной краской	Покрытие «ТермоШилд»
Покрытие стандартной фасадной краской служит сравнительному заключению. Величины замеров, которые должны получиться при покрытии фасадной краской, лежат в основе заключения энергосберегающего потенциала «ТермоШилд».	Если покрытие «ТермоШилд» способствует энергосбережению, тогда его действие должно быть сравнимо с действием дополнительно нанесенной термоизоляции.  В таком случае уменьшается температура поверхности на внешней стороне (лучшая

	термоизоляция), температура поверхности внутренней стороны повышается незначительно.
--	--



<b>Энергосберегающее действие с применением «ТермоШилд»</b>	
Сравниваемая величина образца с покрытием обычной фасадной краской.	<p>Если на стороне с покрытием «ТермоШилд» пропуса тепла уменьшается как минимум на 10% в стационарном состоянии, то имеет силу:</p> $q_{TS} = U_{TS} \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,9 \cdot U_{GP} \cdot (\theta_i - \theta_e)$ $q_{TS} = 0,9 \cdot U_{GP}$ <p>Если наступает термоизоляционное действие, то для температуры поверхности на стороне замеренного пространства вступает в силу:</p> $\theta_{s,TS} < \theta_{s,GP}$
<p>Оценка стационарного состояния дается на основании анализа величин замеряемых температур:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- абсолютные замеры температур с контактными температурами,</li> <li>- разница температур между образцами материалов была установлена при помощи термографической системы.</li> </ul> <p>Далее принимались в расчет результаты нулевых опытов (без покрытия) и возможные источники погрешностей при измерении температур.</p>	

### 3 Экспериментальные исследования Испытуемые предметы

Для опытов были взяты испытуемые предметы из материалов, которые приводятся в краткой форме в таблице 3.

Для получения температурных градиентов между внешней и внутренней сторонами образцов установлена лабораторная сушильная печь с циркуляцией воздуха фирмы Кёттерманн (строительная серия 2391, внутренние размеры ш/в/г=50/50/40). Вентилятор печи производит в контрольном пространстве сильную циркуляцию воздуха, так что в помещении создается практически равномерная температура воздуха. Уплотнение испытуемого образца у поверхности печи по всему ее объему, как правило, производилось путем впрессовки слегка по конусу обрезанных краев образца в находящиеся в пространстве печи резиновые прокладки.

Таб.3 Список испытуемых образцов

Испытуемый предмет	Толщина (см)	Теплопроводность	Теплоемкость	Плотность (кг/м³)
--------------------	--------------	------------------	--------------	-------------------

		(м·К)	(м·К)	
Минеральное волокно (каменная шерсть)	3.8	0.04	0.95	98
Пористый бетон	4.3	0.08	0.54	358
Дерево	3.9	0.11	0.35	609
Теплоизоляционные системы	6.5		1.50	
Полистерол				
Штукатурка верхняя	6.0	0.04	1.50	15
	0.5	0.7	0.007	1100
Кирпич	12.5		0.29	
Высокопористый кирпич	11.5	0.42	0.27	900
Штукатурка (известково-цементный раствор)	1.0	0.87	0.01	1800

Для достижения термического разделения в равных долях было произведено рассечение образцов различных материалов за исключением образца из минерального волокна (каменная шерсть) на две части перпендикулярно, затем путем склеивания и вложения уплотняющей ленты произведено их термического расщепления.

Испытуемый образец из высокопористого кирпича состоит из двух равных долей, каждая из которых представляет собой высокопористый кирпич, на внешнюю сторону которого был нанесен слой штукатурки из известково-цементного раствора толщиной 1см. Так как данный испытуемый образец не так просто герметично разместился в печи, то вокруг него была установлена рамка из полистерола. В целях избежания попадания воздуха полости камер кирпича были уплотнены клеящимися прокладками от ветра.



Рис.3 Испытуемый образец «кирпич» во время подготовительной фазы: изготовление воздухоуплотняющей рамки из полистерола, проклеивание уплотнителя и ленты из войлока между равными долями

Все опыты проводились в маленьком отдельном помещении без окон, чтобы обеспечить стационарное состояние после нагревания. Макет представлен на рисунках 4 и 5.

После проведения нулевых опытов (с образцами без покрытий) поверхности испытуемых образцов были обработаны наполовину продуктом «ТермоШилд» и для сравнения обычной фасадной краской (Genius Pro Royal). В случае фасадной краски речь идет о краске на основе вододисперсионного акрилата. Обе краски - белого цвета и нанесены одинаковым слоем толщиной ок.0,3мм по нормам производителя. Следует отметить, что продукт «ТермоШилд» намного лучше обрабатывался, чем обычная фасадная краска, лучше наносился и был определенно мягким, чем стандартная краска.

Во время проведения опыта явно различались следующие фазы:

- фаза нагревания до стационарного состояния,
- стационарное состояние до выключения печи,
- фаза охлаждения до завершения опыта.

Общая продолжительность эксперимента составила ок.14 часов.

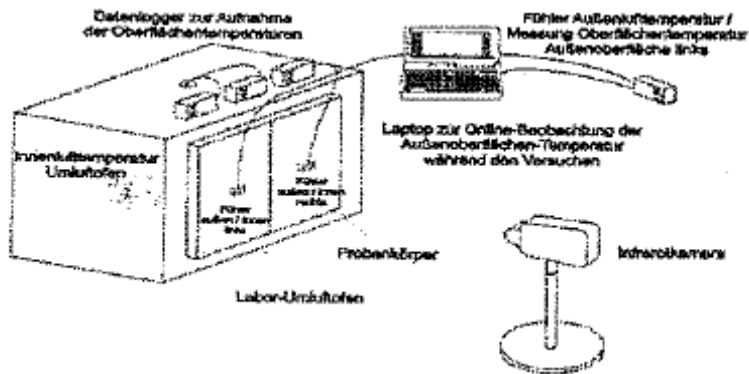


Рис.4 Макет для определения термического действия термопокрытия.



Рис.5 Вид макета в измеряемом помещении, на заднем плане печь с циркуляцией воздуха, на переднем плане – термокамера.



Рис.6 Контроль толщины «ТермоШилд» в образце, фото через лупу, толщина 0,3мм.

### 3.2 Техника замеров

Во время опытов были проведены замеры температуры воздуха помещения в окружающем пространстве и температуры воздуха во внутреннем пространстве лабораторной печи с циркуляцией воздуха, а также температуры поверхностей на внутренней и внешней сторонах испытуемых образцов в момент 30 секундного контакта.

Для снимков и рисунков температур были использованы регистратор данных testo 177-N1 с внешне подключенным датчиком температуры стеновой поверхности NTC. Точность измерительной системы находится на отметке 0,4К, разрешения на отметке 0,1К. Как показано на рис.4, были зафиксированы температуры поверхностей образцов на каждой стороне, так что было подключено 4 датчика на поверхности.

Для измерения разниц температур поверхностей между равными долями образцов были сделаны серии термограмм при помощи системы термографической камеры NEC ThermoscanTH 7102. Термокамера была размещена на расстоянии 2м от образца. При помощи термограмм были зафиксированы обе стороны образца одновременно. Термограммы снимались каждые 30 секунд термографической системой. В качестве величины эмиссии были взяты: для образцов без покрытия-  $\epsilon=0,95$ , для образцов с покрытием -  $\epsilon=0,91$ .

Во время проведения опытов использовалась камера с микроболометрической системой 320x240 пикселей, с расстоянием при съемке 2м на 1 пиксель на площади 3,2мм (IFOV=1микрорад).

### 3.3 Серии опытов

#### 3.3.1 Опыты без покрытий – нулевые опыты

В первой серии опытов были исследованы все образцы без покрытия, чтобы провести наблюдение за их поведением без покрытия и выявить их возможные различия до нанесения покрытия (Рис.7). Лабораторная печь с циркуляцией воздуха была нагрета до температуры 70°C. Температуры воздуха в помещении находились на отметках 21-25 °С. Данные проведенные опыты получили обозначение «без» для узнавания. Для подтверждения результатов опытов с некоторыми образцами были проведены многократные серии опытов. В кратком обозначении опыта за названием следует соответствующий номер опыта (1, 2 или 3).



Рис.7 Образцы без покрытия (нулевые образцы) в лабораторной печи с циркуляцией воздуха; слева: минеральное волокно (односторонне прорезинено), справа: образец материала «кирпич».

В качестве примеров на рис.8 и 9 показаны типичные изменения температур датчиков. Как сообщалось выше, во время опытов температуры поверхностей определялись при помощи термографии. На рис.10 изображена термограмма с соответствующей фотографией.

Для оценки термограмм под датчиками температур были установлены прямоугольные измерительные камеры, в которых фиксировались средняя температура и стандартное отклонение. В качестве примера на рис.10 показано расположение измерительных камер. Зафиксированные температуры при помощи пикселей на термограммах были взяты для программы MATLAB и обчислены в пределах измерительных камер.

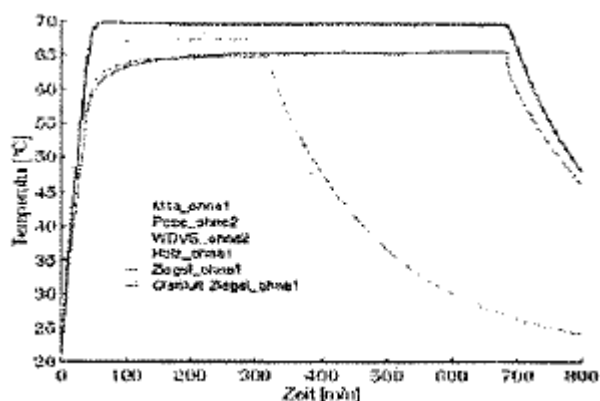


Рис.8 Показатели измерений датчиков температур поверхностей на внутренней стороне во время опытов без покрытий (нулевые опыты); как пример на этой диаграмме представлены типичные изменения температур внутреннего пространства лабораторной печи.

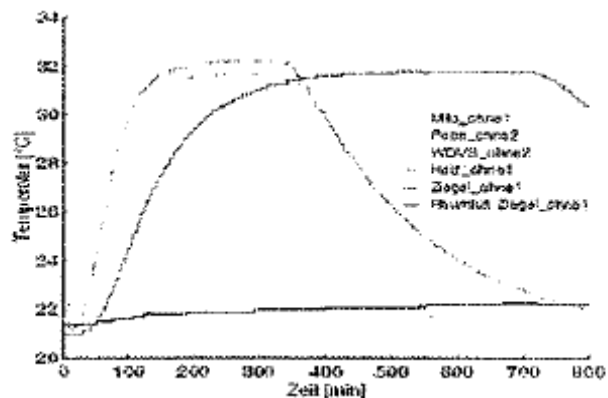


Рис.9 Показатели измерений датчиков температур поверхностей на внешней стороне во время опытов без покрытий (нулевые опыты); как пример на этой диаграмме представлены типичные изменения температур внутреннего пространства в измеряемом помещении.

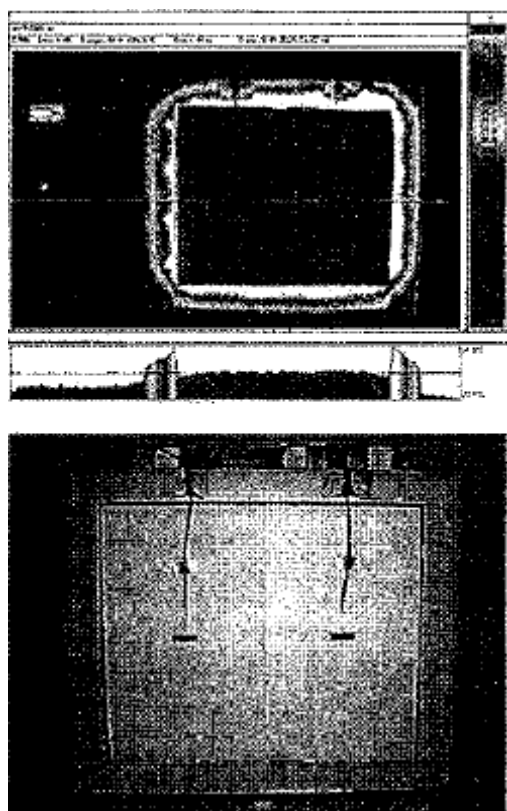


Рис.10 Зафиксированные при помощи термографии показатели температур поверхностей на внешних сторонах во время опытов без покрытий (нулевые опыты), образец теплоизоляционной системы; на термограмме отражены измерительные камеры под датчиками.

### 3.3.2 Опыты с покрытиями

После проведения нулевых опытов на образцы были нанесены покрытия и повторно проведены те же серии опытов как нулевые (таблица 4). Покрытие «ТермоШилд» было нанесено на образцы минерального волокна и кирпича по отношению к камере с левой стороны, а в остальных образцах – с правой стороны.

Как и в нулевых опытах без покрытий измерения температур были сделаны при помощи датчиков и термографической аппаратуры. Как говорилось выше, опыты проводились только с

испытуемыми предметами в нормальном сухом состоянии. Для сравнения испытуемый образец «пористого бетона» был увлажнен и опыты состоялись повторно. Результаты опытов обозначены дополнительным словом «сырой».

Таб.4 Замеренная толщина и положение покрытий испытуемых образцов относительно термокамеры

Образец	Замеренная толщина слоя (мм)		Покрытие ТермоШилд	Покрытие фасадной краской ГП
	ТШ	ГП		
Минеральное волокно	0.30	0.25	Слева	Справа
Пористый бетон	0.30	0.30	Справа	Слева
Теплоизоляц.система	0.30	0.25	Справа	Слева
Дерево	0.30	0.30	Справа	Слева
Кирпич	0.35	0.30	Слева	Справа

Все вышеописанные опыты проводились при температуре воздуха ок.70°С в печи с циркуляцией воздуха и ок.23°С в лаборатории. Поверхность с нанесенным покрытием имела во время опытов охлажденную внешнюю сторону (измеряемое помещение).

При помощи печи возможно охладить поверхности образцов. Далее в серии опытов с образцами «минеральное волокно» и «кирпич» на внутренней стороне печи температуры воздуха увеличивали от -30°С до -17°С, температура в лаборатории по-прежнему составляла примерно 23°С. Этими опытами была предпринята попытка воссоздания перепада температур между поверхностями с абсолютными температурами как в зимних условиях. Поверхности с нанесенными покрытиями были обращены к внутренней стороне печи для общего сравнения серий опытов. Во время этих опытов при помощи термографической камеры были зафиксированы температуры поверхностей образцов (задняя сторона) без покрытий для сравнительного анализа.

#### 4 Результаты

В качестве примеров на рис.11-15 представлены термографические фотоснимки испытуемых образцов без покрытия (слева) и с покрытием «ТермоШилд», а также фасадной краской (справа) в стационарном состоянии.

Термограммы показывают распределение температур на поверхности непосредственно через соответствующие цвета. Распределение температур можно извлечь из шкалы в правом столбце и провести быстрый сравнительный анализ. Представленные на термограммах абсолютные температуры поверхностей не имеют никакого значения для расчетов, так как во время проверки при помощи термографии встречаются лишь относительные различия в каждом отдельном взятом опыте.

Следует признать, что температуры поверхностей в обоих случаях с покрытием и без покрытия в целом распределялись равномерно. Значительные различия температур образцов с различной обработкой поверхностей не были установлены. Визуально можно обнаружить аналогичное распределение температур при контрольном срезе термограмм.

Проведено сравнение полученных показателей измерений с ожидаемыми показателями (таблица 2), которые должны были получиться при уменьшении теплопрохождения с покрытием «ТермоШилд». Так как непосредственное сравнение сделанных термограмм при помощи двух независимо работающих датчиков не имело смысла (системная точность двух измерительных приборов), то был применен комбинированный метод оценки:

- Данные температур внутренних поверхностей в печи при помощи датчиков внутренней температуры и гипотеза среднего показателя как величина расчета для сравнения. При сильной циркуляции в печи устанавливаются равные температуры поверхностей (очень небольшое переходное теплосопротивление).

- Дифференцированный расчет температур поверхностей площадей испытуемых образцов с учетом данных термографической аппаратуры.

- Учетная точность термографической камеры  $\pm 0,08\text{K}$  при определении относительных разниц температур принята во внимание.

Общая картина системного расчета температур поверхностей реального состояния представлена на рис.16.

После расчета разницы температур (фактическое состояние) полученный результат разницы температур был соотнесен с ожидаемой разницей температур в случае энергосбережения благодаря продукту «ТермоШилд» (плановое состояние) и представлен в общем виде на рис.17. Данные положительных показателей в % обнаруживают уменьшение пропуска тепла через образец с покрытием «ТермоШилд» в сравнении с образцом, обработанным фасадной краской. В случае негативных показателей в % не было установлено уменьшения пропуска тепла при использовании продукта «ТермоШилд», как и при нанесении фасадной краски не было снижения потока тепла.

Результаты на рис.17 показывают, что в целом нет существенных и четко распознаваемых различий между продуктом «ТермоШилд» и стандартной краской для фасадов «Genius Pro Royal» относительно энергосберегающего действия в стационарном состоянии. Различимого энергосберегающего эффекта  $\geq 10\%$  путем нанесения «ТермоШилд» в сравнении с обычной контрольной краской установлено не было.

Никакого особенного действия продукта «ТермоШилд» на влажных испытуемых образцах установлено не было. Если принять во внимание все результаты испытуемых образцов, то средний показатель измерений находится примерно на отметке  $\pm 1\%$  относительного предела точности используемых измерительных приборов.

Для точности на рис.18 представлены результаты опыта в случае с охлажденной печью. Эти результаты также не позволяют обнаружить термоизоляционного действия «ТермоШилд» в результате измерения температур поверхностей.

Для точности на рис.19-24 представлены показатели замеров по вышеупомянутому выводу.

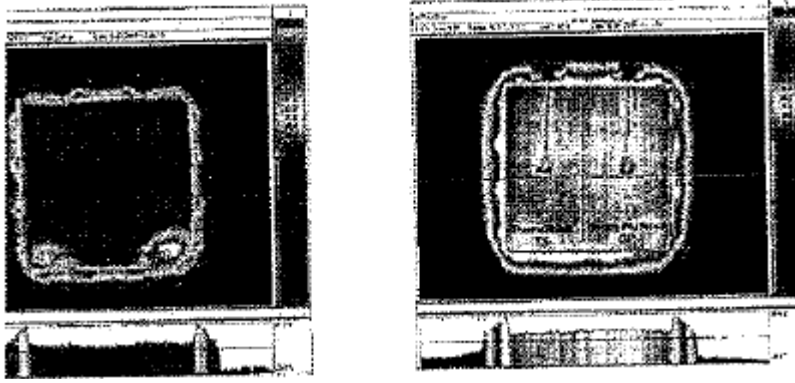


Рис.11 Термографический снимок испытуемого образца из минерального волокна (каменная шерсть: прорезиненная сторона была обработана покрытием); слева без покрытия, справа с покрытием

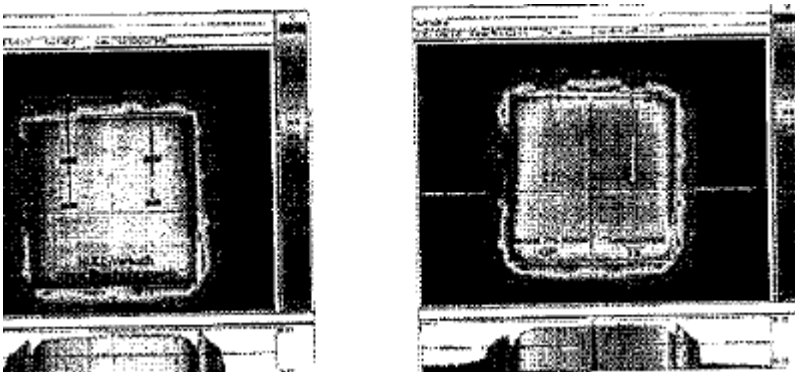


Рис.12 Термографический снимок испытуемого образца из пористого бетона; слева без покрытия, справа с покрытием

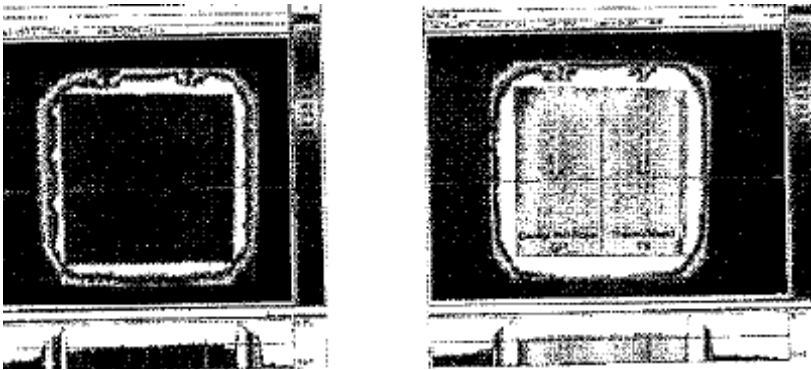


Рис.13 Термографический снимок испытуемого образца с теплоизоляционной системой; слева без покрытия, справа с покрытием

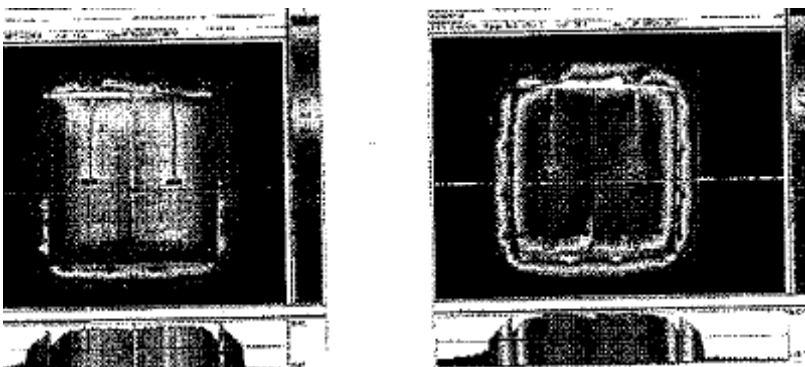


Рис.14 Термографический снимок испытуемого образца из древесины; слева без покрытия, справа с покрытием

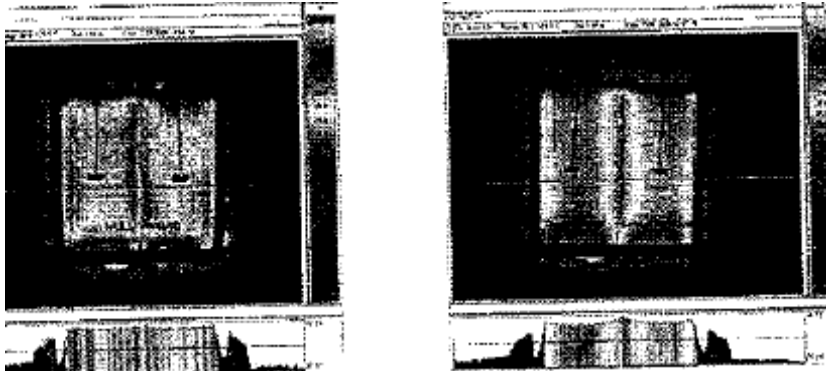


Рис.15 Термографический снимок испытуемого образца из кирпича; слева без покрытия, справа с покрытием

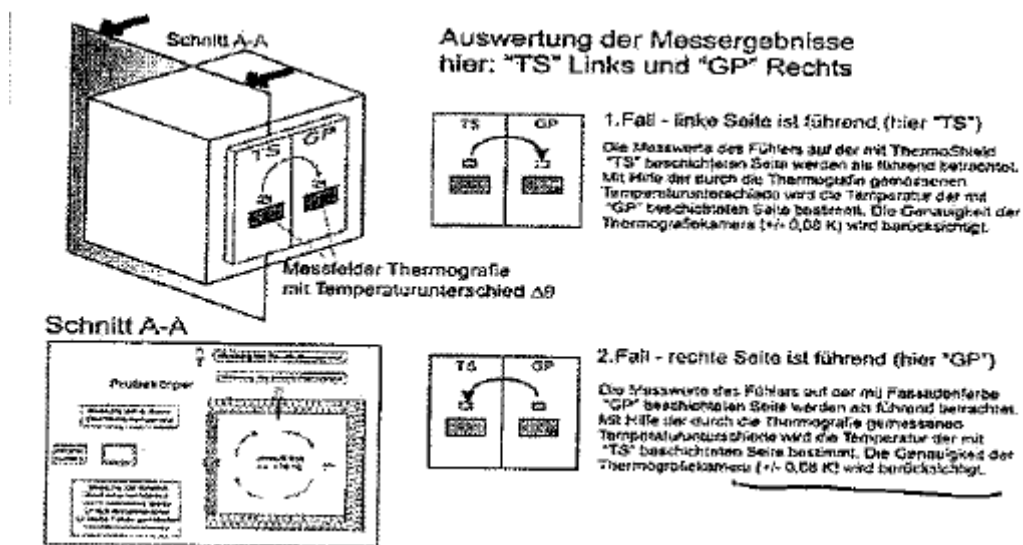


Рис.16 Изображение способа оценки измерительных данных (температура воздуха печи ок.70°C, температура воздуха в лаборатории ок.23°C)

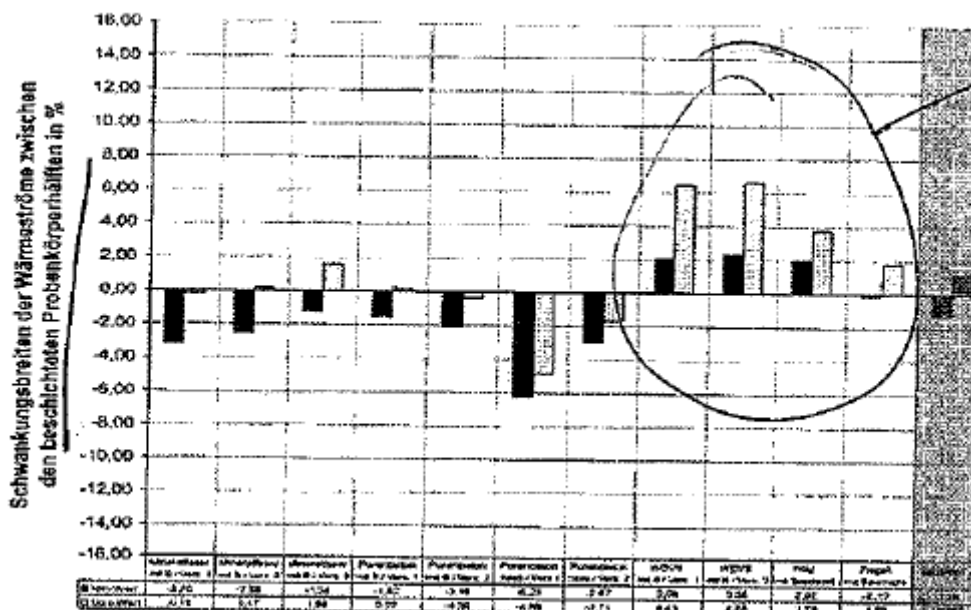


Рис.17 Изображение колебаний теплотока на образцах с различными видами покрытий во время проведения эксперимента с нагреванием (до +70°C) экспериментальной печи.

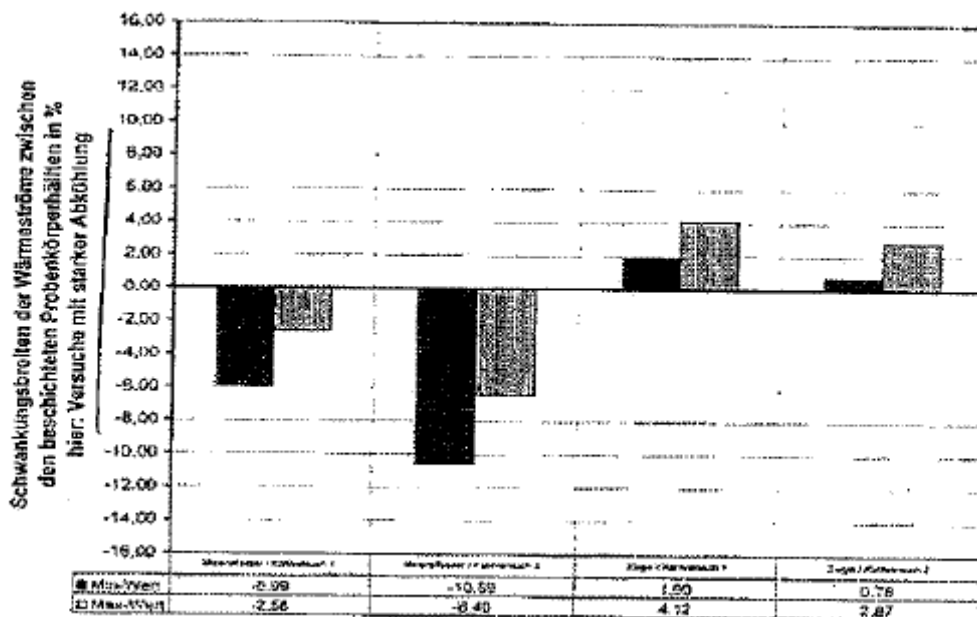


Рис.18 Изображение колебаний теплотока на образцах с различными видами покрытий во время проведения эксперимента с охлаждением экспериментальной камеры. Значительных и четко заметных различий между продуктом «ТермоШилд» и стандартной краской «Genius Pro Royal» не установлено.

## 5 Выводы

В результате простых опытов со строительными материалами было исследовано энергосберегающее действие покрытия «ТермоШилд» и покрытия из обычной фасадной краски в одинаковых условиях в стационарном состоянии. Оценка показателей измерения установила, что образцы с нанесенным покрытием «ТермоШилд» не обнаружили никаких особенных свойств, ожидаемых в случае термоизоляционного эффекта.

Энергосберегающее действие нанесенного на образец покрытия «ТермоШилд» во время проведенных опытов не установлено (относительно образцов с покрытием из нормальной фасадной краски). Более того результаты показали определенные измерительные или в результате отличия образцов колебания.

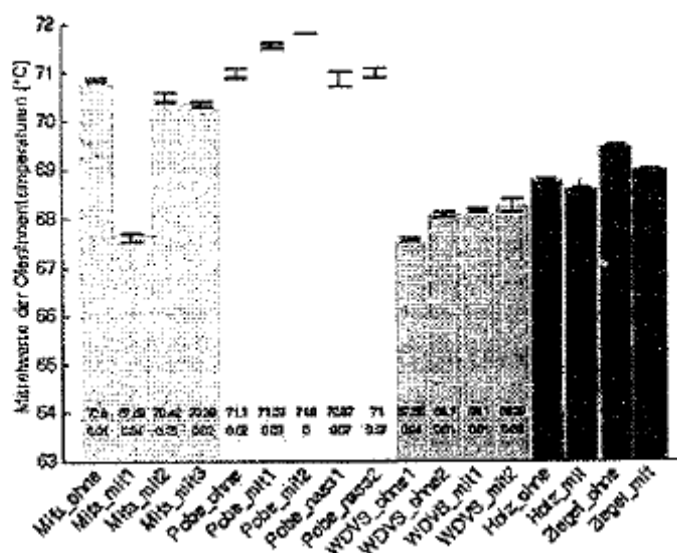


Рис.19 Средние показатели и стандартное отклонение температур воздуха внутри лабораторной печи (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)

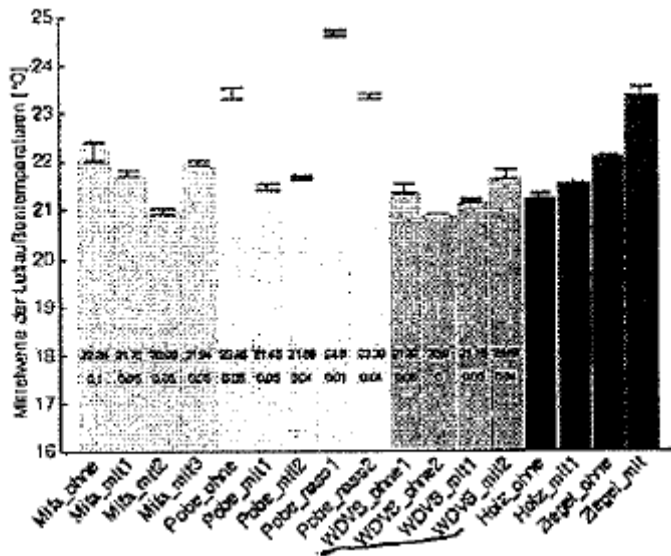


Рис.20 Средние показатели и стандартное отклонение температур воздуха в измеряемом помещении (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)

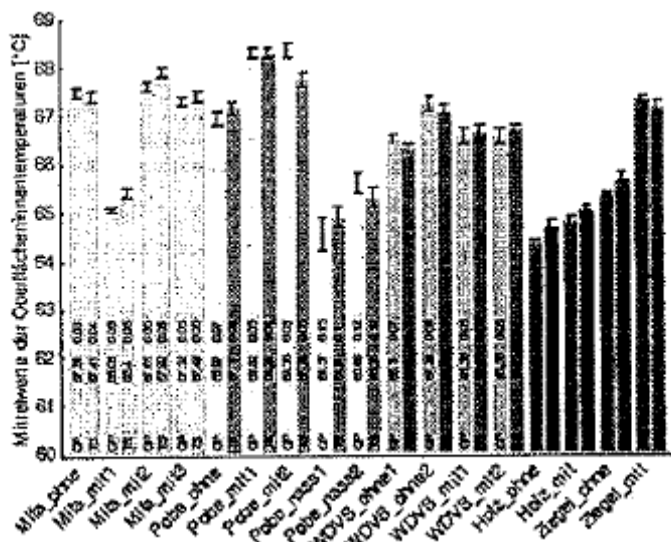


Рис.21 Средние показатели и стандартное отклонение температур поверхностей на внутренней стороне образцов в лабораторной печи с циркуляцией воздуха (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)

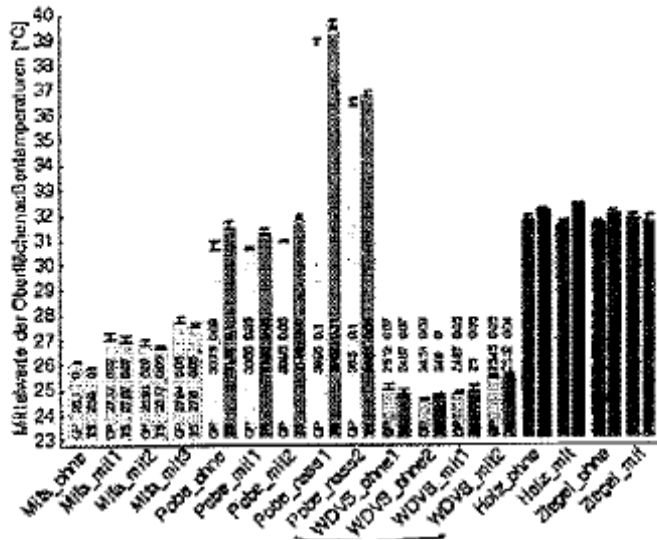


Рис.22 Средние показатели и стандартное отклонение температур поверхностей на внешней стороне образцов (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)

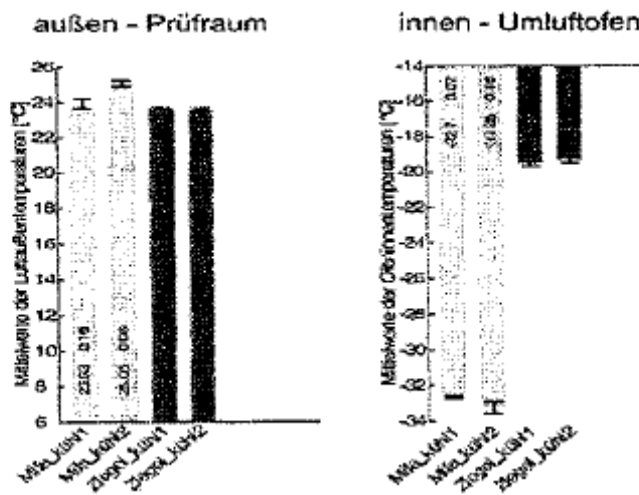


Рис.23 Опыты с охлаждением образцов - средние показатели и стандартное отклонение температур воздуха внутри лабораторной печи и измеряемом помещении (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)

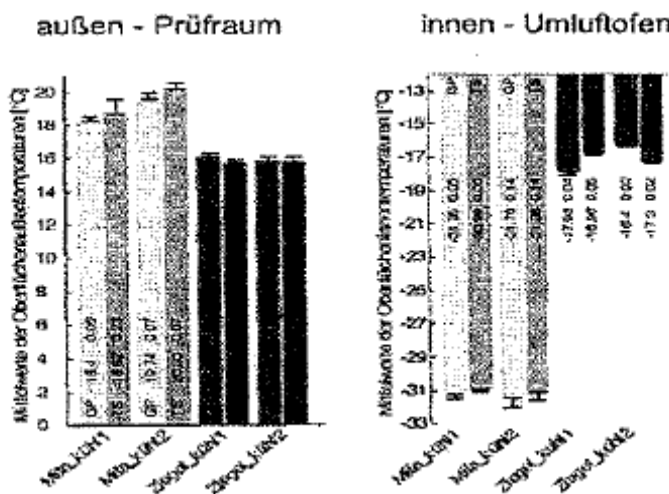


Рис.24 Опыты с охлаждением образцов - средние показатели и стандартное отклонение температур поверхностей на внутренней и внешней сторонах образцов (показатели измерений в стационарном состоянии, данные датчиков)