

ФГУП НИИ "Сантехники"

М Е Т О Д

**постановки опыта и расчета коэффициента
теплопроводности для сверхтонких
тепловых изоляционных материалов,
методические рекомендации по теплотехническим расчетам**

М - 001 - 2003

Москва, 2003 г.

УТВЕРЖДАЮ :

Генеральный директор
ЗАО "Предприятие Итиль"


_____ **В.И. Некрасов**
" 05 " _____ 2003 г.



УТВЕРЖДАЮ :

Директор ФГУП НИИ "Сантехники"
Заслуженный строитель РФ


_____ **Ю.Ю. Головач**
" _____ 2003 г.



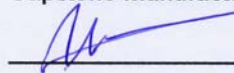
МЕТОД

**постановки опыта и расчета коэффициента
теплопроводности для сверхтонких
тепловых изоляционных материалов,
методические рекомендации по теплотехническим расчетам**

М - 001 - 2003

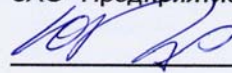
СОГЛАСОВАНО :

Представительство компании
Capstone Manufacturing в СНГ


_____ **А.В. Шевцов**
" 5 " февраля 2003 г.

РАЗРАБОТАНО :

Инженерно-методический центр
ЗАО "Предприятие Итиль"


_____ **Ю.Ф. Колхир**
" 5 " февраля 2003 г.

Москва, 2003 год.

СОДЕРЖАНИЕ

Метод постановки опыта и расчета коэффициента теплопроводности для сверхтонких тепловых изоляционных материалов.

Методические рекомендации по теплотехническим расчетам. Пример теплотехнического расчета.

Измерение температуры на поверхности жидкого керамического теплоизоляционного материала Thermal-CoatTM.

постановки опыта и расчета коэффициента теплопроводности для сверхтонких тепловых изоляционных материалов, методические рекомендации по теплотехническим расчетам

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Методические рекомендации содержат указания по определению теплотехнических характеристик любых тонких и сверхтонких тепловых изоляционных материалов. Так же рекомендации содержат указания по проектированию тепловой изоляции оборудования, трубопроводов и строительных конструкций. Выполнение данных рекомендаций обеспечит соблюдение обязательных требований к теплозащите тепловых сетей, технологических трубопроводов и строительных конструкций при строительстве, капитальном ремонте и эксплуатации теплоизоляционной конструкции, установленных действующими СНиП 2.04.14 - 88* "Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов" и СНиП II - 3 - 79* "Строительная теплотехника".

Решение вопроса о применении данного документа при проектировании и строительстве конкретных зданий и сооружений относится к компетенции проектной или строительной организации. В случае если принято решение о применении настоящего документа, все установленные в нем правила являются обязательными. Частичное использование требований и правил, приведенных в настоящем документе, не допускается.

Методические рекомендации составлены с ориентацией на применение высокоэффективных утеплителей на основе новых норм плотности теплового потока через изолированную поверхность оборудования, трубопроводов и строительные конструкции, введенных постановлением Госстроя России от 31.12.97 г. № 18-80.

В разработке Методических рекомендаций принимали участие: Ю.Ю.Головач (ФГУП НИИ "Сантехники"), А.В.Шевцов (Capstone Manufacturing), Ю.Ф.Колхир (ЗАО "Предприятие Итиль").

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Основной задачей расчетов тепловой изоляции является определение потерь тепла и температур в изоляционном слое, удовлетворяющих определенным требованиям. Эти требования в большинстве случаев диктуются условиями производственного процесса изолируемой установки, а иногда соображениями санитарии и техники безопасности.

Расчетные формулы для плоской стенки значительно проще формул для цилиндрических объектов. Обычно формулы плоской стенки можно применять, если диаметр изолируемой стенки равен 2 метра и более. Толщина изоляции при применении новых видов тонких и сверхтонких тепловых изоляционных материалов измеряется в пределах нескольких миллиметров. Следовательно целесообразно применение в расчетах формул плоских стенок и для цилиндрических объектов.

В большинстве расчетов тепловой изоляции пренебрегают сопротивлением теплоотдачи от теплоносителя к стенке изолируемого объекта, что даёт некоторый запас в результатах расчета.

Коэффициент теплопроводности изоляционного слоя $\lambda_{из}$ при изменении температуры изменяется практически линейно. При расчетах тепловой изоляции этот коэффициент определяют по температуре, которая является средне-арифметической из температур на граничных поверхностях изоляционного слоя.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Коэффициент теплопроводности λ определяется удельным тепловым потоком, проходящим за 1 час через образец материала толщиной 1 метр и площадью 1 квадратный метр при разности температур на противоположных сторонах образца в 1 °С.

Определение коэффициента теплопроводности производится стационарным или нестационарным методом (ГОСТ 7076-99, ГОСТ 30732-2001).

Данные методы детально описаны в ГОСТах по определению коэффициента теплопроводности однако, ни один из них не подходит для определения коэффициента теплопроводности для новых видов сверхтонких тепловых изоляторов, таких как плёночная изоляция, изоляция основанная на вспученных перлитах, жидкие керамические изоляторы и тому подобных.

Несмотря на широкое распространение в последнее время сверхтонких тепловых изоляторов, практически отсутствуют методики для определения коэффициента теплопроводности сверхтонкой теплоизоляции. **Невозможность проверки рекламируемых производителями и дилерами характеристик новых сверхтонких тепловых изоляторов приводит к их подделке и как следствие дискредитации самой идеи сверхтонких теплоизоляторов.**

Авторы данных Методических рекомендаций разработали метод, при помощи которого возможно поставить опыт и практически рассчитать коэффициент теплопроводности для любого вида тонкой и сверхтонкой тепловой изоляции.

3. ПРЕДМЕТ ОПЫТА

В качестве тепловой изоляции выбран новый вид сверхтонкого изолятора - жидкий керамический тепловой изолятор **Thermal-Coat™** производства компании Capstone Manufacturing, США.

Теплоизоляционное покрытие **Thermal-Coat™**, представляет собой жидкую композицию на водной основе, состоящую из синтетического каучука, акриловых полимеров, диспергированных в этой композиции керамических (размером 0,01 мм) и силиконовых (размером 0,02 мм) полых шариков, а так же оксиды титана, кальция, цинка.

Изоляция **Thermal-Coat™**, предназначена для получения теплоизоляционного покрытия на поверхностях любой формы требующих тепловой защиты.

Thermal-Coat™ применяется для тепловой изоляции наружных и внутренних поверхностей ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений, трубопроводов, воздухопроводов, оборудования и так далее.

Thermal-Coat™ можно наносить на металл, пластик, бетон, кирпич и другие строительные материалы, а так же на оборудование, трубопроводы и воздухопроводы при эксплуатации объектов с температурой от **минус 43 °С** до **плюс 260 °С**.

4. ОПИСАНИЕ ОПЫТА

Опыт по определению коэффициента теплопроводности сверхтонких теплоизоляторов основан на прохождении теплового потока последовательно через две теплоизолированные камеры (смотри рис. 1 и рис. 2) разделенные между собой металлическими пластинами.

В зависимости от опыта тепловой изолятор находится в трех положениях -

1. Изоляции нет (проверка конструкции).
2. Изолятор установлен между металлическими пластинами.
3. Изолятор обращен в камеру № 2.
4. Изолятор обращен в камеру № 1.

В качестве постоянного источника тепла использован бак из нержавеющей стали размером 30 x 30 x 10 см с кипящей водой температурой 100 °С. Нагреватель - электрокипятильник погружной ЭП - 1.0 / 220 "КВАРЦ - 1", ГОСТ 14705 - 83, мощностью 1,0 кВт.

Непосредственно к баку с кипящей водой последовательно друг на друга крепятся две камеры состоящие из пенопластового короба 12 x 12 см с толщиной стенок 2 x 2 см.

Короба разделены между собой двумя металлическими пластинами 10 x 10 см. Крайний короб (камера № 2) закрыт одной металлической пластиной 10 x 10 см.

Для сокращения тепловых потерь, металлические пластины между камерами № 1 и № 2 дополнительно по торцу теплоизолированы пенопластовой полосой.

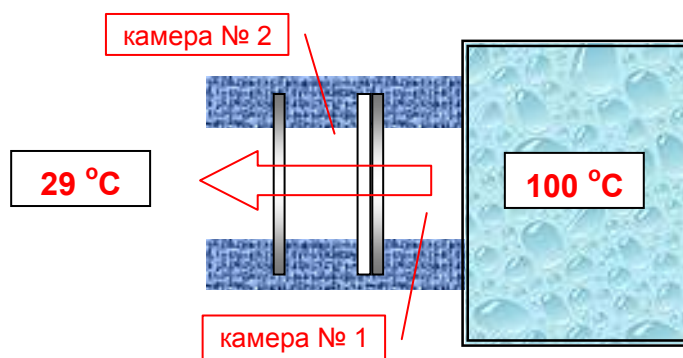
Датчики контактных термометров установлены в каждой из камер, а так же на внешних поверхностях крышек камер.

Замер температуры воздуха в помещении где проходит опыт замеряем на расстоянии 1,2 метра от края крышки камеры № 2.

5. ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ОПЫТА

В установившемся тепловом режиме опыта (в течении 3 часов) произведём снятие показаний термометров.

Рассмотрим камеру № 2.



Если известна температура теплоносителя (в нашем случае температура воздуха в камере № 2), температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности крышки камеры то тепловые потери составят

$$q_2 = t_2 - t_n / (1 / \alpha_B + \delta_{из} / \lambda_{из} + 1 / \alpha_n)$$

Для упрощения расчетов и в связи с незначительностью тепловых потерь через пенопластовый корпус камеры № 2 - тепловые потери от корпуса не берутся в расчет.

Учитывая, что тепловые потери в камере № 2 не могут превышать сумму поступившего в камеру тепла от камеры № 1 принимаем - тепловые потери в камере № 1 равными или большими тепловым потерям в камере № 2, то есть -

$$q_2 = < q_1$$

В случае если тепловые потери в камере № 1 больше чем в камере № 2 температура воздуха в камере № 2 будет расти и стремиться к температуре воздуха в камере № 1. В нашем случае температура воздуха в камере № 2 стабильна и меньше температуры воздуха камеры № 1. Следовательно, тепловые потери в камере № 2 равны тепловым потерям камеры № 1.

$$q_1 = q_2$$

для камеры № 1 -

$$q_1 = t_1 - t_2 / (1 / \alpha_B + \delta_{из} / \lambda_{из} + 1 / \alpha_n)$$

или коэффициент теплопроводности изоляционного слоя

$$\lambda_{ст} = \delta_{из} / [(t_1 - t_2) / q_1 - (1 / \alpha_B + 1 / \alpha_n)]$$

Термическое сопротивление изоляционной стенки состоит из термического сопротивления перегородки и термического сопротивления изоляции -

$$R_{ст} = \delta_{ст} / \lambda_{ст} + \delta_{из} / \lambda_{из}$$

или коэффициент теплопроводности теплоизоляции

$$\lambda_{из} = \delta_{из} / (R_{ст} - \delta_{ст} / \lambda_{ст})$$

где

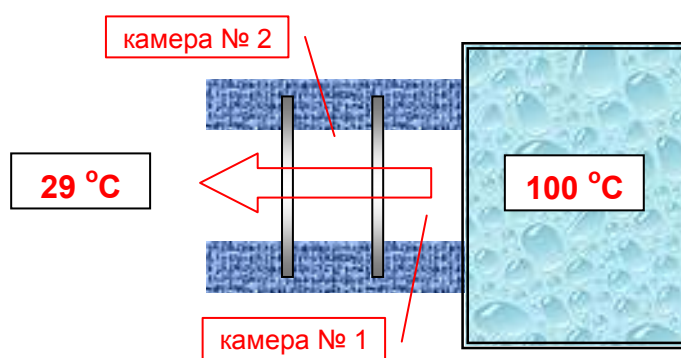
- t_n температура окружающего воздуха
- t_1 температура воздуха в камере № 1
- t_2 температура воздуха в камере № 2
- α_B коэф.тепловосприятости стенки
- α_n коэф.теплоотдачи от изоляции в окр.воздух
- $\delta_{из}$ толщина изоляции
- q_1 тепловые потери в камере № 1
- q_2 тепловые потери в камере № 2
- $\delta_{ст}$ толщина стенки
- $\lambda_{ст}$ коэффициент теплопроводности стенки

Меняя местами нахождение теплоизоляции (до, в середине или после перегородки между камерой № 1 и № 2) можно достаточно точно определить коэффициенты теплоотдачи и тепловосприятости изоляции.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТА

Опыт № 1

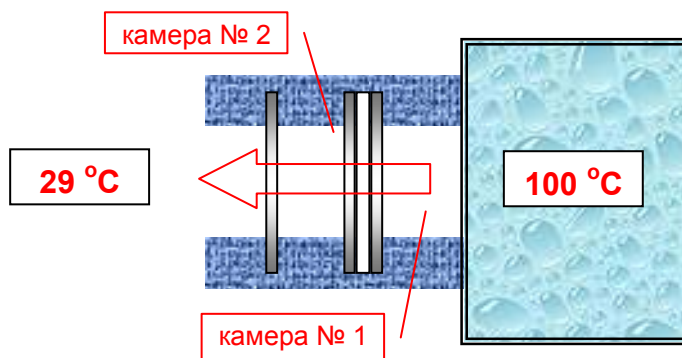
В опыте № 1 мы **не устанавливаем** дополнительную тепловую изоляцию.
Цель опыта - проверка правильности постановки опыта. Определение потерь тепла в тестируемых камерах.



Опыт № 2

В опыте № 2 изолятор установлен между металлическими пластинами.

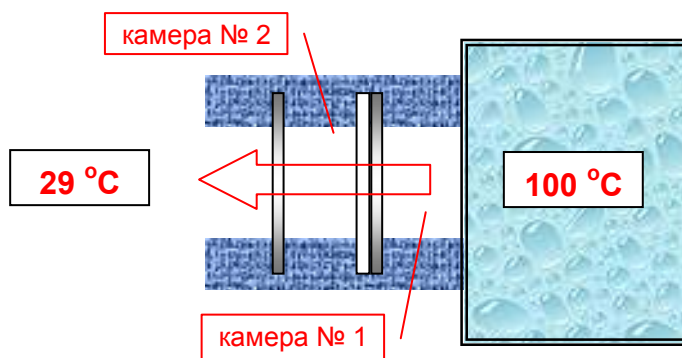
Цель опыта - определение коэффициента теплопроводности тестируемого теплового изолятора.



Опыт № 3

В опыте № 3 изолятор установлен в камере № 2.

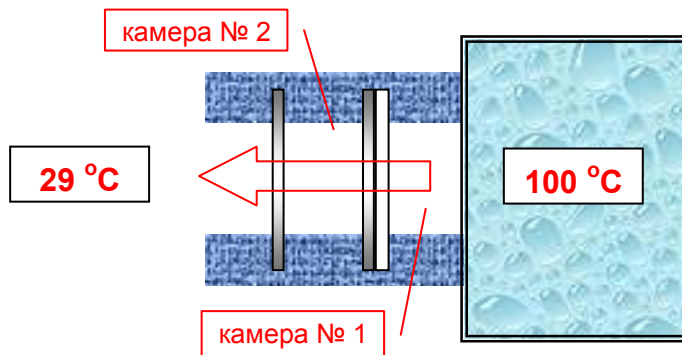
Цель опыта - определение коэффициента теплоотдачи тестируемого теплового изолятора.



Опыт № 4

В опыте № 4 изолятор установлен в камере № 1.

Цель опыта - определение коэффициента тепловосприятия тестируемого теплового изолятора.



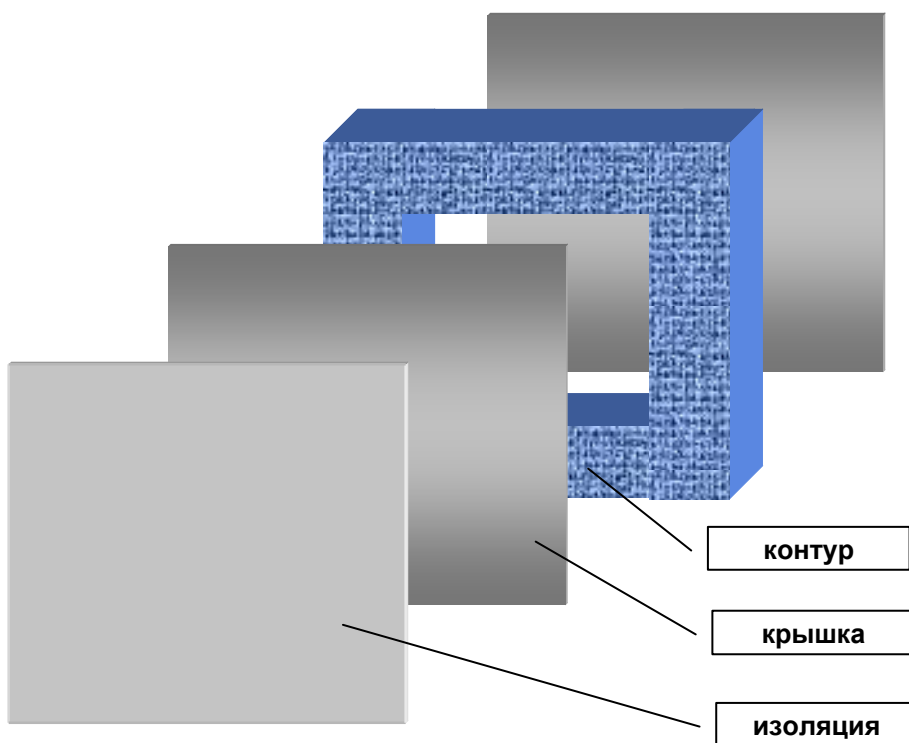
Результаты замера температур во всех опытах сведены в таблицы. Замеры температур производились через каждые 10 минут в течении 3 часов до полной стабилизации теплового процесса.

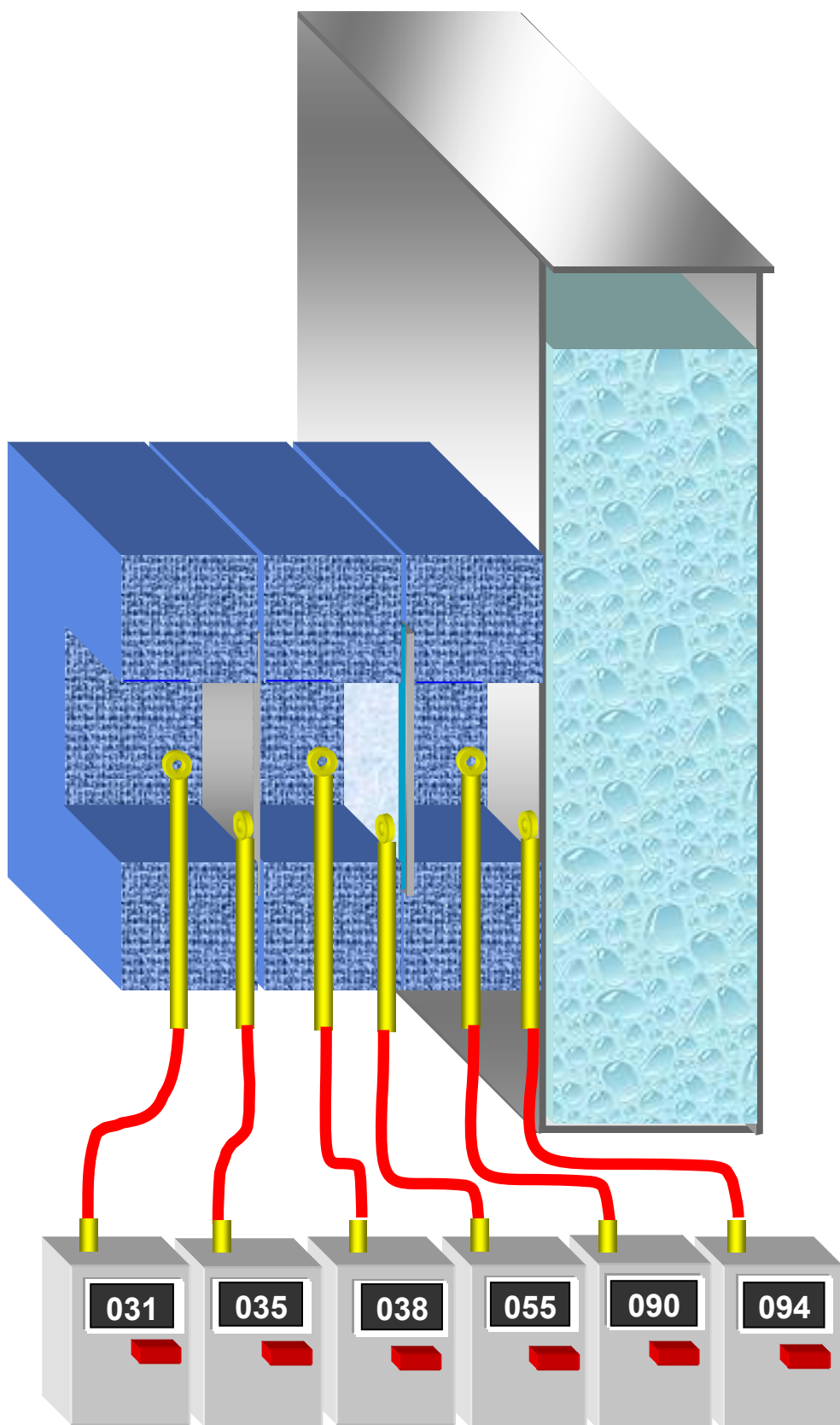
По данным замеров температур в установившемся тепловом режиме выполнены теплотехнические расчеты.

Итоговые данные теплотехнических расчетов сведены в единую таблицу "Теплофизические Свойства", на основании которой сделан вывод по всем опытам.

7. ТЕПЛОВАЯ КАМЕРА

ТЕПЛОВАЯ КАМЕРА







8. ВЫВОД

Значения по всем опытам сведены в таблицу Теплофизических свойств.

Теплофизические свойства

	теповосприятие $\alpha_{\text{в}}$	теплоотдача $\alpha_{\text{н}}$	теплопроводность $\lambda_{\text{из}}$
Thermal-Coat™	1,60 Вт / м ² °С ккал / ч м ² °С	1,38 Вт / м ² °С ккал / ч м ² °С	0,00101 Вт / м °С ккал / ч м °С
	1,38 ккал / ч м ² °С	1,19 ккал / ч м ² °С	0,00087 ккал / ч м °С

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать следующий вывод - **жидкий керамический теплоизоляционный материал Thermal-Coat™** производства компании Capstone Manufacturing, США может быть **рекомендован для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, оборудования, трубопроводов с учетом требований соответствующей нормативной технической документации.**

На основе полученных данных в приложении приведены методические рекомендации по расчету тепловой изоляции.

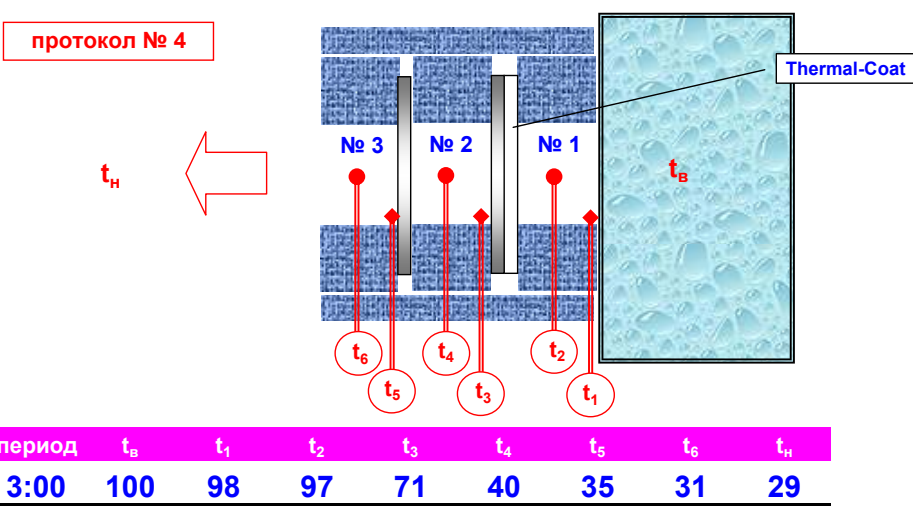
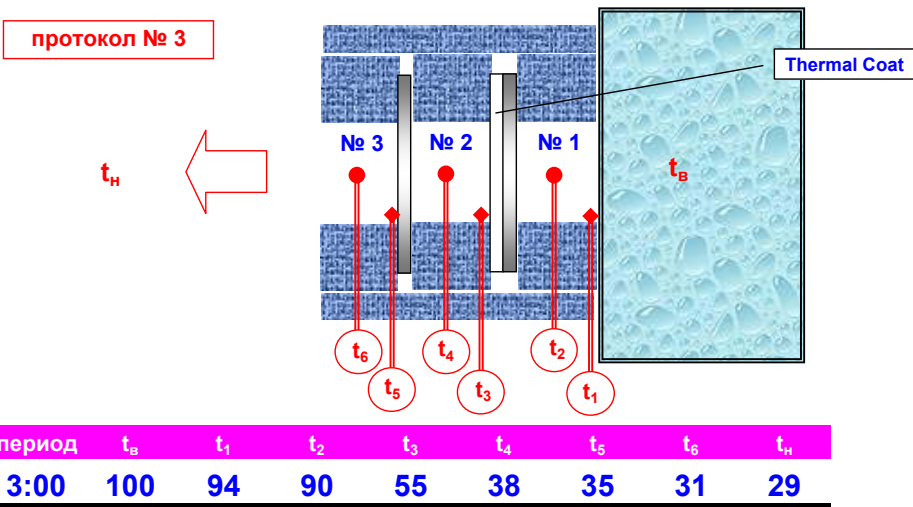
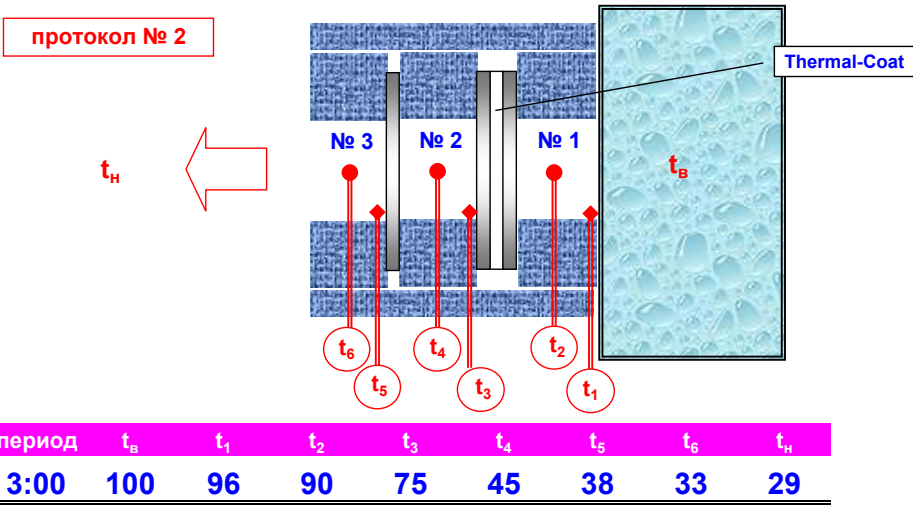
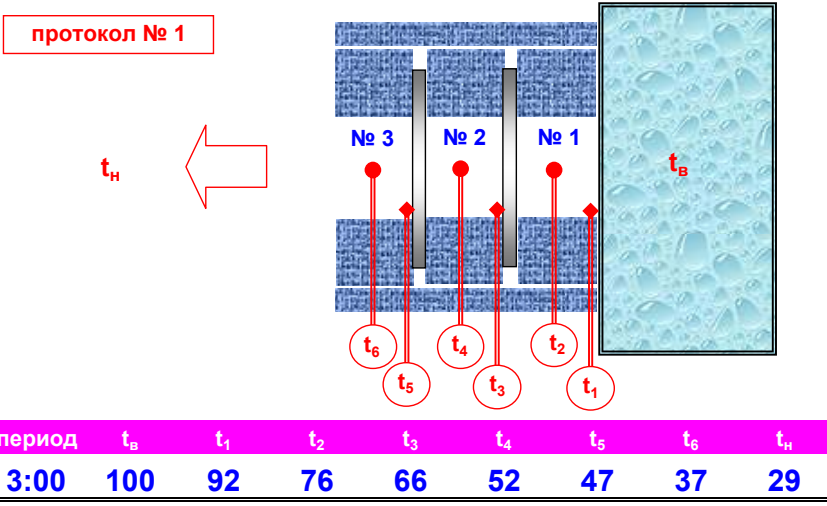
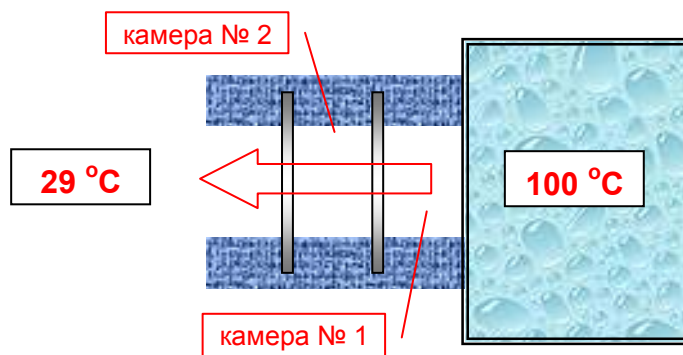


Схема опыта



Исходные данные

Протокол № 1 - Специальный тепловой изолятор не используется.

t_B	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_H
100	92	76	66	52	47	37	29

Данные протокола № 1 при установившемся тепловом режиме -

t_B	температура кипящей воды	100	°C
t_1	температура на поверхности бака	92	°C
t_2	температура воздуха в камере № 1	76	°C
t_3	температура на поверхности камеры № 1	66	°C
t_4	температура воздуха в камере № 2	52	°C
t_5	температура на поверхности камеры № 2	47	°C
t_6	температура воздуха в камере № 3	37	°C
t_H	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятости стенок (СНиП 2.04.14 - 88*)	8,7	Вт / м ² °C
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки из стали	0,0008	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции	нет	Вт / м °C
$\delta_{из}$	толщина изоляции	нет	м

Расчет

Если известна температура теплоносителя, температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, то тепловые потери составят

$$q_2 = t_4 - t_n / (1 / \alpha_B + \delta_k / \lambda_k + 1 / \alpha_n)$$

где для **камеры № 2** -

q₂	тепловые потери камеры № 2	111,71	Вт / м ²
t₄	температура воздуха в камере № 2	52	°C
t_n	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятия стенкой	8,7	Вт / м ² °C
α_n	коэф. теплоотдачи от крышки в окр.воздух для плоской поверхности,находящейся в помещении α_n = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_n)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	10,9968	Вт / м ² °C
t₅	температура на поверхности камеры № 2	47	°C
λ_k	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_k	толщина крышки	0,00080	м

Для упрощения расчетов и в связи с незначительностью тепловых потерь через пенопластовый корпус камеры № 2 - тепловые потери от корпуса не берутся в расчет.

Учитывая, что тепловые потери в камере № 2 не могут превышать сумму поступившего в камеру тепла от камеры № 1 принимаем - тепловые потери в камере № 1 равными или большими тепловым потерям в камере № 2, то есть -

$$q_2 = < q_1 = > \quad \quad \quad \mathbf{111,71} \quad \text{Вт / м}^2$$

Для камеры № 1 -

$$q_1 = t_2 - t_4 / (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + 1 / \alpha_H)$$

где -

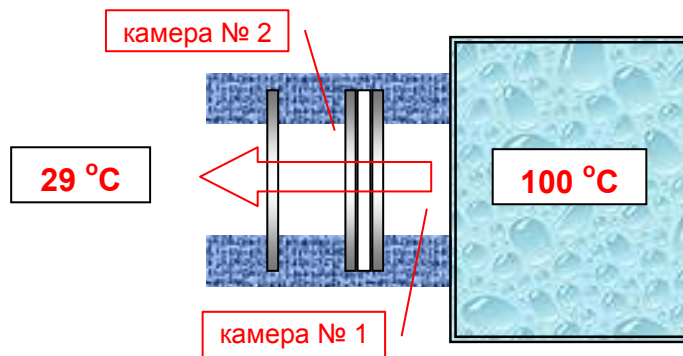
q₁	тепловые потери камеры № 1	115,24	Вт / м ²
t₂	температура воздуха в камере № 1	76	°С
t₄	температура воздуха в камере № 2	52	°С
α_В	коэффициент тепловосприятости стенок	8,7	Вт / м ² °С
α_Н	коэф. теплоотдачи от стенки в окр. воздух для плоской поверхности, находящейся в помещении α_Н = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_Н)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	10,7184	Вт / м ² °С
t₃	температура на поверхности камеры № 1	66	°С
λ_К	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °С
δ_К	толщина крышки	0,00080	м
	Тепловые потери в камере № 1 -	115,24	Вт / м ²
	Тепловые потери в камере № 2 -	111,71	Вт / м ²
	Расхождение составляет -	3	%

Результат опыта № 1

Расхождение замеров тепловых потерь в камерах № 1 и № 2 составило - 3 %. Поэтому можно принять, что

тепловые потери камеры № 1 равны тепловым потерям камеры № 2.

Схема опыта



Исходные данные

Протокол № 2 - Специальный тепловой изолятор Thermal-Coat находится между двух металлических пластин.

t_B	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_H
100	96	90	75	45	38	33	29

Данные протокола № 2 при установившемся тепловом режиме -

t_B	температура кипящей воды	100	°C
t_1	температура на поверхности бака	96	°C
t_2	температура воздуха в камере № 1	90	°C
t_3	температура на поверхности камеры № 1	75	°C
t_4	температура воздуха в камере № 2	45	°C
t_5	температура на поверхности камеры № 2	38	°C
t_6	температура воздуха в камере № 3	33	°C
t_H	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятости стенок (СНиП 2.04.14 - 88*)	8,7	Вт / м ² °C
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки из стали	0,0008	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции	?	Вт / м °C
$\delta_{из}$	толщина изоляции	0,00040	м

Расчет

Если известна температура теплоносителя, температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, то тепловые потери составят

$$q_2 = t_4 - t_n / (1 / \alpha_B + \delta_k / \lambda_k + 1 / \alpha_n)$$

где для **камеры № 2** -

q₂	тепловые потери камеры № 2	75,69	Вт / м ²
t₄	температура воздуха в камере № 2	45	°C
t_n	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятия стенкой	8,7	Вт / м ² °C
α_n	коэф. теплоотдачи от крышки в окр.воздух для плоской поверхности,находящейся в помещении α_n = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_n)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	10,3704	Вт / м ² °C
t₅	температура на поверхности камеры № 2	38	°C
λ_к	коэффициент теплопроводности оцинкованной стали	38	Вт / м °C
δ_к	толщина крышки	0,00080	м

Для упрощения расчетов и в связи с незначительностью тепловых потерь через пенопластовый корпус камеры № 2 - тепловые потери от корпуса не берутся в расчет.

Учитывая, что тепловые потери в камере № 2 не могут превышать сумму поступившего в камеру тепла от камеры № 1 принимаем - тепловые потери в камере № 1 равными или большими тепловым потерям в камере № 2, то есть -

$$q_2 = < q_1 = > \quad \quad \quad \mathbf{75,69} \quad \text{Вт / м}^2$$

Следовательно для **камеры № 1** -

$$q_1 = t_2 - t_4 / (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + \delta_{из} / \lambda_{из} + \delta_K / \lambda_K + 1 / \alpha_H)$$

Коэффициент теплопроводности теплового изолятора -

$$\lambda_{из} = \delta_{из} / (((t_2 - t_4) / q_1) - (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + \delta_K / \lambda_K + 1 / \alpha_H))$$

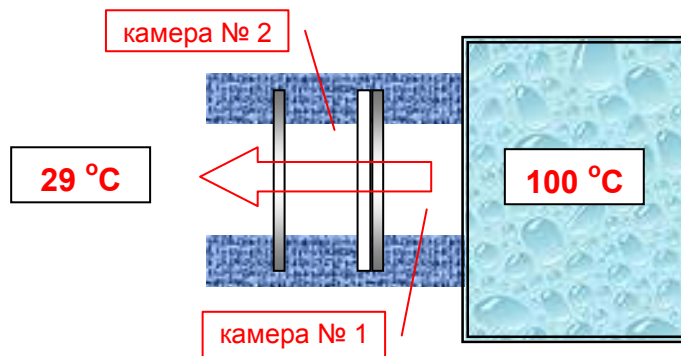
где -

q_1	тепловые потери камеры № 1	75,69	Вт / м ²
t_2	температура воздуха в камере № 1	90	°C
t_4	температура воздуха в камере № 2	45	°C
α_B	коэффициент тепловосприятости стенкой	8,7	Вт / м ² °C
α_H	коэф. теплоотдачи от стенки в окр. воздух для плоской поверхности, находящейся в помещении $\alpha_H = [8,4 + 0,06 (t_5 - t_H)] 1,16$ (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	11,832	Вт / м ² °C
t_3	температура на поверхности камеры № 1	75	°C
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки	0,00080	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции	0,00101	Вт / м °C
$\delta_{из}$	толщина изоляции	0,0004	м

Результат опыта № 2

Коэффициент теплопроводности теплового изолятора Thermal-Coat ($\lambda_{из}$) равен - 0,00101 Вт / м² °C

Схема опыта



Исходные данные

Протокол № 3 - Специальный тепловой изолятор Thermal-Coat находится на металлической пластине со стороны камеры № 2.

t_B	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_H
100	94	90	55	38	35	31	29

Данные протокола № 3 при установившемся тепловом режиме -

t_B	температура кипящей воды	100	°C
t_1	температура на поверхности бака	94	°C
t_2	температура воздуха в камере № 1	90	°C
t_3	температура на поверхности камеры № 1	55	°C
t_4	температура воздуха в камере № 2	38	°C
t_5	температура на поверхности камеры № 2	35	°C
t_6	температура воздуха в камере № 3	31	°C
t_H	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятости стенкой (СНиП 2.04.14 - 88*)	8,7	Вт / м ² °C
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки из стали	0,0008	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции (Смотри теплотехнический расчет опыта № 2)	0,00101	Вт / м °C
$\delta_{из}$	толщина изоляции	0,00040	м

Расчет

Если известна температура теплоносителя, температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, то тепловые потери составят

$$q_2 = t_4 - t_n / (1 / \alpha_B + \delta_k / \lambda_k + 1 / \alpha_n)$$

где для **камеры № 2** -

q₂	тепловые потери камеры № 2	42,18	Вт / м ²
t₄	температура воздуха в камере № 2	38	°C
t_n	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятия стенкой	8,7	Вт / м ² °C
α_n	коэф. теплоотдачи от крышки в окр. воздух для плоской поверхности, находящейся в помещении α_n = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_n)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	10,1616	Вт / м ² °C
t₅	температура на поверхности камеры № 2	35	°C
λ_k	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_k	толщина крышки	0,00080	м

Для упрощения расчетов и в связи с незначительностью тепловых потерь через пенопластовый корпус камеры № 2 - тепловые потери от корпуса не берутся в расчет.

Учитывая, что тепловые потери в камере № 2 не могут превышать сумму поступившего в камеру тепла от камеры № 1 принимаем - тепловые потери в камере № 1 равными или большими тепловым потерям в камере № 2, то есть -

$$q_2 = < q_1 = > \quad \quad \quad \mathbf{42,18} \quad \text{Вт / м}^2$$

Следовательно для **камеры № 1** -

$$q_1 = t_2 - t_4 / (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + \delta_{из} / \lambda_{из} + 1 / \alpha_H)$$

Коэффициент теплоотдачи теплового изолятора -

$$\alpha_H = 1 / (((t_2 - t_4) / q_1) - (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + \delta_{из} / \lambda_{из}))$$

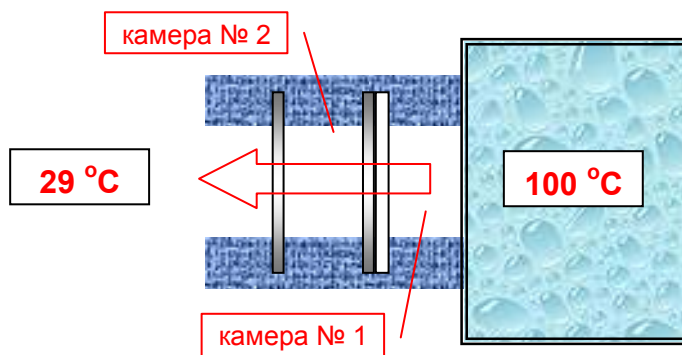
где -

q_1	тепловые потери камеры № 1	42,18	Вт / м ²
t_2	температура воздуха в камере № 1	90	°С
t_4	температура воздуха в камере № 2	38	°С
α_B	коэффициент тепловосприятости стенок	8,7	Вт / м ² °С
α_H	коэф. теплоотдачи теплового изолятора	1,38347	Вт / м ² °С
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °С
δ_K	толщина крышки	0,00080	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции	0,00101	Вт / м °С
$\delta_{из}$	толщина изоляции	0,0004	м

Результат опыта № 3

Коэффициент теплоотдачи теплового изолятора Thermal-Coat (α_H) равен - 1,3835 Вт / м² °С

Схема опыта



Исходные данные

Протокол № 4 - Специальный тепловой изолятор Thermal-Coat находится на металлической пластине со стороны камеры № 1

t_B	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_H
100	98	97	71	40	35	31	29

Данные протокола № 4 при установившемся тепловом режиме -

t_B	температура кипящей воды	100	°C
t_1	температура на поверхности бака	98	°C
t_2	температура воздуха в камере № 1	97	°C
t_3	температура на поверхности камеры № 1	71	°C
t_4	температура воздуха в камере № 2	40	°C
t_5	температура на поверхности камеры № 2	35	°C
t_6	температура воздуха в камере № 3	31	°C
t_H	температура окружающего воздуха	29	°C
α_B	коэффициент тепловосприятости стенкой (СНиП 2.04.14 - 88*)	8,7	Вт / м ² °C
λ_K	коэффициент теплопроводности стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки из стали	0,0008	м
$\lambda_{из}$	коэффициент теплопроводности изоляции (Смотри теплотехнический расчет опыта № 2)	0,00101	Вт / м °C
$\delta_{из}$	толщина изоляции	0,00040	м

Расчет

Если известна температура теплоносителя, температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, то тепловые потери составят

$$q_2 = t_4 - t_n / (1 / \alpha_v + \delta_k / \lambda_k + 1 / \alpha_n)$$

где для **камеры № 2** -

q₂	тепловые потери камеры № 2	51,55	Вт / м ²
t₄	температура воздуха в камере № 2	40	°С
t_n	температура окружающего воздуха	29	°С
α_v	коэффициент тепловосприятия стенкой	8,7	Вт / м ² °С
α_n	коэф. теплоотдачи от крышки в окр.воздух для плоской поверхности,находящейся в помещении α_n = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_n)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	10,1616	Вт / м ² °С
t₅	температура на поверхности камеры № 2	35	°С
λ_k	коэффициент теплопроводности оцинкованной стали	38	Вт / м °С
δ_k	толщина крышки	0,00080	м

Для упрощения расчетов и в связи с незначительностью тепловых потерь через пенопластовый корпус камеры № 2 - тепловые потери от корпуса не берутся в расчет.

Учитывая, что тепловые потери в камере № 2 не могут превышать сумму поступившего в камеру тепла от камеры № 1 принимаем - тепловые потери в камере № 1 равными или большими тепловым потерям в камере № 2, то есть -

$$q_2 = < q_1 = > \quad 51,55 \quad \text{Вт / м}^2$$

Следовательно для **камеры № 1** -

$$q_1 = t_2 - t_4 / (1 / \alpha_B + \delta_K / \lambda_K + \delta_{из} / \lambda_{из} + 1 / \alpha_H)$$

Коэффициент тепловосприятия теплового изолятора -

$$\alpha_B = 1 / (((t_2 - t_4) / q_1) - (1 / \alpha_H + \delta_K / \lambda_K + \delta_{из} / \lambda_{из}))$$

где -

q₁	тепловые потери камеры № 1	51,55	Вт / м ²
t₂	температура воздуха в камере № 1	97	°C
t₄	температура воздуха в камере № 2	40	°C
α_B	коэф.тепловосприятия изолятора	1,59597	Вт / м ² °C
α_H	коэф.теплоотдачи от крышки в окр.воздух для плоской поверхности,находящейся в помещении α_H = [8,4 + 0,06 (t₅ - t_H)] 1,16 (Справочник Тепловая изоляция. СТРОЙИЗДАТ - 1976)	11,9016	Вт / м ² °C
t₃	температура на поверхности камеры № 1	71	°C
λ_K	коэффициент теплопроводности оцинкованной стали	38	Вт / м °C
δ_K	толщина крышки	0,00080	м
λ_{из}	коэффициент теплопроводности изоляции	0,00101	Вт / м °C
δ_{из}	толщина изоляции	0,0004	м

Результат опыта № 4

Коэффициент тепловосприятия теплового изолятора Thermal Coat (α_B) равен - 1,596 Вт / м² °C