

## Оценка обоснованности использования различных измерительных средств для определения фактической температуры тела.

### Особенности измерения температуры поверхности объектов с покрытием **АСТРАТЕК**

#### 1. Измерение температуры тела.

Измерение температуры тела является достаточно сложной методической задачей, так как прямым методом измерения температуры не существует и все используемые методы и приборы основаны на косвенных зависимостях физических свойств от температуры. Это обуславливает особые требования к организации проведения измерений температуры и к учету неизбежных погрешностей и ошибок результатов измерений.

При измерениях температур в диапазоне от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+600^{\circ}\text{C}$  применяются две основные группы методов: контактные и бесконтактные.

**Контактные методы.** В основу контактных методов положено условие теплового равновесия между измеряемым объектом и используемым температурным датчиком - приемником. При измерении температуры поверхности необходимо иметь в виду, что термодатчик может нарушать первоначальное распределение температур в контролируемом объекте. Погрешность измерения температуры поверхности тела зависит от ряда причин, основными являются отвод или подвод тепла по термодатчику вследствие теплопроводности, теплообмена термодатчика с окружающей средой и возможное изменение условий теплообмена поверхности тела со средой. Точность измерения поверхностной температуры зависит также от конструкции термодатчика, способа его монтажа на поверхности объекта, точности вторичного прибора и условий измерения.

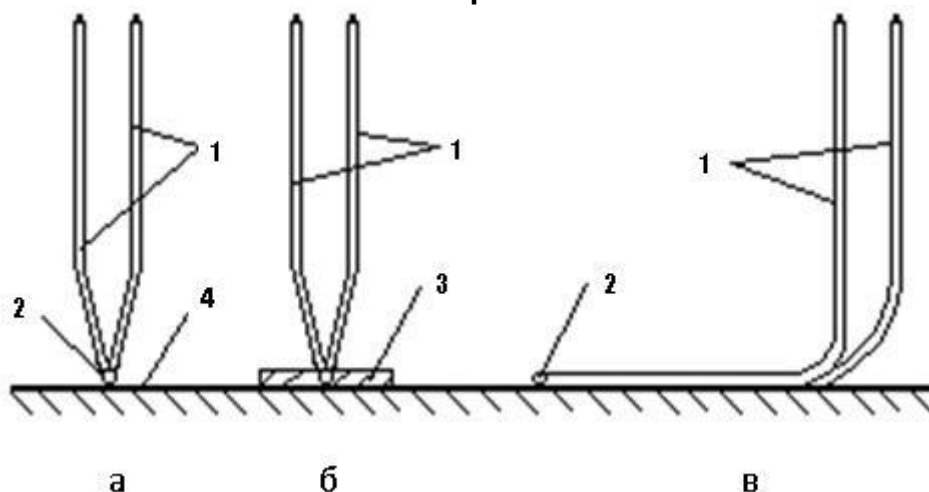
При измерении температуры поверхности чувствительный элемент термодатчика должен иметь хороший тепловой контакт с поверхностью объекта. Термодатчик не должен вызывать в месте измерения изменений температуры как вследствие отвода от него или подвода к нему тепла, так и вследствие изменения теплообмена поверхности с окружающей средой. Наиболее простым методом считается измерение температуры с помощью спиртовых или ртутных термометров. Однако кажущаяся простота обусловлено только доступностью средства измерения – термометров. Организация проведения измерений температуры поверхности объектов с помощью термометров требуют тщательной подготовки по обеспечению контакта термометра с измеряемой поверхностью. Измерения необходимо проводить с использованием специальных цилиндров, размещаемых на плоскости измеряемого объекта с заполнением этих цилиндров жидкостью с высокой теплопроводностью, для чего используются различные масляные соединения, в которые размещают термометр, обеспечивая при этом изоляцию боковых поверхностей цилиндров и термометра. При измерениях температур поверхности различных трубопроводов достаточно сложно добиться плотного и надежного контакта цилиндра с поверхностью трубопровода, поэтому этот метод не может дать надежных результатов измерений.

При измерениях температур поверхности различных технических объектов наиболее широко применяются термоэлектрические термометры (термопары). На рисунке 1 показаны различные способы измерения температуры поверхности нагретого тела с помощью термоэлектрических термометров. Наиболее методически неудачный вариант установки термоэлектрического термометра показан на рисунке 1а. В этом случае термоэлектроды термодатчика отводят или подводят (в зависимости от температуры окружающей среды) тепло как от рабочего конца, так и от той части поверхности, температура которой должна быть измерена. Поэтому такой способ установки не может быть рекомендован.

В целях уменьшения влияния теплоотвода иногда увеличивают поверхность соприкосновения рабочего конца термоэлектрического термометра, припаявая к нему тонкую металлическую пластину из материала с большим коэффициентом теплопроводности. Если в этом случае термоэлектрический термометр устанавливается перпендикулярно поверхности тела, как показано на рисунке 1б, то утечка тепла будет такой же, как и в первом случае. Однако количество тепла, отдаваемое каждой отдельной точкой поверхности соприкосновения, уменьшится вследствие наличия пластины, увеличивающей площадь соприкосновения. Благодаря этому охлаждение (нагрев) в месте соприкосновения рабочего конца с поверхностью значительно уменьшится по сравнению с первым случаем, но все же методическая погрешность полностью не будет устранена.

Для уменьшения погрешности за счет теплоотвода до минимума термоэлектрический термометр рекомендуется устанавливать на поверхности тела по схеме рисунка 1в. Здесь термоэлектроды прокладываются на поверхности на длину не менее 150-200 их диаметров. В этом случае также имеет место теплоотвод по термоэлектродам термодатчика, но тепло поступает в них по всей длине соприкосновения термоэлектродов с поверхностью, вследствие чего теплоотвод от рабочего конца термоэлектрического термометра значительно уменьшится.

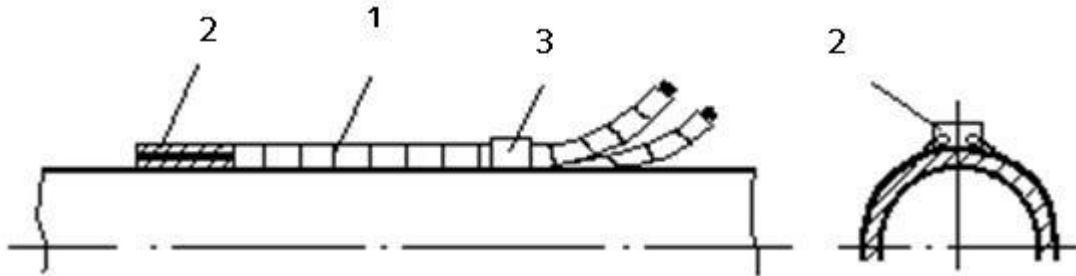
**Рисунок 1. Принципиальные схемы установки термоэлектрических термометров на поверхности.**



- 1-термоэлектроды термоэлектрического термометра, покрытые эмалью;
- 2-рабочий конец;
- 3-металлическая пластинка, соединенная с рабочим концом;
- 4-поверхность, температура которой измеряется.

Рекомендуемый способ крепления термоэлектрического термометра на трубопроводе показан на рисунке 2.

**Рисунок 2. Схема крепления поверхностного термоэлектрического термометра на трубопроводе.**



1-термоэлектрический термометр, термоэлектроды которого изолированы фарфоровыми бусами;  
2-рабочий конец, образованный зачеканкой концов термоэлектродов в отверстиях приваренной к трубе пластины;  
3-прижим.

Для измерения температур поверхности неподвижных твердых тел также применяются: промышленные термопреобразователи сопротивления (ТС), полупроводниковых ТС - термисторные промышленные ТС. При этом необходимо выполнять те же условия организации измерений, что приведены для термоэлектрических приемников, так как погрешность связанная с теплооттоком - теплопритоком появляется вне зависимости от физического принципа работы термопреобразователя.

Наиболее простой метод определения температуры при помощи термочувствительных красок, которые наносятся на любую твердую поверхность, затвердевают при высыхании в виде тонкой пленки и способны изменять свой цвет при температуре перехода. К термочувствительным краскам относятся: термокраска, термолак, термопаста, термокарандаши, термотаблетка. По характеру превращений термоиндикаторы разделяются на три группы: обратимые, необратимые, квазиобратимые.

**Вывод:** точность определения температуры поверхности контактными методами зависит от выполнения условия теплового равновесия между приемником и поверхностью. Контактные методы являются по своей сути разрушающими - приемник является источником возмущения температурного поля вследствие отличия его теплофизических характеристик от теплофизических характеристик измеряемого объекта, и наличие методической ошибки результатов измерений неизбежно. Величина методической ошибки может быть уменьшена за счет правильной установки приемника на поверхности измеряемого объекта.

**Бесконтактные методы.** При температуре, отличной от абсолютного нуля, всякая поверхность испускает электромагнитное излучение. Электромагнитное излучение, возникающее за счет внутренней энергии излучающего тела и зависящее от температуры и оптических свойств этого тела, называют тепловым излучением, когда энергия внутренних хаотических тепловых движений частиц непрерывно переходит в энергию испускаемого электромагнитного излучения.

В обычных условиях, при комнатной температуре ( $T = 300\text{ K}$ ), тепловое излучение тел происходит в инфракрасном диапазоне длин волн ( $\lambda = 10\text{ мкм}$ ), недоступным зрительному восприятию глаза. С увеличением температуры светимость тел быстро возрастает, а длины волн смещаются в более коротковолновую область. Если температура достигает тысяч градусов, то тела начинают излучать в видимом диапазоне длин волн ( $\lambda = 0.4 - 0.8\text{ мкм}$ ).

Бесконтактный метод используется в пирометрах. **Пирометры** - это термотехнические средства, основанные на измерении теплового излучения тел. При измерении температуры с помощью пирометров температурное поле объекта излучения со сплошным спектром не искажается, так как измерение, осуществляемое методами пирометрии, не требует непосредственного соприкосновения с телом какого-либо термоприемника. Поэтому такие методы измерения принято называть бесконтактными. Пирометрические методы являются неразрушающими по своему методическому принципу, так как прибор не вносит возмущений в тепловое поле измеряемого объекта. Однако и данные методы не являются абсолютными, так как измерение температуры осуществляется по интенсивности теплового излучения, что и обуславливает наличие приборных погрешностей, искажающих результаты.

Кирхгоф ввел представление об абсолютно черном теле, излучение которого не зависит от его физических и химических свойств, от его состава, а зависит только от его температуры. Такое тело способно полностью поглощать излучение любой длины волны (частоты). Все тела в природе не только излучают или поглощают энергию, но и отражают или пропускают ее.

Непосредственной задачей оптико-электронных систем измерения температуры или пирометров, измеряющих температуру объекта по излучению, является измерение параметров потока излучения, испускаемого объектом (или его частью), на определенном расстоянии. К параметрам, характеризующим поток излучения, относятся: абсолютное значение мощности этого потока и ее спектральное распределение. Пирометры делят на энергетические и спектральные. К энергетическим относятся пирометры суммарного излучения (радиационные) и частичного излучения (яркостные или монохроматические), в которых осуществляется прием и измерение потока излучения в одном участке спектра. В пирометрах спектрального отношения (цветовых) используются два или более участков спектра.

При выборе спектрального участка необходимо учитывать, что по мере возрастания длин волн и понижения температуры коэффициент излучения для большинства металлов снижается. Кроме того, при выборе рабочего интервала в инфракрасной области спектра необходимо учитывать, что некоторые участки спектра претерпевают в воздушном слое между прибором и излучателем заметное поглощение. Основными компонентами в воздухе, создающими заметное поглощение

Об измерении температуры лучистой энергии в некоторых участках инфракрасной области спектра, являются водяные пары и углекислый газ.

Пирометры, основным принципом работы которых является измерение интенсивности потока теплового излучения, испускаемое нагретым телом, называются радиационными или энергетическими пирометрами, а также – пирометрами полного излучения.

Таким образом, условием адекватного измерения температур поверхности с использованием пирометров является правильно выбранный диапазон измерения температур и спектральный диапазон, в котором возможно измерение температуры данного типа объектов. Излучательная способность всех без исключения материалов зависит от температуры, при этом она может меняться для одного и того же материала в различных областях спектра.

Наиболее широко применяемые при контроле температур поверхности технических объектов пирометры работают в диапазоне спектральной чувствительности 7-14 (до 18) мкм. При этом пирометры большей частью основаны на принципе полного излучения.

Независимо от метода измерения температуры в балансе энергетического обмена излучением объекта, температура которого измеряется, и окружающими его телами и пространством необходимо учитывать так называемую излучательную способность поверхности объекта или объемной излучающей области.

Реальная (истинная) температура объекта может отличаться от измеренной в 2–3,3 раза при неправильном учете коэффициента теплового излучения.

Как правило, калибровка аппаратуры для радиационных измерений температуры производится с использованием модельных чернотельных излучателей только для значений излучательной способности, близкой к 0,99 с некоторой неопределенностью или равной 0,90 для пирометров с постоянно заданным значением излучательной способности (как правило, равной 0,90). Для других значений коэффициентов излучательной способности градуировка не делается. Пересчет значений измеренных потоков энергий в значения "истинных" температур производится в соответствии с тем алгоритмом изменения коэффициента усиления электронной схемы пирометра, который заложен разработчиками. В связи с тем что данный пересчет не нормируется, а спектральные (и калибровочные) характеристики аппаратуры, изготовленной с использованием приемников с различными спектральными кривыми чувствительности, с различными спектральными характеристиками оптической части пирометров, различны - неточность результатов измерений, проведенных различными пирометрами, обычно не вызывает удивления.

Из широко известных методов измерения радиационной температуры на сегодня только метод измерения температуры пирометрами спектрального отношения дает наиболее точные и сопоставимые результаты. В пирометрах спектрального отношения применяется не коэффициент излучательной способности, а коэффициент относительной интенсивности излучения в двух каналах (коэффициент баланса между каналами). Точность и воспроизводимость метода достаточно высока при условии, что спектральные диапазоны чувствительности узки (что предполагает измерения при

Об измерении температуры сравнительно высоких температурах), а области спектральной чувствительности выбраны в зоне не сильно изменяющейся селективности всего оптического канала от объекта измерения до приемников пирометра.

В практических измерениях пирометрами частичного излучения обычно используются табличные данные по коэффициентам излучательной способности, усредненным по спектральным интервалам и усредненным для широких температурных диапазонов, для различных материалов. Различие в значениях этих коэффициентов может быть двукратным и более, по данным разных авторов. На практике необходимо исходить из основного требования, идущего от цели технологического цикла - обеспечение воспроизводимости (повторяемости) производимой продукции с учетом возможности его изменения и совершенствования. Применительно к технологическому процессу необходимо и достаточно производить измерения на стандартном достаточно высоком значении излучательной способности, например 0,95, или на одном коэффициенте отношения, скажем 1,000 (для пирометров спектрального отношения).

Таким образом, измерение температур поверхности без специальной градуировки для обследуемого объекта может привести к существенным неточностям при отличии физических характеристик измеряемого объекта от условий градуировки пирометра.

Для измерения температур тонких пленок необходимо применять пирометры, работающие в спектральном диапазоне до 7 мкм, со специальными сканирующими элементами или фильтрами.

## **1. Особенности определения фактической температуры поверхности объектов с покрытием АСТРАТЕК.**

Теплоизоляционное полимерное покрытие **АСТРАТЕК** - это полимерный композит (синтактик) на основе полимерного связующего, специальных легковесных наполнителей и целевых добавок. Наполнителем является пористая оксидная керамика, которая в процессе производства вспенивается, образуя замкнутые разрезанные полости.

Покрытие **АСТРАТЕК** - тонкоплёночный микропористый материал, работающий за счет реализации механизма блокирования (создания высокого термического сопротивления) всех видов теплопередачи – конвекции, кондукции и радиации, обладает низкой результирующей (эффективной) теплопроводностью.

Оптические характеристики покрытия – коэффициенты поглощения, отражения, излучения существенно отличаются от аналогичных характеристик для строительных материалов.

Низкая теплопроводность покрытия **АСТРАТЕК** приводит к существенным искажениям при применении контактных методов измерения температур поверхности изолируемого объекта. Для уменьшения этой погрешности необходимо выполнять специальные методические правила установки датчиков на поверхности измеряемого объекта. При невыполнении этих правил, ошибка измерения температуры может составлять десятки градусов в зависимости от температуры измеряемого объекта,

Об измерении температуры температуры окружающей среды и теплофизических характеристик объекта. Чем меньше теплопроводность материала объекта, тем больше методическая ошибка определения температуры при неправильной установке датчиков на его поверхности.

Высокая отражательная способность и низкая степень черноты покрытия **АСТРАТЕК** приводит к существенным ошибкам при использовании пирометров, градуировка которых осуществлена с использованием модельных чернотельных излучателей только для значений излучательной способности, близкой к 0,9 работающих в спектральном диапазоне 8-14 мкм. Ошибки измерений могут составлять десятки градусов.

В связи с этим, после проведения теплоизоляционных работ с использованием покрытия **АСТРАТЕК** появляется проблема оценки эффективности применения материала и получения объективных данных по работе изолятора. Классически, данная оценка должна проводиться по величине снижения температуры теплоносителя на заданном участке. Но традиционно оценка качества изоляции производится косвенным методом - по температуре поверхности изолятора.

Фактическую эффективность теплоизоляции, применяемой на теплопроводах важно знать при использовании любых материалов. Однако практические измерения вызывают определенные трудности, связанные и с методикой измерений, и с измерительными средствами.

Определение температуры поверхности теплоизоляционного полимерного покрытия **АСТРАТЕК** - сложная методическая задача, связанная с природой материала, его структурой и с малой толщиной плёнки.

По температуре наружной поверхности судят о ее безопасности для человека. При этом знают, что разные материалы в этом отношении не равноценны и частично учитывают это даже в СНиП. Известно также, что температурное воздействие на кожный покров человека зависит не только от температуры, но и от свойств среды или поверхности, с которыми кожа контактирует. По этому поводу можно вспомнить разницу от контакта на хорошем морозе с металлом и деревом. Любители попариться поднимают температуру в парной до 60 °С и выше и ожогов не получают. Еще убедительней будет прихватить с собой в парную монету и почувствовать разницу от прикосновения к ней и к деревянной полке. В приведенных примерах не нужны измерительные приборы для подтверждения того, что температуры разных поверхностей одинаковы. Свойства материала учитываются некоторым образом и в СНиП. Указанная выше температура 55 °С установлена для металлического покровного слоя, а для других поверхностей оговорена температура 60 °С.

Теплоизоляционные полимерные покрытия **АСТРАТЕК** обладают необычными свойствами в отношении воздействия на кожу человека. Приведем пример: В экспериментах использовалась электропечь, на плоскую поверхность нагревательного элемента которой было нанесено покрытие **АСТРАТЕК**. Температура поверхности покрытия измерялась с помощью термопары. При разной температуре определялось время контакта ладони с поверхностью, в течение которого не возникало неприятных ощущений. Среднее для трех человек время контакта приведено в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты экспериментов по определению безопасной температуры на поверхности покрытия.**

Температура поверхности покрытия, °С	Время контакта ладони с поверхностью без неприятных ощущений, с
60	30 и более
70	30 и более
90	14
100	8
115	5

По данным таблицы 1 безопасной для кожного покрова человека является температура на поверхности покрытия 90°С (с некоторым запасом).

Простые измерения, о которых упоминалось выше, показывают, как легко по температуре сделать неправильный вывод для покрытия **АСТРАТЕК**. По сути измерение температуры поверхности направлено на то, чтобы получить ответ или “да”, или “нет” (безопасно или опасно). Для получения ответа на этот вопрос наилучший, самый прямой и самый простой способ измерения – на ощупь. Если контакт кожного покрова с поверхностью в течение 5 секунд происходит без неприятных последствий, то такая температура поверхности безопасна для человека. При этом не надо изучать и учитывать свойства материала, кожный покров учтет их сам.

При выполнении различных теплотехнических расчетов (по выбору изоляции и др.) температуру поверхности необходимо знать. Для обычных материалов эти температуры заданы в СНиП, для покрытий **АСТРАТЕК** по результатам различных экспериментов допустимая (безопасная) температура поверхности составляет 90°С.

Для измерения температуры на поверхности различных теплоизоляционных покрытий можно рекомендовать термопары из стандартных термоэлектродных материалов с диаметром проволоки 0,2...0,5 мм в комплекте с вторичным прибором класса точности не ниже 0,5. Диаметр шарика рабочего спая не должен превышать 0,5 мм. При диаметре проволоки 0,5 мм часть рабочего спая можно сошлифовать, чтобы обеспечить нужную высоту (не более 0,5 мм). Для измерения нужно прижимать рабочий спай к поверхности с небольшим усилием, величину усилия можно приблизительно контролировать по изгибу термоэлектродных проводов (рисунок 1в).

Такое измерение не позволит определить температуру поверхности, поскольку не будет надежного контакта рабочего спая с поверхностью. Однако не будем забывать, что:

- температура поверхности нам в данном случае не нужна, так как мы хотим определить допустимую температуру для кожного покрова;
- на кожный покров воздействует не температура поверхности, а температура, которую приобретает кожный покров в результате контакта с поверхностью. Сложно утверждать, что термическое сопротивление при контакте кожного покрова с поверхностью меньше, чем при контакте рабочего спая с той же поверхностью. То есть, измеренная с помощью термопары температура будет всегда больше той, которая воздействует на кожный покров;
- измеренная с помощью термопары температура является усредненной величиной между действительной температурой поверхности и температурой в тонком пограничном слое. Если диаметр шарика (толщина) рабочего спая не будет превышать



Об измерении температуры 0,5 мм, то измеренная температура по данным таблицы 1 отличается от температуры поверхности не более чем на 4 %, что можно считать приемлемым.

Существуют два метода замера температуры поверхности изолятора – это бесконтактный метод замера температуры, с помощью пирометра или тепловизора и контактный метод замера температуры поверхности, с помощью термодпары, термосопротивления, полупроводникового датчика. Каждый из приведенных методов имеет свои особенности.

Используемые в практике технического контроля пирометры проградуированы для материалов с высокой степенью черноты и в диапазоне этого коэффициента 0,8 - 0,9 работают с достаточной для практики точностью. Для материалов, имеющих степень черноты намного ниже, необходимо применять пирометры со специальной градуировкой. Измерения температуры поверхности одним пирометром, например, трубы без покрытия и трубы с покрытием без введения специальных методических поправок в результаты измерений или без использования специальных фильтров к оптической части пирометра может привести к существенным ошибкам при фиксации результирующей характеристики. При применении пирометра или тепловизора для определения температуры поверхности изолятора, без специальной настройки получаем большую погрешность замеров (30 - 40 %), так как покрытие **АСТРАТЕК** имеет высокую отражательную способность, большой коэффициент теплового излучения (степень черноты) и узкий диапазон излучения.

## ВЫВОДЫ:

1. С целью снижения погрешности замера при использовании пирометра, необходимо выполнить следующие требования:

- Пирометр должен быть предназначен для замеров температуры полимерных плёнок и производить замеры в диапазоне частот от 5 до 8 мкм;
- На пирометре должен быть установлен коэффициент теплового излучения материала **АСТРАТЕК** 0,98.

Например, если производить замер температуры изолированного трубопровода пирометром, у которого установлен коэффициент излучения 0,90, то при замере температуры поверхности металлической окисленной неизолированной трубы, (имеющей коэффициент 0,78), получим занижение значения температуры на 12 %. Соответственно, замеряя температуру поверхности покрытия **АСТРАТЕК** (имеющего коэффициент 0,98), получим завышенную температуру на 8%. Итоговый результат произведенных замеров: (таблица 2) ошибка - 100 %.

ПАРАМЕТР	Данные замера, °С	Погрешность от расхождения коэффициента излучения	Замер с учетом погрешности, °С
Температура неизолированной трубы, °С	60	12,00%	67
Температура изолированной трубы, °С	50	-8,00%	46
Эффективность изоляции (разность температур)	10	100%	21

Поэтому с целью снижения погрешности замера при использовании пирометра, необходимо выполнить следующие требования:

- Пирометр должен быть предназначен для замеров рабочего интервала температуры и производить замеры в диапазоне частот от 5 до 8 мкм.
- На пирометре должен быть установлен коэффициент теплового излучения измеряемого материала, для **АСТРАТЕК** 0,98, для окисленного железа 0,78, для оцинкованного железа 0,28, для кирпича (силикатного) 0,66 и т.п.

Если указанные рекомендации невыполнимы, то полученные замеры температуры некорректны и могут привести к большим ошибкам.

2. Контактные методы измерения температуры методически более трудоёмки. При применении контактных методов замера температуры (типа термопары, термосопротивления), необходимо:

- Применять термопару марки ТХК;
- Термопара должна быть предназначена для замера температуры поверхности, и иметь открытый спай;
- Спай термопары должен быть минимален по размерам, не более 0,7 мм, следовательно диаметр сечения провода термопары должен быть не более 0,5 мм;
- Установка термопары должна обеспечивать хороший тепловой контакт с поверхностью объекта и минимальный теплоотвод (рисунок 1в);
- Регистрирующий прибор должен иметь класс точности не более 1,0.

При невыполнении данных рекомендаций, ошибка измерения температуры может составлять до 40 %, в зависимости от температуры измеряемого объекта, температуры окружающей среды и теплофизических характеристик объекта.

На основании выше изложенного, предлагаем производить оценку эффективности изоляции **АСТРАТЕК**:

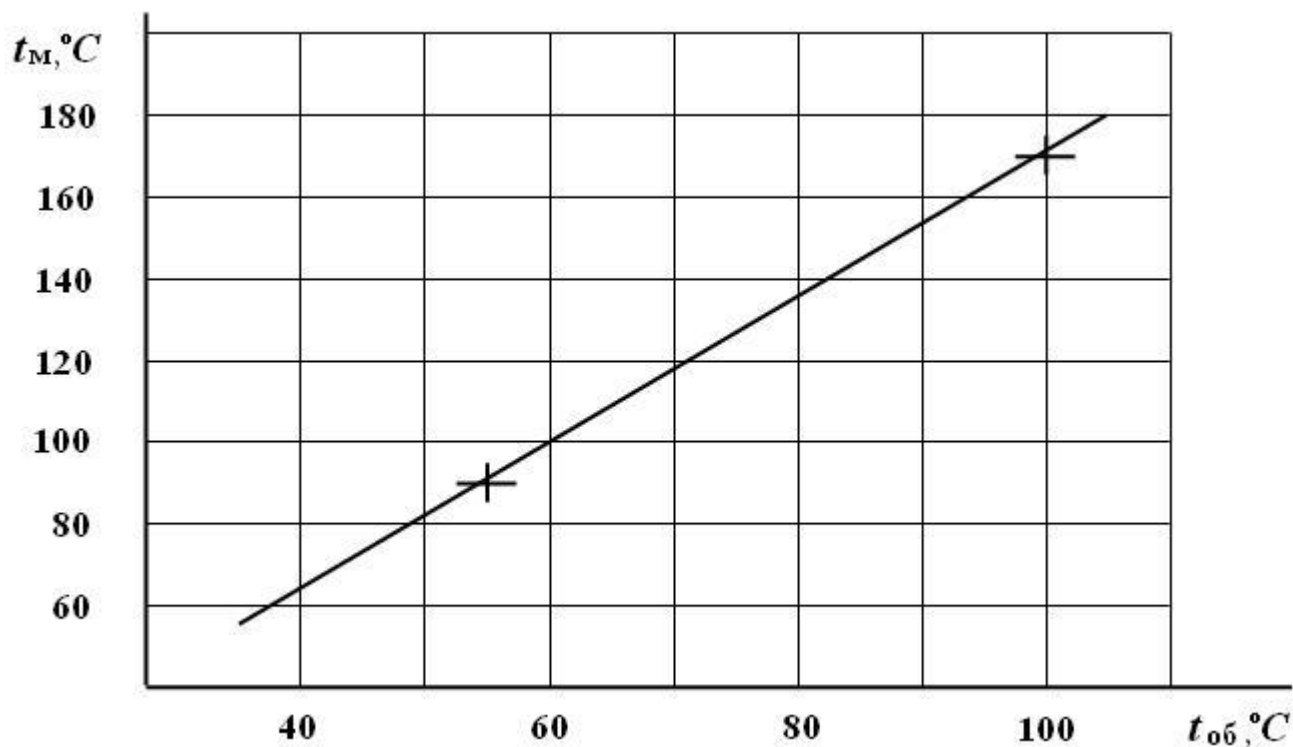
- по величине снижения теплотерь на изолированном участке теплотрассы или по величине снижения температуры теплоносителя на заданном участке;
- по величине снижения теплового потока от изолированной поверхности, относительно неизолированной поверхности.

Если нет возможности реализации перечисленных методов, то необходимо оценивать по температуре поверхности с учетом рекомендаций, описанных выше.

3. Кроме этого, для оперативной качественной оценки работы покрытия **АСТРАТЕК** имеет право на существование тактильный метод определения температуры поверхности, так как температура безопасного контакта кожи человека известна и определена требованиями СНиП и ГОСТ.

Эти требования исходят из того, что при контакте с поверхностью кожного покрова человек не должен получить ожога. Считается, что при контакте кожи человека в течение 5 секунд с поверхностью, температура которой составляет 60°C, человек получит ожог первой степени (без повреждения внутренних тканей). По СНиП при расчете тепловой изоляции предельные температуры поверхностей в рабочих зонах должны составлять 45°C (в помещениях) и 55°C (на открытом воздухе).

Для покрытия **АСТРАТЕК** можно предложить простой и понятный график. На графике по одной оси отложена температура  $t_{об}$  металлической поверхности, а по другой – температура  $t_M$  поверхности материала **АСТРАТЕК**.



Если, например, поверхность покрытия будет иметь температуру  $73^\circ\text{C}$ , то для кожного покрова человека она будет представлять такую же опасность, как температура  $45^\circ\text{C}$  на металлической поверхности, то есть будет безопасной.

**АСТРАТЕК**, обладая высоким термическим сопротивлением, имеет малый коэффициент теплоусвоения, порядка  $0,37 \text{ Вт/ м}^2 \text{ С}$ , что обеспечивает повышение порога безопасной температуры соприкосновения. Поэтому, если металлическую кружку изолировать тонким слоем **АСТРАТЕК** (1 - 2 мм) и налить в неё кипяток, то ее можно держать голыми руками не боясь ожогов. Для справки в таблице 3 приведены значения коэффициента теплоусвоения различных материалов.

**Таблица 3. Коэффициент теплоусвоения материалов.**

Наименование Материала	Коэффициент теплоусвоения, $\text{Вт/м}^2\text{с}$ Для периода 24 часа
Мрамор	25,5
Бетон	13
Кирпич	8
Дерево	4,2
Минераловатные плиты Rockwool ВЕНТИ БАТТС	0,53
Теплоизоляционное покрытие <b>АСТРАТЕК</b>	0,37