



**Высокоточный ИК-пирометр
спектрального отношения
с цифровой обработкой сигнала
"Термоскоп-800"**

Руководство по эксплуатации и методика поверки

ТУ4211-001-15061326-2003РЭ
ТУ4211-001-15061326-2003МП



МЕ48

Екатеринбург, 2003

Содержание

1. Вводная часть	5
2. Назначение	5
3. Технические данные	6
3.1. Термоскоп-800-1С	6
3.2. Термоскоп-800-2С	6
3.3. Общие технические данные	6
3.4. Оптические характеристики	8
3.5. Принадлежности	9
3.5.1. Устройство отдува объектива	11
3.5.2. Защитный экран с трубой	11
3.5.3. Регулируемая монтажная стойка	12
3.5.4. Кронштейн	13
3.5.5. Переходной адаптер к ТЭРА-50	14
3.5.6. Водовоздухоохлаждаемый кожух	14
4. Принцип работы и устройство пирометра	15
4.1. Общие положения	15
4.2. Принцип работы пирометра Термоскоп-800-1С	15
4.3. Принцип работы пирометра Термоскоп-800-2С	16
4.4. Устройство пирометра	16
5. Режимы работы, алгоритмы и установки	17
5.1. Режимы работы	17
5.2. Установки прибора	18
6. Меры безопасности	19
7. Инструкция по эксплуатации	19
7.1. Подготовка к работе	19
7.1.1. Установка прибора	19
7.1.2. Схема внешних соединений прибора	19
7.1.3. Использование токового выхода	19
7.1.4. Использование цифрового канала (RS-485)	20
7.2. Описание протокола связи	22
7.2.1. Принципы построения протокола	22
7.2.2. Функции	25
7.2.3. Регистры пирометра	27
7.3. Порядок работы	30
7.3.1. Включение прибора	30
7.3.2. Настройка прибора	30
7.3.3. Наведение на объект измерения	32
8. Методика поверки	33

8.1. Методика поверки	33
8.1.1. Операции и средства поверки	33
8.1.2. Требования безопасности	34
8.1.3. Условия проведения поверки и подготовка к ней	34
8.1.4. Методика поверки	34
8.1.5. Оформление результатов поверки	36
9. Техническое обслуживание	36
10. Правила хранения и транспортировки	36
Приложение. Ориентировочные значения степени черноты материалов ...	37

1. Вводная часть

Данный документ является техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на высокоточный ИК-пирометр спектрального отношения с цифровой обработкой сигнала моделей "Термоскоп-800-1С" и "Термоскоп-800-2С". При изучении данного прибора следует руководствоваться следующими документами:

ГОСТ 28243-89 Пирометры. Общие технические требования.

ГОСТ 24314-80 Приборы электронные измерительные. Термины и определения. Способы выражения погрешностей.

ГОСТ 16263-70 ГСИ Метрология. Термины и определения.

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

ГОСТ 26104-89 Средства измерений электронные. Технические требования в части безопасности. Методы испытаний.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

2. Назначение

Пирометр предназначен для бесконтактного измерения температуры объектов по их тепловому излучению. На **рис.1** показан общий вид пирометра.



Рис. 1. Общий вид пирометра

3. Технические данные

3.1. Термоскоп-800-1С

Модель (Блок В)	Спектральный диапазон	Температурный диапазон	Показатель визирования
ВТ0	0.8 мкм	от 600 до 1500°C	240:1
ВТ1	0.8 мкм	от 1000 до 2000°C	240:1
СТ0	1.5 мкм	от 300 до 1200°C	120:1
Точность		0,5%	
Разрешение		1°C	
Излучательная способность		Настраиваемая от 0.1 до 1 с шагом 0.01	

3.2. Термоскоп-800-2С

Модель (Блок В)	Спектральный диапазон	Температурный диапазон	Показатель визирования
ВТ0	0.9/1.0 мкм	от 700 до 1500°C	100:1
ВТ1	0.9/1.0 мкм	от 1000 до 2000°C	100:1
Точность		0,75%	
Степень ослабления сигнала		до 95%	
Разрешение		1°C	
Отношение излучательных способностей		Настраиваемое от 0.85 до 1.15 с шагом 0.001	

3.3. Общие технические данные

Объектив	Фокусируемый
Диапазон фокусировки	От 0,5м до бесконечности
Видоискатель	Оптический непараллаксный, диоптрийная подстройка
Время выхода на рабочий режим	2 мин
Рабочее расстояние при поверке	1 м
Быстродействие	20 мс
Алгоритмы	Выборка максимальных и минимальных значений, сглаживание
Выходы	
- цифровой	RS-485
- токовый	0(4)...20 мА
Питание	постоянное напряжение 18-30В (24 В номинальное), 500мА

Защита от воздействий среды IP65
Температура окружающей среды:
без охлаждения от -10 до 60 °С
с водохлаждаемой
монтажно-защитной
арматурой от -10 до 130°С
Масса, не более 1.3 кг
Габаритные размеры 201x95x80мм
Габаритные размеры пирометра представлены на **рис.2.**

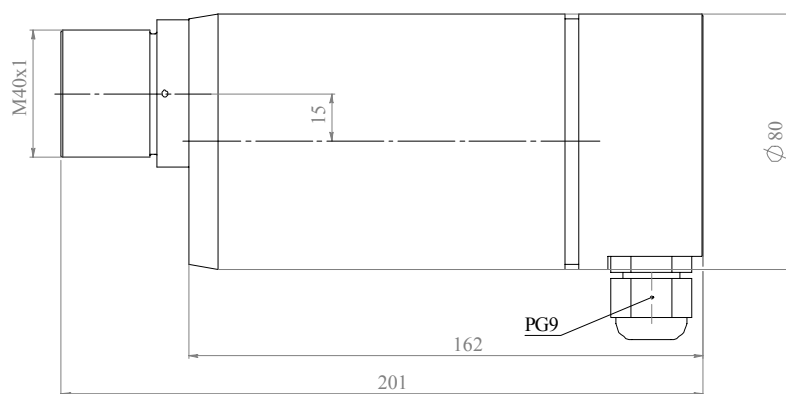


Рис. 2. Габаритные размеры пирометра

3.4. Оптические характеристики

Объектив пирометра имеет ручной механизм фокусировки. Показатель визирования пирометра постоянный, и диаметр части объекта в фокусе, с которой пирометр воспринимает излучение, рассчитывается по формуле:

$$D = L / K, \text{ где:}$$

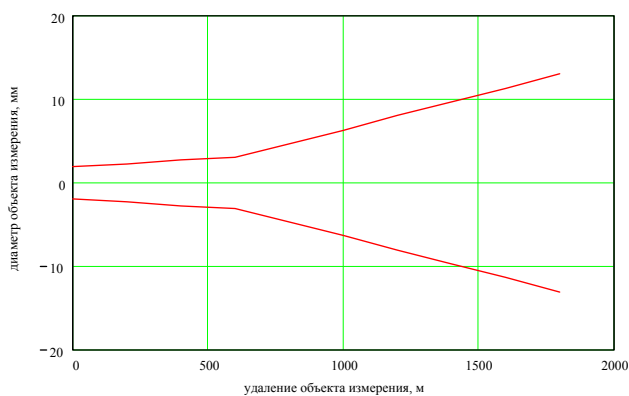
D - диаметр части объекта в фокусе (пятно визирования);

L - расстояние до объекта, на который сфокусирован прибор.

K - показатель визирования (см. п.п. 3.1, 3.2)

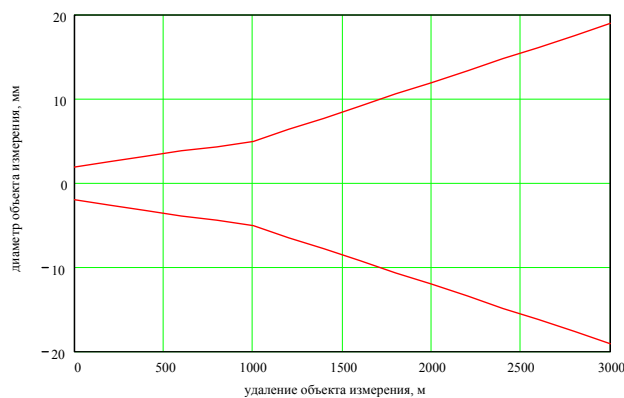
ВНИМАНИЕ! Для получения наилучших результатов измерения необходимо точно сфокусировать пирометр на объект измерения.

На рис. 3 приведены примеры оптических схем на различных расстояниях фокусировки при $K=100$.



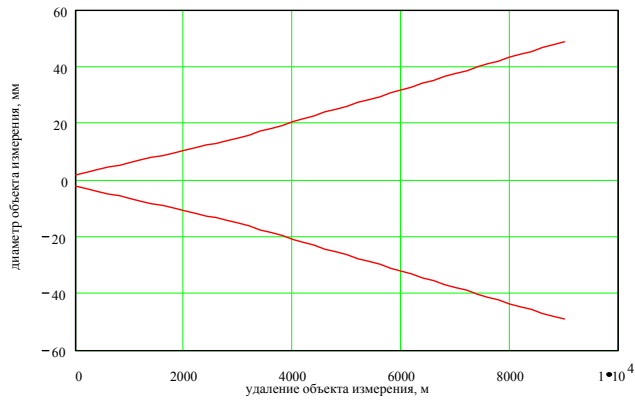
Расстояние фокусировки 0.6м

Диаметр части объекта в фокусе (пятно визирования) 6мм



Расстояние фокусировки 1 м

Диаметр части объекта в фокусе (пятно визирования) 10мм



Расстояние фокусировки 3м

Диаметр части объекта в фокусе (пятно визирования) 30мм

Рис. 3. Оптические схемы

3.5. Принадлежности

Пирометр снабжен резьбой М40х1, что позволяет устанавливать на нее необходимые аксессуары (воздуходувная насадка, защитные трубы и т.п.).

Возможна поставка пирометра с водо/воздухоохлаждаемым кожухом.

Общий вид всех принадлежностей и порядок их установки на пирометр показан на **рис 4**.

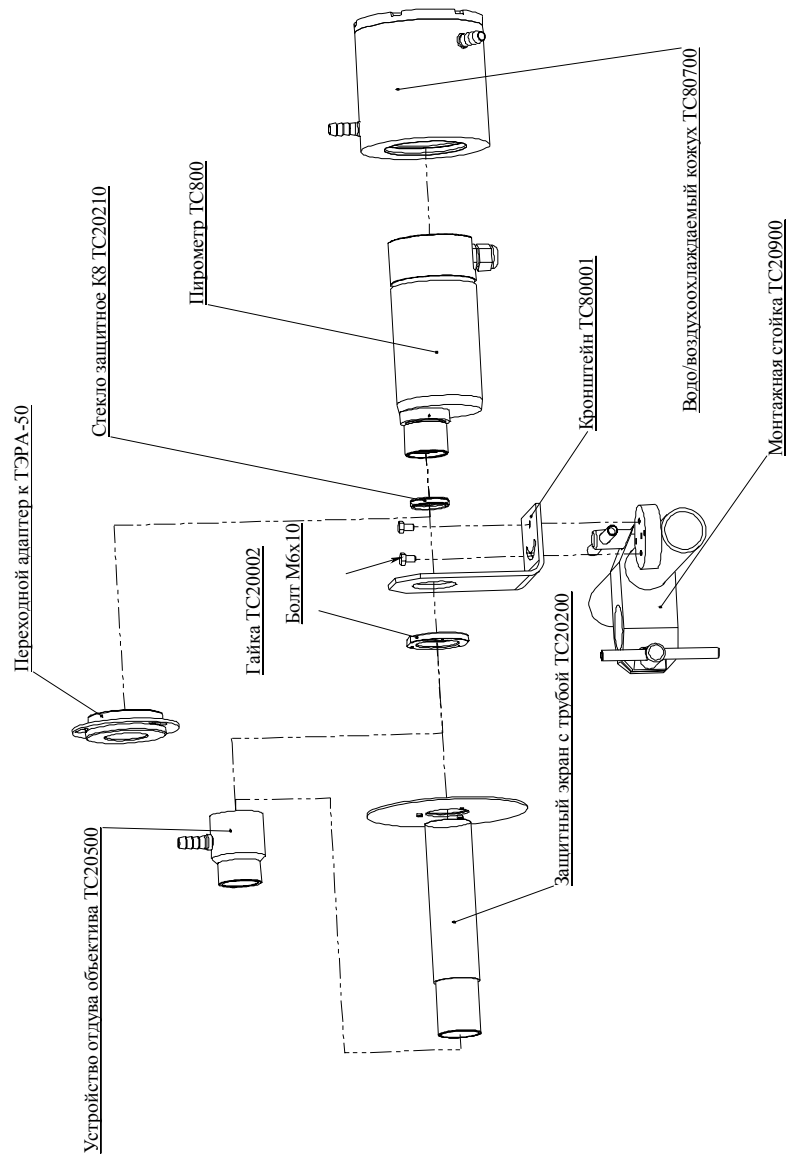


Рис.4. Общий вид всех принадлежностей

3.5.1. Устройство отдува объектива

Устройство отдува объектива ТС20500 применяется для предотвращения попадания на входной объектив пирометра пыли, влаги, аэрозолей, пара и т.п.

Поток воздуха подается через штуцер внешним диаметром 12мм (внутренним 8мм). Скорость потока воздуха должна быть от 0.5 до 3 литров в секунду. Во избежание загрязнения объектива подаваемым воздухом рекомендуется использовать очищенный («инструментальный») воздух не хуже, чем 4 класс ГОСТ 17433-80 (частицы размером до 10мкм, содержание посторонних частиц 2мг/м³, содержание воды 16 мг/м³, содержание капельных фракций масла 800 мг/м³).

Устройство отдува объектива монтируется на пирометр с помощью резьбового соединения. В свою очередь, на него можно накрутить другие аксессуары.

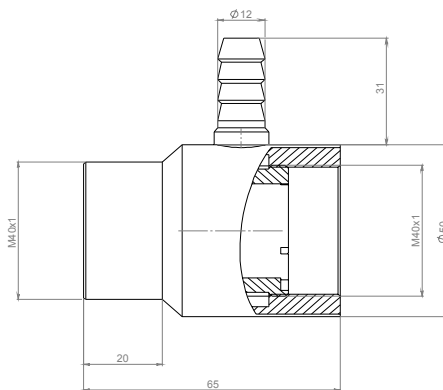


Рис.5. Воздуходувная насадка

3.5.2. Защитный экран с трубой

Защитный экран с трубой ТС20200 предназначены для устранения попадания пыли на входной объектив пирометра, а также отражения интенсивного потока ИК излучения.

Защитный экран с трубой монтируются на пирометр с помощью резьбового соединения. В свою очередь, на трубу можно накрутить другие аксессуары, например, воздуходувную насадку.

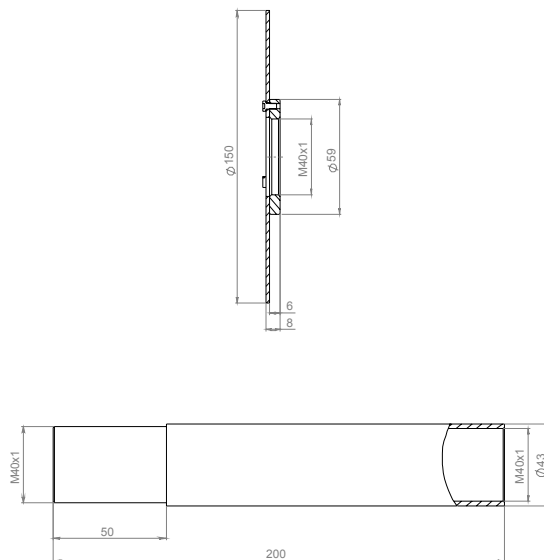
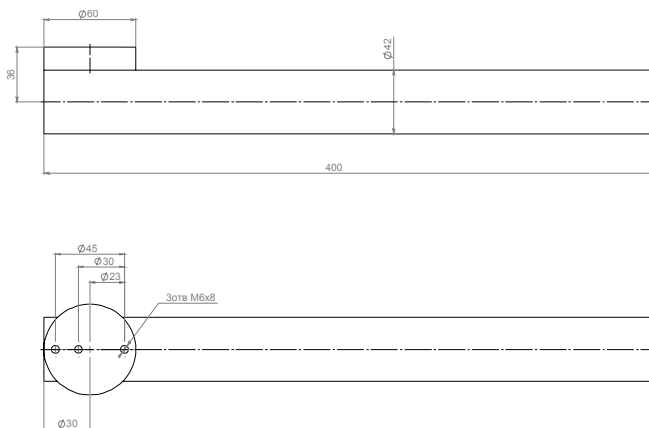


Рис. 6. Защитный экран с трубой

3.5.3. Регулируемая монтажная стойка

Регулируемая монтажная стойка ТС20900 предназначена для легкого и надежного крепления любых стационарных пирометров типа «Термоскоп».

Монтажный кронштейн позволяет соединять между собой две стандартные трубы диаметром 42мм. Кронштейн обеспечивает 4 степени свободы, что позволяет точно и с наименьшими усилиями навести пирометр на объект.



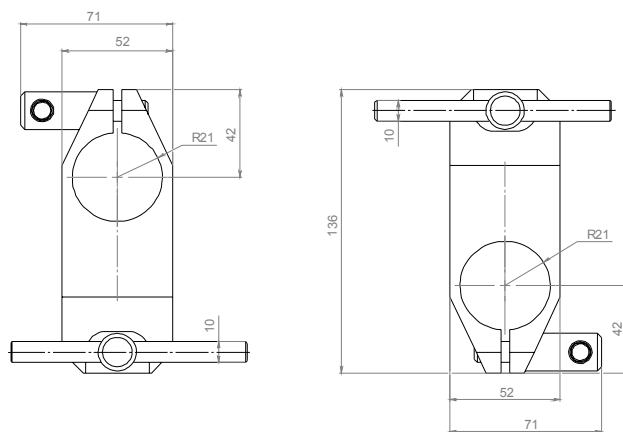


Рис. 7. Регулируемая монтажная стойка

3.5.4. Кронштейн

Кронштейн ТС60002 предназначен для крепления оптического датчика на регулируемой монтажной стойке или другом устройстве, изготовленном потребителем.

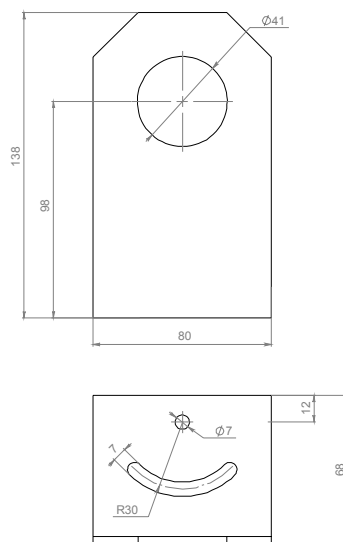


Рис. 8. Кронштейн

3.5.5. Переходной адаптер к ТЭРА-50

Переходной адаптер служит для крепления пирометра к арматуре телескопа ТЭРА-50.

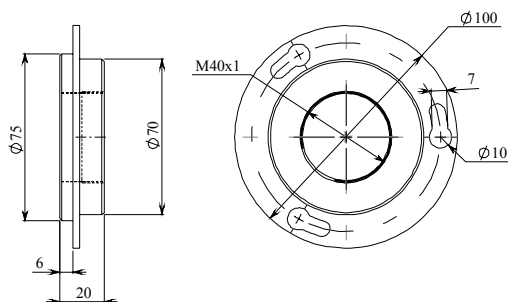


Рис. 9. Переходной адаптер к ТЭРА-50

3.5.6. Водо/воздухоохлаждаемый кожух

Водо/воздухоохлаждаемый кожух ТС80700 служит для защиты пирометра в условиях повышенных температур окружающей среды. Он позволяет применять пирометр при окружающей температуре до 80°C с воздушным и до 130°C с водяным охлаждением. Кожух снабжен двумя штуцерами внешним диаметром 14 мм (внутренним 10 мм) для подсоединения шлангов.

Скорость потока воздуха должна быть от 0.5 до 2 м³/мин. Воздух должен быть очищен не хуже, чем 10 класс ГОСТ 17433-80 (частицы размером до 80 мкм, содержание посторонних частиц 4 мг/м³, содержание воды 16 мг/м³, содержание масла 800 мг/м³).

Скорость потока воды должна быть от 2 до 5 литров в минуту. Для эффективного охлаждения температура воды должна быть от 10 до 27°C. Во избежание образования конденсата на входном объективе пирометра не рекомендуется применение холодной воды (ниже 10°C).

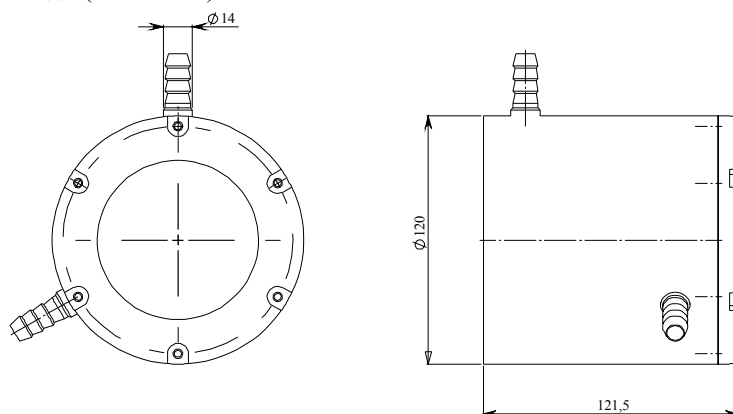


Рис. 10. Водо/воздухоохлаждаемый кожух

4. Принцип работы и устройство пирометра

4.1 Общие положения

Пирометр является лучшей альтернативой контактному измерительному устройству, так как:

- установка и обслуживание пирометра проще и безопасней, поскольку он размещается на удалении от высокотемпературных или агрессивных процессов, а также движущихся объектов;
- пирометр сохраняет точностные характеристики в течение более длительного времени и не подвержен вредным воздействиям;
- пирометр имеет более высокую точность, лучшую воспроизводимость и большее быстродействие.

Принцип действия прибора основан на зависимости энергетической яркости теплового излучения объекта от его температуры. Эталоном тепловым излучателем является абсолютно черное тело (АЧТ). Плотность излучения любого реального тела не может быть больше плотности излучения АЧТ при той же температуре.

Для оценки излучательной способности реальных тел введено понятие степени черноты ϵ , которая определяется отношением энергетических яркостей данного тела и АЧТ при одной и той же температуре. Степень черноты ϵ зависит от состояния поверхности измеряемого объекта (шероховатость, загрязненность, наличие окислов), а также от его температуры и длины волны излучения, поэтому в большинстве случаев она может быть определена только эмпирическим путем.

4.2 Принцип работы пирометра Термоскоп-800-1С

Пирометр **Термоскоп-800-1С** является пирометром частичного излучения, измеряющим абсолютную интенсивность излучения объекта на рабочей длине волны.

Для учета излучательной способности реальных объектов в пирометре предусмотрен ввод априорно известного значения степени черноты для последующего использования его при расчете температуры.

Степень черноты объекта может быть определена одним из следующих способов (в порядке предпочтения):

1. Определите действительную температуру объекта с помощью контактного датчика - термометра, термометра сопротивления и т.д. Затем измерьте температуру с помощью пирометра и выберите такую степень черноты, чтобы показания пирометра совпали с показаниями контактного датчика.

2. При сравнительно низких температурах объекта (до 250°C) можно наклеить на участок поверхности объекта ленту черного цвета (например, электроизоляционную). Затем измерьте температуру ленты с помощью пирометра при установленной степени черноты 0.95. После этого измерьте с помощью пирометра незакрытую лентой часть объекта и выберите такую степень черноты, чтобы показания пирометра совпали с результатом измерения ленты.

3. Если часть объекта может быть окрашена, окрасьте ее матовой черной

краской, которая имеет степень черноты около 0.98. Затем измерьте температуру окрашенного участка с помощью пирометра при установленной степени черноты 0.98. После этого измерьте с помощью пирометра неокрашенную часть объекта и подберите такую степень черноты, чтобы показания пирометра совпали с результатом измерения на окрашенном участке.

Оценочные данные по степени черноты материалов приведены в **Приложении**.

4.3 Принцип работы пирометра Термоскоп-800-2С

Пирометр **Термоскоп-800-2С** использует принцип спектрального отношения, при котором измерение температуры происходит посредством определения соотношения интенсивности излучения на двух близкорасположенных длинах волн, а не путем измерения абсолютной интенсивности, как это происходит в случае использования пирометров частичного излучения.

Принцип спектрального отношения позволяет исключить многие негативные факторы, которые ослабляют излучение объекта и снижают точность измерения температуры традиционными пирометрами - нестабильность излучательной способности объекта, наличие пыли в атмосфере и экранирующих элементов в поле обзора, зависимость показаний в случае частичного ухода объекта из поля визирования пирометра и т.д.

Воздействие всех вышеуказанных негативных факторов эффективно подавляется пирометром спектрального отношения при условии, что ослабление (до 95%) излучения объекта одинаково на обоих рабочих длинах волн прибора (неселективное ослабление). Случаями такого неселективного ослабления являются, например: ситуация частичного экранирования объекта ненагретыми элементами, движение объекта в поле зрения пирометра на фоне холодного окружения, объекты, размер которых меньше поля зрения прибора.

Для случаев, когда ослабление сигнала на рабочих длинах волн различно (селективное ослабление), в пирометре предусмотрена возможность ввода коэффициента отношения излучательных способностей.

В любом случае по вопросам эффективного применения пирометра спектрального отношения на конкретном объекте измерения следует проконсультироваться со специалистами ООО «Инфратест».

4.4 Устройство пирометра

Поток излучения, поступающий от объекта, воспринимается оптической системой прибора направляется на приемник излучения. Приемник излучения преобразует энергию излучения в электрический сигнал. Сигнал с приемника усиливается и преобразуется в цифровой код. Далее цифровой код поступает в блок цифровой обработки, выполняющий следующие функции:

- вычисление температуры объекта;
- реализация алгоритмов обработки;
- отображение температуры объекта на дисплее;
- организация связи с компьютером.

5. Режимы работы, алгоритмы и установки

Прибор имеет 4 режима работы: «Измерение», «Сглаживание», «Выборка минимума», «Выборка максимума». Выбор режима работы и его параметров производится с помощью компьютера (см. п. 7.3.2) или с помощью клавиатуры прибора. На аналоговый выход прибора выдается значение температуры, соответствующее выбранному режиму работы.

Работа прибора представляет собой непрерывную последовательность одинаковых циклов, называемых тактами выборки минимального и максимального значений температуры Δt_i (рис. 11). Длительность такта выбирается в диапазоне 0.5...25.0 с через 0.5 с в соответствии с особенностями объекта измерения. В течение такта производится выборка ряда значений температуры (не менее одной выборки за максимальное время срабатывания). На каждом такте происходит пересчет и обновление всех результатов измерения путем обработки этого ряда.

5.1. Режимы работы

В режиме «Измерение» на аналоговый выход прибора выдается текущее значение температуры (обновляется не менее одного раза за минимальное время срабатывания). При выходе температуры объекта за нижний или верхний пределы измерения прибора выдается соответственно минимальное или максимальное значение тока.

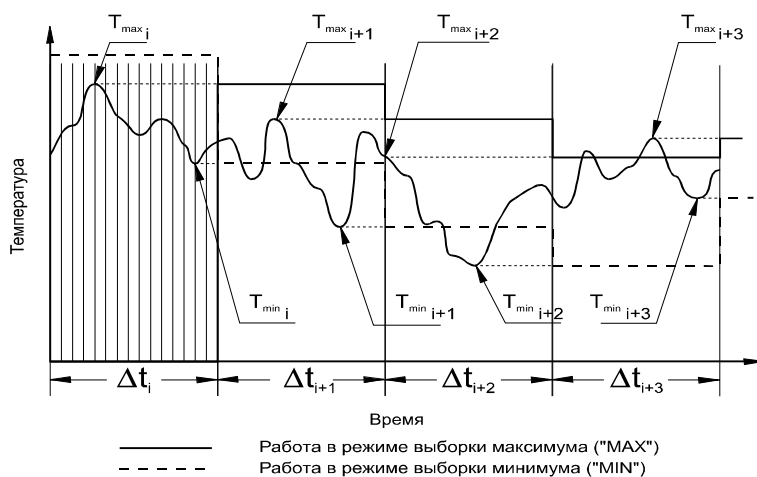


Рис. 11. Работа в режимах выборки минимума и максимума

Режим «Сглаживание» позволяет выполнять усреднение текущих значений температуры. Настройка этого режима производится установкой требуемого коэффициента сглаживания. Алгоритм сглаживания выполняется в соответствии с формулой :

$$T_i = k^{-1}t_i + (1-k^{-1})T_{i-1}, \text{ где}$$

i - номер такта выборки минимального и максимального значений температуры;
 t_i - текущее значение температуры;
 T_{i-1} - предыдущее сглаженное значение температуры;
 T_i - текущее сглаженное значение температуры;
 k - степень сглаживания (1...5000).

Таким образом, увеличение коэффициента сглаживания приводит к уменьшению влияния кратковременных колебаний температуры. При $k = 1$ сглаживание отсутствует (см. формулу).

В режиме «Выборка максимума» осуществляется отображение максимального значения температуры, представляющего собой наибольшее значение температуры, выбранное из ряда, полученного на предыдущем такте (рис.3). **ВНИМАНИЕ! Результат работы в этом режиме сглаживается по алгоритму и с настройкой режима «Сглаживание».**

Работа в режиме «Выборка минимума» аналогична работе в режиме «выборка максимума», только происходит выборка минимального значения температуры (рис. 5). **ВНИМАНИЕ! Результат работы в этом режиме сглаживается по алгоритму и с настройкой режима «Сглаживание».**

5.2. Установки прибора

В приборе предусмотрен ввод следующих установок: « ϵ », «Степень сглаживания», «Период выборки», «Минимальное значение тока», «Скорость обмена», «Таймаут», «Адрес прибора».

Следующие установки могут быть настроены с помощью клавиатуры прибора и с помощью компьютера.

Установка « ϵ » предполагает ввод степени черноты или отношения излучательных способностей объекта. **Заводская установка 1.**

Установка «Степень сглаживания» используется для ввода коэффициента сглаживания в режиме «Сглаживание». **Заводская установка степени сглаживания 1.**

Установка «Период выборки» используется для ввода периода выборки минимума и максимума. **Заводская установка периодов выборки минимума и максимума 2.0 сек.**

Следующие установки могут быть настроены только с помощью компьютера.

Установка «Минимальное значение тока» используется для задания минимального значения тока на токовом выходе (0 мА или 4 мА). **Заводская установка минимального значения тока соответствует значению, указанному в паспорте на прибор.**

Установка «Скорость обмена» используется для задания скорости обмена по каналу RS-485. **Заводская установка скорости обмена 19200 бит/сек.**

Установка «Тайм-аут» используется для задания тайм-аута при обмене по каналу RS-485. **Заводская установка тайм-аута 2 сек.**

Установка «Адрес прибора» используется для задания адреса прибора при работе нескольких приборов в многоточечной сигнальной сети. **Заводская установка адреса прибора 1.**

6. Меры безопасности

Категорически запрещается вскрывать корпус прибора.

Все действия по установке прибора должны производиться при выключенном питании прибора.

7. Инструкция по эксплуатации

7.1. Подготовка к работе

7.1.1. Установка прибора

Прибор устанавливается на кронштейне с помощью монтажной гайки.

Кронштейн крепится к неподвижной поверхности на рабочем расстоянии от объекта.

7.1.2. Схема внешних соединений прибора

На **рис. 12** показана схема внешних соединений прибора.

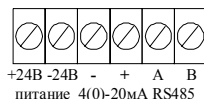


Рис. 12. Схема внешних соединений прибора

При прокладке соединительного кабеля необходимо предусмотреть все меры защиты, исключающие его повреждение.

При стационарной установке рекомендуется кабель прокладывать в стальных трубах или металлоканалах.

7.1.3. Использование токового выхода

7.1.3.а. Основные параметры

Диапазон изменения выходного тока	(0)4...20mA
Максимальное сопротивление нагрузки	600 Ом
	при напряжении
	питания прибора 24В

На токовый выход выдается сигнал, соответствующий текущему режиму работы пирометра: измерение, сглаживание, выборка минимума, выборка максимума.

7.1.3.б. Зависимость выходного тока от температуры объекта измерения

Выходной ток линейно зависит от температуры объекта измерения (рис. 13).

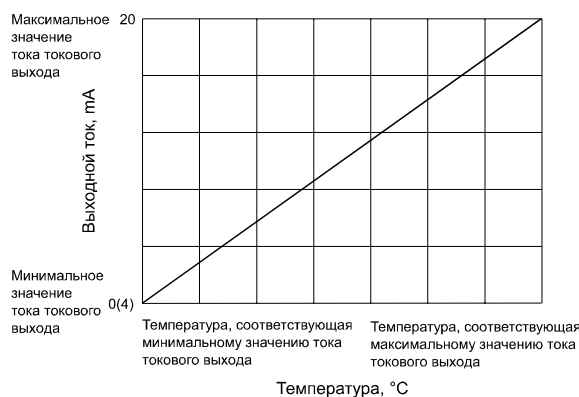


Рис. 13. Зависимость выходного тока от температуры объекта измерения.

Измерив величину тока, можно рассчитать температуру по следующей формуле:

$$T = (I - I_0) * (T_{\max} - T_{\min}) / (20 - I_0) + T_{\min}, \text{ где}$$

T_{\max} - температура верхнего предела измерения прибора,

T_{\min} - температура нижнего предела измерения прибора,

I_0 - минимальное значение выходного тока, 0 мА или 4 мА

I - измеренное значение тока, мА.

Если измеряемая температура ниже нижнего предела измерения пирометра, выходной ток принимает минимальное значение.

Если измеряемая температура выше верхнего предела измерения пирометра, выходной ток принимает максимальное значение.

Во время прогрева термостата и при неисправности пирометра выходной ток принимает максимальное значение.

7.1.4. Использование цифрового канала (RS-485)

7.1.4.а. Основные параметры

Максимальное число:	
драйверов	32
приемников	32
Максимальная длина линии	1200 м
Уровни напряжений	±1.5 В мин.
	(дифференциальные)
Скорости передачи	600,1200,2400,4800,
	9600,19200,38400 бит/сек

Импеданс нагрузки	60 Ом мин.
Предельный выходной ток	100мА
	к «минусу» питания
Ток короткого замыкания линий А-В	100 мА

7.1.4.б. Организация многоточечной сети пирометров

Основное назначение интерфейса RS-485 в данном приборе - построение многоточечных сигнальных сетей на базе нескольких (до 31) пирометров и master-устройства (компьютера или иного средства сбора данных). Описание протокола связи приведено в п. 7.2.

Пример топологии такой сети показан на **рис. 14**. Линия связи - двухпроводная, двунаправленная. Для минимизации отражений резисторы-терминаторы на обоих концах линии должны иметь сопротивление, близкое или равное характеристическому импедансу линии (120 Ом), но их параллельное сопротивление не должно быть ниже минимального импеданса нагрузки (60 Ом).

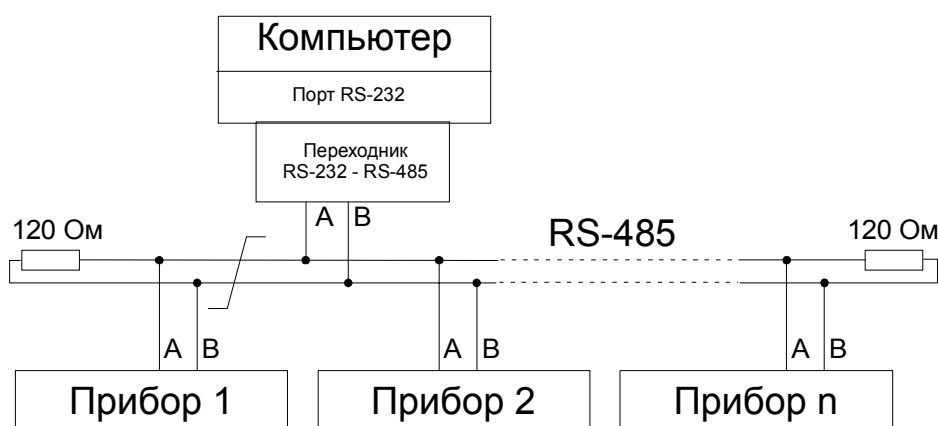


Рис. 14. Пример топологии многоточечной сигнальной сети.

В качестве кабеля для линии связи в промышленных условиях может использоваться стандартный кабель типа «витая пара», применяемый для построения локальных компьютерных сетей, а также «витая пара», свитая из 2-х проводов в изоляции с диаметром жилы 0.5 мм и шагом скрутки 15 мм. Для обеспечения максимальной скорости обмена 38400 бит/сек емкость линии не должна превышать 750 пФ, а омическое сопротивление линии должно быть ниже характеристического импеданса линии (120 Ом). При малой длине линии связи, низком уровне помех и работе на невысоких скоростях обмена может быть достаточно и нескрученного кабеля (например, стандартного телефонного). В любом случае желательно производить испытания по надежности связи с конкретными кабелями в конкретных промышленных условиях.

Если пирометры включены в сигнальную сеть и питаются от разных источников питания, то необходимо соединить между собой отрицательные полюса источ-

ников питания («земли» пирометров). При таком соединении образуется третья линия (в дополнение к стандартным 2-м линиям интерфейса RS-485). В эту линию необходимо включить защитный резистор (около 1 КОм) для предотвращения протекания большого тока при наличии разности потенциалов между источниками питания.

Для подключения пирометра (или сети пирометров) к PC-совместимому компьютеру в него устанавливается плата интерфейса RS-485 (например, PCL-743B/743S, PCL-745B/745S фирмы Advantech, а также подобные устройства других зарубежных или отечественных производителей). Установка, подключение, настройка и эксплуатация интерфейсной платы должны производиться в соответствии с инструкцией к ней.

Для подключения пирометра (или сети пирометров) к стандартному порту RS-232 компьютера должен использоваться переходник RS-232 - RS-485 (например, устройства 72-CNV-1/-3, 72-CNV-2 фирмы Grayhill, ADAM 4520 фирмы Advantech, а также подобные устройства других зарубежных или отечественных производителей). Подключение и эксплуатация переходника должны производиться в соответствии с инструкцией к нему.

Переходник RS-232 - RS-485 может быть поставлен в комплекте с пирометром.

7.2. Описание протокола связи

7.2.1. Принципы построения протокола

Протокол связи, реализованный в пирометре, совместим со стандартным протоколом MODBUS. Протокол позволяет объединять пирометры в сигнальную сеть, используя аппаратные возможности RS-485. Формат передачи байта совпадает со стандартным для RS-232 (RS-485).

7.2.1.a. Принцип «master-slave»

Связь между устройством сбора данных и пирометром организована по принципу «master-slave» («мастер-подчиненный»), при этом в качестве мастер-устройства выступает устройство сбора данных (далее - компьютер), а в качестве подчиненного устройства - пирометр (далее - прибор). Согласно этому принципу, только компьютер имеет право инициировать связь (посылать запрос прибору). Прибор в ответ на запрос компьютера предоставляет требуемые данные (**рис.15**).



Рис.15. Принцип «master-slave».

Компьютер может обратиться к конкретному прибору по его адресу или послать широковещательное сообщение всем приборам.

7.2.1.б. Режим передачи.

Согласно протоколу MODBUS, существует 2 режима передачи - ASCII (символьный) и RTU (двоичный). Пирометр поддерживает только режим ASCII, режим RTU не поддерживается.

Формат каждого байта:

Кодирование: Шестнадцатричное, ASCII-символы 0-9,A-F.
Одно шестнадцатричное число содержится в одном ASCII-символе сообщения.

Бит на байт: 1 старт-бит
7 бит данных
1 бит четности - не используется пирометром, всегда «1»
1 стоп-бит.

7.2.1.в. Адресация.

Максимальное количество адресов в сигнальной сети - 255. Адреса приборов, таким образом, могут принимать значения от 1 до 255. Адрес 0 используется для передачи широковещательного сообщения.

Внимание ! Согласно стандарту RS-485, максимальное число приборов в сигнальной сети не более 31.

Имеется две возможности связи с приборами:

- ЗАПРОС. Компьютер запрашивает данные от одного прибора или записывает данные в один прибор, используя адрес прибора (от 1 до 255). Адресованный прибор отвечает компьютеру.

- ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ. Компьютер записывает данные во все приборы сигнальной сети, используя адрес 0. Приборы в этом случае не отвечают компьютеру. Таким способом можно, например, всем приборам сети задать одну степень черноты.

7.2.1.г. Формат кадра сообщения.

Кадр сообщения имеет следующую структуру (рис.16):

Начало (:)	Адрес	Функция	Данные	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	2 байта	n байт	2 байта	2 байта

Рис.16. Структура кадра.

Каждый кадр начинается с символа «двоеточие» (:) - ASCII 3A hex и заканчивается символами «возврат каретки - перевод строки» (CRLF) - ASCII 0D и 0A hex.

Допустимые символы для всех остальных полей кадра - 0-9 и A-F.

Содержимое полей кадра:

Адрес: адрес прибора, к которому обращается компьютер

Функция: код функции, которую должен выполнить прибор (например, чтение данных)

Данные: Содержат информацию, зависящую от функции (например, адрес читаемых регистров прибора и их количество)

LRC: контрольная сумма.

7.2.1.д. Тайм-аут.

Согласно протоколу MODBUS, пауза между передачей двух байт кадра может составлять до 1 сек. По истечению этого времени считается, что сообщение «оборвано» и вновь начинается ожидание начала кадра - ошибка «тайм-аут». В пираметре это время может быть настроено (см. п. 7.3.2а)

7.2.1.е. Ошибки при связи.

Прибор может вернуть следующие коды ошибок:

1 - неизвестная функция;

2 - неправильный адрес;

3 - записываемые в прибор данные находятся за пределами допустимых значений;

4 - прибор не готов предоставить данные.

В случае возникновения вышеперечисленных ошибок прибор отвечает на запрос кадром следующего формата (рис.17):

Начало (:)	Адрес	Функция OR 80h	Код ошибки	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта

Рис.17. Кадр с информацией об ошибке.

Прибор с точки зрения компьютера представляет собой набор 16-битных регистров, доступных по их адресам (см. п. 7.2.3). Регистры, как и их адреса, передаются старшим байтом вперед.

7.2.2.a. Чтение *n* регистров (04).

С помощью этой функции можно читать регистры прибора по указанному адресу. В силу ограниченности внутренних буферов пирометра за 1 кадр возможно считать не более 10 регистров. Широковещательное использование функции невозможно.

Запрос:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция	Адрес 1-го регистра	Количество регистров	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	04	4 байта	4 байта	2 байта	2 байта

Ответ:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция	Количество байт данных	Значения регистров	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	04	2 байта	n байт	2 байта	2 байта

Пример: чтение значений температуры во всех режимах работы прибора (см. п. 7.2.3).

Адрес 1-го регистра: Базовый адрес+Смещение = 0x0100+0x0000 = 0x0100

Запрос:

: 0 A 0 4 0 1 0 0 0 0 4 LRC CRLF

Ответ:

: 0 A 0 4 0 0 0 8 0 3 E 8 0 3 F 2 0 3 8 4 0 4 4 C LRC CRLF

7.2.2.b. Запись *n* регистров (16).

С помощью этой функции можно записать регистры прибора по указанному адресу. В силу ограниченности внутренних буферов пирометра за 1 кадр возможно записать не более 10 регистров. Возможно широковещательное использование функции.

Запрос:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция	Адрес 1-го регистра	Количество регистров	Количество байт данных	Значения регистров	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	16	4 байта	4 байта	2 байта	n байт	2 байта	2 байта

Ответ:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция	Адрес 1-го регистра	Количество регистров	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	16	4 байта	4 байта	2 байта	2 байта

Пример: запись степени черноты = 0.8 (см. п. 7.2.3).

Адрес 1-го регистра: Базовый адрес+Смещение = 0x0200+0x0001 = 0x0201

Запрос:

: 0 1 1 0 0 2 0 1 0 0 0 1 0 2 5 0 LRC CRLF

Ответ:

: 0 1 1 0 0 2 0 1 0 0 0 1 LRC CRLF

7.2.2.в. Чтение байта состояния прибора (07).

С помощью этой функции можно прочесть байт состояния прибора. Широковещательное использование функции невозможно.

Значения бит в байте состояния:

- бит 7 1=пирометр в режиме настройки, 0=пирометр в режиме измерения;
- биты 6-1 не используются, всегда 0
- бит 0 1=термостат не в режиме, 0=термостат в режиме.

Запрос:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция 07	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта

Ответ:

Начало (:)	Адрес прибора	Функция 07	Байт состояния	LRC	Конец (CRLF)
1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта

Пример:

Запрос:

: 0 2 0 7 LRC CRLF

Ответ:

: 0 2 0 7 8 0 LRC CRLF

7.2.3. Регистры пирометра.

Все регистры пирометра разделены на 3 области, различающиеся базовыми адресами. Адрес конкретного регистра в области вычисляется по формуле:

$$\text{Адрес регистра} = \text{Базовый адрес} + \text{Смещение.}$$

Попытка чтения (записи) по адресам, выходящим за границу области, приводит к ошибке 2 - неправильный адрес.

Далее приняты следующие обозначения:

- RO - регистр доступен только для чтения;
- RW - регистр доступен для чтения и записи;
- int - целочисленный (двухбайтный) регистр;
- char n - строка ASCII-символов длиной n.

Строки символов читаются так же, как и регистры - по 2 байта (символа). Из-за особенностей хранения данных в контроллере символы строк передаются попарно поменянные местами.

7.2.3.а. Информационная область.

Область содержит информацию о пирометре.

Данные доступны только для чтения.

Базовый адрес: 0x0000.

Смещение	Тип	Доступ	Содержание
0x0000	int	RO	Нижняя граница диапазона измеряемых температур (°K)
0x0001	int	RO	Верхняя граница диапазона измеряемых температур (°K)
0x0002	int	RO	Шаг таблицы градуировки
0x0003	int	RO	Тип приемника: 0=кремний, 1=германий
0x0004	char 2	RO	Заводской номер
0x0005	char 4	RO	Год изготовления
0x0007	char 8	RO	Дата поверки (число, месяц, год)

Примечание:

Границы температурного диапазона хранятся в абсолютных температурах (в градусах Кельвина). Для перевода в градусы Цельсия из прочитанных значений температур необходимо вычесть 273.

7.2.3.б. Область данных об измеряемой температуре.

Область содержит значения измеряемой пирометром температуры во всех режимах измерения (о режимах измерения см п.5.2.3).

Данные доступны только для чтения.

Базовый адрес: 0x0100.

Смещение	Тип	Доступ	Содержание
0x0000	int	RO	Температура в режиме «Измерение» (°C)
0x0001	int	RO	Температура в режиме «Сглаживание» (°C)
0x0002	int	RO	Температура в режиме «Выборка минимума» (°C)
0x0003	int	RO	Температура в режиме «Выборка максимума» (°C)

7.2.3.в. Область установок пирометра.

Область содержит текущие установки пирометра. Об установках и диапазонах их значений см п.5.2.3, а также «Технический паспорт» на конкретный прибор, п.2.

Данные доступны для чтения и записи.

Базовый адрес: 0x0200.

Смещение	Тип	Доступ	Содержание
0x0000	int	RW	Режим работы: 0 = «Измерение» 1 = «Сглаживание» 2 = «Выборка минимума» 3 = «Выборка максимума»
0x0001	int	RW	Отношение излучательных способностей. Значение, умноженное на 1000, т.е. 20 = 0.020, 560 = 0.56, 1000 = 1.000 и т.д.
0x0002	int	RW	Степень сглаживания: 0 = 1 1 = 2 2 = 5 3 = 10 4 = 20 5 = 50 6 = 100 7 = 200 8 = 500 9 = 1000 10 = 2000 11 = 5000
0x0003	int	RW	Время выборки минимума. Значение в сек., умноженных на 10, т.е. 5 = 0.5сек, 25 = 2.5сек и т.д.
0x0004	int	RW	Время выборки максимума. Значение в сек., умноженных на 10, т.е. 5 = 0.5сек, 25 = 2.5сек и т.д.
0x0005	int	RW	Мин. значение тока: 0=0мА, 1=4мА
0x0006	int	RW	Скорость обмена, бит/сек 0 = 600 1 = 1200 2 = 2400 3 = 4800 4 = 9600 5 = 19200 6 = 38400
0x0007	int	RW	Тайм-аут. Значения в периодах длиной 20мс, т.е. 25 = (25*0,02) = 0.5сек, 100 = (100*0,02) = 2сек и т.д.
0x0008	int	RW	Адрес прибора.

7.3. Порядок работы

7.3.1. Включение прибора

При отключенном блоке питания подсоедините пирометр к блоку питания и внешней регистрирующей аппаратуре.

Включите блок питания в соответствии с инструкцией к нему.

Пока температура термостата приемника не достигнет заданной, на дисплее в режиме «Измерение» будет отображаться символ «Е». Во время прогрева термостата измерение температуры и обработка результатов измерений заблокированы, однако возможна настройка прибора. Через 2...5 минут прибор выйдет на рабочий режим. Если температура объекта не будет попадать в диапазон измерения прибора, то на дисплее в режиме «Измерение» будет отображаться символ «L» или «H». Символ «L» означает, что температура объекта ниже нижнего предела измерения прибора, а символ «H» - что температура объекта выше верхнего предела измерения прибора.

Прибор имеет защиту от повышенного напряжения питания (выше 30 В). При превышении этого напряжения срабатывает самовосстанавливающийся предохранитель, находящийся внутри корпуса прибора. Предохранитель восстанавливается через 5-10 минут после отключения питания прибора.

7.3.2. Настройка прибора

В таблице 1 приведена справочная информация по стандартным установкам прибора.

№ п/п	Параметр	Значение	Диапазон	Шаг	Диапазон
1	Точность измерения (погрешность)	1.00 (1.000)	0.1 (0.85)	1.00 (1.15)	0.01 (0.001)
2	Частота обновления	1	1	500	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000
3	Время задержки	2.0 нАэ	0.5 нАэ	25 нАэ	0.5 нАэ
4	Единица измерения	а ннйод. н яннйодйй	0йА	4йА	0йА, 4йА
5	Предел измерения	19200	600	38400	600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400
6	Скорость	2.0 нАэ	0, 5 нАэ	2 нАэ	0.02 нАэ
7	Автоматическое выключение	1	1	255	1

Таблица 1

7.3.2.a. Настройка прибора с клавиатуры

Снимите заднюю крышку прибора. Крышка закреплена четырьмя невыпадающими болтами.

Вид и расположение органов настройки прибора показаны на **рис.18**.

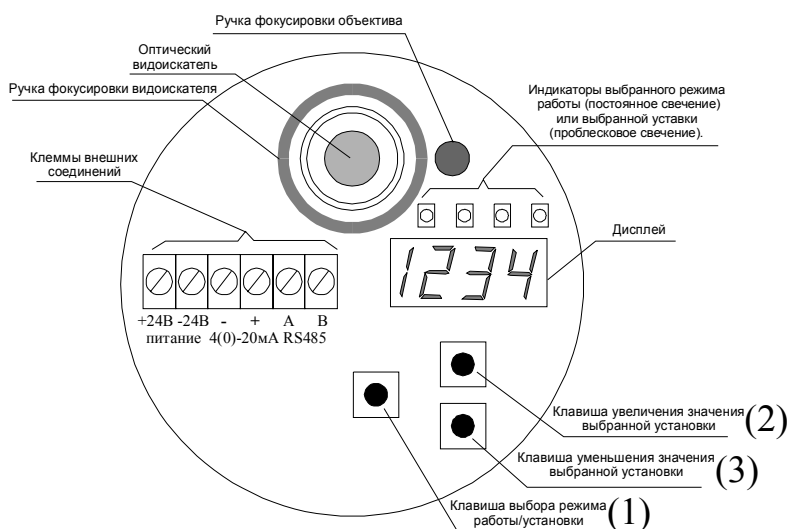


Рис. 18. Органы настройки прибора

При включении прибора постоянно светится один из индикаторов выбранного режима работы (см. п. 5). Назначение индикаторов показаны на **рис. 19**.

Установки (проблесковое свечение)



Режимы работы (постоянное свечение)

Рис. 19. Назначение индикаторов

Переключение на требуемый режим производится последовательным нажатием клавиши (1).

Для перехода из режима измерения в режим настройки необходимо удерживать клавишу (1) около 15 сек., до тех пор, пока не произойдет кратковременное гашение дисплея прибора.

Переключение на требуемую установку производится последовательным нажатием клавиши (1). Назначение индикаторов показаны на **рис. 19**.

Изменение значений установок производится нажатием клавиш **(2)** (увеличение) и **(3)** (уменьшение).

Для перехода из режима настройки в режим измерения необходимо удерживать клавишу **(1)** около 15 сек., до тех пор, пока не произойдет кратковременное гашение дисплея прибора.

ВНИМАНИЕ! После завершения настройки пирометра необходимо переключиться в режим измерения, иначе произведенные настройки не будут сохранены в энергонезависимой памяти.

7.3.2.б. Настройка прибора с помощью компьютера.

Используя цифровой канал прибора, можно настроить все установки, а также задать режим работы прибора с помощью компьютера.

Для настройки в комплекте с прибором поставляется программа SETS.EXE. Программа имеет исчерпывающий русскоязычный текстовый диалоговый интерфейс.

Требования к компьютеру:

- операционная система MS-DOS 3.30 и выше;
- наличие свободного порта RS-232 и переходника RS-232 - RS-485

или

- наличие платы интерфейса RS-485 (см. п. 7.5.1.б).

Возможна работа программы SETS.EXE в DOS-окне операционной системы MS-Windows 95/98. Однако, в силу того, что указанная операционная система разделяет время процессора между несколькими задачами, возможны ошибки связи с пирометром, вызванные потерями байт из-за разделения времени. Особенно велика вероятность таких ошибок при работе на компьютерах 486 и ниже, а также при использовании высоких скоростей обмена с прибором. Если такие ошибки возникают, необходимо загрузить компьютер в режиме командной строки DOS.

Последовательность действий при настройке следующая:

1. При отключенных от сети приборе и компьютере соедините цифровой канал прибора с переходником RS-232 - RS-485 или портом RS-485.
2. Включить компьютер и прибор в сеть.
3. Запустить программу SETS.EXE.
4. Внимательно следуя указаниям программы, настроить прибор.

Кроме программы SETS.EXE, пользователь может, руководствуясь описанием протокола связи с пирометром (см. п. 7.2) написать собственное программное обеспечение, реализующее настройку прибора.

7.3.3. Наведение на объект измерения

Оптический видоискатель (см. **рис. 18**) пирометра позволяет удобно и точно навести пирометр на объект измерения.

ВНИМАНИЕ! Для получения наилучших результатов измерения необходимо точно сфокусировать пирометр на объект измерения.

Ослабьте крепежные узлы монтажной арматуры прибора (это может быть регулируемая монтажная стойка, см. **п.3.3.3.** или изготовленное пользователем устройство).

Вращайте ручку фокусировки видоискателя (см. **рис. 18**) до тех пор, пока изображение визирной сетки видоискателя не станет резким.

Глядя в видоискатель, выберите такую позицию прибора, чтобы объект измерения или важная для измерения часть объекта находились как можно ближе к центру поля зрения пирометра. Центр поля обозначен перекрестием на визирной сетке, видной в видоискатель.

Вращайте ручку фокусировки объектива (см. **рис. 18**) до тех пор, пока объект не окажется в фокусе. Можно считать, что объектив пирометра сфокусирован правильно, если при движении глаза из стороны в сторону изображение объекта измерения не смещается относительно визирной сетки видоискателя.

После фокусировки еще раз проверьте, что объект находится в центре поля зрения и зафиксируйте положение прибора с помощью монтажной арматуры.

8. Методика поверки

8.1. Методика поверки

Настоящая методика распространяется на ИК-Пирометры “Термоскоп-800” (в дальнейшем пирометр), устанавливает методику их первичной и периодической поверок при эксплуатации приборов потребителем. Межповерочный интервал 1 год.

8.1.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в табл. 2.

№	Наименование операции	№ пункта методики	Обязательность при поверке	
			первичной	пер
1	Внешний осмотр	8.1.4.1.	да	
2	Опробование	8.1.4.2.	да	
3	Определение показателя визирования	8.1.4.3.	да	
4	Проверка электрической прочности изоляции	8.1.4.4.	да	
5	Проверка электрического сопротивления изоляции	8.1.4.5.	да	
6	Проверка основной погрешности пирометра	8.1.4.6.	да	

Таблица 2.

При поверке используются образцовые средства и оборудование приведенные в табл.3.

№ пункта методики	Наименование средств измерения и оборудования	Характеристики
1	2	3
8.1.4.3	В соответствии с МИ 1200-86	
8.1.4.4	Пробойная установка УПУ-1М	Напряжение 500 В, частота 50 Гц, мощность 0,25 кВт
8.1.4.5	Мегомметр М1101М	20МОм Класс 2,5
8.1.4.6	Эталонный излучатель II-го разряда в виде модели АЧТ в соответствии с ГОСТ 8.558-93	Диапазон температур от 0°С до 2500°С. Погрешность воспроизведения температуры 1-10 °С
8.1.4.6	Миллиамперметр постоянного тока	Предел измерения 0-20 мА Класс 0.2
8.1.4.6.	Компьютер	IBM PC совместимый

Таблица 3.

Примечание: Допускается применять другие средства измерения, обеспечивающие требуемую точность измерений.

8.1.2. Требования безопасности

При эксплуатации необходимо выполнять “Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей” и “Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”, утвержденные Госэнергонадзором.

8.1.3. Условия проведения поверки и подготовка к ней

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха 20±5°С
- относительная влажность 65±15 %
- атмосферное давление 101,3±4,0 кПа
- напряжение питания 24±1В
- частота питания переменного тока 50±0.5Гц

Внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу прибора.

Поверяемый пирометр, в соответствии с документацией по эксплуатации, должен быть собран и установлен перед эталонными излучателями.

Время выдержки эталонных излучателей и проверяемых пирометров должно соответствовать требованиям документации по их эксплуатации.

8.1.4. Методика поверки

8.1.4.1. Внешний осмотр.

8.1.4.1а. При проведении внешнего осмотра необходимо убедиться в: целостности прибора (отсутствие трещин или вмятин на корпусе); соответствии комплектности, маркировки, упаковки, технической документации. Объектив пирометра не должен иметь загрязнений, царапин и заколов.

8.1.4.1б. Пирометры, не удовлетворяющие указанным в п.8.1.4.1а требованиям, к дальнейшей поверке не допускаются.

8.1.4.2. Опробование

8.1.4.2а. Подготовленный и собранный по п. 8.1.3. пирометр включают в сеть и в соответствии с руководством по эксплуатации проверяют его работоспособность.

8.1.4.2б. Пирометры, у которых обнаружены неисправности, к дальнейшей работе не допускаются.

8.1.4.3. Определение показателя визирования

Проверку показателя визирования следует проводить только при первичной поверке по методике, изложенной в МИ 1200-86.

8.1.4.4. Проверка электрической прочности изоляции

Проверку электрической прочности изоляции проводят на установке переменного тока УПУ-1М, которая подключается к закороченным клеммам питания и корпусу прибора. Изоляция выдерживается под испытательным напряжением в течение одной минуты, после чего плавно снижается до нуля.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции. Появление коронного разряда не является признаком неудовлетворительных результатов испытаний.

8.1.4.5. Проверка сопротивления изоляции

Проверка сопротивления изоляции производится мегомметром путем подключения его к закороченным клеммам питания и корпусу прибора. Электрическое сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм.

8.1.4.6. Определение основной погрешности пирометра

8.1.4.6а. Для определения основной погрешности пирометра устанавливают режим питания излучателя соответствующий нижнему пределу измерения поверяемого пирометра.

8.1.4.6б. Поверяемый пирометр наводят на эталонный излучатель, в соответствии с правилами наведения на объект (см. п. 7.3.3), изложенными в руководстве по эксплуатации

Расстояние от дна излучающей полости до входного окна пирометра - 1 м.

8.1.4.6в. При достижении заданного режима излучателя измеряется его температура; данные о действительной температуре излучателя и измеренной пирометром по цифровому каналу заносятся в протокол, а также измеренное миллиамперметром значение аналогового выходного сигнала и рассчитанное по нему значение температуры.

8.1.4.6г. Перекрывают поле зрения пирометра непрозрачным экраном. Затем его убирают и снимают показания пирометра. Операцию проводят пять раз и результаты записывают в протокол.

8.1.4.6д. Основную погрешность $D_{ц}$ вычисляют по формуле (1), погрешность по аналоговому выходу $D_{а}$ - по формуле (2).

$$D_{ц} = t_{д} - t_{ц} \quad (1)$$

$$D_{а} = t_{д} - t_{а} \quad (2),$$

где $t_{д}$ - действительная температура излучателя, °С

$t_{ц}$ - показания пирометра по цифровому каналу, °С

$t_{а}$ - рассчитанная по аналоговому сигналу температура, °С

Основная приведенная погрешность рассчитывается по формулам:

$$d_{ц} = (D_{ц} / T_{max}) * 100\% \quad (3)$$

$$d_{a} = (D_{a} / T_{max}) * 100\% \quad (4), \text{ где}$$

$d_{ц}, d_{a}$ - основная приведенная погрешность по цифровому каналу и аналоговому сигналу;

T_{max} - температура верхнего предела измерения прибора.

8.1.4.6е. Операции по п.п.8.1.4.6в - 8.1.4.6д проводят для температур, соответствующих целым сотням градусов от нижнего до верхнего предела измерения поверяемого пирометра.

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность, рассчитанная по формулам (3) и (4), не превышает значений приведенных в руководстве по эксплуатации во всех точках.

8.1.4.6ж. Если погрешность пирометра превышает допустимое значение при одном значении температуры, то поверку при этой температуре производят повторно.

8.1.4.6з. Если при повторной поверке погрешность превышает допустимое значение, то пирометр бракуется.

8.1.5. Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки на пирометр выдается свидетельство о поверке установленного образца.

При отрицательных результатах поверки на пирометр выдается свидетельство о непригодности с указанием причин непригодности.

9. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание пирометра сводится к соблюдению правил эксплуатации, хранения, транспортирования, изложенных в данном описании, к устранению мелких неисправностей (ремонт выходных кабелей и кабеля питания), к периодической поверке прибора. Устранение неисправностей, требующих вскрытия прибора, производится в специализированных лабораториях.

В процессе эксплуатации защитное стекло датчика необходимо периодически протирать мягкой чистой тканью.

10. Правила хранения и транспортировки

Транспортирование и хранение прибора - по ГОСТ 12997-84.

Условия транспортирования должны соответствовать группе условий хранения 1 по ГОСТ 15150-69. При транспортировании самолетами предусматривается установка изделий в транспортной таре в герметизированные отапливаемые отсеки.

Условия хранения должны соответствовать группе 1 по ГОСТ 15150-69.

Приложение. Ориентировочные значения степени черноты материалов

Ниже в таблице приведены типичные значения степени черноты различных материалов.

МЕТАЛЛЫ	Степень черноты		
	0,8мкм	1.5мкм	8-14мкм
Алюминий			
Неокисленный	0,1-0,2	0,02-0,2	0,02-0,1
Окисленный	0,4	0,4	0,2-0,4
Шероховатый	0,2-0,8	0,2-0,6	0,1-0,3
Полированный	0,1-0,2	0,02-0,1	0,02-0,1
Латунь			
Полированная	0,1-0,3	0,01-0,05	0,01-0,05
Чистая			0,3
Окисленная	0,6	0,6	0,5
Хром	0,4	0,4	0,02-0,2
Медь			
Полированная		0,03	0,03
Шероховатая		0,05-0,2	0,05-0,1
Окисленная	0,2-0,8	0,2-0,9	0,4-0,8
Золото	0,3	0,01-0,1	
Железо			0,01-0,1
Окисленное	0,4-0,8	0,5-0,9	0,5-0,9
Неокисленное	0,35	0,1-0,3	0,05-0,2
Ржавое		0,6-0,9	0,5-0,7
Расплавленное	0,35	0,4-0,6	
Железо, литое			
Окисленное	0,7-0,9	0,7-0,9	0,6-0,95
Неокисленное	0,35	0,3	0,2
Расплавленное	0,35	0,3-0,4	0,2-0,3
Железо, кованое			
Матовое	0,9	0,9	0,9
Свинец			
Полированный	0,35	0,05-0,2	0,05-0,1
Шероховатый	0,65	0,6	0,4
Окисленный		0,3-0,7	0,2-0,6
Магний	0,3-0,8	0,05-0,3	0,02-0,1

МЕТАЛЛЫ	Степень черноты		
	0,8мкм	1.5мкм	8-14мкм
Ртуть		0,05-0,15	0,05-0,15
Молибден			
Окисленный	0,5-0,9	0,4-0,9	0,2-0,6
Неокисленный	0,25-0,35	0,1-0,35	0,1
Никель			
Окисленный	0,8-0,9	0,4-0,7	0,2-0,5
Электролитический	0,2-0,4	0,1-0,3	0,05-0,15
Платина			
Черная		0,95	0,9
Серебро	0,04	0,02	0,02
Сталь			
Холоднокатанная	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9
... лист			0,4-0,6
Полированный лист	0,35	0,25	0,1
Расплавленная	0,35	0,25-0,4	
Окисленная	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9
Нержавеющая	0,35	0,2-0,9	0,1-0,8
Олово (Неокисленное)	0,25	0,1-0,3	0,05
Титан			
Полированный	0,5-0,75	0,3-0,5	0,05-0,2
Окисленный		0,6-0,8	0,5-0,6
Вольфрам		0,1-0,6	
Полированный	0,35-0,4	0,1-0,3	0,03-0,1
Цинк			
Окисленный	0,6	0,15	0,1
Полированный	0,5	0,05	0,02

НЕМЕТАЛЛЫ	Степень черноты		
	0,8мкм	1.5мкм	8-14мкм
Асбест	0,9		0,95
Асфальт			0,95
Базальт			0,7
Углерод			0,8-0,9
Неокисленный	0,8-0,95		0,7-0,8
Графит	0,8-0,9		
Карборунд			0,9
Керамика	0,4		0,95
Глина			0,95
Бетон	0,65		0,95
Ткань			0,95
Стекло			
Лист			0,85
"Порода"			
Гравий			0,95
Гипс			0,8-0,95
Лед			0,98
Известняк			0,98
Краска			0,9-0,95
Бумага (любого цвета)			0,95
Пластик (непрозрачный)			0,95
Резина			0,95
Песок			0,9
Снег			0,9
Почва			0,9-0,98
Вода			0,93
Дерево, натуральное			0,9-0,95

ООО «Инфратест»

620078, Екатеринбург,
ул. Комсомольская 61, комн.104,102,208
тел. (343) 375-94-42, тел/факс 375-94-23
E-mail: info@infratest.ru
Интернет: www.infratest.ru