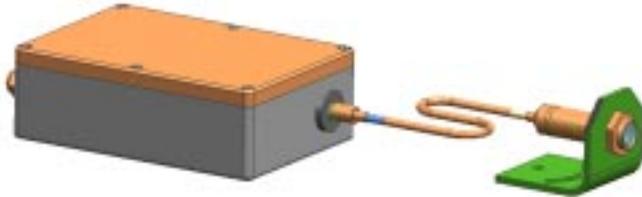


ООО «Инфратест»

**Высокоточный оптоволоконный ИК-пирометр  
с цифровой обработкой сигнала  
"Термоскоп-600-1С"**

Руководство по эксплуатации и методика поверки

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



МЕ4В

Екатеринбург, 2003



# Содержание

|  |    |
|--|----|
| 1. Вводная часть .....   | 4  |
| 2. Назначение .....  | 4  |
| 3. Технические данные .....  | 5  |
| 3.1. Рабочие характеристики .....                                  | 5  |
| 3.2. Оптические характеристики .....                               | 7  |
| 3.3. Принадлежности .....  | 8  |
| 3.3.1. Лазерный целеуказатель .....                                | 10 |
| 3.3.2. Воздуходувная насадка .....                                 | 10 |
| 3.3.3. Защитный экран с трубой .....                               | 11 |
| 3.3.4. Регулируемая монтажная стойка .....                         | 11 |
| 3.3.5. Кронштейн .....   | 12 |
| 3.3.6. Переходник .....  | 13 |
| 3.3.7. Защитное стекло .....                                       | 13 |
| 3.3.8. Арматура для установки блока процессора .....               | 14 |
| 4. Принцип работы и устройство пирометра .....                     | 15 |
| 5. Режимы работы, алгоритмы и установки .....                      | 16 |
| 5.1. Режимы работы .....   | 16 |
| 5.2. Установки прибора .....                                       | 18 |
| 6. Меры безопасности .....   | 18 |
| 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 .....                         | 20 |
| 7.1.5. Использование цифрового канала (RS-485) .....               | 21 |
| 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 |
| 8. Методика поверки .....  | 32 |
| 8.1. Методика поверки .....  | 32 |
| 8.1.1. Операции и средства поверки .....                           | 32 |
| 8.1.2. Требования безопасности .....                               | 33 |
| 8.1.3. Условия проведения поверки и подготовка к ней .....         | 33 |
| 8.1.4. Методика поверки .....                                      | 33 |
| 8.1.5. Оформление результатов поверки .....                        | 35 |
| 9. Техническое обслуживание .....                                  | 35 |
| 10. Правила хранения и транспортировки .....                       | 35 |
| Приложение. Ориентировочные значения степени черноты материалов .. | 36 |

# 1. Вводная часть

Данный документ является техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на высокоточный оптоволоконный ИК-пирометр с цифровой обработкой сигнала "Термоскоп-600-1С". При изучении данного прибора следует руководствоваться следующими документами:

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

ГОСТ 16263-70 ГСИ Метрология. Термины и определения.

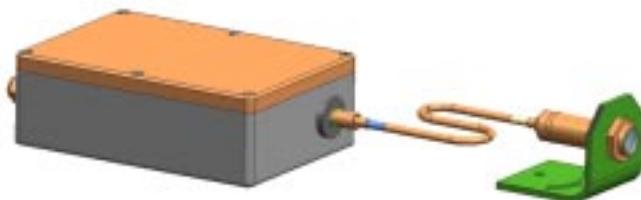
ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

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. Рабочие характеристики

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>МОДЕЛЬ</b>                                   | Спектральный диапазон                                 | Температурный диапазон                                      |
| <b>ВТ0</b>                                      | 0.8 мкм   | от 600 до 1500°C  |
| <b>ВТ1</b>                                      | 0.8 мкм   | от 1000 до 2000°C   |
| <b>СТ0</b>                                      | 1.5 мкм   | от 300 до 1200°C  |
|   | Основная приведенная погрешность                      | 0.5%  |
|   | Воспроизводимость                                     | 0.25%   |
|   | Разрешение  | 1°C   |
|   | Быстродействие  | 50 мс   |
|   | Излучательная способность                             | Настраиваемая<br>от 0.1 до 1 с шагом 0.01                   |
|   | Алгоритмы   | Выборка максимальных и минимальных значений, сглаживание    |
| Ввод  |   |   |
| -   | степень черноты .....                                 | 0.1...1.00 через 0.01                                       |
| -   | степень сглаживания .....                             | 1...5000  |
| -   | период выборки минимума и максимума температуры ..... | 0.5...25 с через 0.5 с                                      |
| -   | минимальное значение выходного тока .....             | 0 мА или 4 мА   |
| Выходы  |   |   |
| -   | цифровой .....  | RS-485  |
| -   | токовый .....   | 4(0)...20 мА  |
| Питание   |   | постоянное напряжение<br>18-30 В<br>(24 Вноминальное),500мА |
| Защита от воздействий среды .....               |   | IP65  |
| Температура окружающей среды:                   |   |   |
| головка .....                                   |   | от -30 до 200°C   |
| оптоволоконный кабель .....                     |   | от -30 до 200°C   |
| блок процессора .....                           |   | от -10 до 60°C  |
| Масса, не более                                 |   |   |
| головка .....                                   |   | 0.5 кг  |
| блок процессора .....                           |   | 1.5 кг  |
| Максимальная длина оптоволоконного кабеля ..... |   | 20м (более - по спецзаказу)                                 |

Габаритные размеры пирометра представлены на **рис.2**.

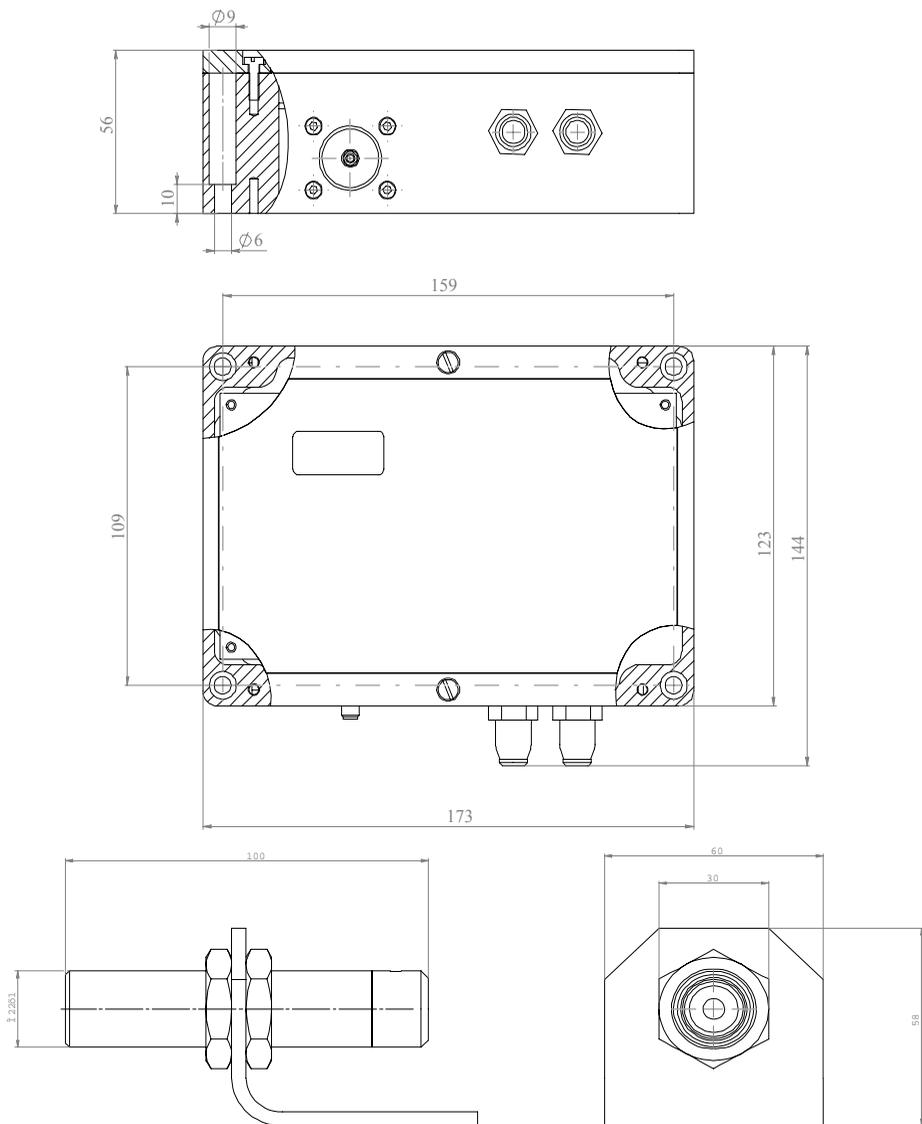


Рис. 2. Габаритные размеры пирометра

## 3.2. Оптические характеристики

| Оптическая схема | Показатель визирования |                 | Фокус             |                           | Модели (температурный диапазон) |
|------------------|------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------|
|                  | в фокусе               | в бесконечности | Диаметр пятна, мм | Расстояние до объекта, мм |                                 |
| <b>K11</b>       | 150:1                  | 50:1            | 3                 | 500                       | ВТ0, ВТ1, СТ0                   |
| <b>K12</b>       | 150:1                  | 80:1            | 6,5               | 1000                      | ВТ0, ВТ1, СТ0                   |
| <b>K13</b>       | 150:1                  | 113:1           | 13                | 2000                      | ВТ0, ВТ1, СТ0                   |
| <b>K21</b>       | 280:1                  | 33:1            | 1,8               | 500                       | ВТ0, ВТ1                        |
| <b>K22</b>       | 280:1                  | 64:1            | 3,6               | 1000                      | ВТ0, ВТ1                        |
| <b>K23</b>       | 280:1                  | 124:1           | 7                 | 2000                      | ВТ0, ВТ1                        |

На рис 3 приведены диаграммы оптических схем пирометра (зависимости минимального размера объекта измерения от расстояния).

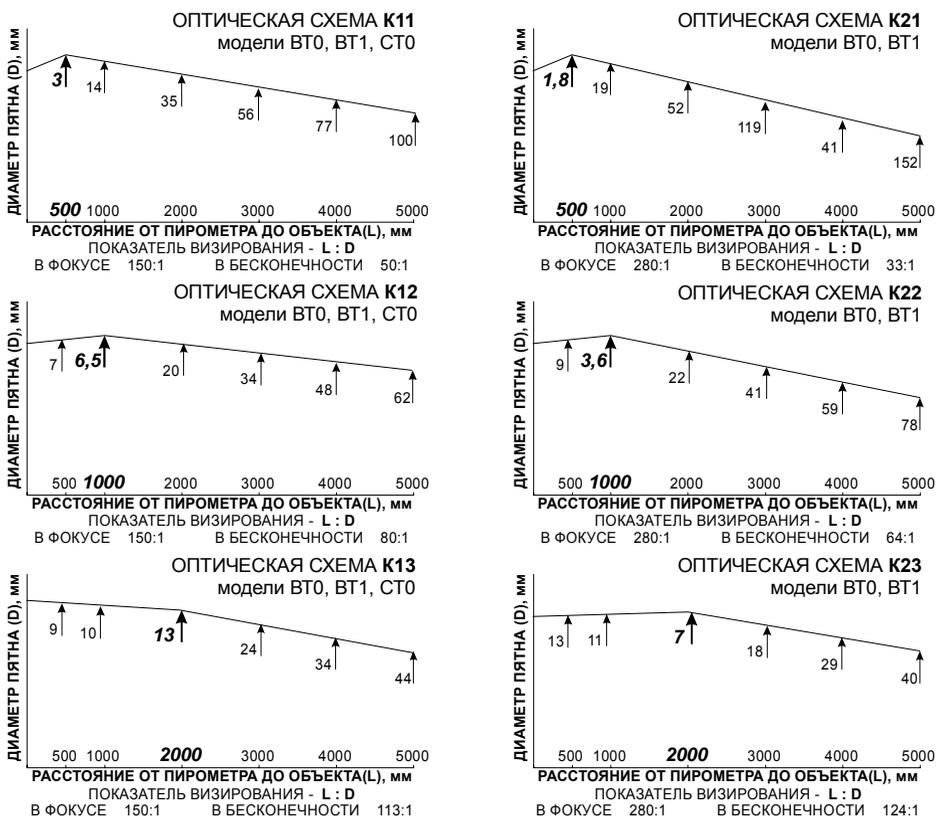


Рис.3. Диаграммы оптических схем.

### 3.3. Принадлежности

В стандартный комплект поставки входит: оптическая головка ТС60300, 2 метра оптоволоконного кабеля ТС60150, блок процессора ТС60200, кронштейн ТС60002.

Опционно возможна поставка оптоволоконного кабеля 5, 10, 15, 20 м и более.

Опционно возможна поставка переходной детали для установки оптической головки в стандартное крепление телескопа ТЕРА-50.

Оптическая головка снабжена резьбой М22х1, что позволяет устанавливать на нее необходимые аксессуары (воздуходувная насадка, защитные трубы и т.п.).

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

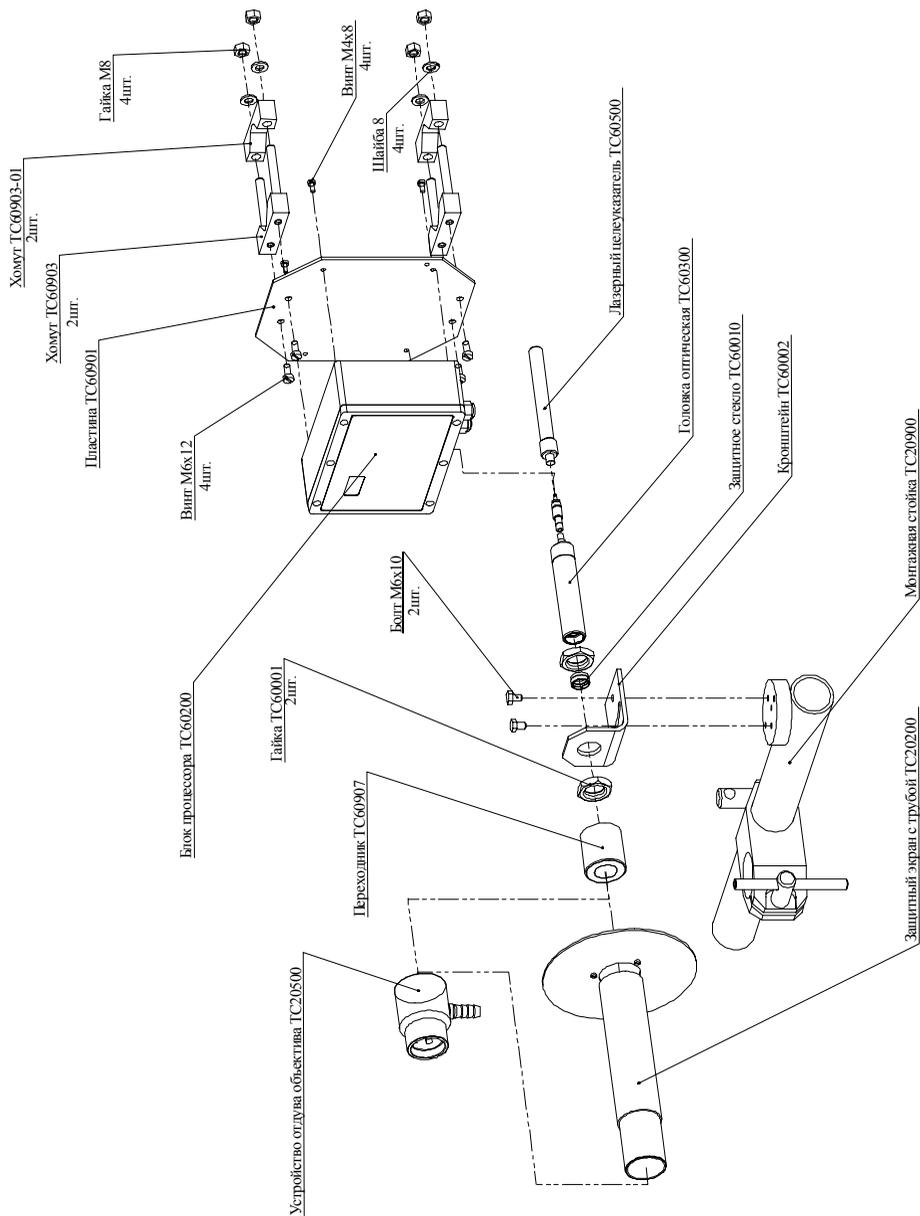


Рис.4. Общий вид всех принадлежностей

### 3.3.1. Лазерный целеуказатель

Лазерный целеуказатель ТС60500 позволяет легко и точно навести пирометр на цель. Особенно он необходим, если объект измерения имеет малые размеры или необходимо измерять температуру через смотровое окно, например, стена печи.



Рис.5. Лазерный целеуказатель

Порядок работы с лазерным целеуказателем:

- выкрутить оптоволоконный кабель пирометра из блока процессора;
- вкрутить оптоволоконный кабель в лазерный целеуказатель, навестись на объект, выключить и выкрутить целеуказатель;
- установить оптоволоконный кабель обратно в блок процессора.

### 3.3.2. Воздуходувная насадка

Воздуходувная насадка 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/м<sup>3</sup>, содержание воды 16 мг/м<sup>3</sup>, содержание капельных фракций масла 800 мг/м<sup>3</sup>).

Воздуходувная насадка монтируется на пирометр с помощью резьбового соединения. В свою очередь, на насадку можно накрутить другие аксессуары.

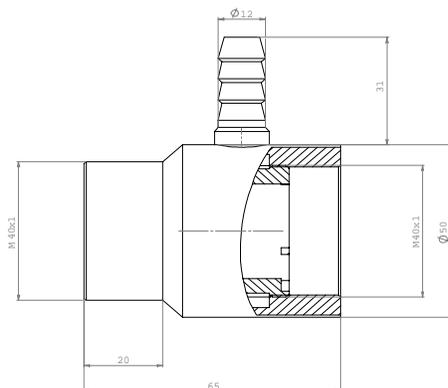


Рис.6. Воздуходувная насадка

### 3.3.3. 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, воздушодувную насадку.

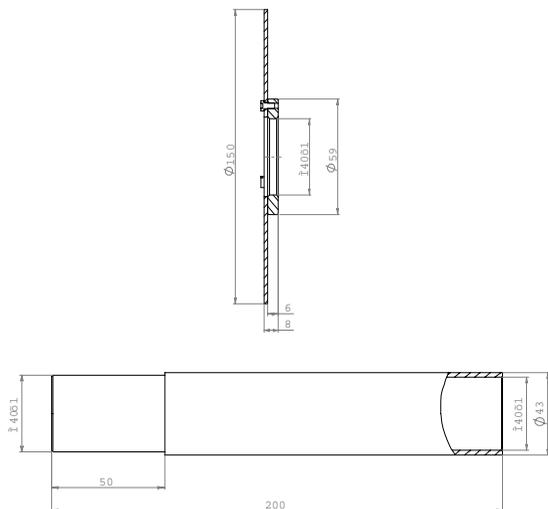


Рис. 7. Защитный экран с трубой

### 3.3.4. 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.

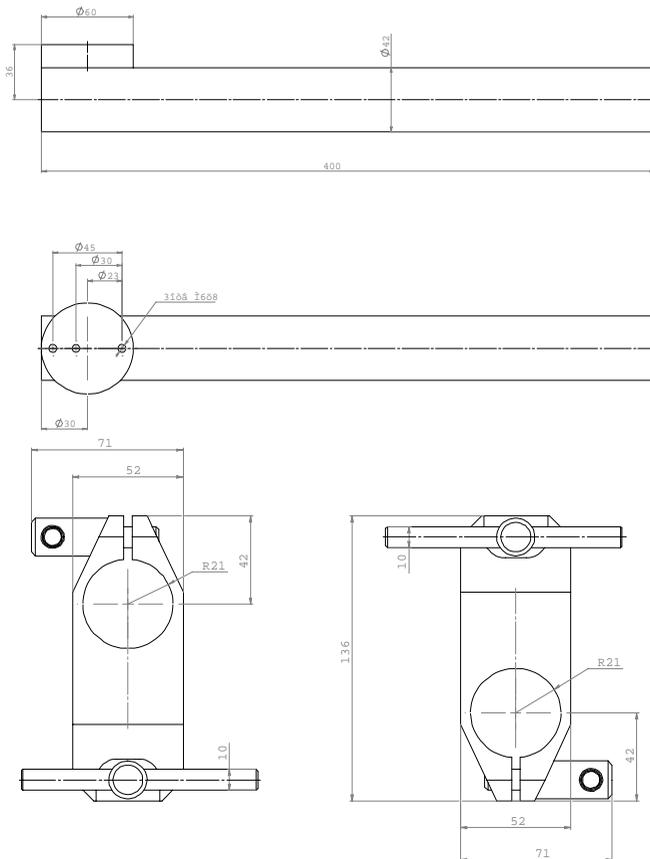


Рис.8. Регулируемая монтажная стойка

### 3.3.5. Кронштейн

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

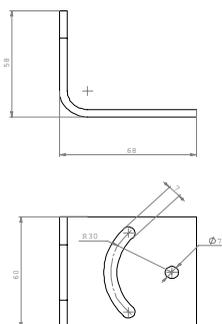


Рис. 9. Кронштейн

### 3.3.6. Переходник

Переходник TC60907 предназначен для соединения оптического датчика пирометра с защитным экраном с трубой TC20200, воздуходувной насадкой TC20500.

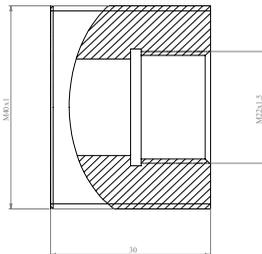


Рис. 10. Переходник

### 3.3.7. Защитное стекло

Во избежание повреждения объектива пирометра (царапины, сколы, спекание пыли), прибор может быть дополнительно оснащен сменным защитным стеклом TC60010.

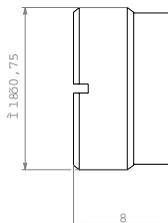


Рис. 11. Защитное стекло

При использовании защитного стекла необходимо ввести поправку на его поглощение. Для этого нужно установить степень черноты исходя из следующей формулы:

$$\varepsilon_{\text{защ.стекло}} = \varepsilon \times 0.9$$

Пример:

Степень черноты материала **0.8**.

При использовании защитного стекла в пирометре настроить:  $0.8 \times 0.9 = 0.72$ .

### 3.3.8. Арматура для установки блока процессора

Арматура для установки блока процессора предназначена для крепления блока процессора на трубе диаметром 29...46мм.

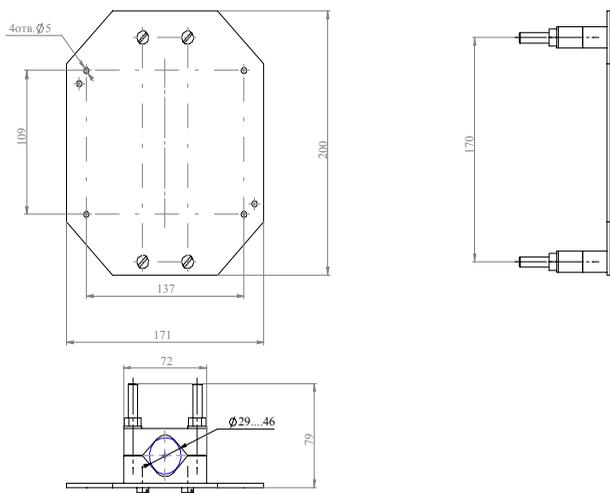


Рис. 12. Арматура для установки блока процессора

## 4. Принцип работы и устройство пирометра

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. Эталонным 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  $\epsilon$ , которая определяется отношением энергетических яркостей данного тела и АЧТ при одной и той же температуре. Степень черноты  $\epsilon$  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. В связи с этим в данном пирометре предусмотрен ввод априорно известного значения степени черноты для последующего учета ее 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 - термпары, термометра сопротивления и т.д. Затем измерьте температуру с помощью пирометра и подберите 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 подберите 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**.

Пирометр состоит из двух блоков - оптического датчика и блока процессора, соединенных между собой оптоволоконным кабелем. Все части прибора, включая оптоволоконный кабель, являются единым целым и не взаимозаменяемы.

При подключении другого оптического датчика с кабелем к блоку процессора прибор работоспособен, но точность измерений не гарантируется.

Поток излучения, поступающий от объекта, воспринимается оптической системой датчика и через оптоволоконный кабель 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;
- формирование выходных сигналов;
- реализация алгоритмов обработки;
- 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 клавиатуры. 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  $\Delta t_1$  (рис.13). 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.

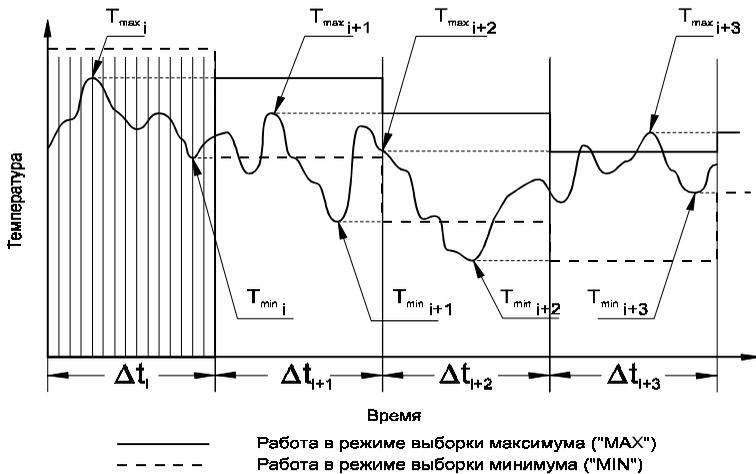


Рис. 13. Работа в режимах выборки минимума и максимума

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

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

- $i$  - 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.13). 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. 13). 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», «Тайм-аут», «Адрес прибора». **Все установки настраиваются с помощью компьютера (см. п. 7.3.2).**

Установка «ε» предполагает ввод степени черноты объекта. **Заводская установка степени черноты 1.00.**

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.**

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 разбирать прибор.

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

Датчик устанавливается на кронштейне с помощью монтажной гайки.

Кронштейн крепится к неподвижной поверхности или к регулируемой монтажной стойке на рабочем расстоянии от объекта.

Оптоволоконный кабель прокладывается (желательно в металлических трубах) до места установки блока процессора.

**ВНИМАНИЕ ! Во избежание повреждения оптоволоконного кабеля не допускается:**

- применять любые усилия на сжатие кабеля;
- применять чрезмерные усилия на растяжение при протяжке в трубах;
- изгибать кабель радиусом менее чем 150мм.

Блок процессора устанавливается на вертикальной (горизонтальной) поверхности и крепится с помощью монтажных отверстий или на трубе с помощью арматуры для установки блока процессора.

С помощью лазерного целеуказателя производится наведение на объект. После наведения оптоволоконный кабель подключается к электронному блоку в соответствии с маркировкой на разъеме кабеля.

#### 7.1.2. Схема внешних соединений прибора

На рис. 14 показана схема внешних соединений прибора.

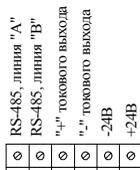


Рис.14. Схема внешних соединений прибора

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

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

### 7.1.3. Использование токового выхода

#### 7.1.3.а. Основные параметры

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

На токовый выход выдается сигнал, соответствующий текущему режиму работы пирометра: измерение (TRC), сглаживание (AVR), выборка минимума (MIN), выборка максимума (MAX).

#### 7.1.3.б. Зависимость выходного тока от температуры объекта измерения

Выходной ток линейно зависит от температуры объекта измерения (рис. 15).

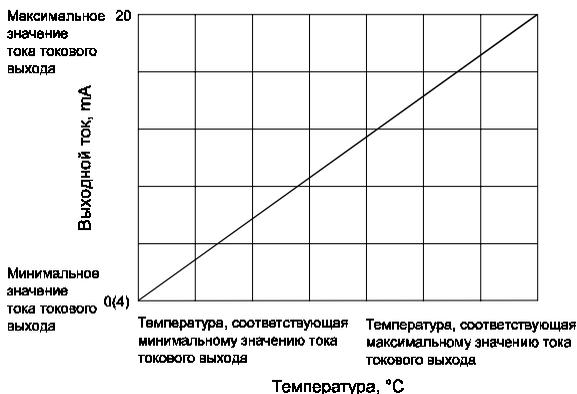


Рис. 15. Зависимость выходного тока от температуры объекта измерения.

Величина тока, соответствующего заданной температуре, рассчитывается по формуле:

$$I = (T - T_{\min}) \cdot \Delta I + I_{\min} \text{ [mA]}, \text{ где}$$

- T - температура, отображаемая на индикаторе, °C;
- T<sub>min</sub> - температура, соответствующая минимальному току токового выхода, °C;
- I<sub>min</sub> - минимальный ток токового выхода, mA (0 или 4 mA - см. технические характеристики в тех. паспорте на прибор);
- ΔI - приращение выходного тока на 1°С (наклон передаточной характеристики токового выхода),  $\Delta I = (20 - I_{\min}) / (T_{\max} - T_{\min}) \text{ [mA/°C]}$ .

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.

## 7.1.5. Использование цифрового канала (RS-485)

### 7.1.5.a. Основные параметры

|   |   |
|---|---|
| Максимальное число:                     |   |
| драйверов .....                         | 32  |
| приемников .....                        | 32  |
| Максимальная длина линии .....          | 1200 м  |
| Уровни напряжений .....                 | $\pm 1.5$ В мин.<br>(дифференциальные)          |
| Скорости передачи .....                 | 600,1200,2400,4800,<br>9600,19200,38400 бит/сек |
| Импеданс нагрузки .....                 | 60 Ом мин.                                      |
| Предельный выходной ток .....           | 100мА<br>к «минусу» питания                     |
| Ток короткого замыкания линий А-В ..... | 100 мА  |

### 7.1.5.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. 16**. 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).

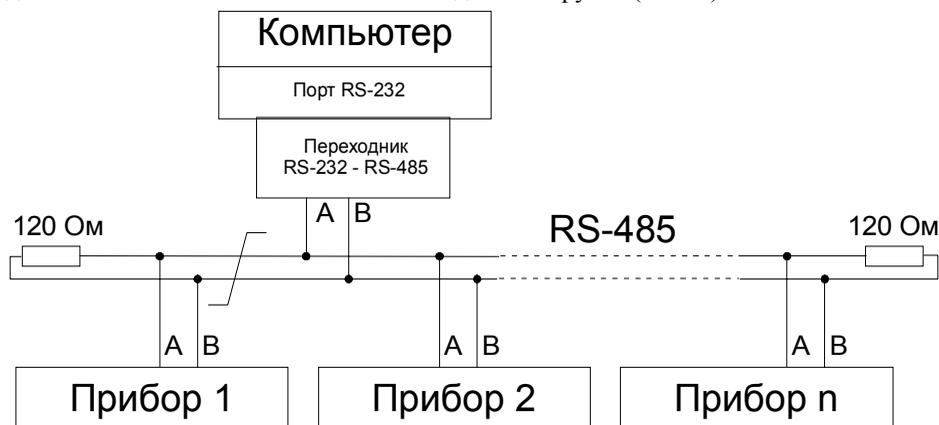


Рис. 16. Пример топологии многоточечной сигнальной сети.

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 превы-

шать 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 источников 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.

По требованию заказчика 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 мастера 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.17**).



Рис.17. 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:

Шестнадцатиричное, ASCII-символы 0-9, A-F. Одно шестнадцатиричное 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.18):

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

Рис.18. 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 пирометре 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.19):

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

Рис.19. Кадр с информацией об ошибке.

Старший значащий бит в коде функции при этом устанавливается в «1», указывая на ошибку. Например, если ошибка произошла при выполнении функции «Чтение n слов» (код функции 04 hex), то в поле функции при ответе прибора будет находиться значение 84 hex.

Ответ от прибора не поступает в следующих случаях:

- ошибка контрольной суммы кадра (см. п. 7.2.1.ж);
- ошибка «тайм-аут» (см. п. 7.2.1.д).

Код ошибки 4 (прибор не готов предоставить данные) может быть получен в ответ на запрос чтения данных об измеряемой температуре в ситуации, когда термостат фотоприемника находится не в режиме.

### **7.2.1.ж. Контрольная сумма кадра (LRC).**

Контрольная сумма кадра (LRC) предназначена для выявления ошибок, возникших при передаче кадра. Согласно протоколу MODBUS, она вычисляется по методу Longitudinal Redundancy Check для содержимого всех полей кадра, исключая стартовое «двоеточие» и завершающую пару «возврат каретки - перевод строки».

Поле LRC (1-байтное число) вычисляется передающим устройством. Принимающее устройство вычисляет LRC для принятого кадра и сравнивает со значением, принятым в поле LRC. При несовпадении значений кадр считается принятым с ошибками и игнорируется.

Вычисление LRC производится ПОСЛЕ полного формирования кадра, но ДО преобразования кадра в ASCII-код (при передаче) и ПОСЛЕ преобразования кадра из ASCII-кода в двоичный (при приеме). Для этого производится суммирование всех байт кадра без переноса и взятие двоично-комплементарного значения от результата суммирования. Процедура на языке C, реализующая вычисление LRC, представлена ниже:

```
unsigned char LRC (
    unsigned char *auchMsg, /* указатель на кадр */
    unsigned char usDataLen) /* количество байт в кадре */
{
    unsigned char uchLRC = 0; /* LRC - инициализация */

    while (usDataLen--) /* По всем кадру */
        uchLRC += *auchMsg++; /* суммирование байт кадра */
    /* без переноса */
    /* возврат двоично-комплементарного значения */
    return ((unsigned char) (-(signed char)uchLRC));
}
```

### **7.2.2. Функции.**

Пирометр поддерживает следующие функции MODBUS:

- |    |  |
|----|--|
| 04 | Чтение n регистров (максимум - 10 регистров за 1 кадр) |
| 16 | Запись n регистров (максимум - 10 регистров за 1 кадр) |
| 07 | Чтение байта состояния прибора                         |

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.а. Чтение п 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                | п 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 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.б. Запись п 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                | п 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 прочитать 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 блоке процессора 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.

| <b>Смещение</b> | <b>Тип</b> | <b>Доступ</b> | <b>Содержание</b>                                    |
|-----------------|------------|---------------|--|
| 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.

| <b>Смещение</b> | <b>Тип</b> | <b>Доступ</b> | <b>Содержание</b>                             |
|-----------------|------------|---------------|---|
| 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:<br>0 = «Измерение»<br>1 = «Сглаживание»<br>2 = «Выборка минимума»<br>3 = «Выборка максимума»   |
| 0x0001   | int | RW     | Степень черноты. Значение, умноженное на 100, т.е. 20 = 0.20, 56 = 0.56, 100 = 1.00 и т.д.   |
| 0x0002   | int | RW     | Степень сглаживания:<br>0 = 1<br>1 = 2<br>2 = 5<br>3 = 10<br>4 = 20<br>5 = 50<br>6 = 100<br>7 = 200<br>8 = 500<br>9 = 1000<br>10 = 2000<br>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<br>0 = 600<br>1 = 1200<br>2 = 2400<br>3 = 4800<br>4 = 9600<br>5 = 19200<br>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

Подключите оптоволоконный кабель к блоку процессора.

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 «E». 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.

#### 7.3.2.a. Настройка прибора с клавиатуры

Вид и расположение органов настройки прибора показаны на **рис.20**.



Рис. 20. Органы настройки прибора

Выбор текущего режима работы осуществляется клавишей «РЕЖИМ», а нужная установка - клавишей «УСТАНОВКА».

Переключение режимов и установок между собой происходит при нажатии соответствующей клавиши, при этом на панели светодиодов индицируется последний выбранный режим или установка. Переключение на требуемый режим или установку производится последовательным нажатием клавиши «РЕЖИМ» или «УСТАНОВКА» соответственно. Изменение начений установок производится нажатием клавиш ВВЕРХ (увеличение) и ВНИЗ (уменьшение).

В приборе предусмотрена защита от случайного или несанкционированного изменения установок. При переходе из режима измерения в режим настройки для разрешения изменения установок необходимо удерживать клавишу «УСТАНОВКА» (около 15 сек.) до тех пор, пока не произойдет кратковременное гашение дисплея прибора. Если до этого отпустить кнопку «УСТАНОВКА», то возможен только просмотр установок, а клавиши ВВЕРХ (увеличение) и ВНИЗ (уменьшение) блокируются.

**После завершения настройки пирометра необходимо переключиться в режим «РЕЖИМ», иначе произведенные настройки не будут сохранены в энергонезависимой памяти.**

| Установка |                     | Заводская установка  | Минимальное значение | Максимальное значение | Дискретность изменения (ряд значений)                |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| 1         | Степень черноты     | 1.00                 | 0.01                 | 1.00                  | 0.01   |
| 2         | Степень сглаживания | 1                    | 1                    | 500                   | 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 |
| 3         | Период выборки      | 2.0сек               | 0.5сек               | 25сек                 | 0.5сек   |
| 4         | Мин. значение тока  | в соотв. с паспортом | 0мА                  | 4мА                   | 0мА, 4мА   |
| 5         | Скорость обмена     | 19200                | 600                  | 38400                 | 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400            |
| 6         | Тайм-аут            | 2.0сек               | 0,5сек               | 2сек                  | 0.02сек  |
| 7         | Адрес прибора       | 1                    | 1                    | 255                   | 1  |

*Таблица 1*

### **7.3.2.a. 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.

## 8. Методика поверки

### 8.1. Методика поверки

Настоящая методика распространяется на ИК-Пирометры “Термоскоп-600-1С” (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 проведения при поверки |               |
|---|--|-------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |  |                   | первичной                             | периодической |
| 1 | Внешний осмотр                                 | 8.1.4.1.          | да                                    | да            |
| 2 | Опробование                                    | 8.1.4.2.          | да                                    | да            |
| 3 | Определение показателя визирования             | 8.1.4.3.          | да                                    | нет           |
| 4 | Проверка электрической прочности изоляции      | 8.1.4.4.          | да                                    | нет           |
| 5 | Проверка электрического сопротивления изоляции | 8.1.4.5.          | да                                    | нет           |
| 6 | Проверка основной погрешности пирометра        | 8.1.4.6.          | да                                    | 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<br>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 поверяемых пирометров должно соответствовать требованиям документации по их эксплуатации.

**ВНИМАНИЕ! Поверка пирометра должна проводиться без защитного стекла и на рабочем расстоянии (см.п. 3.2). Все части прибора, включая оптоволоконный кабель, являются единым целым и не взаимозаменяемы.**

### 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); соответствие 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, изложенными в руководстве по эксплуатации.

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  $D_{\text{ц}}$  вычисляют по формуле (1), погрешность по аналоговому выходу  $D_{\text{а}}$  - по формуле (2).

$$D_{\text{ц}} = t_{\text{д}} - t_{\text{ц}} \quad (1)$$

$$D_{\text{а}} = t_{\text{д}} - t_{\text{а}} \quad (2),$$

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

$t_{\text{ц}}$  - показания пирометра по дисплею или цифровому каналу, °С

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

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 проверяемого пирометра.

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность, рассчитанная по формулам (1) и (2), 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, кованное |                 |           |           |
| 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](mailto:info@infratest.ru)