УДК 681.2.083.8:536.5:531.781.087.61 Группа Т88.2

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ОСТ 1 00418-81

ОТРАСЛЕВАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

На 30 страницах

Метод и средства определения динамических характеристик датчиков температур газовых потоков

Введен впервые

Проверено в 1989 г.

ОКСТУ 7543

Распоряжением Министерства от 20 мая 1981 г. № 087-16

срок введения установлен с 1 января 1982 г.

Настоящий стандарт устанавливает метод и средства определения динамических характеристик датчиков температур сопротивления и термоэлектрических, предназначенных для измерения температур газового потока при исследованиях, испытаниях и эксплуатации изделий авиационной техники (в дальнейшем изложении – датчики).

Изд. № подлинника 4537 | № изв. 11312 | № изм 1

Запущен приказанием 404 от 20.07.82 разраб. 0.40

В-В распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 0.40

Издание официальное ГР 8208744 от 09.06.81

Перепечатка воспрещена

gost.e-ecolog.ru

Метод определения динамических характеристик – экспериментально-расчетный состоит в непосредственной регистрации переходной характеристики датчиков в тепловом регулярном режиме первого рода и последующим расчетным определением параметров динамической характеристики.

1. ОПЕРАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. При определении переходной характеристики должны выполняться следующие операции:

– внешний осмотр датчиков – п. 4.1;

– регистрация выходного сигнала чувствительных элементов датчиков – пп. 4.2 и 4.3.

2. СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. При определении переходной характеристики должны применяться:

– образцовые манометры по ГОСТ 6521-81 – для измерения статического, полного давления или динамического напора потока;

– образцовый термометр 3-го разряда по ГОСТ 8.080-80 – для измерения температуры потока;

– потенциометр постоянного тока класса точности 0,05 по ГОСТ 9245-81 с верхним пределом измерения не более 50 мВ и ценой ступени младшей измерительной декады не более 10^{-3} мВ – для измерения термоэдс датчиков термоэлектрических и разбаланса измерительного моста датчиков сопротивления;

– осциллограф светолучевой по ГОСТ 9829-81 с вибраторами типов М 004/015 и М 017/150 – для регистрации выходного сигнала датчиков с показателями тепловой инерции менее 10 с;

– установка газовая (воздушная) со стабильными параметрами потока в месте размещения испытуемых датчиков – для охлаждения (нагрева) датчиков при температуре и заданных статическом давлении и скорости потока;

– устройство предварительного нагрева (охлаждения) испытуемых датчиков;

– устройство, обеспечивающее ступенчатую подачу нагрева (охлаждения) потоком испытуемых датчиков.

2.2. Диапазон параметров потока в газово-воздушной установке должен соответствовать задачам испытаний.

Неравномерность полей параметров потока в рабочем сечении и нестабильность их поддержания на режиме определения переходной характеристики не должны превышать ±1% от перепада полного торможения – по температуре и от динамического напора – по давлению.

2.3. Устройство предварительного нагрева (охлаждения) испытуемых датчиков относительно температуры газового потока должно обеспечивать глубину погружения

№ изм 1 | № изв 11312
Инв № дубликата | Инв № подлинника 4537
В-В Распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 0.40

испытуемых датчиков на длину их погружаемой части в условиях эксплуатации и поддерживать изменение температуры чувствительного элемента испытуемых датчиков не более ± 2 °С.

Диапазон изменения температуры испытуемых датчиков в устройстве предварительного нагрева (охлаждения) относительно температуры потока должен соответствовать задачам испытаний.

2.4. Время реализации ступенчатого изменения температуры среды, окружающей испытуемые датчики, должно быть не более 1/3 времени показателя тепловой инерции.

2.5. Газовая (воздушная) установка, укомплектованная устройством предварительного нагрева (охлаждения), устройством его подачи на испытуемые датчики образцовыми и регистрирующими приборами, а также эксплуатационной документацией (техническим описанием, паспортом и инструкцией по эксплуатации), допускается к применению только после ее метрологической аттестации в соответствии с требованиями ГОСТ 8 326-78.

2.6. За аттестованной установкой для определения динамических характеристик датчиков, находящейся в эксплуатации, должен быть установлен метрологический надзор путем:

- периодической поверки образцовых и регистрирующих средств измерений, входящих в состав установки;
- проверки сходимости результатов определения показателя тепловой инерции по контрольным датчикам;
- проверки времени реализации ступенчатой подачи нагрева (охлаждения) датчиков;
- проверки стабильности поддержания параметров газового потока.

2.7. Периодическая поверка образцовых и регистрирующих средств измерения, входящих в состав установки, осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 8.513-84.

2.8. Для проверки сходимости результатов определения динамических характеристик на установке выполняют двукратное определение показателя тепловой инерции по контрольным термометрам. Результаты, полученные при двукратном определении, не должны расходиться больше чем на основную суммарную погрешность определения показателя тепловой инерции $\Delta_{сум}$.

2.9. Проверку времени реализации ступенчатой подачи нагрева (охлаждения) выполняют по п. 2.8 при регистрации переходной характеристики контрольных датчиков. Результаты двукратного определения времени ступенчатой подачи устройством нагрева (охлаждения) не должны расходиться больше чем на погрешность регистрации отметки времени осциллографа $\Delta_{вр}$.

№ изм 1
№ изв 11312
Инв № дубликата 4537
Инв № подлинника
В-В распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 0.40

2.10. Проверку стабильности поддержания параметров газового потока провести по п. 2.8. Результаты измерений параметров газового потока за время регистрации переходных характеристик не должны расходиться больше чем указано в п. 2.2.

2.11. Технические характеристики средств определения динамических характеристик датчиков приведены в справочном приложении 1.

3. УСЛОВИЯ И ПОДГОТОВКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.1. При проведении эксперимента должны соблюдаться следующие условия:

- температура воздуха в помещении с измерительной аппаратурой должна быть (25±10) °С и не должна изменяться больше чем на 1 °С в течение 1 ч работы;

- относительная влажность в помещении должна быть не более 80%;

- действие вибрации в помещении не должно вызывать колебания наиболее чувствительного средства измерений с амплитудой колебания более 1/4 цены деления его шкалы;

- в помещении не должно быть пыли, дыма, газов и паров, вызывающих загрязнение деталей измерительных приборов и регистрирующей аппаратуры.

3.2. Перед определением переходной характеристики должны быть выполнены следующие работы:

- подготовка средств нагрева и охлаждения испытуемых датчиков;

- подготовка регистрирующей аппаратуры для записи показаний выходного сигнала датчиков в переходном процессе.

3.3. При подготовке средств нагрева и охлаждения следует соблюдать следующий порядок:

- установить постоянный расход газового потока в установке, обеспечивающий скорость потока в рабочем сечении согласно задаче испытания;

- установить в устройстве предварительного нагрева (охлаждения) подогрев (охлаждение), произвести опробование датчиков (п. 4.2) и убедиться в достижении установившейся повышенной (пониженной) температуры испытуемых датчиков согласно задаче испытания;

- включить устройство ступенчатой подачи нагрева (охлаждения), проверить его исправность.

3.4. Подготовка измерительных приборов и регистрирующей аппаратуры должна осуществляться согласно инструкциям по их эксплуатации.

3.5. Отметка времени и скорость протяжки диаграммной бумаги в осциллографе должны выбираться из условия ожидаемого показателя тепловой инерции датчиков.

Отметка времени не должна быть более 0,1 значения показателя тепловой инерции датчиков ε_{63}.

№ изм 1 11312
№ изв
Инв № дубликата 4537
Инв № подлинника
В-В Распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 04р

Интервал между двумя отметками времени не должен быть менее 0,25 мм

3.6. Значения показателя тепловой инерции датчиков $\mathcal{E}_{63}$ приведены в справочном приложении 2.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1. Внешний осмотр датчиков

4.1.1. При внешнем осмотре датчиков должно быть установлено соответствие требованиям, которые предъявляются в документации к их внешнему виду. Замечания о несоответствии этим требованиям должны быть занесены в протокол, оформление которого приведено в обязательном приложении 3.

4.1.2. Испытуемые датчики должны быть исправными (годными к эксплуатации) и иметь статическую градуировку в соответствии с ГОСТ 8.338-78.

4.2. Опробование датчиков

4.2.1. Испытуемые датчики поставить в рабочее сечение установки. Глубина погружения и положение входных отверстий штуцеров или камер торможения должны соответствовать рабочим в условиях эксплуатации.

Примечание. Затенение рабочего сечения установки испытуемыми датчиками более 10% сечения не допускается. При большем затенении параметры динамической характеристики не будут достоверны.

4.2.2. Исправные испытуемые датчики присоединить к измерительной схеме с выводом сигнала на переключатель для подачи его на потенциометр или вибратор осциллографа.

4.2.3. На испытуемые датчики надвинуть устройство предварительного нагрева (охлаждения) и наблюдать за изменением температуры по показаниям потенциометра.

4.2.4. По достижении установившейся температуры испытуемых датчиков включить осциллограф на режим регистрации.

4.3. Определение переходной характеристики

4.3.1. При регистрации начальной установившейся температуры испытуемых датчиков включить устройство ступенчатой подачи охлаждения (нагрева) на датчики.

4.3.2. Регистрацию показаний испытуемых датчиков продолжать до наступления установившейся температуры датчиков в газовом потоке.

4.3.3. При регистрации показаний испытуемых датчиков наблюдать показания приборов, измеряющих статическое давление, полное давление или динамический напор потока, и записать в протокол.

4.3.4. При работе с электроизмерительной и регистрирующей аппаратурой необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на них.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

5.1. Вычислить значения температуры испытуемых датчиков в зарегистрированном переходном процессе с помощью статической градуировки датчиков и градуировки отклонений вибратора осциллографа.

№ изм | 11312
№ изв
Инв. № дубликата | 4537
Инв. № подлинника
В-В распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 6.40

Квантование кривой зарегистрированного переходного процесса должно отвечать требованиям п. 3.5 и ординаты выбираться на отметках времени. При линейной градуировочной характеристике датчиков и линейной зависимости отклонений вибратора от подаваемого на вход сигнала эти вычисления не производят.

5.2. Представить зарегистрированную по п. 4.3 характеристику в виде функции относительного изменения температуры испытуемых датчиков от времени:

$$y = \frac{t_1 - t_\theta}{t_1 - t_2} = f(\theta),$$

где t_1 – температура датчика при начальной установившейся температуре среды;

t_2 – температура датчика при конечной установившейся температуре среды;

t_θ – температура датчика в момент времени θ.

5.3. Зависимость по п. 5.2 обработать для получения коэффициентов выражения, аппроксимирующего суммой экспонент переходную характеристику испытуемых датчиков:

$$y = \frac{t_1 - t_\theta}{t_2 - t_\theta} = 1 - \sum_{i=1}^{n} A_i e^{-\frac{\theta}{\varepsilon_i}}.$$

5.4. Определение параметров переходной характеристики графоаналитическим методом приведено в справочном приложении 4.

5.5. Алгоритм программы обработки функции переходного процесса датчиков и определение динамической характеристики приведены в справочном приложении 5.

5.6. Показатель тепловой инерции испытуемых датчиков ε_{63} определить как время от начала переходного процесса до ординаты, равной $y_{63} = (1-0{,}631)(t_1 - t_2)$. т.е. время, за которое температура датчиков изменилась на 63%. В справочном приложении 6 приведен пример определения ε_{63}.

5.7. Из результатов измерений и обработки, выполненных в соответствии с пп. 4.3 и 5.1 – 5.6, вычисляют средние значения показателя тепловой инерции и параметров переходной характеристики.

5.8. Для каждого чувствительного элемента испытуемых датчиков определяют разность между средним и индивидуальным значениями вычисленных параметров экспериментально-расчетным способом.

Разность этих значений как для одного чувствительного, так и нескольких идентичных в общем штуцере датчиков должна быть в пределах погрешности определения соответствующего параметра.

5.9. Датчики, не удовлетворяющие требованию п. 5.8, должны быть подвергнуты повторным 3-кратным испытаниям по пп. 4.3 и 5.1 – 5.6. При повторении отрицательных результатов датчики по динамической характеристике бракуются.

№ изм | № изв
Инв № дубликата | 4537
Инв № подлинника

6. ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

6.1. Погрешность определения переходной характеристики и показателя тепловой инерции складывается из погрешностей:

- регистрации амплитуды вибратором светолучевого осциллографа $\delta\varepsilon_p$;
- регистрации отметки времени осциллографом $\delta\Delta_{\ell p}$;
- отсчета длин отрезков на осциллограмме (амплитуд, отметок времени) $\delta\ell_p$;
- измерения (определения) и поддержания параметров газового потока за период регистрации переходного процесса:

$\delta P_{ст}$ - статического давления;

δw - скорости;

$\delta P^*(\delta B_0)$ - полного давления;

δt - температуры полного торможения.

6.2. Погрешности регистрации амплитуд выходного сигнала испытуемых датчиков и отметки времени осциллографом указываются в технических данных осциллографа и вибратора.

6.3. Отсчет длин отрезков на осциллограмме производится при обработке переходной характеристики по пп. 5.2, 5.3, 5.4, 5.6. Погрешность отсчета носит субъективный характер. Максимальная погрешность отсчета длины отрезка оценена $\delta\ell = \pm 0{,}5$ мм.

6.4. Погрешность измерения полного давления, динамического напора, температуры потока находятся из технических данных измерительных приборов.

6.5. Суммарная относительная погрешность определения показателя тепловой инерции и параметров переходной характеристики рассчитывается как среднее квадратическое отклонение из суммы квадратов составляющих относительных погрешностей со своими коэффициентами влияния:

$$\frac{\delta\varepsilon_i}{\varepsilon_i} = \pm\sqrt{\left(\frac{\partial\varepsilon_i}{\partial w}\right)^2\left(\frac{\delta_w}{w}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varepsilon_i}{\partial P_{ст}}\right)^2\left(\frac{\delta P_{ст}}{P_{ст}}\right)^2 + \left(\frac{\delta\varepsilon_{осц}}{\varepsilon_i}\right)^2},$$

где $\left(\frac{\partial\varepsilon_i}{\partial w}\right)\left(\frac{\delta_w}{w}\right)$ - относительная составляющая погрешность в определении значения ε_i от погрешности скорости потока;

$\left(\frac{\partial\varepsilon_i}{\partial P_{ст}}\right)\left(\frac{\delta P_{ст}}{P_{ст}}\right)$ - относительная составляющая погрешность в определении значения ε_i от погрешности статического давления потока;

$\frac{\delta\varepsilon_{осц}}{\varepsilon_i}$ - относительная погрешность в определении из осциллограммы ε_i переходного процесса;

№ изм | № изв
Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

$\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial w}$ и $\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial P_{ст}}$ – коэффициенты влияния составляющих погрешностей (скорости, давления), определяемые из аналитической зависимости параметров переходной характеристики или показателя тепловой инерции от физических параметров потока.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

7.1. Положительные результаты определения динамических характеристик оформляются свидетельством об определении динамических характеристик.

Оформление свидетельства об определении динамических характеристик датчиков температур приведено в обязательном приложении 7.

7.2. На датчики, признанные негодными к применению по динамическим характеристикам, оформляется извещение о непригодности с указанием требований настоящего стандарта, которым датчики не удовлетворяют.

№ изм 1
№ изв 11312
Инв № дубликата
Инв № подлинника 4537
В-В распоряжением 231 от 26.10.90 разр. 0.40

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ

1. КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОЗДУШНОЙ УСТАНОВКИ УВ-010

1.1. Установка УВ-010 предназначена для экспериментального определения переходных характеристик – полных динамических характеристик датчиков, применяемых на объектах авиационной техники (с показателем тепловой инерции $\mathcal{E}_{63} \geqslant 0{,}5$ с).

1.2. Структурная схема установки УВ-010 представлена на черт. 1.

Вертикально расположенное сопло 1 расширяющимися трубопроводами 2, 4 соединено с центробежными вентиляторами 3, 5. Приводные моторы 6, 7 вентиляторов работают от сети переменного тока напряжением 380 В мощностью по 7,5 кВт каждый. В начальном участке соединительного трубопровода 4 установлена поворотная заслонка 8 для регулирования расхода воздуха и, следовательно, скорости потока в рабочем сечении сопла. Для организации потока в зоне измерения температуры полного торможения на входном сечении сопла 1 установлен патрубок 9 длиной 450 мм, расположенный конусной частью в сторону сопла и цилиндрической – к входу потока, с диаметром на входе 400 мм и 186 мм – на выходе. Вся входная часть закрыта фильтром 10, имеющим диаметр 800 мм и высоту 850 мм. Включение установки, регулирование скорости потока, нагрев электрических печей, ввод и сдергивание печей пневмоприводом производится с пульта управления 11.

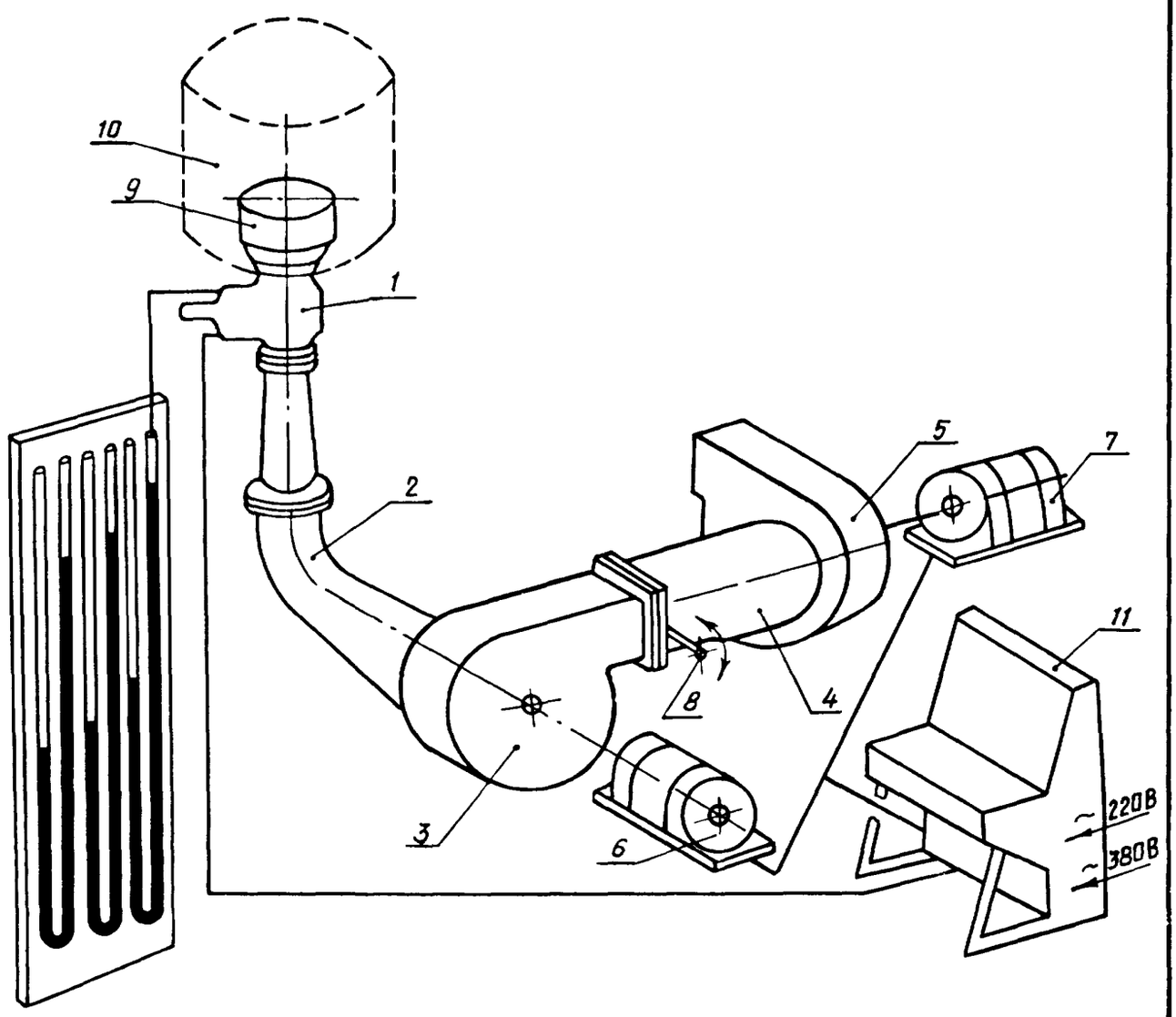
1.3. Структурная схема рабочей части установки УВ-010 представлена на черт. 2.

Сопло 1 с цилиндрическим измерительчым участком 100 мм имеет внешние площадки с отверстиями для монтажа поверяемых датчиков 2, пневмопривода 3, нагревательных печей 4, 5, устройства для отбора статического давления 7.

Отбор статического давления проводится через отверстия диаметром 1 мм на стенках сопла в четырех сечениях его рабочего участка. Статическое давление, осредненное по сечениям, подводится к водяному манометру 6.

Вход сопла 1 (со стороны забора воздуха) выполнен по лемнискате. Внутренние стенки сопла отполированы. Снаружи сопло теплоизолировано для уменьшения теплообмена с окружающим пространством. Для нагрева испытуемых датчиков используются нагревательные печи 4, 5 трубчатого типа. Их внутренние размеры определяются размерами испытуемых датчиков. Сдергивание печи с испытуемых датчиков осуществляется с помощью пневмопривода 3 за время 0,1 с. Пневмопривод 3 расположен на одном кронштейне с печами и приводит в возвратно-поступательное движение либо печь 5, либо печь 4. Пневмопривод работает от воздушной магистрали P=400 кПа (4 кгс/см^2).

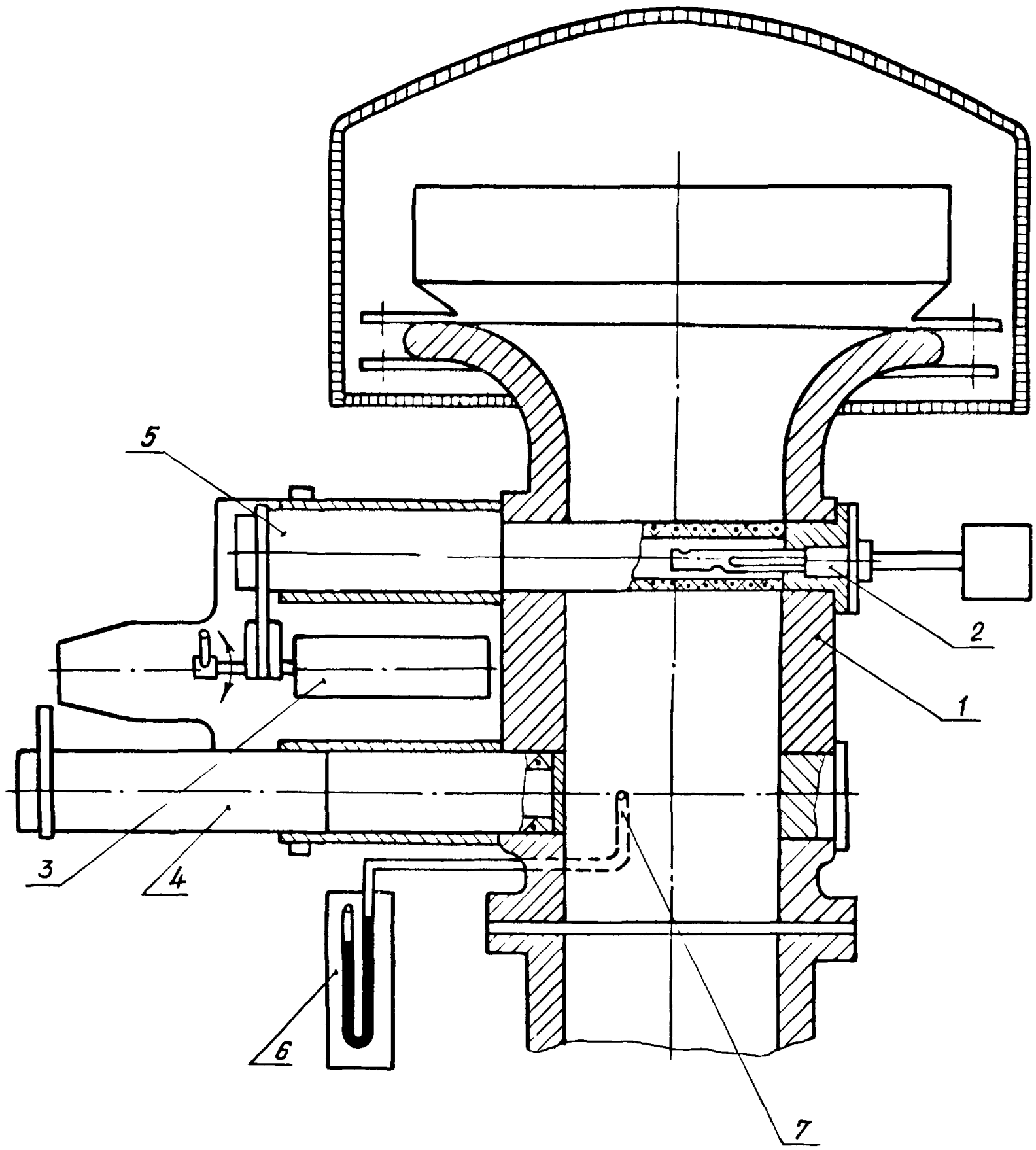
№ изм | № изв. | 4537 | Инв № дубликата | Инв № подлинника



1 – сопло; 2, 4 – трубопроводы; 3, 5 – центробежные вентиляторы; 6, 7 – приводные моторы; 8 – поворотная заслонка; 9 – патрубок; 10 – фильтр; 11 – пульт управления

Черт. 1

№ изм
№ изв
Инв № дубликата
Инв № подлинника
4537



1 – сопло; 2 – датчик, 3 – пневмопривод; 4, 5 – нагревательные печи; 6 – водяной манометр; 7 – устройства для отбора статического давления

Черт. 2

№ изм
№ изв
4537
Инв № дубликата
Инв № подлинника

1.4. Технические характеристики УВ-010 следующие:

- диапазон скоростей в рабочем сечении сопла от 0 до 160 м/с;
- температура торможения воздушного потока в диапазоне от 17 до 27 °С;
- затенение рабочего пространства сопла испытуемыми датчиками не более 7-8% сечения сопла;
- колебание температуры за время эксперимента в рабочем сечении сопла ±1% от измеряемой температуры;
- колебание скоростного напора в рабочем сечении сопла по отношению к среднему значению в пределах ±0,25%;
- минимальное время сдергивания печи пневмоприводом 0,1 с;
- максимальная температура нагрева испытуемых датчиков 400 °С;
- *погрешность экспериментально-расчетного определения показателей тепловой* инерции при доверительной вероятности $P = 0{,}8$ не превышает:

для $\varepsilon = 2{,}5\text{–}4{,}0$ с ±3,5%;

для $\varepsilon = 1{,}5\text{–}2{,}5$ с ±6,5%.

1.5. Технические характеристики электрических печей установки УВ-010 следующие:

- напряжение питания 36 В;
- сила тока до 10 А;
- мощность 360 В.А;
- сопротивление нагревателя 3,6 Ом;
- диаметр проволоки нихромового нагревателя 1 мм.

2. КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ (УГТИ3)

2.1. Установка УГТИ3 предназначена для создания воздушной струи со ступенчатым во времени изменением температуры воздействия на малоинерционные контактные датчики и регистрации полной динамической характеристики - переходной характеристики миниатюрных контактных датчиков (с показателем тепловой инерции $\varepsilon_{63} < 0{,}5$ с).

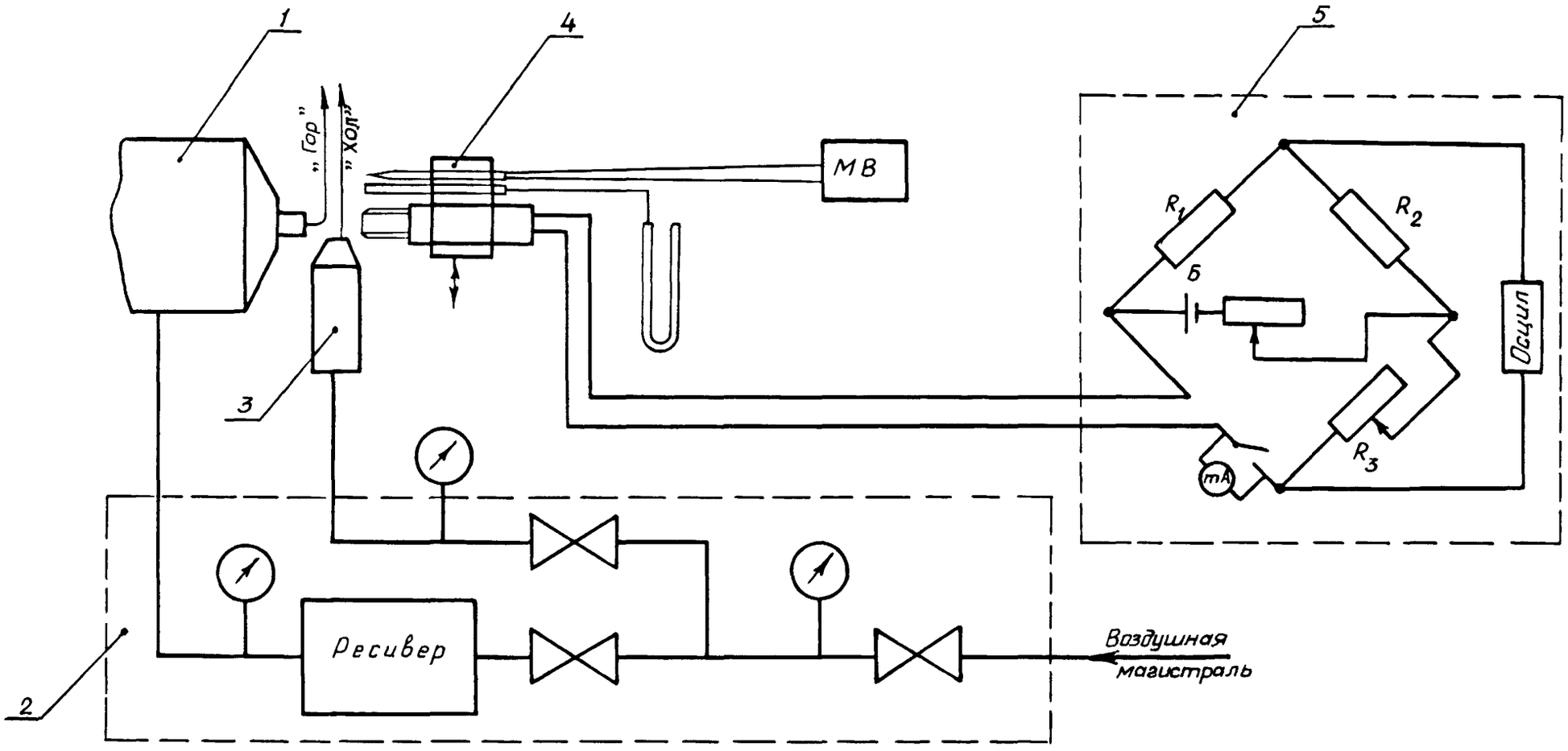
2.2. *Функциональная схема установки УГТИ3 представлена на черт. 3.*

Установка состоит из нагревательного элемента (нагреватель 1), устройства подачи магистрального воздуха 2, устройства для переключения воздушных струй (пневмоклапан 3), приспособления для закрепления и перемещения испытуемых датчиков и контрольного комбинированного насадка (координатное устройство 4), измерительной системы и системы управления установки 5.

Нагреватель - проточный теплоизолированный резервуар с открытыми нихромовыми спиралями, заключенными в керамические трубки. С одной стороны воздухонагревателя имеется штуцер для подвода сжатого воздуха из промышленной ма-

№ изм | № изв
Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

Инв № дубликата		№ изм											
Инв № подлинника	4537	№ изв											



1 – нагреватель; 2 – устройство подачи магистрального воздуха; 3 – пневмоклапан; 4 – координатное устройство; 5 – система управления установки

Черт. 3

гистрали, с другой – съемный наконечник с профилированным соплом. Предусмотрены четыре исполнения сопла в зависимости от типа и размеров испытуемых датчиков.

Пневмоклапан отсекает от испытуемых датчиков струю горячего воздуха из нагревателя. Подача струи горячего воздуха на испытуемые датчики осуществляется при открытии клапана, когда воздух из магистрали поступает в поршневую камеру и по достижении в ней давления около 300 кПа (3 кгс/см^2) поршень приходит в движение, перекрывая в сопле выход холодной струи.

Координатным устройством крепятся и перемещаются в трех плоскостях испытуемые датчики и комбинированный насадок, контролирующий и измеряющий температуру и скорость воздушной струи из нагревателя. Комбинированный насадок имеет трубку полного напора с внутренним диаметром 0,3 мм и термопару ТХА диаметром 0,12 мм из термопарного микрокабеля, наружный диаметр микрокабеля 1,0 мм.

Манометром на 3 кПа (300 мм вод. ст.) измеряется перепад медленно меняющихся давлений воздуха при $P_{ст}$ до 100 кПа (1 кгс/см^2).

2.3. Технические данные УГТИЗ следующие:

– максимальная скорость струи из нагревателя 60 м/с при нагреве силой тока 6 А и на расстоянии 5–10 мм от среза сопла нагревателя;

– максимальная температура струи из нагревателя 360 °С при нагреве силой тока 6 А и на расстоянии 5–10 мм от среза сопла нагревателя;

– колебания температуры и скоростного напора в сечении воздушной струи ±2% по отношению к среднему значению на расстоянии 5–10 мм от среза сопла нагревателя;

– рабочее давление в воздушной магистрали не менее 400 кПа (4 кгс/см^2);

– время подачи горячей воздушной струи не более 0,001 с;

– минимальное давление, при котором срабатывает пневмоклапан, 280 кПа (2,8 кгс/см^2);

– максимальная сила тока 6 А;

– напряжение питания 220 В;

– погрешность экспериментально-расчетного определения показателя тепловой инерции 0,0062–0,00063 с при доверительной вероятности P =0,8.

№ изм | № изв
4537
Инв № дубликата | Инв № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ε_{63}, с

Наименование и обозначение датчика	Характеристика конструкции			Параметры потока			ε_{63}, с	Примечание
	материал чувствительного элемента	диаметр проволоки, мм	размещение чувствительного элемента	скорость W, м/с	статическое давление $P_{ст}$, кПа (мм рт.ст.)	температура, К		
Серийное производство – штатные датчики								
Термопары:								
Т-142	Хромель – алюмель	1,20	В камере торможения	160	86 (648)	279	≤ 1,80	Спай встык
Т-99	Хромель – алюмель	1,20		160	86 (648)	279	2,20...2,80	
Т-39-3	Хромель – алюмель	1,20	Открытого типа в штуцере	160	86 (648)	279	1,10...1,20	
Сопротивления:								
П-98АМ	Платина	0,04		160	86 (648)	279	1,80±0,20	R = 100 Ом; Градуировка по ГОСТ 6651-84
П-97АМ	Платина	0,04		160	86 (648)	279	1,60±0,20	R = 50 Ом; Градуировка по ГОСТ 6651-84
П-102	Платина	0,04		160	86 (648)	279	1,60±0,20	R = 50 Ом; Градуировка по ГОСТ 6651-84
Опытное производство								
Термопары:								
ТВР	Сплавы вольфрам – рений	0,34	Длина вылета от керамики 20 мм	160	86 (648)	293	0,13	Градуировка по ГОСТ 3044-84
ТИР	Иридий родий 60 – иридий	0,50		160	86 (648)	293	0,27	Градуировка по МУ МАП
ТПР	Платинородий 30 – платинородий 6	0,50		160	86 (648)	293	0,22	Градуировка по ГОСТ 3044-84
ТХА	Хромель – алюмель	0,50		160	86 (648)	293	0,53	
ТХА	–	0,20	Рабочий спай пластина толщиной 30 мкм шириной 1,2 мм	46	100 (750)	293	0,06	
Термопары кабельные:								
ТХА из термопарного кабеля типа КТМС	Хромель – алюмель	0,23	Спай заварен с оболочкой	46	100 (750)	293	0,98	Диаметр кабеля $d_к$ = 1,0 мм
	Хромель – алюмель	0,11		46	100 (750)	293	0,40	Диаметр кабеля $d_к$ = 0,5 мм
	Хромель – алюмель	0,06		46	100 (750)	293	0,10	Диаметр кабеля $d_к$ = 0,3 мм
	Хромель – алюмель	0,23	Открытого типа	46	100 (750)	293	0,30	Диаметр кабеля $d_к$ = 1,0 мм
Сопротивления.								
ТСВ	Вольфрамовая проволока	0,06		46	100 (750)	293	0,017	Индивидуальная градуировка $R(t)$
	Вольфрамовая проволока	0,03		46	100 (750)	293	0,075	

В-В распоряжение 231 от 26.10.90 разраб. 0.40

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Обязательное

Форма протокола определения динамических характеристик датчиков

ПРОТОКОЛ

определения динамической характеристики

датчика температур _____ типа _____

1. Общие данные об испытуемом датчике температур

Таблица 1

Тип	Градуировка	Кем представлен	Кем разработан, изготовлен	Чувствительность элемента		Краткие сведения о конструкции	Вид (причина) определения динамических характеристик
				материал	диаметр		

Результаты внешнего осмотра _____

_____

2. Метрологические характеристики

Градуировка по температуре _____ по ГОСТ _____

Динамическая характеристика

при скорости потока _____

статическом давлении _____

температуре _____

3. Методы исследований

Согласно ОСТ _____

(экспериментальное определение переходной функции – выходного сигнала испытуемого датчика в тепловом регулярном режиме 1 рода, расчетное определение показателя тепловой инерции ε_{63}).

4. Операции исследований _____

(регистрация выходного сигнала испытуемого датчика, расчет параметров динамической характеристики).

5. Результаты наблюдений

Таблица 2

Дата	Время испытания	Кадр №	Параметры газового потока					Параметры окружающей среды		Параметры схемы регистрации светолучевым осциллографом					
			полное давление	динамический напор			температура	температура	атмосферное давление	добавочное сопротивление	скорость движения фотопленки	отметка времени	вибратор		
				Δh_1	Δh_2	Δh_3							тип	№	

Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

№ изм | № изв

6. Результаты определения динамической характеристики

Таблица 3

Определяемая величина	№ эксперимента (кадра)			Средние значения из трех экспериментов
	1	2	3	
Параметры газового потока: скорость: w; число M; статическое давление $P_{ст}$; температура t				
Показатель тепловой инерции ε_{63}				$\bar{\varepsilon}_{63}$
Разность среднего и индивидуального значений $\varepsilon_{63} - \bar{\varepsilon}_{63}$				

Аналитическое выражение переходной характеристики

$$y = 1 - \sum_{i=1}^{n} A_i e^{-\frac{\theta}{\tau_i}}$$

Таблица 4

Значения параметров переходной характеристики						Разность индивидуального и среднего (из трех экспериментальных) значений параметров					
ε_1	A_1	ε_2	A_2	ε_3	A_3	$\varepsilon_1 - \bar{\varepsilon}_1$	$A_1 - \bar{A}_1$	$\varepsilon_2 - \bar{\varepsilon}_2$	$A_2 - \bar{A}_2$	$\varepsilon_3 - \bar{\varepsilon}_3$	$A_3 - \bar{A}_3$
$\bar{\varepsilon}_1 =$	$\bar{A}_1 =$	$\bar{\varepsilon}_2 =$	$\bar{A}_2 =$	$\bar{\varepsilon}_3 =$	$\bar{A}_3 =$						

7. Заключение по результатам определения динамических характеристик

8. Исполнители

(должности, фамилии, имена, отчества, подписи)

№ изм | № изв
4537
Инв № дубликата | Инв № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Справочное

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Экспериментальные данные переходной характеристики, представленные в виде функции относительного измерения температуры испытуемых датчиков от времени, перестроить в прямолинейных полулогарифмических координатах:

- на оси ординат $\ln y = \ln \frac{t_1 - t_\theta}{t_1 - t_2}$;

- ось абсцисс θ.

2. Провести графически аппроксимацию полученных в п. 1 ординат отрезками прямых, начиная с конечного участка.

3. Вычислить котангенс угла наклона конечного прямолинейного участка к оси абсцисс. Модуль котангенса этого угла равен постоянной времени первой экспоненты ε_1 .

4. Продолжить конечный прямолинейный участок до пересечения с осью ординат.

Ордината точки пересечения равна логарифму начальной амплитуды первой экспоненты $\ln A_1$.

5. Построить в полулогарифмических координатах (либо нанести на предыдущий) график разности экспериментальной переходной характеристики и ее конечного прямоугольного участка:

- по оси ординат $\ln(y - y_1)$;

- по оси абсцисс θ.

Здесь $$y_1 = A_1 e^{-\frac{\theta}{\varepsilon_1}} .$$

6. Повторить действия пп. 2, 3, 4.

В результате будут найдены значения постоянной времени второй экспоненты ε_2 и логарифм ее начальной амплитуды $\ln A_2$.

7. Построить график (либо пользоваться тем же) разности значений ординат п. 5 и второй экспоненты в полулогарифмических координатах:

- по оси ординат $\ln(y - y_1 - y_2)$;

- ось абсцисс θ.

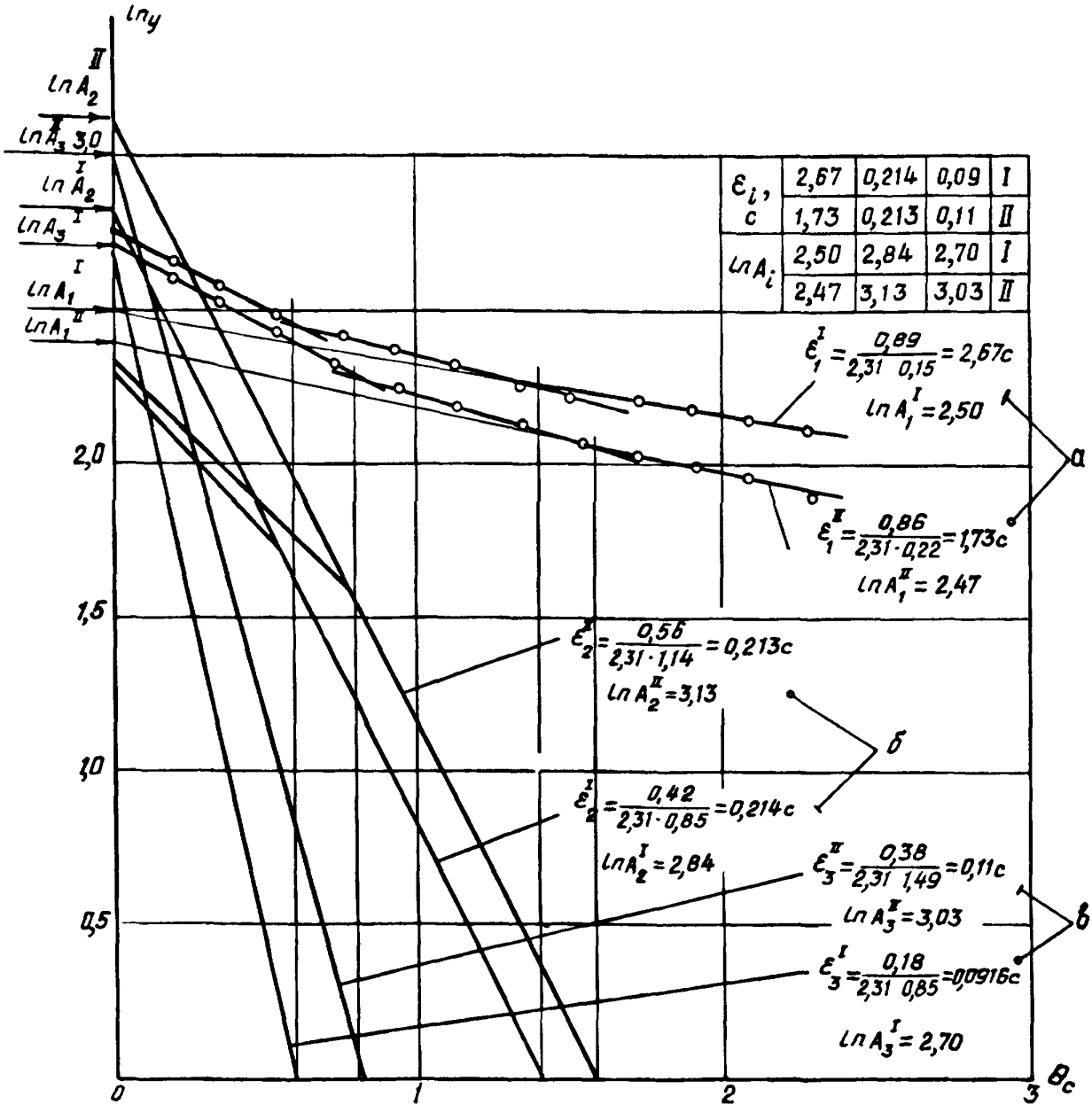
Здесь $$y_2 = A_2 e^{-\frac{\theta}{\varepsilon_2}} .$$

№ изм. 1 | № изв 11312 | 4537 | Инв № дубликата | Инв. № подлинника

В-В распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. о.40

8. Повторить действия пп. 2, 3, 4. Так будут вычислены значения постоянной времени третьей экспоненты ε_3 и логарифмы ее начальной амплитуды $\ln A_3$.

9. Пример графоаналитического метода определения параметров переходной характеристики иллюстрируется на чертеже.



а – переходные характеристики термопар I и II в полулогарифмических координатах;
б – графики разностей переходных характеристик I и II экспонент; в – графики разностей переходных характеристик и их первых двух экспонент

№ изм | I | 11312
№ изв
Инв № дубликата | 4537
Инв № подлинника
В-В Распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 0.46

Приведена обработка кривых переходных процессов двух термопар из проволок Х-А диаметром 1,2 мм, расположенных в штуцере штатного серийного датчика типа Т-99. Индексами I, II обозначены первая и вторая термопары. Индексами 1, 2, 3 - первая, вторая, третья экспоненты переходных характеристик.

Примечание. Поскольку при регистрации использовались линейная часть градуировки Х-А термопар и отклонений вибратора и нулевая линия на диаграмме была совмещена с показаниями t_2, переходная характеристика в относительной форме не перестраивалась.

10. Зарегистрированные переходные характеристики двух термопар датчика типа Т-99 имеют следующие аналитические выражения:

$$y_I = 1 - \left(12{,}18e^{-\frac{\theta}{2{,}67}} + 17{,}15e^{-\frac{\theta}{0{,}214}} + 14{,}95e^{-\frac{\theta}{0{,}11}}\right);$$

$$y_{II} = 1 - \left(11{,}85e^{-\frac{\theta}{1{,}73}} + 22{,}35e^{-\frac{\theta}{0{,}213}} + 20{,}90e^{-\frac{\theta}{0{,}11}}\right).$$

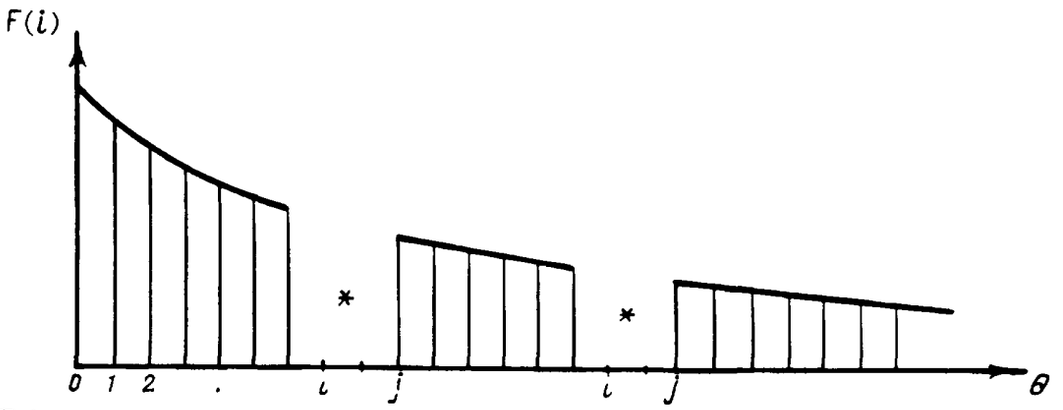
№ изм 1
№ изв 11312
Инв. № дубликата
Инв. № подлинника 4537

В-в распоряжением 231 от 26.10.90 разраб. 0.40

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Справочное

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ФУНКЦИИ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДАТЧИКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

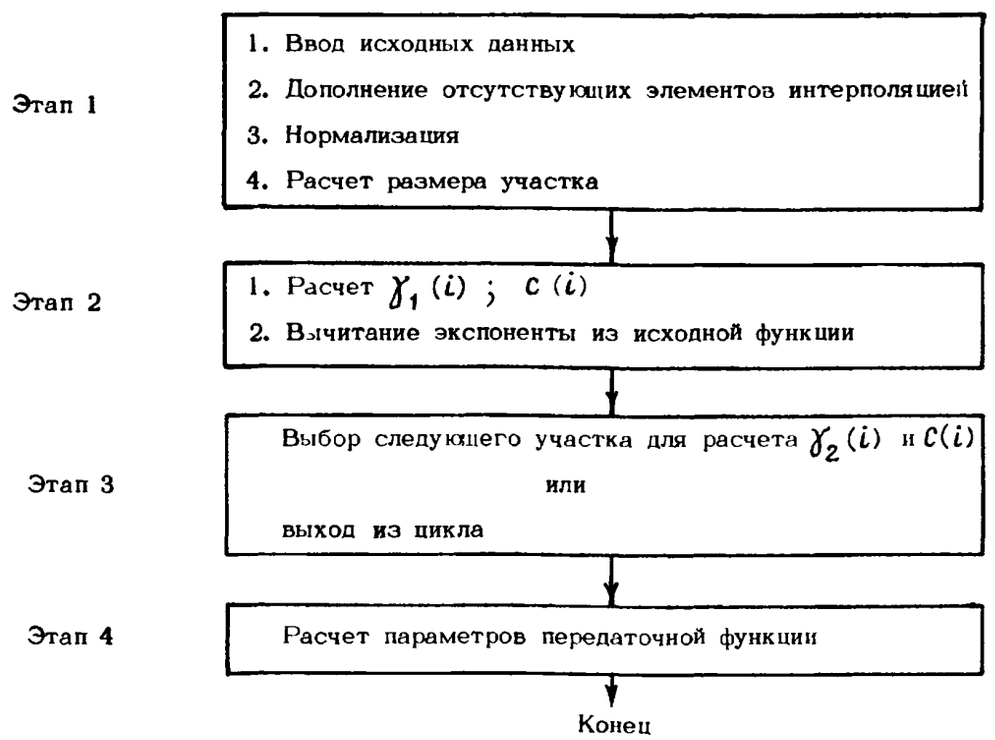
1. Функция переходного процесса датчиков от времени приведена на графике черт. 1.



$F(i)$ – ордината зарегистрированной на осциллограмме функции переходного процесса в момент времени θ_i ; * – интервалы, в которых отсутствовали зарегистрированные ординаты

Черт. 1

2. Структура программы показана на черт. 2.



Черт. 2

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 4537 | № изм | № изв

2.1. Пояснение к схеме:

а) ввод исходных данных;

- из осциллограммы функции переходного процесса термопары выписывается ряд значений ординат согласно п. 5.1 или п. 5.2;

б) дополнение отсутствующих элементов интерполяцией:

- просматриваются все элементы массива $F[0 \cdot N]$, начиная с элемента $F[1]$. Если элемент $F[i] = 0$, то подсчитывается номер последующего ненулевого элемента j, рассчитывается постоянная времени $\tau = (j-i+1)\,\Delta t / \ln(F[i-1]/F[j])$; и коэффициент $H = F[i-1] / \exp(-(i-1)\Delta t/\tau)$ экспоненты $He^{-t/\tau}$, проходящей через две ненулевые точки отсутствующего в исходных данных интервала;

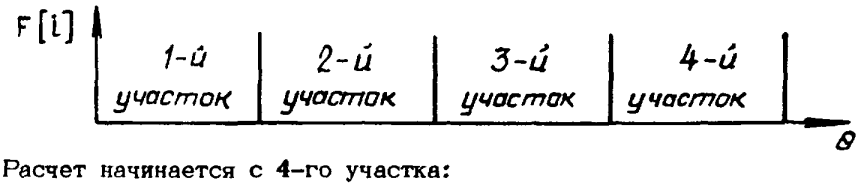
в) нормализация:

- значения $F[i]$ при изменении i от N до 0 делятся на $F[0]$;

г) расчет $\gamma_1[i]$ и $C[i]$:

где γ - величина, обратная постоянной времени экспоненты;

C - коэффициент экспоненты (начальная амплитуда);



Расчет начинается с 4-го участка:

$\gamma[i]$ рассчитывается в процедуре $\gamma[n,m]$,

где n - номер элемента начала участка;

m - номер элемента конца участка.

На участке рассчитываются:

- значения для всех точек участка:

$$\xi[i] = F[i] / F[i-1];$$

- среднее арифметическое значение:

$$\xi_{ср} = \frac{\sum \xi[i]}{n-m};$$

- среднеквадратическое отклонение $\xi[i]$ от $\xi_{ср}$:

$$Q = \sqrt{\frac{\sum (\xi[i] - \xi_{ср})^2}{(n-m-1)}},$$

- величина, обратная постоянной времени экспоненты:

$$\gamma_i = \ln(\xi_{ср}) / \Delta t; \qquad i \text{ - номер участка.}$$

Этот способ обеспечивает минимизацию среднеквадратической ошибки.

Далее для расчета $C[i]$ также используется метод минимума среднеквадратической ошибки аппроксимации, который дает:

$$C[i] = \frac{\sum_p F[p] e^{-\gamma[i]t}}{\sum_p e^{-2\gamma[i]t_j}};$$

№ изм | № изв
Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 4537

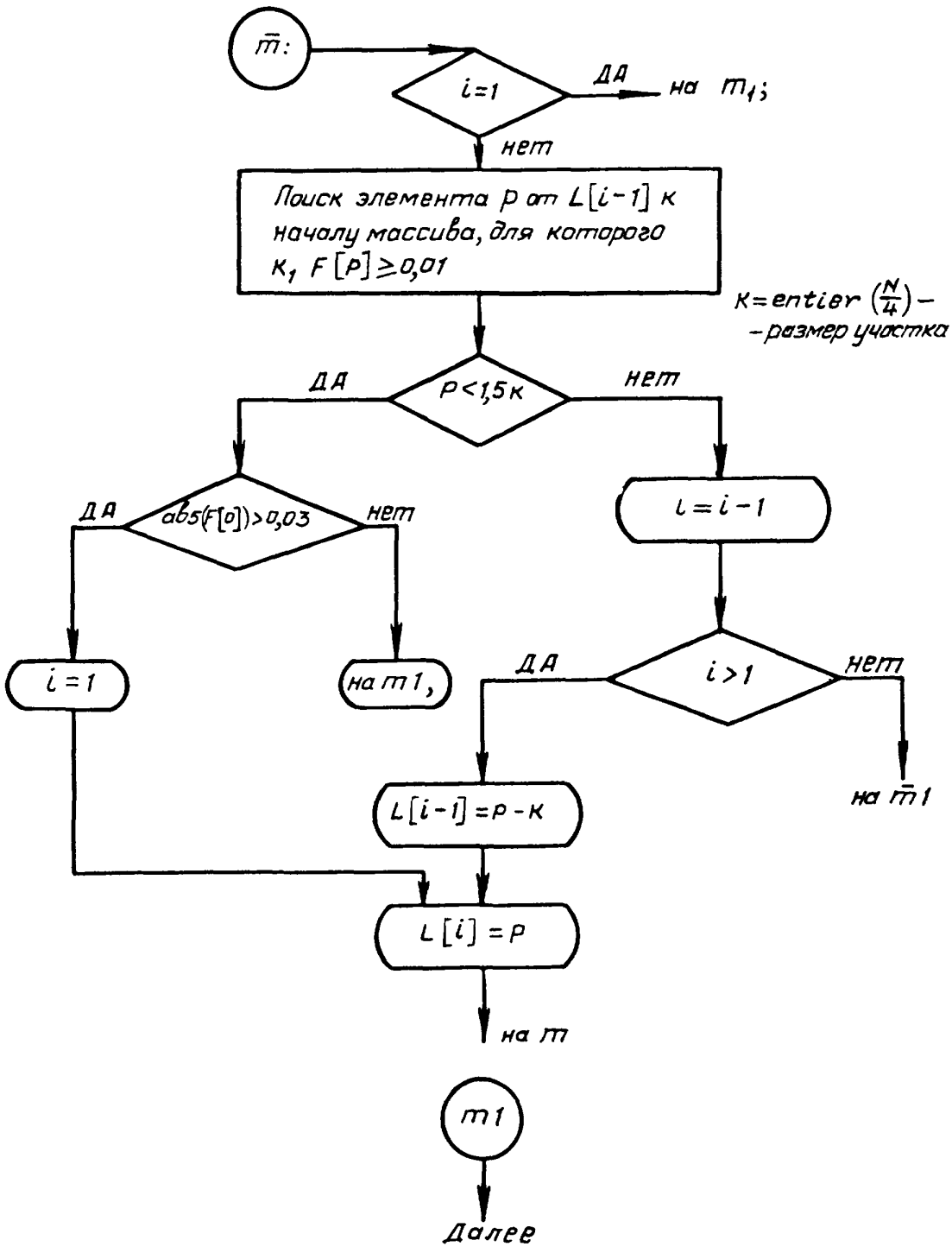
$C[i]$ изменяется в диапазоне аппроксимирующего участка;

- вычитание найденной экспоненты из исходной функции.

Этим готовится функция для дальнейшего анализа ее. По окончании "извлечения" всех экспонент остаток будет представлять собою ошибку расчета;

- выбор участка для расчета $y_2(i)$ и $C(i)$.

Работа этой части алгоритма поясняется на черт. 3;



Черт. 3

№ изм | № изв
Инв. № дубликата | 4537
Инв. № подлинника

– расчет параметров передаточной функции.

По выполнению этапа 3 получено аналитическое уравнение переходной характеристики в виде суммы экспонент:

$$F_{аппрокс}(\theta) = C_1 e^{-\gamma_1 \theta} + C_2 e^{-\gamma_2 \theta} + C_3 e^{-\gamma_3 \theta} + C_4 e^{-\gamma_4 \theta};$$

$$F_{аппрокс}(p) = \frac{C_1}{p+\gamma_1} + \frac{C_2}{p+\gamma_2} + \frac{C_3}{p+\gamma_3} + \frac{C_4}{p+\gamma_4}.$$

В результате расчета некоторые коэффициенты C_i могут оказаться равными 0. Поэтому возможны следующие передаточные функции:

$$i=1 \quad W(p) = \frac{a_0}{(T_1 p + 1)};$$

$$i=2 \quad W(p) = \frac{a_1 p + a_0}{(T_1 p+1)(T_2 p+1)};$$

$$i=3 \quad W(p) = \frac{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{(T_1 p+1)(T_2 p+1)(T_3 p+1)};$$

$$i=4 \quad W(p) = \frac{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{(T_1 p+1)(T_2 p+1)(T_3 p+1)(T_4 p+1)}.$$

№ изм | № изв
Инв № дубликата | 4537
Инв № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ $\mathcal{E}_{63}$

1. На чертеже приведена осциллограмма переходных процессов (I, II) двух термопар Х-А в общем штуцере серийного датчика типа Т-99. Линия "0" – отметка нулевой линии, совмещенной с показаниями термопары I в воздушном потоке (показания термопары при конечной установившейся температуре среды t_2). Начальные горизонтальные участки на линиях I и II – запись показаний термопар при начальной установившейся температуре среды t_1 . Отметка времени на осциллограмме (вертикальные прямые): тонкими линиями – через 0,1 с и яркими – через 0,5 с.

Вверху две линии – отметки срабатывания механизма подачи потока на испытуемый датчик.

2. Показатель тепловой инерции датчика определяется из осциллограмм графически.

2.1. Измеряется ордината y_1 – зарегистрированные показания температуры при начальной установившейся температуре t_1 .

2.2. Вычисляется ордината $y_{63} = y_1 (1 - 0{,}632)$, соответствующая изменению первоначального сигнала на 63%.

2.3. На кривой переходного процесса находится точка с ординатой y_{63}.

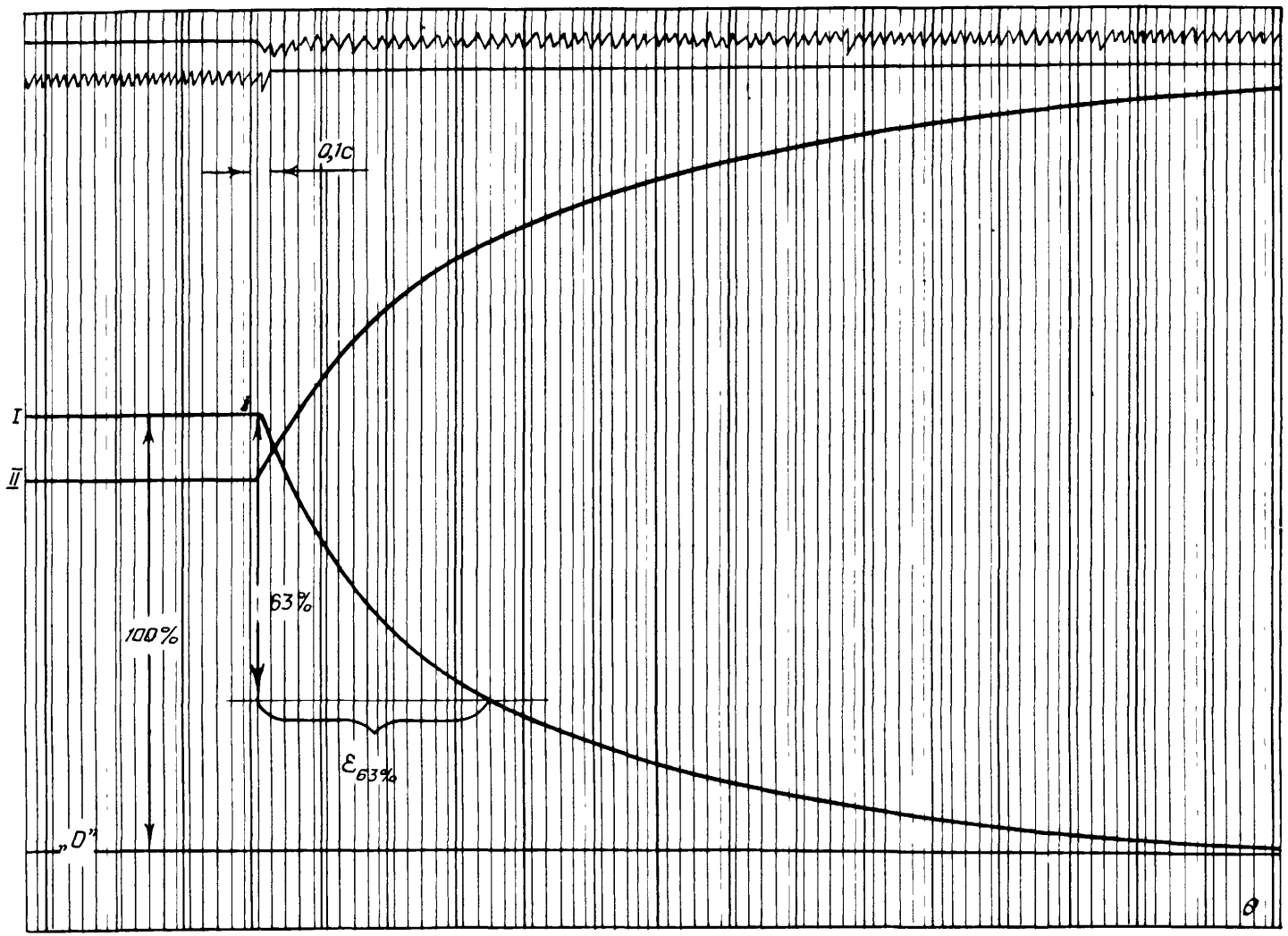
3. Вычисляется абсцисса точки на кривой переходного процесса с ординатой y_{63} . Величина этой абсциссы равняется показателю тепловой инерции $\mathcal{E}_{63}$.

4. По п. 6.1 настоящего стандарта сделана оценка погрешности экспериментально-расчетного определения $\mathcal{E}_{63}$, ее результаты приведены в таблице.

№ изм. | № изв
Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

Инв № дубликата	
Инв № подлинника	4537

№ изм											
№ изв											



Наименование величины	Обозначение	Значение величины	Основание оценки
Абсолютная погрешность регистрации амплитуды выходного сигнала на осциллографах К-20-21 шлейфами УI и УII типов и на Н-115 шлейфами типа М017-150	δy_p	±0,8 мм	
Абсолютная погрешность отсчета длин отрезков на осциллограмме (амплитуды выходного сигнала) отметки времени	δe	±0,5 мм	Оценена равной толщине линии светового луча шлейфа на осциллограмме
Абсолютная погрешность регистрации отметки времени: 0,002 с на осциллографе Н-115	$\Delta\theta_p$	±0,00002 с (±0,02 мм)	По техническим данным осциллографа при скорости протяжки бумаги 1000 мм/с
0,01 с на осциллографе К-20-21		±0,0001 с (±0,025 мм)	По техническим данным осциллографа при скорости протяжки бумаги 25 мм/с
Абсолютная погрешность на непараллельность переноса отрезка	$\delta\Delta y_{63.2}$	±0,5 мм	Оценена равной толщине линии на осциллограмме
Абсолютная погрешность определения показателя по переходной функции датчика из осциллограммы при скорости протяжки бумаги: 1000 мм/с 25 мм/с	$\delta\varepsilon_{осц}$	±0,0013 с (±1,28 мм) ±0,05 с (±1,28 мм)	Как погрешность от некоррелированных отдельных погрешностей $\pm\sqrt{(\delta y_p)^2+(\delta\Delta\theta_p)^2+3(\delta e)^2+(\delta\Delta y_{63})^2}$
Абсолютная погрешность определения коэффициента угловых наклонов ε_i по переходной функции (в полулогарифмических координатах)	$\delta\varepsilon_{i\,осц}$	±1,13 мм ±0,00065 с	$\pm\sqrt{2(\Delta y_{i-(i+1)})^2+2(\Delta\theta_{i-(i+1)})^2}$
Абсолютная погрешность измерения атмосферного давления в диапазоне B_0 = 740 ÷ 760 мм рт. ст.	δB_0	±230 Па ±1,73 мм рт.ст.	Класс точности барометра
Абсолютная погрешность измерения динамического напора ΔP_0	$\delta\Delta P_{дин}$	±533 Па ±4 мм рт.ст.	Измерительный прибор – ртутный манометр

№ изм | № изв

Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

Продолжение

Наименование величины	Обозначение	Значение величины	Основание оценки
Абсолютная погрешность определения статического давления $P_{ст} = B_o - \Delta P_{ст}$	$\delta P_{ст}$	$\pm$570 Па $\pm$4,28 мм рт.ст.	-
Суммарная абсолютная погрешность определения показателя тепловой инерции ε_{63}	$\delta\varepsilon$	M=0,27 | M=0,45 0,143 с	$\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon} = \pm\sqrt{\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial w}\right)^2\left(\frac{\partial w}{w}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial P_{ст}}\right)^2}$ / $\sqrt{\left(\frac{\delta P_{ст}}{P_{ст}}\right)^2 + \left(\frac{\delta\varepsilon_{осц}}{\varepsilon}\right)^2}$
и коэффициентов угловых наклонов ε_i	$\delta\varepsilon$	0,125 с	

№ изм | № изв
Инв № дубликата | 4537
Инв № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Обязательное

Форма свидетельства об определении динамических характеристик датчиков температур

_____

(наименование организации, выдавшей свидетельство)

СВИДЕТЕЛЬСТВО № _____

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУР

Обозначение датчиков температур _____ заводской номер _____

Дата изготовления _____

Чувствительный элемент _____

Диаметр проволоки _____

Глубина погружения _____

Назначение средства измерения: измерение температуры газового потока, выдача показаний датчиков температур на регистрацию самопишущим прибором _____

_____

Основные метрологические характеристики:

градуировочная кривая по температуре с рабочими диапазонами использования _____

_____

Условия эксплуатации:

ГТД или его узлы в эксплуатации, доводке и испытаниях

Результаты определения динамических характеристик датчиков температур

Дата испытания	Наименование установки	Параметры газового потока			Показатель тепловой инерции ε_{63}	Аналитическое выражение переходной характеристики	Значение параметра переходной характеристики					
		W	$P_{ст}$	t			ε_1	A_1	ε_2	A_2	ε_3	A_3

Оценка погрешности определения динамических характеристик

По результатам определения динамических характеристик (протокол № _____ от _____ 19 г.) датчики температур допускаются к применению с использованием динамических характеристик.

_____

Подпись руководителя организации, проводившей определение динамических характеристик

М.п.

_____

Подписи руководителя подразделения и проводившего определение динамических характеристик

№ изм | № изв

Инв № дубликата | Инв № подлинника | 4537

2

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изм.	Номера страниц				Номер "Изв. об изм."	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				
1	1,2,3,4,5,8, 18,19,20	—	—	—	11312	Дорошков		с 01.01.90

Инв. № дубликата 4537
Инв. № подл.
gost.e-ecolog.ru