

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)

Институт естественных и точных наук
Кафедра физической электроники

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

“ ____ ” _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Гуревич С.Ю. _____

“ ____ ” _____ 2017 г.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПОНЕНТОВ, ВТОРИЧНЫХ ПРИБОРОВ И ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУР
НА ПРОИЗВОДСТВЕ.

Пояснительная записка к выпускной – квалификационной работе

Консультант:

Ведущий инженер по испытаниям

Кадочников М.С. _____

“ ____ ” _____ 2017 г.

Руководитель работы:

Доцент, к. т. н.

Колмакова Н.С. _____

“ ____ ” _____ 2017 г.

Автор работы:

студент группы ЕТ - 263

Кудашева Г.А. _____

“ ____ ” _____ 2017 г.

Нормоконтролёр:

Доцент, к.т. н.

Колмакова Н.С. _____

“ ____ ” _____ 2017г

АННОТАЦИЯ

Кудашева Г. А. Статистический анализ испытаний узлов электронных компонентов, вторичных приборов и датчиков температур на производстве. – Челябинск: ЮУрГУ, ИЕиТН, Ф; 2017, 121с. 38ил., библиогр. список – 14наим.

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы являются испытания электронных компонентов, вторичных приборов и датчиков температур в лаборатории.

Цель выпускной квалификационной работы - анализ статистических данных, полученных при проведении испытаний.

В ходе работы было получены экспериментальные данные, по которым были построены графики зависимости и проведена статистика сравнения.

- 1) Составлены программы испытаний для работы в климокамере, вибростенде и ударном стенде;
- 2) Получены данные основной погрешности Δ в различных видах испытаний, которые не превышают пределов допускаемой погрешности;
- 3) В зависимости от испытаний в различных графиках зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от задаваемых значений напряжения, тока или сопротивления, сделан анализ сравнений данных и предположены, к какому закону распределения соответствуют полученные графики.
- 4) Предложены дополнительные мероприятия для усовершенствования алгоритмов испытаний.

					ЮУрГУ–11.04.04.2017.004 ПЗ ВКП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Кудашева Г.А.			Статистический анализ испытаний узлов электронных компонентов, вторичных приборов и датчиков температур на производстве.	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Колмакова Н.С.				Д	5	121
Н.Контр		Колмакова Н.С.				ЮУрГУ Кафедра ФЭ		
Утв.		Гуревич С.Ю.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Случайные величины и параметры их распределений.....	10
1.1.1 Нормальный закон распределения.....	18
1.1.2 Экспоненциальное распределения.....	23
1.1.3 Закон равномерной (равной) плотности.....	24
1.1.4 Графическое представление экспериментальных данных.....	27
1.1.5 Аппроксимация экспериментальных данных.....	29
1.1.6 Статистическая обработка экспериментальных данных.....	32
1.2 Виды методов испытаний.....	34
1.3 Классификация приборов.....	36
1.3.1 Показывающий и регистрирующий прибор Технограф-160. Общая характеристика и принцип работы прибора.....	36
1.3.2 Калибратор - измеритель стандартных сигналов КИСС-03. Общая характеристика и принцип работы прибора.....	42
1.3.3 Датчики температур типа ТП (термопреобразователи), ТР (термосопротивления) без преобразователей и с преобразователями 4-20мА, 4-20мА/Hart, Profbus. Общая характеристика и принцип работы приборов.....	49
1.4 Схемы подключений и соединений испытательных приборов и в комплексе испытаний.....	60
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	69
2.1 Экспериментальная установка.....	69
2.2 Программа испытаний в климокамере CLIMATS.....	80
2.3 Программа испытаний в вибростенде TIRAvib50300.....	83
2.4 Анализ полученных результатов испытаний.....	84
2.5 Анализ отказов вторичных приборов и датчиков температур и пути их решения.....	89
2.6 Рекомендации по усовершенствованию алгоритмов испытаний.....	92

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ В	120

						Лист
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

ВВЕДЕНИЕ

Современный научно-технический прогресс характеризуется необходимостью многочисленных измерений. Эта необходимость обуславливается тем, что измерения играют все более значительную, а иногда и определяющую роль в решении как фундаментальных проблем, так и практических проблем научно-технического прогресса, и проблем в повышении эффективности всей общественно полезной деятельности.

Современные требования к проведению измерений требуют улучшения метрологических характеристик, таких как точность, надежность, быстродействие, чувствительность и другие, современных средств измерений, и поэтому они становятся всё более сложными.

Статистические методы признаются важным условием рентабельного производства и эффективным средством повышения качества продукции. В процессе серийного производства датчиков температур и вторичных приборов необходим строгий контроль над метрологическими характеристиками каждого выпускаемого предприятием продукции. Такой контроль подразумевает обработку полученных данных при испытании приборов статистическими методами.

Исследование процесса и результатов испытаний вторичных приборов и датчиков температур является важной и актуальной задачей, связанной в первую очередь с повышением качества выпускаемой продукции.

В качестве данных испытаний была использована выпускаемая продукция предприятия ООО «Теплоприбор-Сенсор», а именно вторичные приборы КИСС-03 и Технограф-160, а также датчиков температур типа ТП, ТР.

						Лист
					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Целью данной выпускной квалификационной работы является анализ статистических данных, полученных при проведении испытаний в контрольно-испытательной лаборатории метрологического отдела.

В результате которых, были предложены корректирующие мероприятия по устранению отказов и дальнейшего усовершенствования алгоритмов испытаний.

					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Случайные величины и параметры их распределений.

Из-за влияния неконтролируемых факторов отклик — это всегда случайная величина, при обработке результатов эксперимента широко используется аппарат теории вероятностей и математической статистики, поэтому напомним некоторые основные понятия и определения этого раздела математики.

Случайное событие — событие, реализацию которого при определенном комплексе условий невозможно заранее предсказать. Например, реализацию такого события, как пять остановок доменной печи в течение месяца, невозможно предсказать заранее, поскольку остановок может быть и три, и семь, и четыре, и т.д.

Случайная величина — величина, которая может принимать какое-либо значение из установленного множества, и с которой связано вероятностное распределение. Случайная величина может быть дискретной или непрерывной.

Дискретная случайная величина — случайная величина, которая может принимать значения только из конечного или счетного множества действительных чисел.

Непрерывная случайная величина — случайная величина, которая может принимать любые значения из конечного или бесконечного интервала.

Если при фиксированном наборе уровней всех контролируемых факторов провести n измерений отклика X , то в результате будет получен ряд хотя и близких, но отличающихся друг от друга значений[1]:

$$x_i (i = 1, 2, \dots, n); \quad (1.1)$$

где x_i — i -е измерение величины X ;

						Лист
					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

x_1, x_2, \dots, x_n — реализация случайной величины X .

Вероятность $P(A)$ события A — число от нуля до единицы, которое представляет собой предел частоты реализации события A при неограниченном числе повторений одного и того же комплекса условий.

Для дискретной случайной величины можно указать вероятность, с которой она принимает каждое из своих возможных значений конечного или счетного множества действительных чисел.

Для непрерывной случайной величины задают вероятность ее попадания в один из заданных интервалов области ее определения (поскольку вероятность того, что она примет какое-либо конкретное свое значение, стремится к нулю).

Полностью свойства случайной величины описываются законом ее распределения, под которым понимают связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

Распределение случайной величины — функция, которая однозначно определяет вероятность того, что случайная величина принимает заданное значение или принадлежит к некоторому заданному интервалу. В математике используют два способа описания распределений случайных величин: интегральный (функция распределения) и дифференциальный (плотность распределения).

Функция распределения $F(x)$ — функция, определяющая для всех действительных x вероятность того, что случайная величина X принимает значение не больше, чем x .

$$F(x) = P(X < x); \quad (1.2)$$

Функция распределения $F(x)$ имеет следующие свойства (рис. 1.1 а):

						Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

1. Ее ордината, соответствующая произвольной точке x_1 , представляет собой вероятность того, что случайная величина X будет меньше, чем x_1 , т.е.

$$F(x_1) = P(X \leq x_1);$$

2. Функция распределения принимает значение, заключенное между нулем и единицей:

$$0 \leq F(x) \leq 1; \quad (1.3)$$

3. Функция распределения стремится к нулю при неограниченном уменьшении x и стремится к единице при неограниченном возрастании x , т.е.

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = 1; \quad (1.4)$$

4. Функция распределения представляет собой монотонно возрастающую кривую, т.е.

$$F(x_2) > F(x_1), \quad \text{если } x_2 > x_1; \quad (1.4a)$$

5. Ее приращение на произвольном отрезке $(x_1; x_2)$ равно вероятности того, что случайная величина X попадет в данный интервал:

$$F(x_2) - F(x_1) = P(X \leq x_2) - P(X \leq x_1) = P(x_1 < X < x_2); \quad (1.5)$$

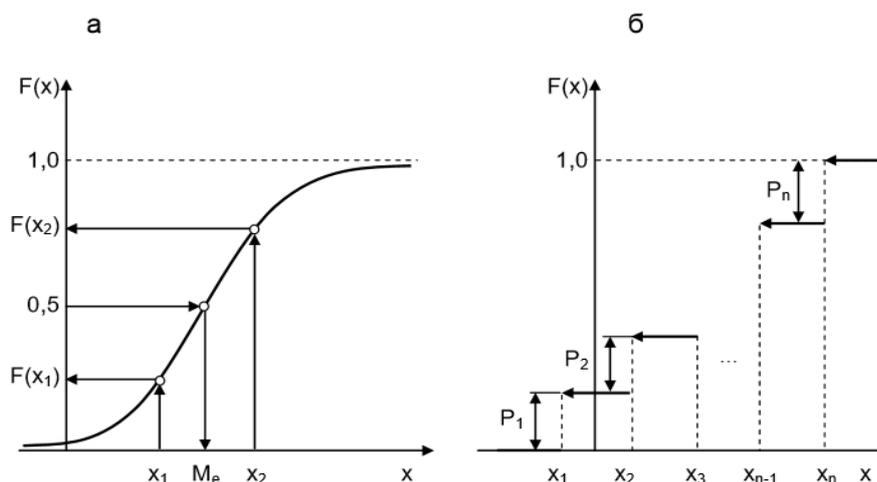


Рисунок.1.1. Интегральный закон распределения — функция распределения:
а – непрерывной случайной величины; б – дискретной случайной величины.

Рассмотрим, какие особенности может иметь функции распределения дискретных случайных величин. Пусть X — дискретная случайная величина,

принимающая возможные значения x_1, x_2, \dots, x_n с вероятностями P_1, P_2, \dots, P_n .

Функция распределения вероятностей этой случайной величины X равна:

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_k} P_k;$$

где производится суммирование вероятностей всех возможных значений случайной величины X , меньших чем x . Такая функция всегда разрывная, ступенчатая (рис. 1.1 б): от $-\infty$ до x_1 включительно функция равна нулю, в точке x_1 происходит скачок на величину P_1 , и функция остается постоянной до x_2 включительно и др., то есть возможным значениям случайной величины соответствуют скачки функции, равные вероятностям этих значений. Последний скачок на P_n происходит в точке x_n , и функция равна единице от x_n до $+\infty$. Таким образом, сумма всех скачков равна единице.

Плотность распределения $f(x)$ — первая производная (если она существует) функции распределения.

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}; \quad (1.6)$$

Плотность функции распределения $f(x)$ имеет следующие свойства (рис. 1.2):

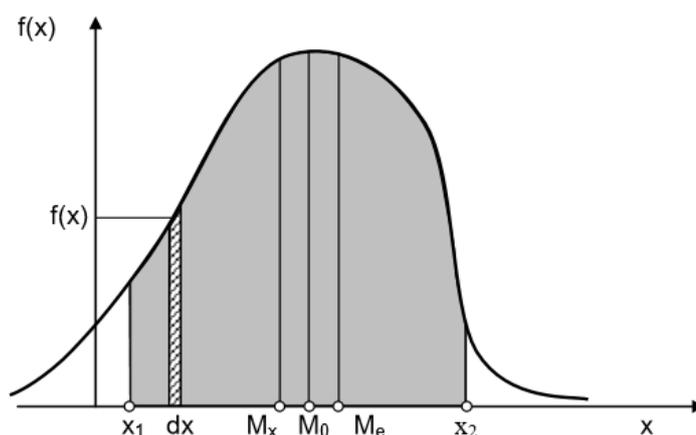


Рисунок.1.2. Дифференциальный закон распределения – плотность распределения $f(x)$.

1. Плотность распределения вероятностей является неотрицательной

функцией, т.е.

$$f(x) \geq 0; \quad (1.7)$$

Это свойство справедливо, так как $F(x)$ есть неубывающая функция.

2. Функция распределения случайной величины X равна определенному интегралу от плотности распределения вероятностей в пределах $(-\infty, x)$:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx; \quad (1.8)$$

3. Вероятность события, как и случайная величина X примет значение, заключенное в полуинтервале $[x_1, x_2]$, равна определенному интегралу от плотности распределения вероятностей на этом полуинтервале:

$$P(x_1 < X < x_2) = F(x_2) - F(x_1) = \int_{x_1}^{x_2} f(x)dx; \quad (1.9)$$

4. Интеграл плотности распределения в бесконечно большом интервале $(-\infty, +\infty)$ равен единице:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = P(-\infty < X \leq +\infty) = 1; \quad (1.10)$$

так как попадание случайной величины в интервал $-\infty < X < +\infty$ есть достоверное событие.

В большинстве случаев при обработке экспериментальных данных, основываясь на тех или иных гипотезах относительно свойств исследуемой случайной величины, удается записать функцию ее распределения (а следовательно, и плотность распределения как первую производную от функции распределения) с точностью до некоторых неизвестных параметров.

Для случайной величины, которая удовлетворяет так называемому нормальному закону распределения (закону распределения Гаусса), функцию распределения можно записать в виде:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-M_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx; \quad (1.11)$$

а для случайной величины, имеющей, например, распределение Вейбула–Гнеденко (для описания результатов экспериментов в случае хрупкого

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

разрушения металла, а также в испытаниях на многоцикловую усталость), функция распределения определяется следующим выражением:

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-x_H)^b}{c}}, \quad \text{при } X > x_H,$$

$$F(x) = 0, \quad \text{при } X \leq x_H. \quad (1.12)$$

В функциях (1.11) и (1.12) константы M_x, σ_x^2 и c, b, x_H являются параметрами распределений, причем первое из этих двух выражений относится к двухпараметрическому виду закона распределения, а второе — к трехпараметрическому.

Параметр распределения — от которой постоянная зависит функция распределения.

Следовательно, если известен вид функции распределения (каким-либо образом установлено, что случайная величина не противоречит тому или иному закону распределения), то для того, чтобы однозначно охарактеризовать случайную величину, достаточно задать только лишь параметры ее распределения.

Важнейшими параметрами распределения, задающими случайную величину X , являются ее математическое ожидание M_x (характеризует центр рассеивания) и дисперсия σ_x^2 (характеризует степень рассеивания).

Математическое ожидание M_x — среднее взвешенное по вероятностям значение случайной величины. Часто математическое ожидание называют момент 1-ого порядка.

Для дискретной случайной величины математическое ожидание определяется выражением:

$$M_x = \sum_i x_i \times p_i; \quad (1.13)$$

						Лист
					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где x_i — значения дискретной случайной величины, а $p_i = P(X=x_i)$.

Если предположить, что $p_i \approx W_i$, то для математического ожидания такой дискретной случайной величины, можно получить следующее значение:

$$M_x = 2 \cdot 0,06 + 3 \cdot 0,11 + 4 \cdot 0,17 + 5 \cdot 0,33 + 6 \cdot 0,22 + 7 \cdot 0,11 = 4,87.$$

Для непрерывной случайной величины математическое ожидание определяется интегралом:

$$M_x = \int_{-\infty}^{+\infty} x \times f(x) dx; \quad (1.14)$$

где $f(x)$ — плотность распределения непрерывной случайной величины.

Можно отметить, что геометрический смысл математического ожидания непрерывной случайной величины — это абсцисса центра тяжести фигуры под кривой плотности распределения $f(x)$. Выше казанное проиллюстрировано на рис. 1.2, где видно, что произведение $f(x)dx$ есть площадь элементарного участка под кривой $f(x)$, ax — абсцисса этого участка, т.е. расстояние от начала координат. Следовательно, интеграл (1.14) дает абсциссу центра тяжести всей площади фигуры под кривой $f(x)$.

Кроме математического ожидания центр рассеивания случайной величины можно еще охарактеризовать такими параметрами ее распределения, как мода и медиана.

Мода M_o — значение случайной величины, соответствующее локальному максимуму плотности вероятностей для непрерывной случайной величины или локальному максимуму вероятности для дискретной случайной величины.

Медиана M_e — значение случайной величины, для которого функция распределения принимает значение $\frac{1}{2}$, или имеет место «скачок» со значения, меньшего чем $\frac{1}{2}$, до значения, большего чем $\frac{1}{2}$.

Таким образом, для дифференциального закона распределения медиана есть такое значение непрерывной случайной величины X , которое делит пополам площадь под кривой плотности распределения $f(x)$.

Дисперсия случайной величины σ_x^2 — математическое ожидание случайной величины $(X - M_x)^2$ или центральный момент второго порядка.

Для дискретной случайной величины дисперсия определяется следующим математическим выражением:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - M_x)^2 \times p(x_i); \quad (1.15)$$

Для непрерывной случайной величины дисперсия определяется выражением:

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M_x)^2 \times f(x) dx; \quad (1.16)$$

где x — значения непрерывной случайной величины X ; $f(x)$ — плотность распределения; M_x — математическое ожидание.

Дисперсия имеет размерность квадрата единицы измерения случайной величины, а положительное значение квадратного корня из дисперсии называется средним квадратичным отклонением.

Среднее квадратичное отклонение σ_x — неотрицательный квадратный корень из дисперсии.

$$\sigma_x = +\sqrt{\sigma_x^2}; \quad (1.17)$$

Дадим определение еще одного важного параметра распределения случайной величины, который носит название **квантиль**.

Квантиль порядка P , x_p — значение случайной величины, для которого функция распределения принимает значение P или имеет место «скачок» со значения, меньшего чем P , до значения, большего чем P :

$$F(x_p) = P; \quad (1.18)$$

Из этого определения квантиля следует, что медиана Me — это квантиль порядка $1/2$, т.е. $Me = x_{0,5}$.

						Лист
					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вероятность попадания случайной величины X в интервал $[x_{p1}, x_{p2}]$ равна:

$$P(x_{p1} < X \leq x_{p2}) = P(X \leq x_{p2}) - P(X \leq x_{p1}) = F(x_{p2}) - F(x_{p1}) = P_2 - P_1$$

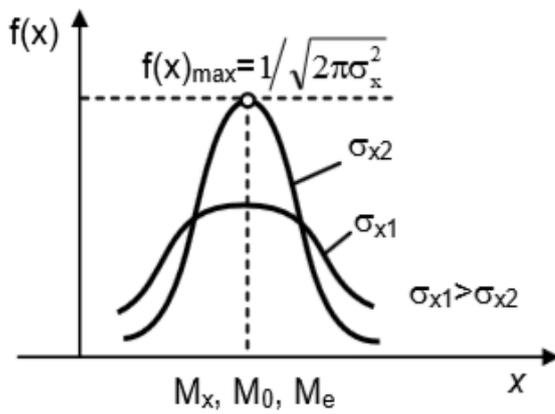
1.1.1 Нормальный закон распределения.

Функция распределения $F(x)$ и соответствующая ей плотность распределения $f(x)$ представляют собой некоторую математическую модель свойств исследуемой случайной величины (отклика), значения которой регистрируются в ходе эксперимента. Поэтому одной из основных задач статистической обработки опытных данных является нахождение таких функций распределения, которые, с одной стороны, достаточно хорошо описывали бы наблюдаемые значения случайной величины, а с другой — были бы удобны для дальнейшего статистического анализа.

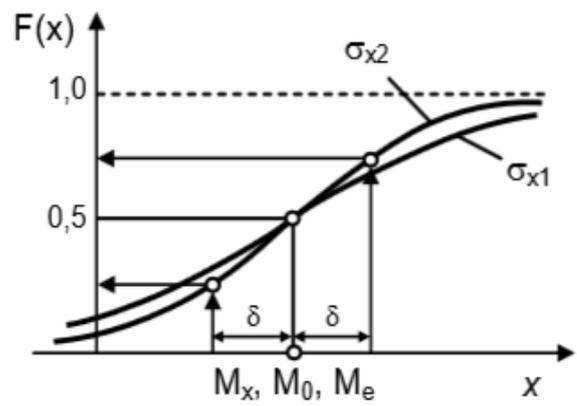
При этом вид функции распределения предпочтительно выбирать на основе представлений о физической природе рассматриваемого явления, так как в этом случае исключаются возможные погрешности при распространении найденных закономерностей за пределы изучаемого в эксперименте интервала варьирования (изменения) случайной величины (отклика).

Из всех изученных к настоящему времени случайных величин при обработке экспериментальных данных исследователи чаще всего оперируют со случайными величинами, которые имеют так называемое нормальное (Гауссово) распределение (рис. 1.3).

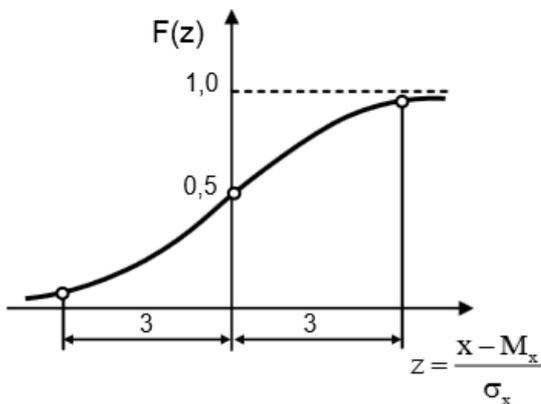
						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	18



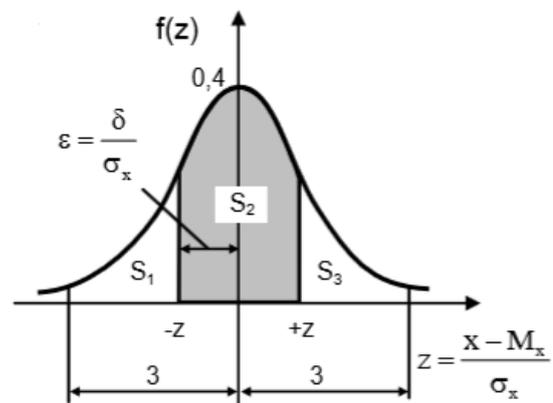
а



б



в



г

Рисунок.1.3. Плотность распределения (а, г) и функция распределения (б, в) при нормальном законе распределения случайных величин.

Согласно, центральной предельной теореме математической статистики, «при определенных условиях распределение нормированной суммы n независимых случайных величин, распределенных по произвольному закону, стремится к нормальному, когда n стремится к бесконечности». Необходимые условия, при которых эта теорема оказывается справедливой, состоят в том, что различные случайные величины должны иметь конечные дисперсии и дисперсия любой случайной величины не должна быть слишком большой по сравнению с дисперсиями других.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

При обработке экспериментальных данных эта теорема имеет очень большое значение, поскольку отклик становится случайной величиной в результате влияния неконтролируемых факторов, число которых, скорее всего, стремится к бесконечности.

Если при проведении опытов все наиболее существенные факторы контролируются, то воздействие на отклик каждого из неконтролируемых факторов не должно быть слишком большим по сравнению с остальными неконтролируемыми факторами.

Другими словами, та дисперсия (рассеивание) отклика, которую вызывает какую-либо из неконтролируемых факторов, не должна сильно отличаться от дисперсий, связанных с влиянием остальных неконтролируемых факторов. В противном случае фактор, дисперсия от которого существенно отличается от других, должен быть переведен в разряд контролируемых.

Следовательно, если при планировании эксперимента учтены все наиболее существенные факторы и затем, при проведении опытов, они контролируются, то при обработке экспериментальных данных можно предполагать, что отклик не должен противоречить нормальному распределению.

Большинство других распределений, которые используются в математической статистике (Стьюдента, Фишера, Пирсона, Кохрена, а также распределения, по которым составлены различные критериальные таблицы), получены на основе нормального распределения. Нельзя абсолютизировать значение нормального распределения. Не все случайные величины распределены по нормальному закону. На практике, если явление подвержено действию многих случайных факторов, их суммарное воздействие вполне можно описать с помощью нормального закона. Как уже было отмечено, для случайной величины, которая не противоречит

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			20

нормальному закону, функция распределения (1.11) и соответствующая ей плотность распределения:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \times e^{-\frac{[x-M_x]^2}{2\sigma_x^2}} \quad (1.20)$$

определяются двумя параметрами: M_x — математическим ожиданием и σ_x^2 — дисперсией.

Некоторые свойства нормального закона распределения:

1. Кривая плотности распределения симметрична относительно значения M_x , называемого иногда *центром распределения*.
2. При больших значениях σ_x^2 кривая $f(x)$ более пологая, т.е. σ_x^2 является мерой величины рассеивания значения случайной величины около значений M_x . При уменьшении параметра σ_x^2 кривая нормального распределения сжимается вдоль оси OX и вытягивается вдоль $f(x)$.
3. Максимум ординаты кривой плотности распределения определяется выражением:

$$f_{max} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \quad (1.21)$$

что при $\sigma_x^2=1$ соответствует значению примерно 0,4.

4. Для нормального распределения математическое ожидание, мода и медиана совпадают:

$$M_x = M_o = M_e \quad (1.22)$$

В ряде случаев рассматривается не сама случайная величина X , а ее отклонение от математического ожидания:

$$Y = X - M \quad (1.23)$$

Такая случайная величина Y называется **центрированной**. Отношение случайной величины X к ее среднему квадратичному отклонению

$$V = \frac{X}{\sigma_x} \quad (1.24)$$

называется **нормированной случайной величиной**.

Таким образом, **центрированная случайная величина** — разность между данной случайной величиной и ее математическим ожиданием, а **нормированная случайная величина** — отношение данной случайной величины к ее среднему квадратичному отклонению.

Очевидно, что математическое ожидание центрированной случайной величины равно нулю, $M_y = 0$, а дисперсия нормированной случайной величины равна единице, $\sigma_V^2 = 1$.

Приведенная случайная величина — центрированная и нормированная случайная величина:

$$Z = \frac{X - M_x}{\sigma_x} \quad (1.25)$$

Математическое ожидание и дисперсия приведенной случайной величины Z равны соответственно нулю, $M_z = 0$, $\sigma_V^2 = 1$.

Нормальное распределение с параметрами $M_z = 0$ и $\sigma_V^2 = 1$ называется **стандартным (нормированным)**.

Для приведенной случайной величины нормальное стандартное распределение принимает вид:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \Phi(z); \quad (1.26)$$

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} = \phi(z); \quad (1.27)$$

Графики этих функций показаны на рис. 1.3 в, г, причем

$$\Phi(-z) = 1 - \Phi(z); \quad (1.28)$$

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

$$\phi(-z) = \phi(z) \quad (1.29)$$

Рассмотрим график плотности стандартного нормального распределения (рис.1.3 г)

1.1.2 Экспоненциальное распределения.

Экспоненциальное (показательное) распределение - абсолютно непрерывное распределение, моделирующее время между двумя последовательными свершениями одного и того же события.

Случайная величина X распределена по **показательному закону** распределения с параметром λ , если её плотность вероятности имеет вид: λ

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ \lambda \times e^{-\lambda \times x}, & x \geq 0; \end{cases}$$

Функция распределения имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1 - e^{-\lambda \times x}, & x \geq 0; \end{cases}$$

Математическое ожидание и дисперсия для случайной величины, распределенной по показательному закону, находятся по формулам:

$$M(X) = \frac{1}{\lambda}; \quad D(X) = \frac{1}{\lambda^2};$$

$$f(0) = \lambda \times e^0 = \lambda;$$

$$F(0) = 1 - e^0 = 1 - 1 = 0;$$

$$f(\infty) = \lambda \times e^{-\infty} = \frac{\lambda}{e^{\infty}} \rightarrow 0;$$

$$F(\infty) = 1 - e^{-\infty} = 1 - \frac{1}{e^{\infty}} = 1 - 0 = 1;$$

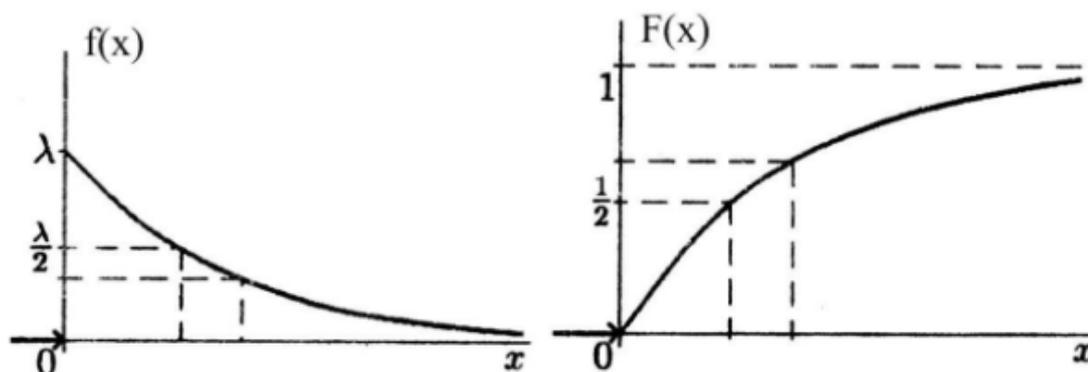


Рисунок.1.4. График экспоненциального распределение.

То есть при $x \rightarrow \infty F(x) \rightarrow 1$

1.1.3 Закон равномерной (равной) плотности.

В некоторых задачах встречаются непрерывные случайные величины, все возможные значения которых лежат в пределах определённого интервала и равновероятны. Говорят, что они распределяются по закону равномерной плотности[]

Рассмотрим случайную величину, подчинённую закону равномерной плотности на участке от α до β .

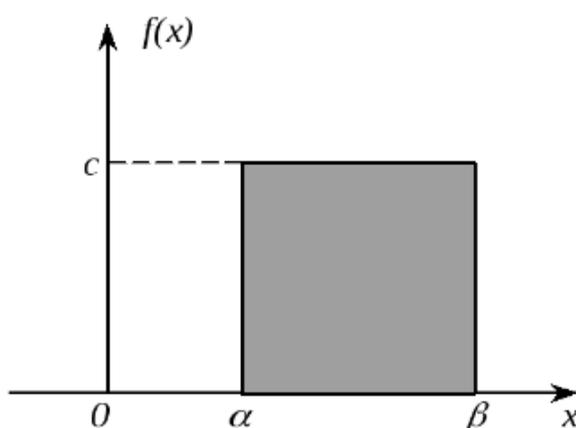


Рисунок.1.5. График равномерной плотности

Плотность распределения $f(x)$ постоянна и равна C на участке от α до β . Вне этого отрезка она равна 0.

$$f(x) = \begin{cases} c, & \alpha < x < \beta \\ 0, & x < \alpha \text{ или } x > \beta \end{cases};$$

Распределения равна 1:

$$c(\beta - \alpha) = 1;$$

$$c = \frac{1}{\beta - \alpha};$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < \alpha \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \text{при } \alpha < x < \beta; \\ 1 & \text{при } \beta < x \end{cases}$$

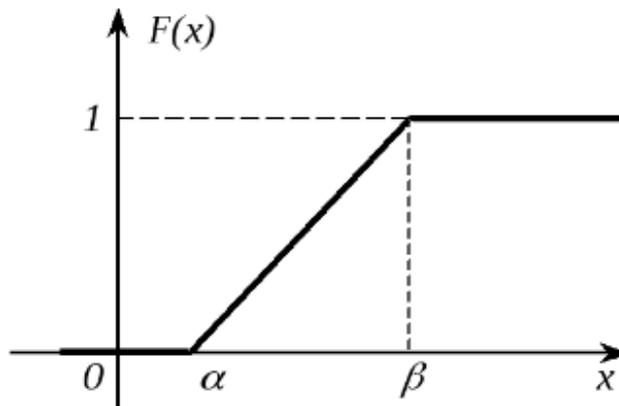


Рисунок 1.6. График равномерного распределения

Определим основные числовые характеристики случайной величины с равномерным распределением на участке от α до β :

Математическое ожидание:

$$m_x = \int_{\alpha}^{\beta} \frac{x}{\beta - \alpha} dx = \frac{\alpha + \beta}{2};$$

В силу симметричности распределения медиана также равна $\frac{\alpha + \beta}{2}$. Моды у закона равномерной плотности нет.

Дисперсия:

$$D_x = \mu_2 = \frac{1}{\beta - \alpha} \int_{\alpha}^{\beta} x - \frac{\alpha + \beta}{2} dx = \frac{(\beta - \alpha)^2}{12};$$

Среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} = \frac{\beta - \alpha}{2\sqrt{3}};$$

Асимметрия у симметричного распределения равна нулю.

$$S_k = 0$$

Для определения эксцесса находим четвёртый центральный момент:

$$\mu_4 = \frac{1}{\beta - \alpha} \int_{\alpha}^{\beta} x - \frac{\alpha + \beta}{2} dx = \frac{(\beta - \alpha)^4}{80}$$

$$E_x = \frac{\mu_4}{\sigma_4} - 3 = -1,2$$

Среднее арифметическое отклонение:

$$v_1 = \frac{1}{\beta - \alpha} \int_{\alpha}^{\beta} \left| x - \frac{\alpha + \beta}{2} \right| dx = \frac{2}{\beta - \alpha} \int_{\frac{\alpha + \beta}{2}}^{\beta} x - \frac{\alpha + \beta}{2} dx = \frac{\beta - \alpha}{4};$$

Найдём вероятность попадания случайной величины X в участок $[a, b]$.

$$P(a < X < b) = \frac{b - a}{\beta - \alpha};$$

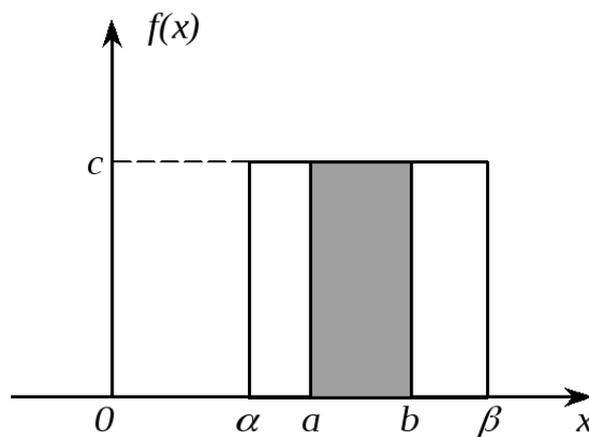


Рисунок 1.7. К определению вероятности $P(a < X < b)$

1.1.4 Графическое представление экспериментальных данных.

Графическое представление экспериментальных данных является наиболее наглядным (например, по сравнению с табличным или аналитическим), позволяет выявить общий характер функциональной зависимости изучаемых физических величин, сравнительно легко установить наличие экстремумов функции, пределов увеличения (уменьшения) функций.

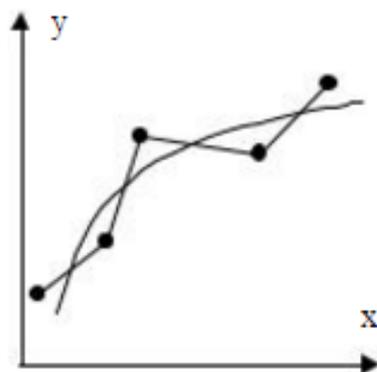


Рисунок 1.8а.

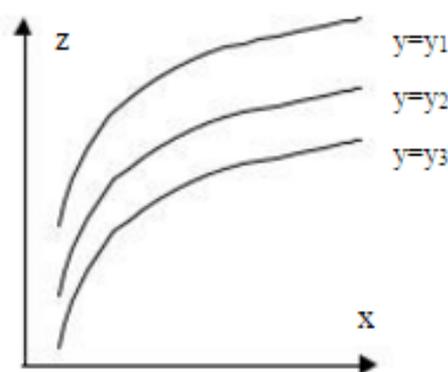


Рисунок 1.8б.

Обычно при графическом представлении применяют прямоугольную систему координат. На плоскости наносят точки, отображающие экспериментальные данные (рис. 1.8а). Если попытаться провести линию через все точки (в предельном случае – соединить точки отрезками прямых), то она будет иметь резкие искривления (в предельном случае – это будет

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ломаная линия). В естественных процессах такие искривления (на математическом языке – быстрые изменения первой производной) встречаются редко. Поскольку в экспериментальных данных всегда присутствуют ошибки измерения, график, проведенный через все экспериментальные точки, фактически отражает воздействие случайных мешающих факторов на результат измерения, а не исследуемое физическое явление. Поэтому при построении графика стараются провести плавную линию, как можно ближе проходящую ко всем экспериментальным точкам.

Иногда при построении графика выясняется, что некоторые точки резко удалены от кривой. В этих случаях, если нет оснований предполагать наличие скачка функции, резкое отклонение, скорее всего, объясняется грубой ошибкой измерения или промахом. Эксперимент следует повторить в диапазоне резкого отклонения данных.[2]

Графики функций, имеющие сложный немонотонный вид (например, имеющие экстремумы), требуют тщательного вычерчивания в зонах изгибов и перегибов. На этих участках шаг изменения независимой переменной в эксперименте должен быть значительно меньше, чем на плавных участках.

Часто при проведении экспериментальных измерений приходится иметь дело с функцией двух переменных $z=f(x,y)$. В этом случае одну из переменных, например y , при построении используют в качестве параметра. В результате график (рис. 1.4б) представляет собой семейство кривых $z=f(x)$ при $y=y_1, y=y_2, \dots, y=y_n$.

Еще одна проблема при построении графика – рациональный выбор масштаба. Для увеличения точности построения необходимо, чтобы график заполнял всю площадь листа. Поэтому следует определить диапазон изменений переменных по координатным осям и соответствующим образом выбрать шкалы осей.

Приведенные рекомендации могут оказаться недостаточными, если одна или обе переменные имеют большой диапазон изменений, например, несколько порядков. В этом случае применяют полулогарифмический $y=f(lgx)$ или логарифмический $lgy = f(lgx)$ масштабы. Например, при построении частотной характеристики радиотехнического устройства широко применяется следующая разновидность логарифмического масштаба: по оси абсцисс откладывается частота в декадах $lg\omega$, а по оси ординат – амплитуда в децибелах $20lgA$.

1.1.5 Аппроксимация экспериментальных данных.

Термин аппроксимация означает замену одних математических объектов другими, более простыми и в том или ином смысле близкими к исходным [2].

Задача аппроксимации может возникнуть, при обработке экспериментальных данных, когда в результате некоторых измерений получена связь независимой переменной x и зависимой переменной y в виде таблицы значений (табл. 1.1).

Таблица 1.1

x	x_1	x_2	x_3	...	x_k
y	y_1	y_2	y_3	...	y_k

Простейший пример такого эксперимента – измерение напряжения на выходе электрической цепи при различных значениях какого-либо параметра цепи или параметров входного воздействия. В результате процедуры аппроксимации должна быть получена аналитическая связь – функция $y=f(x)$, которая в дальнейшем может быть использована в расчетах как характеристика электрической цепи в целом.

Задача аппроксимации возникает также и в случае, когда для относительно сложной функции требуется получить более простое выражение, которое легко интегрируется или анализируется тем или иным стандартным методом.

$$f(x) \approx f(x_0) + \frac{x-x_0}{1} \times f'(x_0) \text{ при } x - x_0 \ll 1 \quad (1.30)$$

$$(1+x)^n \approx 1 + n \times x;$$

$$\ln(1+x) \approx x;$$

$$\sin x \approx x; \cos x \approx 1 \text{ при } x \ll 1.$$

Качество аппроксимации может быть оценено двумя показателями: точность аппроксимации и простота аппроксимирующей функции, причем эти показатели противоречивы.

Процедура аппроксимации включает два этапа:

- выбор типа аппроксимирующей функции (это может быть многочлен степени n , в частности, при $n=1$ и $n=2$ это соответственно прямая и парабола, экспонента, синусоида, гипербола, логарифмическая функция и другие функции);
- выбор параметров аппроксимирующей функции (коэффициентов многочлена, показателя экспоненты, амплитуды, частоты и фазы синусоиды и т.д.), обеспечивающих наилучшее приближение аппроксимирующей функции к исходным данным. При этом обязательно должен быть заранее сформулирован критерий оценки качества приближения.

Если исходная экспериментальная или расчетная зависимость задана в виде набора точек (x_i, y_i) , $i=1, 2, \dots, k$, где k - количество точек, то при аппроксимации возникает естественное желание наиболее полно использовать имеющуюся информацию: то есть подобрать такую функцию, значения которой во всех точках x_i совпадают со значениями y_i .

Интерполяционный многочлен n -порядка в виде суммы $(n+1)$ слагаемых:

$$P(x) = y_1 \times \frac{(x - x_2) \times (x - x_3) \dots (x - x_{n+1})}{(x_1 - x_2) \times (x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_{n+1})} + y_2 \frac{(x - x_1) \times (x - x_3) \dots (x - x_{n+1})}{(x_2 - x_1) \times (x_2 - x_3) \dots (x_2 - x_{n+1})} + y_{n+1} \frac{(x - x_1) \times (x - x_2) \dots (x - x_n)}{(x_{n+1} - x_1) \times (x_{n+1} - x_2) \dots (x_{n+1} - x_n)} ; \quad (1.31)$$

Интерполяционный многочлен (1.30) – частный случай аппроксимирующей функции – позволяет вычислить значение $f(x)=P_n(x)$ для любого x , причем в узлах интерполяции – точках (x_i, y_i) выполняется условие

$$P_n(x_i) = y_i, \quad i = 1, \dots, n+1.$$

Интерполяционный многочлен n -го порядка проходит через $k = n + 1$ исходных точек. Если точек достаточно много, то и многочлен будет иметь высокую степень, то есть аппроксимирующая функция получится сложной. Кроме того, стремление провести аппроксимирующую функцию через исходные точки, особенно при их экспериментальном происхождении, не разумно из-за наличия ошибок измерения. Поэтому следует ограничиться невысокой степенью многочлена $n = 1, 2, 3$, так, чтобы график аппроксимирующей функции, соответственно прямая, парабола или кубическая парабола, адекватно отражал общий ход экспериментальной

зависимости.

При таком подходе количество определяемых параметров аппроксимирующей функции меньше количества точек k , используемых для этого. Поэтому необходимо выбрать специальные критерии качества аппроксимирующей функции. На практике чаще других используются следующие два критерия: ***критерий равномерного приближения и критерий наименьших квадратов.***

1.1.6 Статистическая обработка экспериментальных данных.

При проведении измерений в рамках научных экспериментов получают некоторые результаты, которые носят случайный характер. Для характеристики этого факта используется термин "неопределенность результата измерения". Уменьшение неопределенности результата измерения возможно путем многократного повторения эксперимента и дальнейшего анализа результатов – статистической обработки.

При наличии некоторого большого массива измерений может быть поставлена задача определения закона распределения случайной величины или проверки гипотезы о том или ином законе распределения. При относительно небольшом числе измерений можно поставить задачу определить, хотя бы приближенно, важнейшие числовые характеристики случайной величины. Например, если заранее известно, что случайная величина X имеет нормальное распределение, необходимо определить его параметры: математическое ожидание m_x и среднеквадратическое отклонение σ_x .

Значение параметра, вычисленное на основе ограниченного числа опытов, всегда будет случайным. Поэтому следует говорить не об определении, а об оценке параметра. Ошибка в оценке в среднем тем больше, чем меньше значение n .

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

Оценка параметра закона распределения должна отвечать следующим требованиям:

- *состоятельность* – при увеличении числа наблюдений ($n \rightarrow \infty$) оценка параметра должна стремиться к его истинному значению;
- *несмещенность* – математическое ожидание оценки параметра должно быть равно его истинному значению (отсутствие систематической ошибки);
- *эффективность* – дисперсия оценки параметра должна быть минимальной.

Различают *генеральную* и *выборочную* совокупности измерений. Генеральная совокупность – это множество результатов всех измерений, которые в принципе можно провести.

Генеральная совокупность может быть конечной (например, при определении среднего роста студентов университета можно действительно измерить рост всех студентов без исключения) или бесконечной (например, при определении среднего значения шума можно сделать сколь угодно много измерений его мгновенных значений).

Выборочная совокупность (выборка из генеральной совокупности) предполагает ограниченное, относительно небольшое число измерений (например, при изучении общественного мнения россиян в опросе обычно участвуют не более 0,01% населения).

Формулы для оценок математического ожидания \tilde{m}_x и дисперсии \tilde{D}_x случайной величины X , полученных по результатам измерений x_i из выборки объемом n . (Символ « \sim » означает статистическую оценку, а не истинное значение параметра.)

$$\tilde{m}_x = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\overline{D}_x = \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \overline{m}_x) \quad (1.32)$$

Эти оценки удовлетворяют требованиям состоятельности и несмещенности, а при нормальном законе распределения случайной величины X – требованию эффективности. Далее мы ограничимся рассмотрением только нормально распределенных случайных величин.

Оценки в виде числа \overline{m}_x или \overline{D}_x называются точечными. В ряде задач требуется не только найти подходящее численное значение параметра, но и оценить точность этого значения. Такая задача особенно актуальна при малом объеме выборки, когда точечная оценка параметра в значительной мере случайна. Чтобы дать представление о точности и надежности оценки используются понятия *доверительный интервал* и *доверительная вероятность*.

1.2 Виды методов испытаний.

Для обеспечения качества работ при окончательном контроле — приемо-сдаточных испытаниях, периодических, квалификационных, типовых и внеплановых испытаниях, испытаниях на надежность и на соответствие утвержденному типу готовой продукции. Контроль за соответствующей требованиям ТУ приборов и для недопущения поставки (реализации) потребителям продукции при отрицательных результатах - существуют определенные методы проведения испытаний [3].

Под окончательным контролем следует понимать контроль продукции, по результатам которого принимается решение об ее пригодности к поставкам и использованию. Требования к окончательному контролю и испытаниям устанавливаются в НД на данный вид продукции и следующих государственных правилах и стандартах: ПР 50.2.104, ПР 50.2.105, ПР 50.2.106, ПР 50.2.107, ГОСТ 15.3009, ГОСТ Р15.201.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

Виды методов испытаний:

1) *Приемо-сдаточные испытания* проводят для подтверждения соответствия выпускаемой продукции требованиям ТУ и возможности ее приемки.

2) *Периодические испытания* проводят для:

- периодического подтверждения качества продукции, контроля стабильности технологического процесса в течение контролируемого периода;
- подтверждения возможности изготовления изделий по действующей документации и их приемки;
- подтверждения эффективности статистических методов контроля, применяемых при приемочном контроле.

3) *Испытания на надежность* проводят для контроля соответствия значений показателей надежности изделий требованиям стандартов. ТУ на изделия и технического задания на разработку изделия, а также для выявления и устранения причин отказов, и разработки рекомендаций по повышению надежности.

4) *Квалификационные испытания* проводят для подтверждения готовности предприятия к выпуску новой продукции данного типа, соответствия ее технической документации, подтверждения возможности изготовления данной продукции на разработанной оснастке.

5) *Типовые испытания* проводят с целью оценки эффективности и целесообразности предлагаемых измерений в конструкции изделия.

6) *Испытания на соответствие утвержденному типу* проводят для продления срока действия сертификата об утверждении типа средств измерений.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				35

1.3 Классификация приборов.

1.3.1 Показывающий и регистрирующий прибор Технограф-160. Общая характеристика и принцип работы прибора.

Технограф-160 — это показывающие и регистрирующие приборы, предназначенные для измерения и регистрации по двенадцати каналам (К1-К9, КА, КВ, КС) напряжения и силы постоянного тока, а также неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы постоянного тока или активное сопротивление [4].

Прибор позволяет осуществить:

- позиционное регулирование;
- индикацию номера канала на одноразрядном табло и значения измеряемой величины на четырехразрядном;
- аналоговую, цифровую или комбинированную регистрацию на диаграммной ленте;
- Обмен данных по каналу RS-232 или RS-485 с ПК;
- Измерение и регистрацию мгновенного расхода (корнеизвлечение), а также регистрацию среднего или суммарного значения расхода за час.

Регистрация осуществляется шестицветной фломастерной печатающей головкой, ресурс записи один миллион точек для каждого цвета. Параметры интерфейса: скорость передачи 2400 бит/с, 8 бит данных, 2 стоп-бита, без контроля на четность и без сигналов готовности.

Технические характеристики:

Прибор Технограф-160 предназначен для преобразования выходных сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009 [5], сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585-2001 [6], сигналов постоянного напряжения и силы постоянного тока по ГОСТ 26.011-80 [7] в значения параметра.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	36

При входных сигналах по ГОСТ 26.011-80 зависимость измеряемой величины от входного сигнала может быть линейной по формуле (1.33) или корнеизвлекающей по формуле (1.34):

$$\gamma = \gamma_0 + (x - x_0) \times \frac{\gamma_k - \gamma_0}{x_k - x_0} \quad (1.33)$$

$$\gamma = \gamma_0 + (\gamma_k - \gamma_0) \sqrt{\frac{x - x_0}{x_k - x_0}} \quad (1.34)$$

Где γ – текущий результат измерений; γ_0 , - нижний предел диапазона измерений, в единицах измеряемой физической величины; γ_k – верхний предел диапазона измерений, в единицах измеряемой физической величины;

Виды входных сигналов, поступающих на прибор от первичных преобразователей, диапазоны и коды диапазонов измерений соответствуют указанному РЭ [4] и выбираются с помощью клавиатуры.

Зона возврата сигнализации составляет не более 1,5% от нормирующего значения. При проведении испытаний должны соответствовать следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20±5) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа;
- напряжения питания силовой цепи (220⁺²²/₋₃₃)В;
- частота тока питания (50±1) Гц;
- коэффициент высших гармоник не более 5 %;
- отсутствие вибрации, тряски и ударов, влияющих на работу прибора.

Таблица 1.2

Основная приведенная погрешность	Пределы допускаемого значения погрешности, %, для входных сигналов	
	Без термокомпенсации	С термокомпенсацией
По показаниям и цифровой регистрации, по сигнализации и регулированию	$\pm 0,25$	$\pm(0,25 + \frac{1}{D} \times 100)$
По аналоговой регистрации	$\pm 1,0$	$\pm(1,0 + \frac{1}{D} \times 100)$

Время установление рабочего режима для сигналов с температурной компенсацией ТЭДС свободных концов термопары не более 2 часов, для сигналов без температурной компенсации — 30 минут.

Показания прибора по каждому каналу измерений представлены на цифровом табло в единицах измеряемой физической величины. Прибор сравнивает измеряемые параметры с уставками, задаваемыми с клавиатуры, а также одновременно выдают двухпозиционные выходные сигналы на каждый канал либо двухпозиционные сигналы на все каналы. Также прибор позволяет формировать две уставки (УСТ1, УСТ2) на прибор или каждый канал. Каждая уставка может задаваться одним из четырех видов «меньше» и «больше», «регулирование» и «отключено». И обеспечивает отключение измерения любого количества каналов.

Технограф обеспечивает индикацию результата измерения по всем каналам или по одному из каналов при регистрации результатов измерения

						Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

по всем каналам. Регистрация значений измеряемых параметров каждого канала измерения производится в цифровой или аналоговой форме на диаграммной ленте в циклическом режиме шестицветной фломастерной печатающей головкой. Выбор цвета регистрации для каждого канала произволен.

А также данный прибор имеет автоматический контроль исправности по всем входящим платам, программно-кодovou защиту от несанкционированного доступа с клавиатуры в базу данных. Технограф обеспечивает хранение введенных значений параметров и счет текущего времени при перерывах электропитания, равных сроку службы литиевых батарей (5 лет).

Технограф-160 имеет следующие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 5 до 50°C;
- относительная влажность до 80 % при 35°C и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферное давление от 66 до 106,7 кПа;

Входное сопротивление прибора:

- при входных сигналах постоянного напряжения должно быть не менее 500 кОм;
- при входных сигналах силы постоянного тока не более 50 Ом.

Степень защиты приборов по ГОСТ 14254-96[8]:

- с фронтальной стороны – IP54;
- с остальных сторон – IP20.

Технограф сохраняет свои характеристики при воздействии:

- внешнего переменного магнитного поля частотой 50 Гц и напряженностью до 40 А/м;

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

- помех общего и нормального вида частотой 50 Гц и действующим значением до 10 В и 20 % от диапазона измерений соответственно.

Принцип действия функционального прибора:

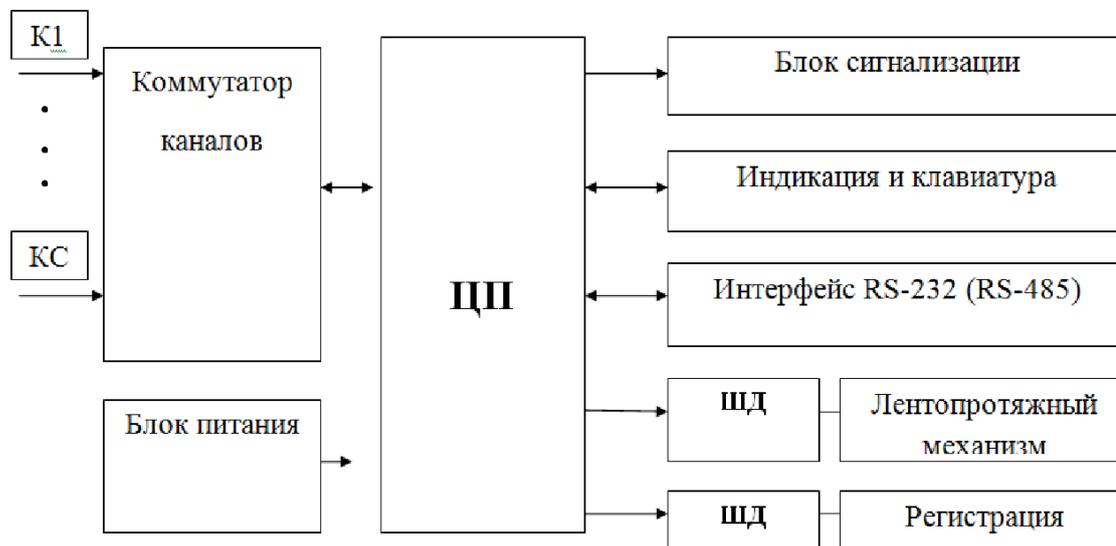


Рисунок.1.9. Функциональная схема Технографа-160: ЦП – центральный процессор, ШД – шаговый двигатель, К1...КС – каналы.

Плата коммутатора каналов с помощью реле поочередно подключает двенадцать датчиков к плате ЦП. Коммутация цепей датчиков осуществляется при помощи реле в соответствии с управляющими сигналами, поступающими с платы ЦП.

Плата центрального процессора состоит из функциональных узлов:

- 24-разрядный дельта-сигма аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- микропроцессор (МП);
- часы реального времени с литиевым элементом питания;
- интерфейс RS-232 (RS-485);
- схемы управления шаговыми двигателями (для лентопротяжного механизма и для устройства записи).

Для увеличения помехоустойчивости АЦП, МП и интерфейс питаются от отдельных источников питания и управляются через оптроны. Входные сигналы с измерительных входов через релейный коммутатор поочередно поступают на вход АЦП и измеряются. Цифровой код входной величины в дальнейшем обрабатывается в микропроцессоре: проводится линеаризация, сравнение с уставками, вычисление средних значений и так далее.

МП управляет шаговыми двигателями и производит запись результатов измерения на диаграммной бумаге; выдает результаты измерения через интерфейс на ПК; обеспечивает управление индикатором и платой выходных реле.

Плата индикации выполнена на семисегментных светодиодных индикаторах зеленого цвета.

Клавиатура пленочного типа.

Блок сигнализации обеспечивает сигнализацию выхода параметра за заданное значение.

После обработки входного сигнала МП сравнивает измеренную величину входного сигнала с заданным значением. Если параметр меньше/больше заданного значения, то микропроцессор передает сигнал для включения реле того канала, параметр которого вышел за пределы заданного значения.

Контакты реле замыкаются, что и является сигналом выхода за норму. Когда входной сигнал уменьшится или увеличится на 1,5 % от заданного значения (в зависимости от уставки УСТ2 и УСТ1), реле разомкнет контакты.

Блок питания обеспечивает необходимыми напряжениями все платы. Для питания цифровой части прибора используется импульсный источник. А для питания АЦП на плате питания установлен маломощный силовой трансформатор.

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			41

1.3.2 Калибратор - измеритель стандартных сигналов КИСС-03. Общая характеристика и принцип работы прибора.

КИСС-03 — калибратор-измеритель стандартных сигналов, предназначен для поверки, настройки и поверки показывающих и регистрирующих приборов, различных измерительных комплексов, а также может применяться при выполнении пуско-наладочных работ в различных отраслях промышленности [9].

- Основными функциями прибора являются следующие функции:
- измерение значений постоянного тока или напряжения;
- измерение сопротивления;
- измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивления (ТС) с номинальной статистической характеристикой преобразования 50М,100М, 50П, 100П, Pt100, подключенных по 4-проводной линии связи [5];
- измерение температуры с помощью термопар (ТП) типа S, K, L,B, A-1, N, J[6] с компенсацией температуры «холодных» спаев;
- генерация постоянного тока или напряжения с возможностью плавной регулировки и задания от одного до шести значений генерируемого параметра. Вывод значений осуществляется циклически, с помощью нажатия одной клавиши. Имеется возможность изменять направление вывода значений;
- генерация ТЭДС ТП типов S, K, L,B, A-1, N, J с возможностью компенсации ТЭДС «холодных» спаев и плавной регулировки;
- Генерация и измерение постоянного тока и/или напряжения одновременно, с возможностью установки одного значения генерируемого параметра.

Технические характеристики:

КИСС-03 работает в трех основных режимах:

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			42

- измерение;
- генерация;
- измерение и генерация одновременно.

Характеристики основных функций прибора приведены в таблице 2а

Таблица 2а

Функция прибора	Диапазон	Разрешающая способность	Кол. индицируемых разрядов	Примечание
Измерение напряжения	±0,500000 В	1 мкВ	6	—
	±2,50000 В	10мкВ		
	±12,5000 В	100мкВ		
Измерение тока	±22,000 мА	1 мкА	5	—
Измерение сопротивления	От 0 до 200,00 Ом	0,01Ом	5	—
	от 0 до 2000,0 Ом	0,1 Ом		
Измерение температуры с помощью ТС	ТСМ50,ТСМ100 ($W_{100}=14,280$); ТСП50,ТСП100 ($W_{100}=1,3910$); Pt100 ($W_{100}=1,3850$) в диапазоне ТСМ: - 100 до +200°C ТСП,Pt100: -185 до +850 °C	0,1 °C	4	Подключение по 4-проводной линии с сопротивлением каждой линии не более 50м

Измерение температуры с помощью ТП	Согласно табл.3	0,1 °С	5	Общее сопротивление линий ТП — не более 100 Ом
Генерация напряжения	От 0 до 0,100000 В	1 мкВ	6	При токе нагрузки не более 2,5 мА
	От 0 до 1,00000 В	10 мкВ		
	От 0 до 11,0000 В	100 мкВ		
Генерация тока	От 0 до 22,000 мА	1 мкА	5	Сопротивление нагрузки от 50 до 500 Ом
Генерация ТЭДС ТП	От 0 до 100,000 мВ	1 мкВ	5	—
Таблица значений ТС	ТСМ50,ТСМ100 (W ₁₀₀ =14,280); ТСП50,ТСП100 (W ₁₀₀ =1,3910); Pt100 (W ₁₀₀ =1,3850) в диапазоне ТСМ: -100 до +200°С ТСП,Pt100: -185 до +850 °С	0,01Ом	5	—

Диапазон генерации сигналов силы постоянного тока на нагрузке не более 500 Ом должен быть от 0 до 22,000мА.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				44

Функция прибора	Диапазон	Дискретность изменения значений
Генерация напряжения	От 0 до 0,100000 В	10 мкВ
	От 0 до 1,00000 В	100 мкВ
	От 0 до 11,0000 В	1 мВ
Генерация тока	От 0 до 22,000 мА	1 мкА
Генерация ТЭДС ТП	—	1 °С

Диапазоны измерения напряжения постоянного тока должны быть $\pm 12,5000\text{В}$; $\pm 2,50000\text{В}$; $\pm 0,500000\text{В}$.

Пределы допускаемой основной погрешности приведены на таблице 3:

Таблица 3

Функции прибора	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Примечание
Генерация напряжения	$\pm[0,05 + 0,0075 \left(\frac{U}{U_K} - 1\right)]$	Погрешность относительная U_K , I_K , R_K – контрольные значения; U , I , R – предельные значения диапазона измерения (генерации)
Генерация и измерение тока	$\pm[0,05 + 0,01 \left(\frac{I}{I_K} - 1\right)]$	
Измерение сопротивления	$\pm[0,08 + 0,05 \left(\frac{R}{R_K} - 1\right)]$	
Измерение напряжения	$\pm[0,05 + 0,0025 \left(\frac{U}{U_K} - 1\right)]$	
Измерение температуры		
Датчиком Pt100 из комплекта поставки	$\pm 0,5\text{ °С}$	—

Внешним датчикам -ТСМ; -ТСП ($W_{100}=1,3910;1,3850$): от -185,0 до +250,0 °С от +250,0 до +850,0 °С	$\pm 0,3$ °С $\pm 0,3$ °С $\pm 0,7$ °С	Без учета погрешности датчика
ТП	Согласно таблице 3а	
Генерация ТЭДС ТП		—

Характеристики генерации ТЭДС ТП и измерения температуры с помощью ТП типов S, K, L, В, А-1, N, J:

Таблица 3а

Типы термопар	Диапазон температур, °С	Поддиапазон, °С	Погрешность, °С	
			Измерения	Генерации
S	От -50 до 1768	От -50 до 100	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$
		от 101 до 200	$\pm 0,9$	$\pm 1,2$
		от 201 до 1400	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
		от 1401 до 1768		
K	От -130 до 1372	От -130 до 0	$\pm 1,0$	$\pm 0,7$
		от 1 до 400	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
		от 401 до 1200	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
			$\pm 0,9$	$\pm 0,5$
L	От -100 до 800	От -100 до 0	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$
		от 1 до 800	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

В	От 300 до 1820	От 300 до 499	Не нормируется	
		от 500 до 600	±1,5	±3,5
		от 601 до 1200	±1,0	±1,5
		от 1201 до 1820	±0,9	±1,3
А1	От 0 до 2500	От 0 до 1000	±1,5	±1,5
		от 1001 до 1800	±0,9	±0,9
		от 1801 до 2500	±2,0	±1,5
N	От -100 до 1300	От -100 до 1300	±0,5	±0,3
J	От -100 до 1100	От 100 до 0	±1,0	±0,7
		от 1 до 1100	±0,7	±0,5

Входное сопротивление прибора:

- при измерении постоянного напряжения: не менее 10 МОм;
- при измерении постоянного тока: не более 10 Ом.

Принцип действия прибора:

Прибор КИСС-03 содержит:

- Микропроцессор (МП);
- Жидкокристаллический индикатор (ЖКИ);
- Пленочную клавиатуру
- Цифро-аналоговый преобразователь (АЦП);
- Аналоговый коммутатор каналов;
- Энергонезависимую память;
- Блок питания (БП)
- Аккумуляторная батарея (АКБ);
- Стабилизатор напряжения +5В /-5В;
- Преобразователь напряжений ±15В;

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

- Источник опорного напряжения 2,5В

Узел включения питания.

Блок питания, кроме стабилизатора напряжения +9В, имеет схему заряда АКБ. Заряд производится постоянным током, значение которого не зависит от напряжения аккумуляторной батареи. После окончания зарядки аккумуляторной батареи происходит автоматическое выключение схемы заряда, что исключает перезаряд и разрушение аккумуляторной батареи.

На блок питания имеется переключатель рода работ: Р-З (работа-заряд). Установка переключателя в положение «Работа» применяется в случае питания прибора от сети. КИСС-03 в этом режиме питается постоянным напряжением +9В, аккумуляторная батарея полностью отключается от цепей электропитания. Перевод переключателя в положение «Заряд», приводит к включению схемы заряда аккумуляторной батареи, при этом электропитание прибора осуществляется постоянным напряжением +9В от стабилизатора напряжения блока питания. Процесс заряда аккумуляторной батареи инициируется свечением светодиода на лицевой панели блока питания.

Микропроцессор выполняет следующие функции:

- Управление клавиатурой;
- Управление и выдача информации на жидкокристаллический индикатор;
- Переключение каналов и выбор режима измерения;
- Математическая обработка результатов измерения;
- Контроль разряда аккумуляторной батареи и выключение прибора;
- Хранение и выполнение рабочей программы прибора.

В памяти микропроцессора содержатся сведения о характеристиках используемых термосопротивлением, термопарой и соотношения, необходимые для вывода на индикатор измеренной и заданной температуры

						Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

в градусах Цельсия.

Клавиатура пленочного типа позволяет выполнять следующие команды:

- Включать и выключать прибор;
- Выбирать необходимый режим измерения и/или генерации;
- Выбирать необходимый тип ТС или ТП;
- Вести диалог с рабочей программой;
- Вводить числовые значения физических величин в режиме генерации.

1.3.3 Датчики температур типа ТП (термопреобразователи), ТР (термосопротивления) без преобразователей и с преобразователями 4-20мА, 4-20мА/Hart, Profbus. Общая характеристика и принцип работы приборов.

Датчики температур предназначены для:

- Непрерывного измерения температур жидких, газообразных и сыпучих сред путем преобразования температуры в сопротивление или термоэлектродвижущую силу (ТЭДС) датчика;
- Преобразования измеренного значения температур в токовый выходной сигнал или в цифровой сигнал по протоколу Hart или Profibus (РА), или цифровое значение температуры для получения визуальной информации об измеряемой температуре с применением жидкокристаллического индикатора.

Датчики температур применяются для измерения, контроля и регулирования технологических процессов разных отраслей промышленности [10].

Датчики серии ТР представляют собой термопреобразователи сопротивления соответствующие требованиям [5], датчики серии ТП — преобразователи термоэлектрические, соответствующие требованиям [11].

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			49

Датчики имеют исполнение вида защиты «взрывонепроницаемая оболочка» или «искробезопасная цепь» и соответствует ГОСТ Р 51330.1-99 [12], ГОСТ Р 513.10-99 [13].

Датчики взрывозащищенного исполнения имеют маркировку по взрывозащите:

- «1ExdIICT6 X» - для вида защиты «взрывонепроницаемая оболочка»;
- «0ExiaIICT6 X» - для вида защиты «искробезопасная электрическая цепь».

Индекс X — означает особые условия применения. Если в месте установки датчика температур наружных частей объекта превышает +80°C, то необходимо теплоизолировать объекта так, чтобы температура корпуса и внешней защитной арматуры не превышала +85°C.

Датчики взрывозащищенного исполнения могут применяться на объектах в зонах класса 1 и 2 по ГОСТ 51330.0-99 [14], где возможно образование смесей горючих газов и паров с воздухом категории ПС по [14] температурной группы T1...-T6 включительно.

Корпуса, клеммные колодки и преобразователи датчиков по устойчивости к климатическим воздействиям соответствует исполнению УХЛЗ.1 или У1.1 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре окружающей среды от минус 50°C до 80°C, верхнем значении относительной влажности 98% при 25°C и более низких температурах без конденсации влаги, кроме датчиков с преобразователями с жидкокристаллическим индикатором, предназначенных для работы при температуре от минус 5°C до 50°C.

Степень защиты корпусов от внешних твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96 IP55, IP66, IP67, IP68 (в зависимости от исполнения корпуса).

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			50

Классификация датчиков по виду защиты и маркировке взрывозащиты:

Таблица 4

Исполнение датчика	Вид оборудования	Условия размещения
Датчики без преобразователей	Невзрывозащищенное	Безопасные зоны
Датчик без преобразователей	Взрывозащищенное, исполнение с маркировкой «1ExdIICT6 X» «0ExiaIICT6 X»	Взрывоопасные зоны*
Датчики с преобразователями обычного исполнения	Невзрывозащищенное	Безопасные зоны
Датчики с преобразователями обычного исполнения	Взрывозащищенное, исполнение с маркировкой «1ExdIICT6 X»	Взрывоопасные зоны
Датчики с преобразователями взрывозащищенного исполнения	Взрывозащищенное, исполнение с маркировкой «0ExiaIICT6 X»	Взрывоопасные зоны*

Примечание -* - датчики могут размещаться во взрывоопасной зоне при условии, что питание осуществляется от барьера искрозащиты или блока питания взрывозащищенного исполнения.

Принцип измерения:

В основе принципа измерения температуры датчика лежит:

- Преобразование изменения температуры в электрическое сопротивление чувствительного элемента для датчиков серии ТР;

- Преобразование изменения температуры в ТЭДС ЧЭ датчиков серии ТП;
- Преобразования измеренного значения температуры в токовый выходной сигнал и/или в цифровой сигнал Hart или RA, или цифровое значение температуры для получения визуальной информации об измеряемой температуре с применением ЖКИ;

Технические условия:

Технические характеристики датчиков серии ТР без преобразователей

Основные метрологические характеристики датчиков температуры без преобразователей серий ТР

Таблица 4.1

Класс допуска	Датчики с ЧЭ	
	Диапазон измеряемых температур, °С	Допускаемы отклонения по ГОСТ 6651-2009,°С
	Для датчиков серии ТР с НСХ Pt100 ($\alpha=0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), и 100П ($\alpha=0,00391 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$),	
АА	От минус 50 до 250	$\pm(0,1 + 0,0017 t)$
А	От минус 100 до 450	$\pm(0,15 + 0,002 t)$
В	От минус 196 до 650	$\pm(0,3 + 0,005 t)$
	Для датчиков серии ТР с НСХ 100М ($\alpha=0,00428 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$),	
А	От минус 50 до 120	$\pm(0,15 + 0,002 t)$
В	От минус 50 до 180	$\pm(0,3 + 0,005 t)$
Примечание t - абсолютное значение температуры, °С.		

Технические характеристики датчиков серии ТП без преобразователей

Основные метрологические характеристики датчиков температуры без преобразователей серий ТР.

Таблица 4.2

Класс допуска	Датчики с ЧЭ	
	Диапазон измеряемых температур, °С	Допускаемы отклонения по ГОСТ 6651-2009, °С
Для датчиков серии ТР с НСХ типа К		
1	От минус 40 до 375	±0,15
	свыше 375 до 1100	±0,004 t
2	От минус 40 до 333	±2,5
	Свыше 333 до 1100	±0,0075 t
Для датчиков серии ТР с НСХ типа Л		
2	От минус 50 до 360	±2,5
	Свыше 360 до 600	±0,0075 t
Для датчиков серии ТР с НСХ типа Н		
1	От минус 40 до 375	±0,15
	Свыше 375 до 1250	±0,004 t
2	От минус 40 до 333	±2,5
	Свыше 333 до 1250	±0,0075 t
Для датчиков серии ТР с НСХ типа Т		
1	От минус 40 до 125	±0,5
	свыше 125 до 350	±0,004 t
2	От минус 40 до 133	±1
	Свыше 133 до 350	±0,0075 t
Примечание - t - абсолютное значение температуры, °С.		

Технические характеристики датчиков с преобразователем в сигнал постоянного тока

Основные метрологические характеристики датчиков температуры с преобразователем в сигнал постоянного тока:

Таблица 4.3

Тип датчика серии	НСХ ЧЭ	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур, °С.	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности	
				$\pm\gamma, \%^*$	Не менее $\pm \text{°C}^*$
ТР	100П	4-20	От минус 196 до 650	0,25; 0,5	1,0
	Pt100				
ТП	100М	20-4	От минус 50 до 180	0,25; 0,5	1,0
	К	20-4	От минус 40 до 700	0,25; 0,5; 1	1,0
			От минус 40 до 1100	0,5; 1	1,0
	L		От минус 40 до 600	0,25; 0,5; 1	1,0
N		От минус 40 до 1250	0,5; 1	1,0	

*значение допускаемой основной погрешности выбирается из значений, установленных в процентах от диапазона измерений, выбранного при заказе, или в градусах Цельсия, в зависимости от того, что больше.

Технические характеристики датчиков с преобразователем в токовый сигнал/Hart

Основные метрологические характеристики датчиков температуры с преобразователем в токовый сигнал/Hart:

Таблица 4.4

Тип датчика серии	НСХ ЧЭ	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур, °С.	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности	
				$\pm\gamma, \%$ (Hart, $\pm\gamma, \%$)	Не менее $\pm \text{ }^\circ\text{C}$
ТР	Pt100	4-20/Hart 20-4/Hart	От минус 196 до 650	0,15; (0,15)	0,4
ТП	К		От минус 50 до 500	0,4 (0,4)	1,0
			От 500 до 1100	0,3 (0,3)	1,0
	N		От минус 50 до 500	0,4 (0,4)	0,5
			От 500 до 1250	0,3 (0,3)	0,5

*значение допускаемой основной погрешности выбирается из значений, установленных в процентах от диапазона измерений, выбранного при заказе, или в градусах Цельсия, в зависимости от того, что больше.

Технические характеристики датчиков с преобразователем в токовый сигнал/Hart

Основные метрологические характеристики датчиков температуры с преобразователем в цифровой сигнал Profibus (PA):

Таблица 4.5

Тип датчика серии	НСХ ЧЭ	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур, °С.	Пределы допускаемой основной погрешности, $\pm\gamma, \%$
ТР	100П	Стандарт	От минус 196 до 650	0,25
	Pt100			
	100М	Profibus	От минус 50 до 180	0,25
ТП	К	РА	От минус 40 до 700	0,25
			От минус 40 до 1100	0,5
	N		От минус 50 до 500	0,5
Примечание – для датчиков с ИП с длиной погружаемой части от 60 до 160 мм верхний предел диапазона измеряемых температур не более 300 °С.				

Нижний и верхний пределы рабочего диапазона измерений выбираются потребителем при заказе из условий:

Значения пределов должны быть внутри диапазона измерений;

Минимальная разность между верхним и нижним пределами измерений должна быть равна:

- 1) 10 °С для датчиков серии ТР;
- 2) 100°С для датчиков серии ТП.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности при воздействии изменения температур, окружающей корпус (таблица 5):

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				56

Тип преобразователя датчика	Пределы допускаемой дополнительной погрешности при изменении температуры от (20±5) °С на каждые 10 °С, °С/ 10 °С
Преобразователь в сигнал постоянного тока с ЧЭ: а) Pt100, 100П, 100М б) К, L, N	±0,5 ±2
Преобразователь в токовый сигнал/Hart с ЧЭ: а) Pt100 б) К, N	±0,5 ±1,7
Преобразователь в цифровой сигнал РА с ЧЭ: а) Pt100, 100П, 100М б) К, N	±0,08 ±0,1

Преобразователи

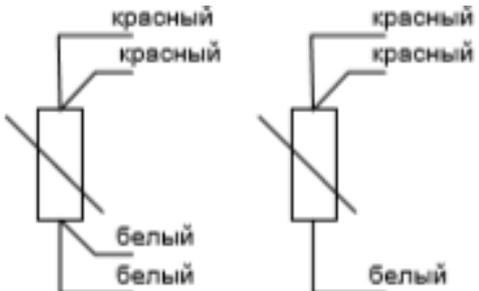
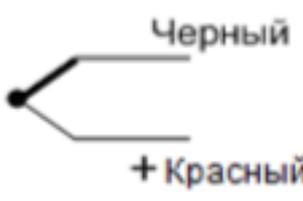
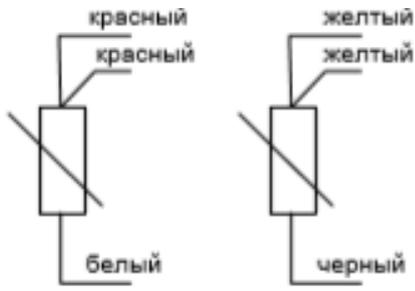
В зависимости от необходимых выходных сигналов и схем внешних подключений датчики могут быть выполнены:

- свободными проводниками (естественный выходной сигнал);
- с клеммными колодками (естественный выходной сигнал);

Диапазоны измерений датчиков без преобразователей приведены в таблицах 4.1, 4.2.

Схемы внешних подключений датчиков приведены в таблицах 6, 7.

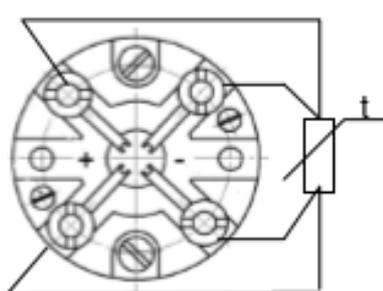
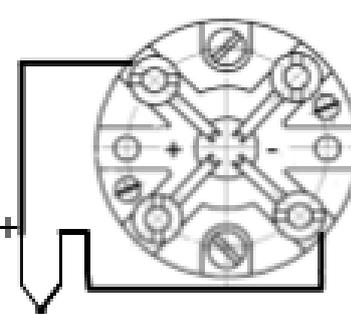
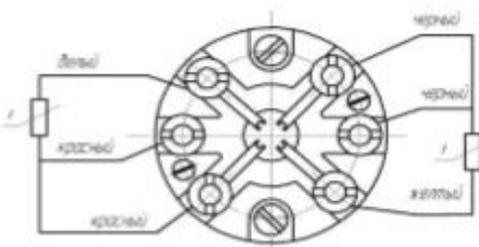
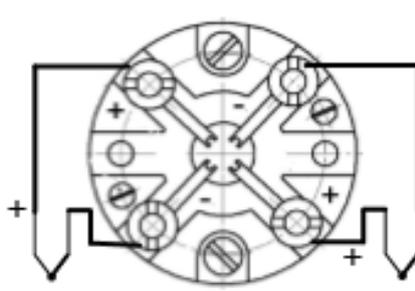
Таблица 6

Датчик серии ТР	Датчик серии ТП
Один чувствительный элемент (ЧЭ)	
	
Двойной чувствительный элемент (ЧЭ)	
	

- с электронными преобразователями в сигнал постоянного тока (4-20 мА/20-4 мА), в токовый сигнал/Hart, 20-4 мА/Hart), и в цифровой сигнал РА отечественных или зарубежных производителей с аналогичными характеристиками по согласованию с заказчиком. Для датчиков с видом защиты «искробезопасная электрическая цепь» должны приняты преобразователи с соответствующим комплектом разрешительной

документации.

Таблица 7

Датчик серии ТР	Датчик серии ТП
Один чувствительный элемент (ЧЭ)	
	
Двойной чувствительный элемент (ЧЭ)	
	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.4 Схемы подключений и соединений испытательных приборов и в комплексе испытаний.

Схема подключений и проверки прибора Технограф-160:

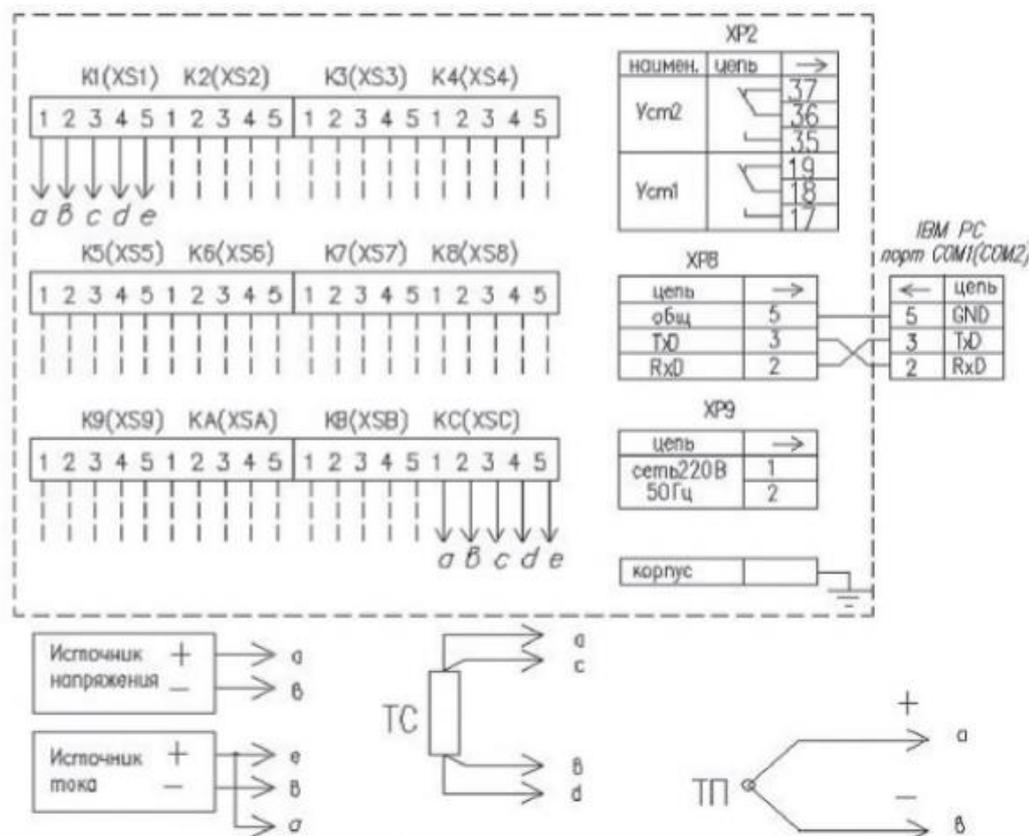


Рисунок 1.10. Схема подключения прибора Технограф-160.

Таблица 8

Исполнение прибора	Тип интерфейса	Рисунок
Технограф 160-1	RS-232	Рис.1.1.
Технограф 160-2		Рис. 1.1., Рис. 1.2.
Технограф 160-1	RS-485	Рис.1.3.
Технограф 160-2		

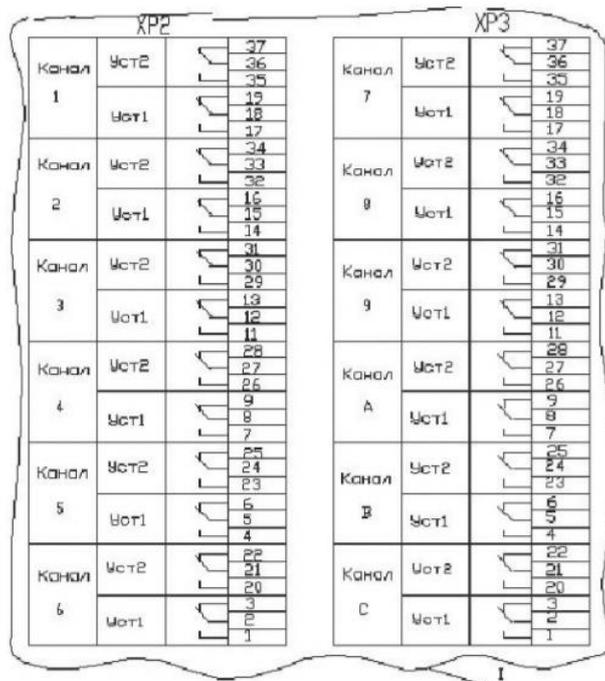


Рисунок 1.11. Схема подключение прибор.

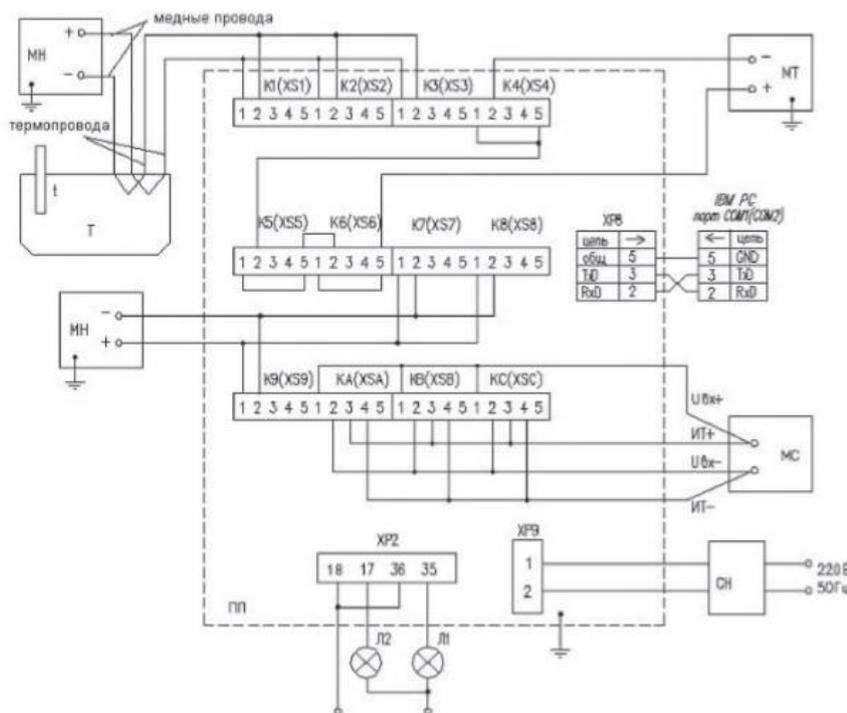


Рисунок 1.12. Схема проверки прибора Технограф-160.

ПП — проверяемый прибор;

МН- мера напряжения постоянного тока (калибратор);

МТ - мера постоянного тока (калибратор);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

T — нулевой термостат;

t - термометр ртутный;

MC — мера сопротивления (магазин;

L1...L2 — сигнальные лампы;

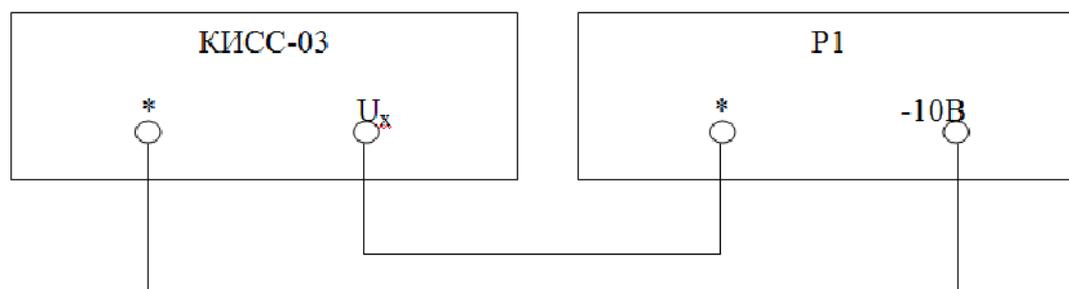
K1 (XS1)...KC (XS2) — разъемы внешних подключений;

XP2, XP3 – разъем для подключения сигнализации;

XP8 — разъем для подключения интерфейса;

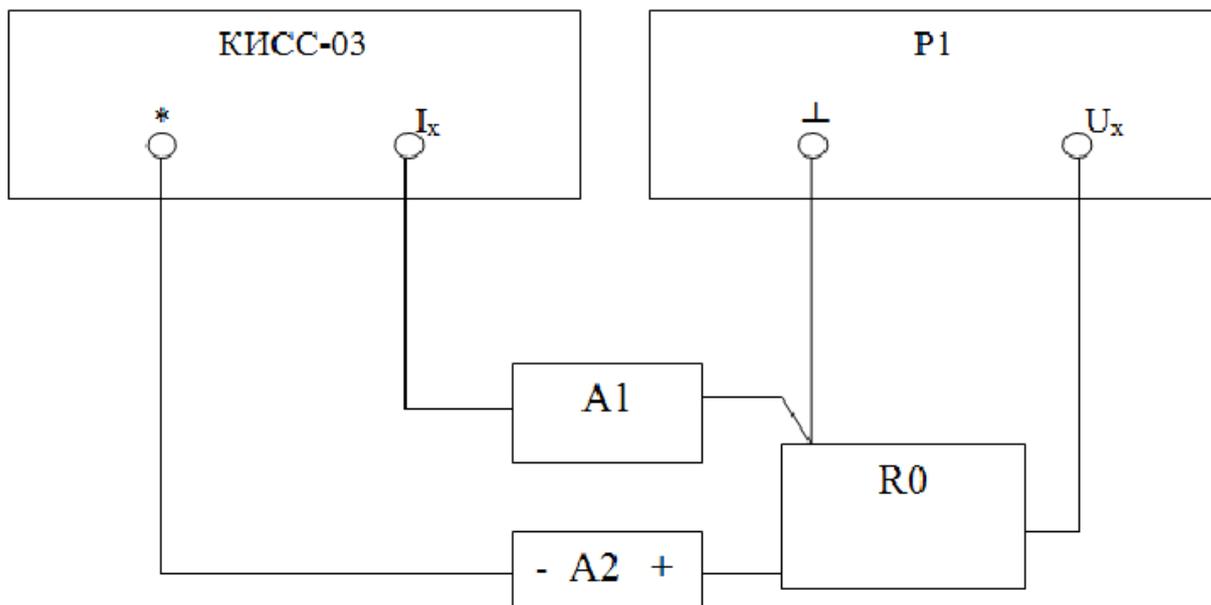
XP9 – разъем для подключения питания.

Схема подключения и проверки КИСС-03:



Р1 - Источник эталонного напряжения (компаратор напряжений)

Рисунок 1.13. Определение основной погрешности при измерении напряжения



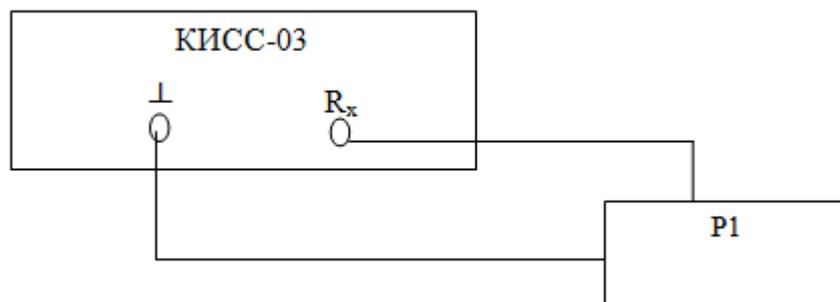
A1-магазин сопротивлений;

A2 – источник питания;

R0 – этлонная мера сопротивления 100 Ом;

P1 – вольтметр постоянного тока.

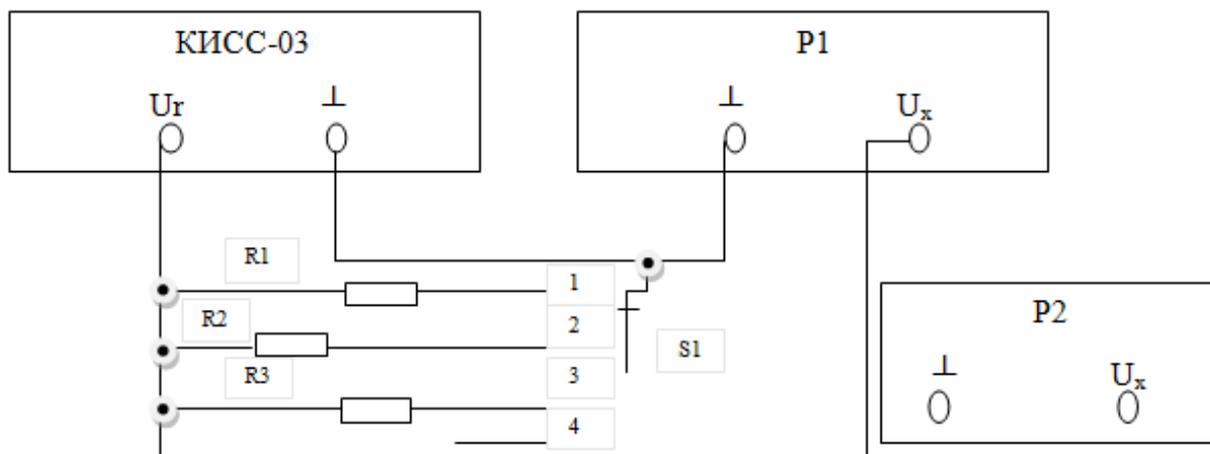
Рисунок 1.14. Определение основной погрешности при измерении ток



P1 – магазин сопротивления

Рисунок 1.15. Определение основной погрешности при измерении сопротивления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



P1 - вольтметр постоянного тока;

P2 – осциллограф;

R1 – резистор С2-29-0,25-40,2 Ом;

R2 – резистор С2-29-0,25-402 Ом;

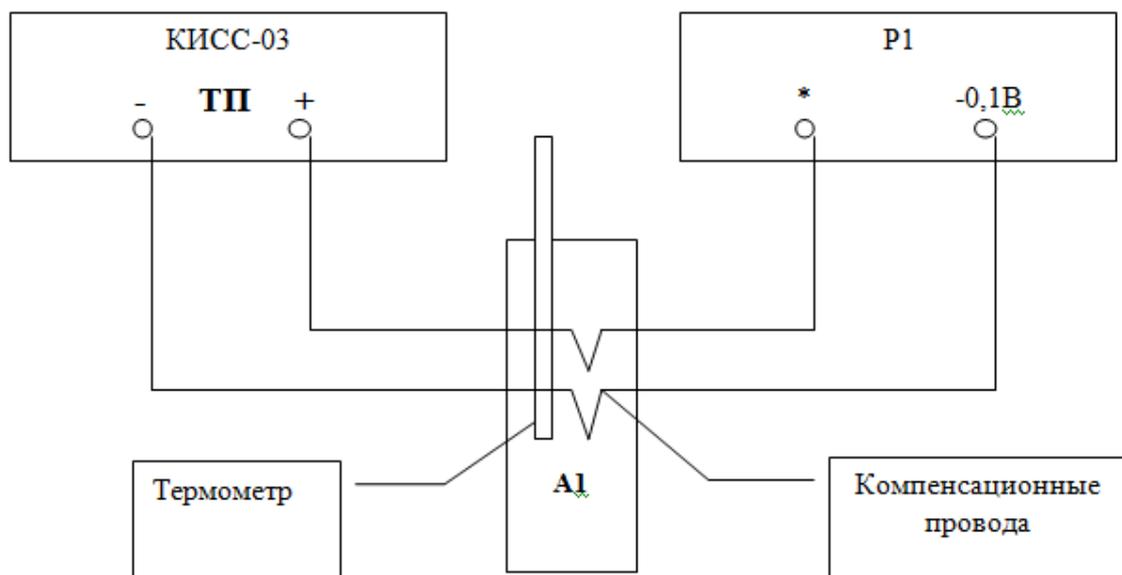
R3 – резистор С2-29-0,25-4,42 кОм;

S1 – переключатель галетный ПГ23 или любой другой тип с параметрами не хуже следующих:

- 1) коммутируемое напряжение – от 10^{-6} до 100 В;
- 2) коммутируемый ток – от 10^{-6} до 0,1 А

Рисунок 1.16. Определение основной погрешности и пульсаций при генерации напряжения

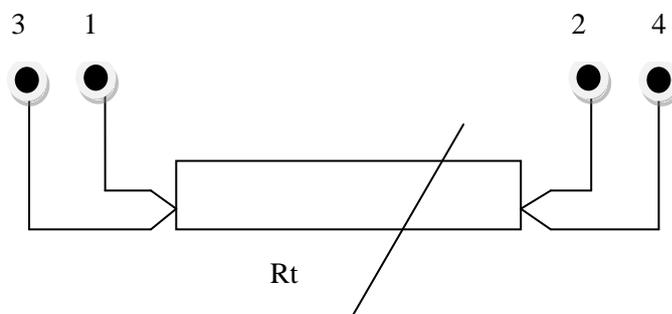
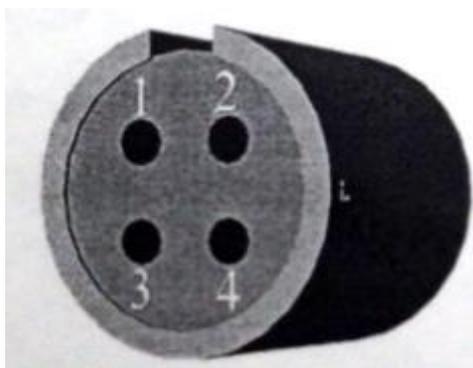
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



А1 – термостат;

P1- источник эталонного напряжения (компаратор напряжений)

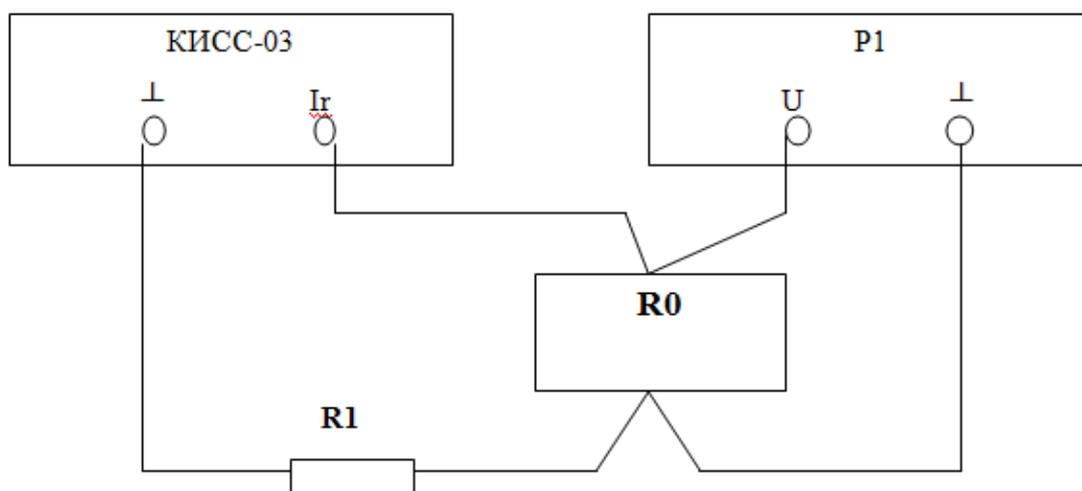
Рисунок 1.17. Определение основной погрешности при измерении температуры с помощью ТП



Розетка РС4ТВ с кожухом (входит в комплект поставки).

Рисунок 1.18. Схема подключения внешнего датчика ТС

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

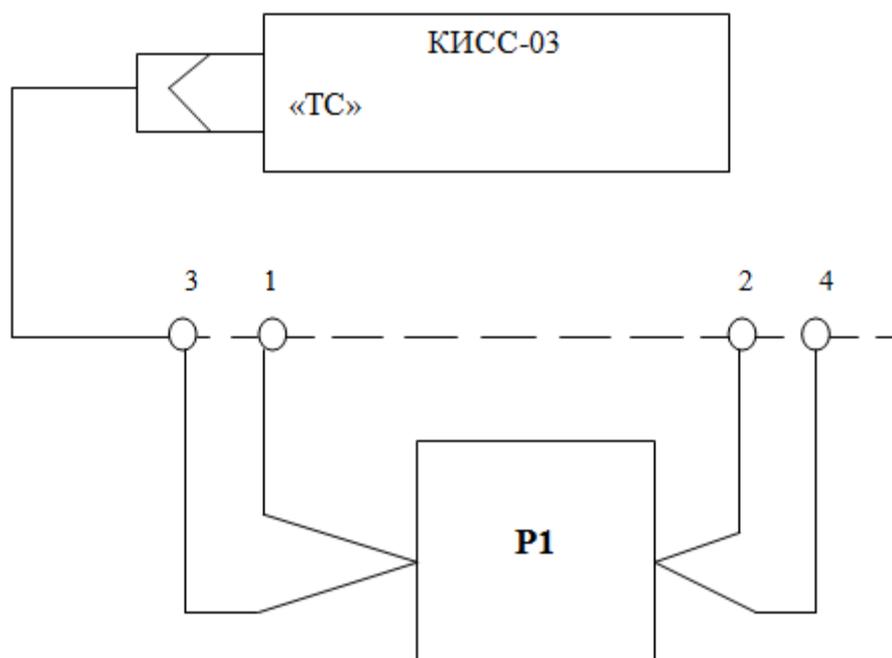


P1 – вольтметр постоянного тока;

R0 – эталонная мера сопротивления 100 Ом;

R1 - резистор МЛТ-0,25-390 Ом ±5 %.

Рисунок 1.19. Определение основной погрешности при генерации тока.



P1 – магазин сопротивлений;

X1 – розетка РС4ТВ (входит в комплект поставки)

Рисунок 1.20. Определение основной погрешности при измерении температуры с помощью внешнего ТС

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Схема подключения датчиков температур типа ТП, ТР:

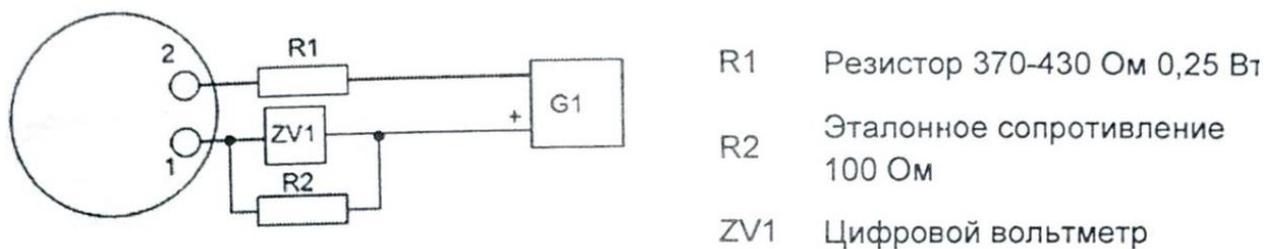


Рисунок.1.21. Схема подключения для проверки датчика с преобразователем в сигнал постоянного тока.

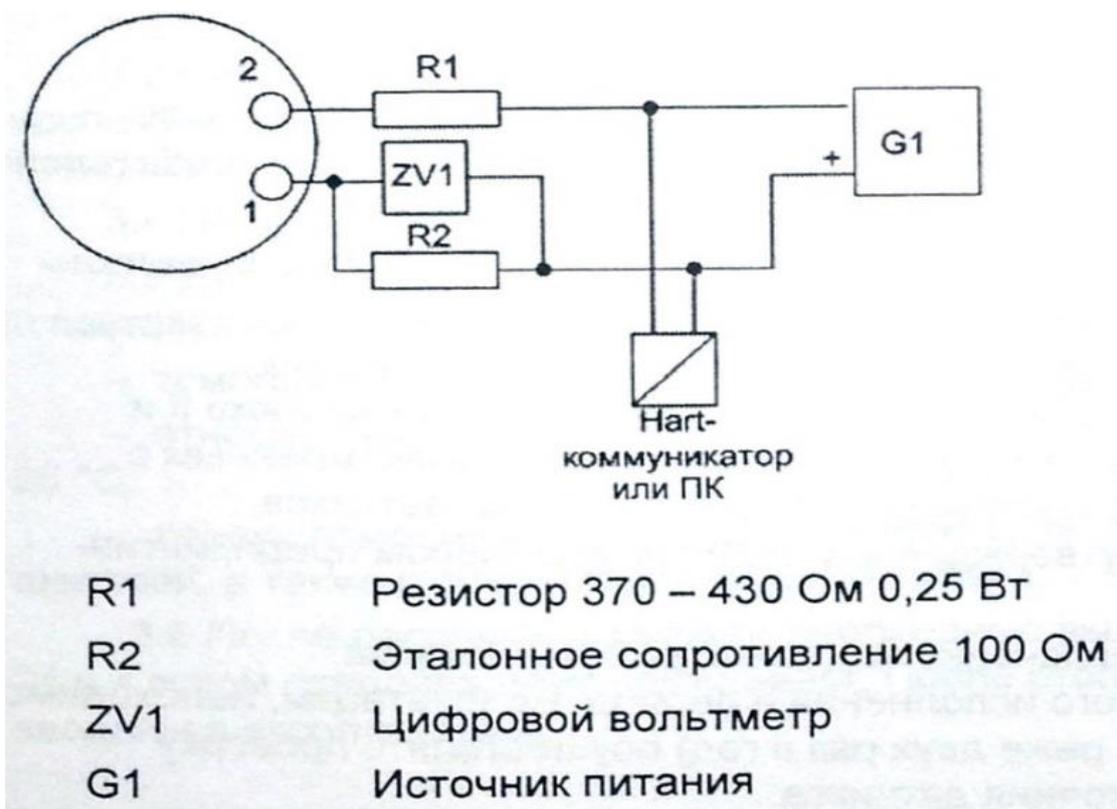


Рисунок 1.22. Схема подключения для проверки датчика с преобразователем в токовой сигнал/ Hart

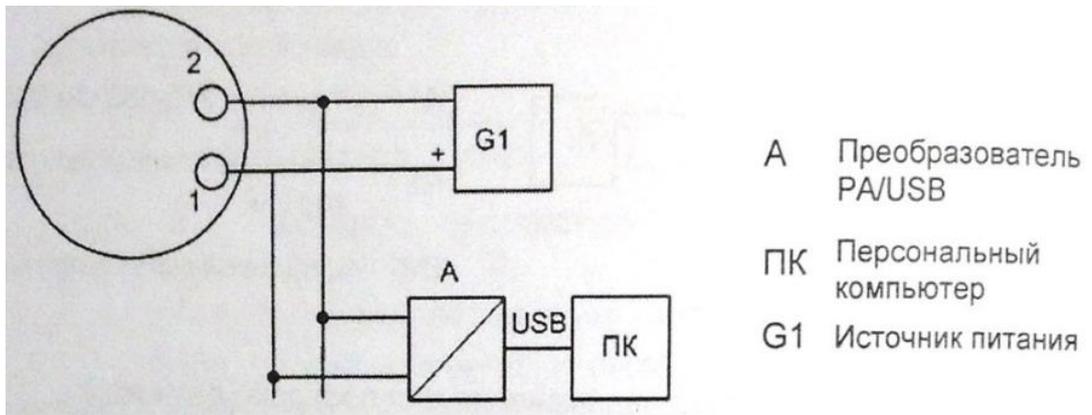


Рисунок 1.23. Схема подключения для проверки датчика с преобразователем в цифровой сигнал Profibus (PA).

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Экспериментальная установка.

В проведении испытаний были использованы следующие лабораторные установки:

1) **Виброустановка установка модель TIRA** в комплексе с установкой вибрационной TIRAvib50300 и DVC-4 VIBRATIONCONTROLLER (Derritron Vibration Products);

Вибростенд преобразует электрически генерированный и усиленный сигнал в механические колебания, передаваемые от вибростенда к образцу.

Вибрационная система предназначена для испытаний изделий и компонентов механической, электрической и электронной промышленности под воздействием динамической нагрузки. С помощью данной установки возможно испытать изделие на сопротивление вибрации, надежность в эксплуатации и усталостную прочность.

С помощью электродинамического вибрационного стенда могут быть смоделированы практически все виды вибрационных испытаний. Они включают в себя испытания при фиксированной частоте и развертках синуса, испытания при развертках и фиксированных значениях случайных и ударных воздействий.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				69



Рисунок 2.1. Виброустановка установка модель TIRA.

Сила $F(t) = B \times I \times i(t)$ передается токонесущей катушкой, расположенной в магнитном поле с индукцией B . Сила, генерированная вибростендом, зависит от количества и длины обмоток, плотности магнитного потока и тока, проходящего через вибрационную катушку.

Указанные характеристики вибростенда TIRAvib 50300 реализуются при работе с усилителем модели TIRAvibBAA2000-E.

Технические характеристики вибростенда TIRAvib 50300:

Номинальное усилие СИНУС	2000 Н
ШУМ	1000 Н
ШОК	2000 Н
Диапазон частот	2 Гц — 4 кГц
Основная частота резонанса	>3,5 кГц
Максимальное ускорение	80g
Масса подвижной части	2,5 кг

Перемещение (пик-пик)	25,4 мм
Скорость	1,5 м/с
Максимальное внецентренное нагружение	600/(70+x)

Вибрационный стенд состоит из следующих компонентов:

- магнитная система;
- вибрационная система;
- направляющая система;
- система управления;
- система охлаждения

Электродинамический вибростенд обладает следующими характеристиками мощности:

- пиковая нагрузка;
- безнагрузочное ускорение;
- скорость вибрации;
- виброперемещение пик-пик;
- вес подвижной части;
- основной резонанс вибросистемы;
- допускаемая статистическая нагрузка.

Цифровая система управления и контроля вибрации DVC -4:

Система DVC -4 является системой управления и контроля вибрации, предназначенной для использования с IBM совместимым персональным компьютером; и представляют собой программируемый цифровой генератор сигналов с системой обработки данных на основе модернизированного программного обеспечения. Поставляется с интерфейсной платой, ПО

WindowsXP и кабелем 2', полная версия системы должна быть включать в себя как минимум виброгенератор, усилитель и акселерометр.

Система предназначена для управления и контроля широкого диапазона испытаний с качающейся синусоидальной вибрацией в автоматическом режиме записи данных и является простой в управлении.

2) Климатическая камера модели CLIMATSExcal 77-23-HE;

Камера модельного типа EXCAL оснащен встроенным управляющим компьютером промышленного исполнения с жидкокристаллическим цветным монитором.

Компьютер комплектуется русифицированным программным обеспечением SPIRALE-2.

По SPIRALE-2 – система управления климатическими камерами.

Она отвечает за:

- всю необходимую автоматизацию создания заданных климатических условий, обеспечение безопасности;
- поддержание заданных и программирование новых условий испытаний;
- отслеживание порогов безопасности, установленных пользователем;
- управление внешними цепями(на изделии), например: включение или выключение электропитания после достижения заданной температуры;
- запоминание сигналов с внешних датчиков, например: с тензодатчиков на образце;
- создание подробных отчетов об испытаниях.

						Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	



Рисунок 2.2. Климатическая камера модели CLIMATSExcal

Параметры регулирования температуры:

Диапазон испытаний	От -70 до +180 °С
Точность регулирования	От $\pm 0,1$ до $\pm 0,2$ °С
Гомогенность(тип. значение)	$\pm 0,5$ °С

Средняя скорость изменения температуры:

При нагреве (от -20 до +150°С)	6 °С/мин
При охлаждении (от +150 до -20°С)	5 °С/мин

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Регулирование влажности:

Диапазон испытаний (в диапазоне от +10 до +90 °С)	От 10 до 98 % отн.вл.
Минимальная температура точки росы	8 °С
Точность регулирования	±2 %
Расход деминерализованной воды	10 л/испыт.

3) Высоковольтная пробойная установка ИУ-22-1-005 №3.



Рисунок 2.3. Высоковольтная пробойная установка

Высоковольтная установка ИУ-22-1-005 предназначена проверки электрической прочности изоляции изделий, узлов и приборов выпускаемых заводом-изготовителем.

1. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением $220^{+22/-33}$ В частотой (50 ± 10) Гц;

2. Выходное напряжение установки — переменного тока синусоидальной формы, частотой 50 гц, согласно таблице 9.3

Таблица 9.3

Положение переключателя и перемычки			Выходное напряжение установки, В
В2, В	В3, В	Перемычка, В	
500	500	500	0-500
	2500	2500	
2500	500	500	0-2500
	2500	2500	
III	III	III	0-5000

3. Ток сбрасывания схемы отчетки при пробое изоляции испытуемой цепи 20-40 мА.

Устройство и работа установки

Установка выполнена в металлическом корпусе с наклонной передней панелью, установлена справа на столе с двумя закрывающимися нижними дверцами. Испытание изделий производится в камере, расположенной слева на столе, с закрывающимся защитным кожухом, который перемещается на роликах по специальным направляющим вдоль стола.

На столе камеры закреплена розетка Ш4, к гнездам которой подведено высокое напряжение, и зажим типа «крокодил» для подключения цепей испытуемого прибора.

Боковые стенки корпус установки закреплены на петлях и могут

поворачиваться, что облегчает доступ при ремонте. На правой боковой стенке расположен замок, ключ которого включает и отключает сетевое напряжение контактом реле КЗ. Внутри установки смонтирован блок регулирования, состоящий из трансформаторов Tr_1 и Tr_2 и блок реле P_1 , P_4 , и P_6 . Внутри стола установлен блок преобразования, состоящий из высоковольтного трансформатора и служащий для преобразования низкого напряжения в высокое напряжение. Блок отсечки смонтирован на отдельной плате, состоит из трансформатора, стабилитронов, резисторов, переменного сопротивления и тиристора и установлено внутри стола, где смонтированы реле, резисторы, конденсаторы, вольтметр, тумблер для переключения режима работы, переключки для включения вольтметра.

4) Ударная установка УУМ 100/150 — 100 в комплексе с установкой ударной механической №122.



Рисунок 2.4. Ударная установка УУМ 100/150 — 100

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	76

Установка ударная механическая:

Данная установка предназначена для технологического воздействия на продукцию отрасли многократных ударных нагрузок. Она должна эксплуатироваться в условиях закрытых отапливаемых помещений при температуре окружающего воздуха 283-308 К (10-35 °С). Наличие паров кислот, щелочей и других агрессивных веществ, вызванных ее коррозией, в помещении, где эксплуатируется установка недопустимо.

Технические данные основные параметры и характеристики указаны в табл. 9.4:

Таблица 9.4.

Наименование параметров и характеристик	Значения
1. Установка обеспечивает регулировку числа ударов в минуту, в пределах	От 10 до 100
2. Установка обеспечивает ступенчатую регулировку ускорения m/c^2 (g) при нагрузке 100 кгс со ступенями при нагрузке 50 кгс со ступенями Длительность ударного импульса, мс	От 9,8 до 1470 (от 10 до 150) от 98 до 491 (от 10 до 50) 98(10), 245 (25), 491(50) от 98 до 1471 (от 10 до 150) 98(10, 245(25), 491(50), 981(100), 1471(150) от 2±0,8 при 150g от 15±6 при 10g
3. Масса испытуемого изделия, кг	50, 100
4. Размеры стола не более, мм	400

5. Питание установки, осуществляется от однофазной сети переменного тока: напряжение, В частота тока, Гц	220±22 60±0,2
6. Потребляемая установкой мощность при номинальном напряжении электропитания не более, кВт	1,0
7. Габаритные размеры установки должны быть не более, мм стенда ударного пульта управления	845x530x500 475x488x134
8. Масса установки не более, кг	315
9. Нарботка на отказ не менее ударов(с учетом замены резиновых прокладок через каждые 100000 ударов)	300000
10. Средний ресурс установки до капитального ремонта не менее, ч	10000
11. Среднее время восстановления не более, ч	4
12. Гарантийный срок эксплуатации со дня ввода в эксплуатацию, но не позднее 6 месяцев со дня поступления установки заказчику, месяцев	18
Примечание: при массе испытуемого изделия вместе с приспособлением для крепления к столу меньше 50 или 100 кг, необходимо догрузить стол так, чтобы суммарная масса на столе была 50 или 100 кг соответственно.	

Устройство и принцип работы:

Принцип действия ударной установки основан на свободном падении стола с испытуемыми изделиями и последующим торможением.

Подъем и падение стола осуществляется с помощью кулачка специального профиля. Вращение кулачку передается от приводного механизма. Торможение свободного падения осуществляется специальными упорами, на которые падает стол.

Ступенчатая регулировка величины ускорения производится сменой резиновых прокладок различной толщины.

Плавность регулировки числа ударов производится изменением числа оборотов двигателя с помощью ручки потенциометра, расположенной на лицевой панели пульта управления.

Измерение параметров ударных нагрузок производится по методике МИ 49-75 и РД 50-540-85.

Контрольно-измерительные приборы:

В пульте управления установки имеется один встроенный стрелочный прибор (вольтметр). Этот прибор включен на выходе управляемого выпрямителя пульта и предназначен для измерения напряжения на зажимах якорной обмотки двигателя стенда, величина которого пропорциональна частоте ударов, вырабатываемая установкой в соответствии с табл.9.5

									Лист
									79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				

Таблица 9.5.

Показания прибора, В	13	25	40	55	61, 5	73	82	93, 5	105	116	140
Вырабатываемая установкой частота ударов, уд/мин	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Примечание: Данными табл.9.5 можно пользоваться лишь для ориентировочного определения частоты ударов с точностью $\pm 20\%$. Точную частоту ударов определять с помощью счетчика «число ударов» и секундомера.

Кратные технические характеристики вольтметра

- тип М42300
- ТУ-25-04.4058 -81
- Шкала 0...250В
- Класс точности 1,5%

2.2 Программа испытаний в климокамере CLIMATS.

После подготовки экспериментальных установок для проведения периодических испытаний, в климокамере CLIMATS составляется программа испытаний в специализированной программе:

- для транспортных испытаний $-50^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ – для КИСС-03
- для транспортных испытаний $+5^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ – для Технографа-160
- для транспортных испытаний $-50^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ – для датчиков температур типа ТП, ТР;
- для влияния повышенной влажности в транспортной таре при $T=+35^{\circ}\text{C}$ при 95% влажности воздуха.

											Лист
											80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР						

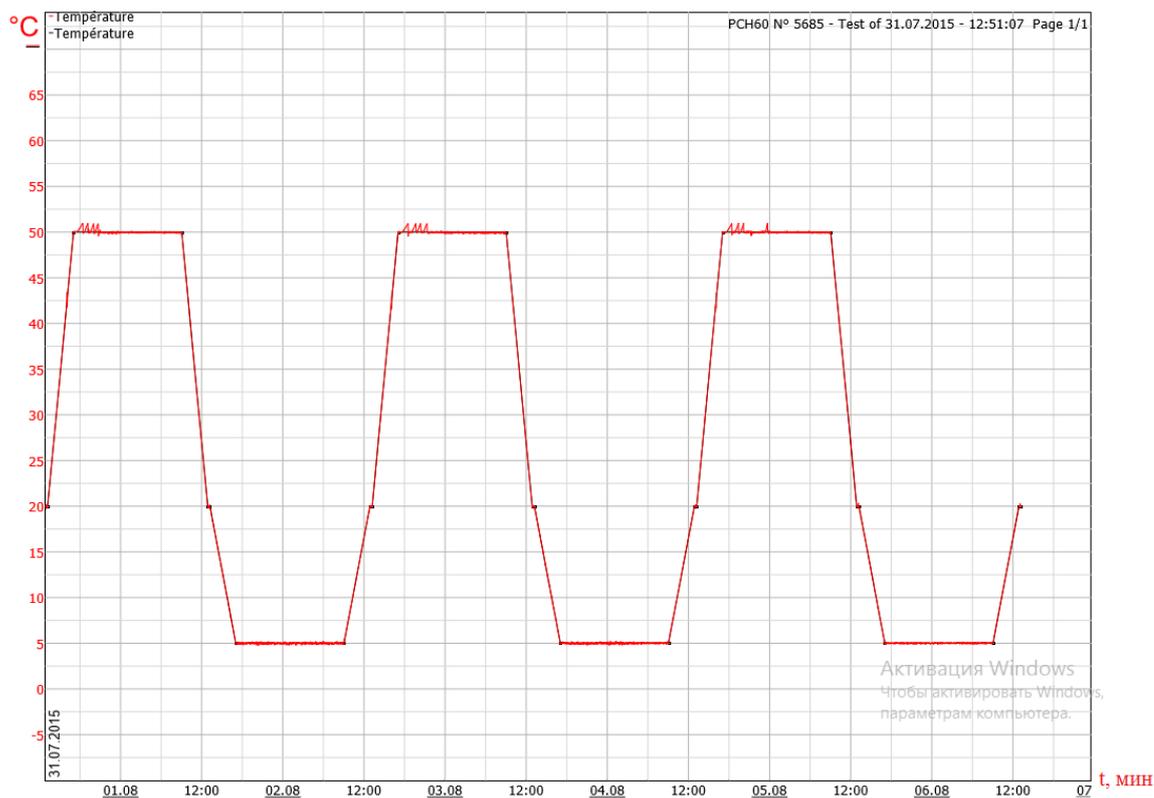


Рисунок.2.5. Программа испытаний при $T = +5^{\circ}\text{C} / +50^{\circ}\text{C}$ для Технографа-160

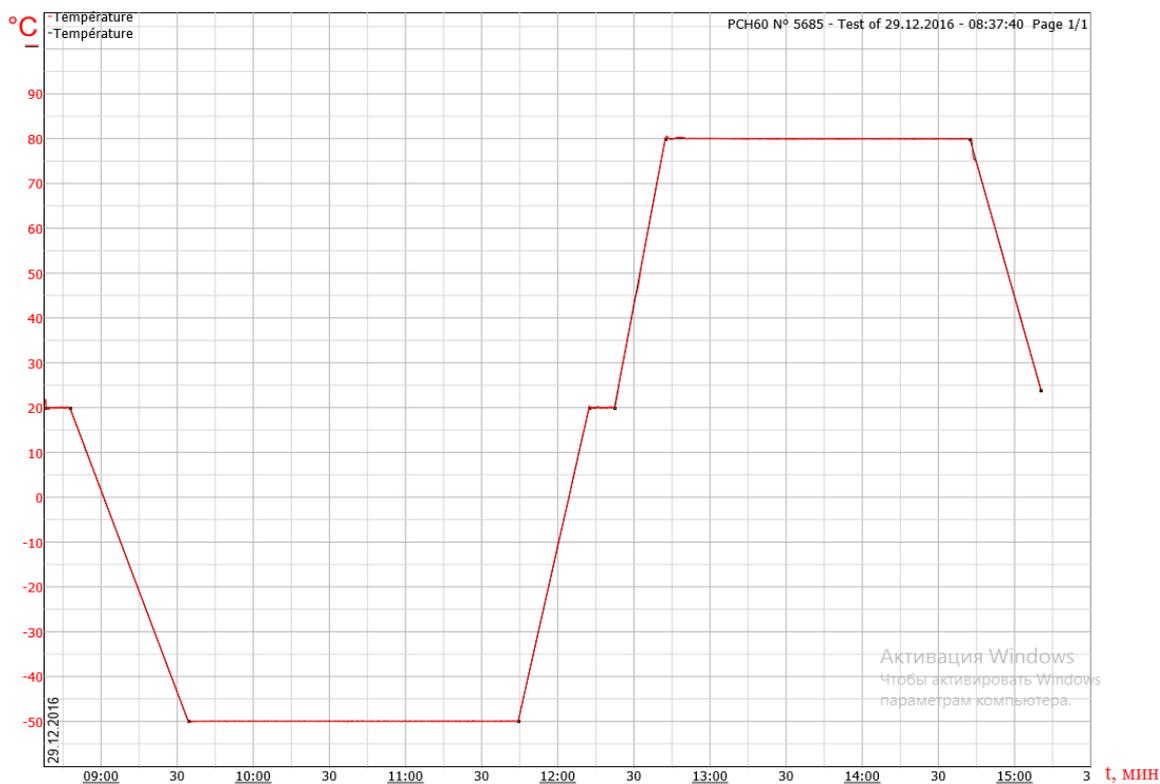


Рисунок.2.6. Программа испытаний при $T = -50^{\circ}\text{C} / +50^{\circ}\text{C}$ – для датчиков температур типа ТП, ТР

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

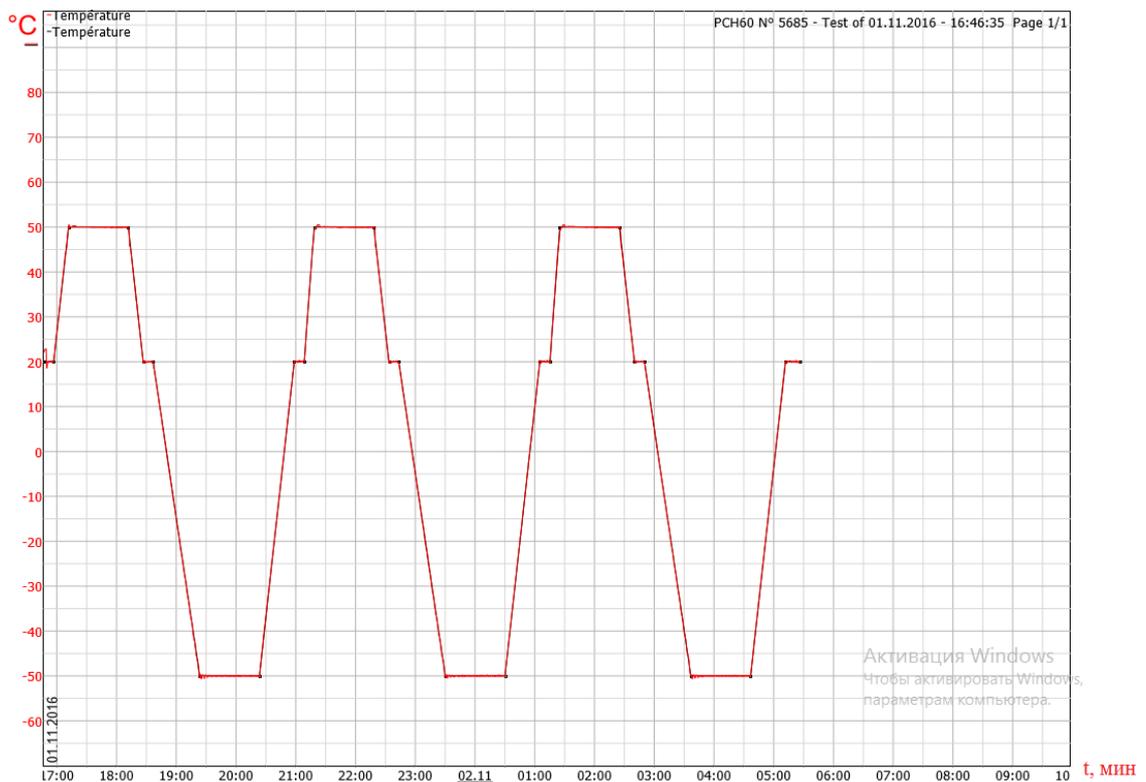


Рисунок.2.7. Программа испытаний при $T = -50^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ – для КИСС-03



Рисунок.2.8. Программа испытаний повышенной влажности в транспортной таре при $T = +35^{\circ}\text{C}$ при 95% влажности воздуха (для всех приборов)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.3 Программа испытаний в вибростенде TIRAvib50300.

После проведения периодических испытаний в климатической камере CLIMATS, испытываемые вторичные приборы и датчики температур проверяются в вибрационной установке TIRAvib50300, при которой выявляется виброустойчивость и вибропрочность выпускаемых изделий.

Также составляется программа испытаний в специализированной программе и устанавливаются необходимые параметры (параметры для каждого прибора указаны в пункте «Методики испытаний»).

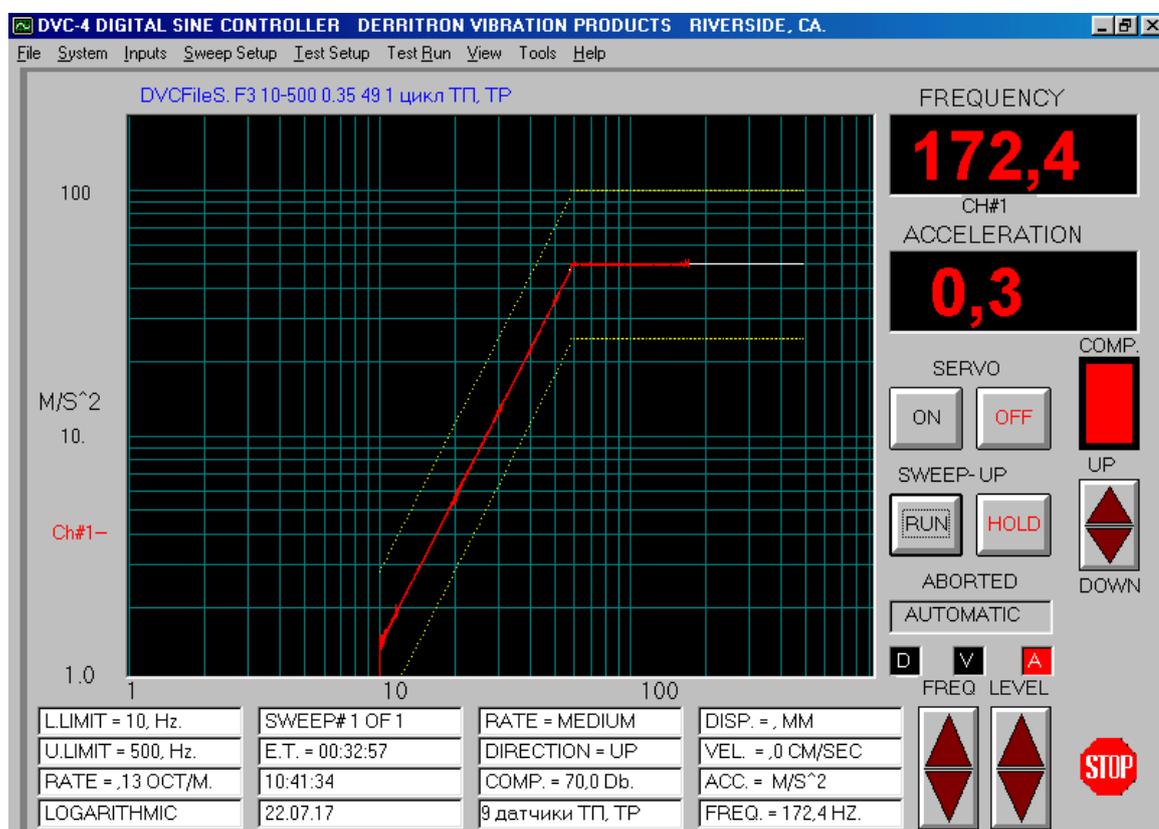


Рисунок.2.9. Программа испытаний на виброустановке TIRAvib50300

2.4 Анализ полученных результатов испытаний.

В ходе периодических испытаний были получены экспериментальные данные, по которым были построены графики зависимости и проведена статистика сравнения.

Проведены испытания для измерения абсолютной погрешности измерения температуры Δ в диапазоне напряжений X_n от 0 до 35 мВ при различных видах испытаний на приборе КИСС-03 (рис.2.10). По полученным данным был построен график зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от напряжения X_n .

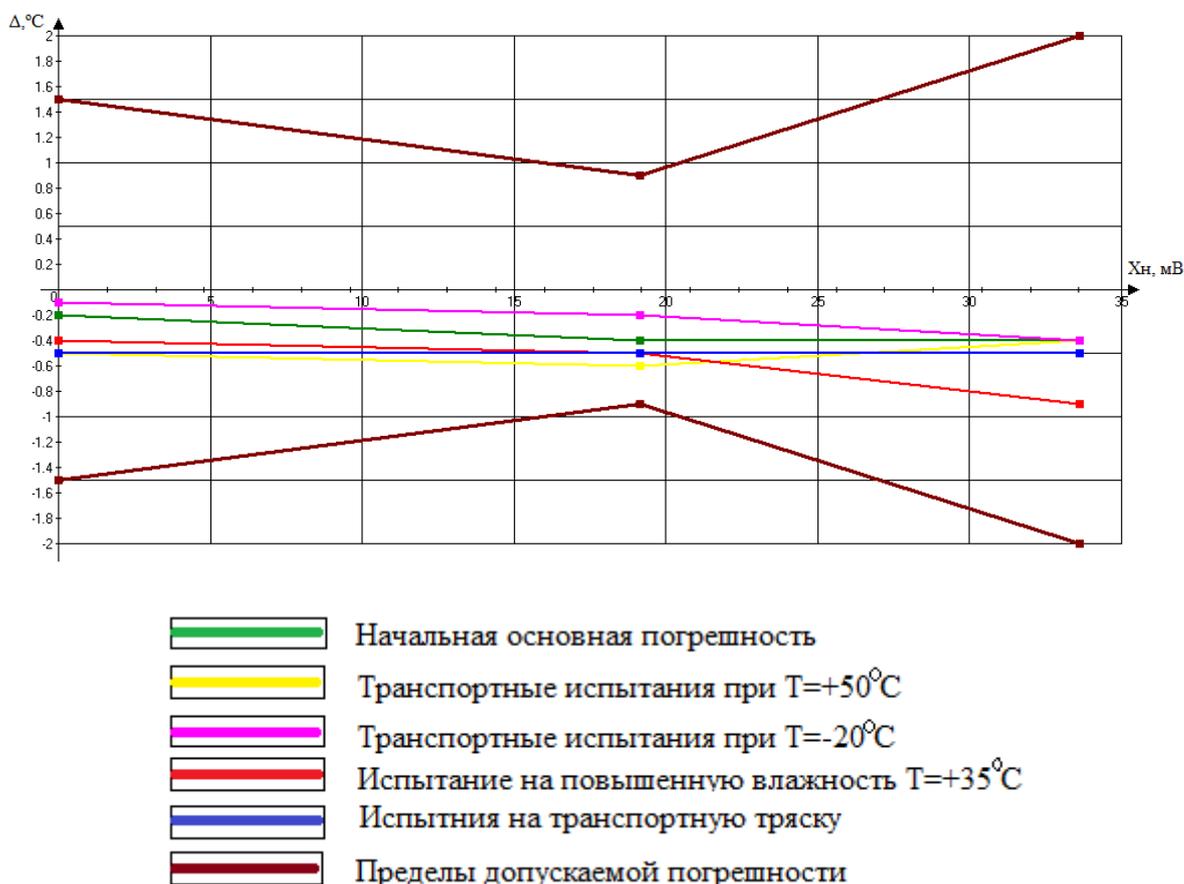


Рисунок. 2.10. График зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от напряжения X_n при различных видах испытаний

Исходя из графика рис.2.10 наибольшее отклонение наблюдается у красной линии – при испытании на повышенную влажность основной погрешности, но не превышает пределов допускаемой погрешности.

По данному графику на рис.2.10. обозначены разными цветами различные виды испытаний. **Зеленым цветом** обозначены начальные замеры основной погрешности, которые проводились в самом начале испытаний для выявления соответствия прибора по ТУ.

Желтый цвет означает проведение испытаний приборов при повышенной температуре $+50^{\circ}\text{C}$ в транспортной таре (транспортные испытания), при котором приборы должны выдерживать повышенную температуру в упаковке.

Розовой цвет означает проведение испытаний приборов при пониженной температуре -20°C в транспортной таре (транспортные испытания), при котором приборы должны выдерживать пониженной температуру в упаковке.

Красным цветом обозначается проведение испытаний в транспортной таре при повышенной влажности при $T=+35^{\circ}\text{C}$, данные испытания показывают может ли приборы выдерживать влагу и работать после влияния влажности в обычном рабочем режиме.

Синий цвет означает проведение испытаний при транспортной тряске на ударном стенде. Данные испытания являются не менее важными остальных, потому что проверяются на прочность закрепленных детали или элементов приборов. А в дальнейшем иметь понимание, что при транспортировки данных приборов в транспортной таре до потребителя данные изделия придут в целостности и сохранности.

На рис. 2.11. представлен график зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от напряжения $X_{\text{н}}$ в диапазоне от 0 до

						Лист
					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

700 мВ при испытании «Генерация напряжения» на приборе КИСС-03. По данному графику можно сделать предположение, что зависимость абсолютной погрешности измерения температуры Δ от напряжения X_H имеет экспоненциальное распределение. Погрешность меняет значение от нуля и с увеличением напряжений понижается в допустимой области.

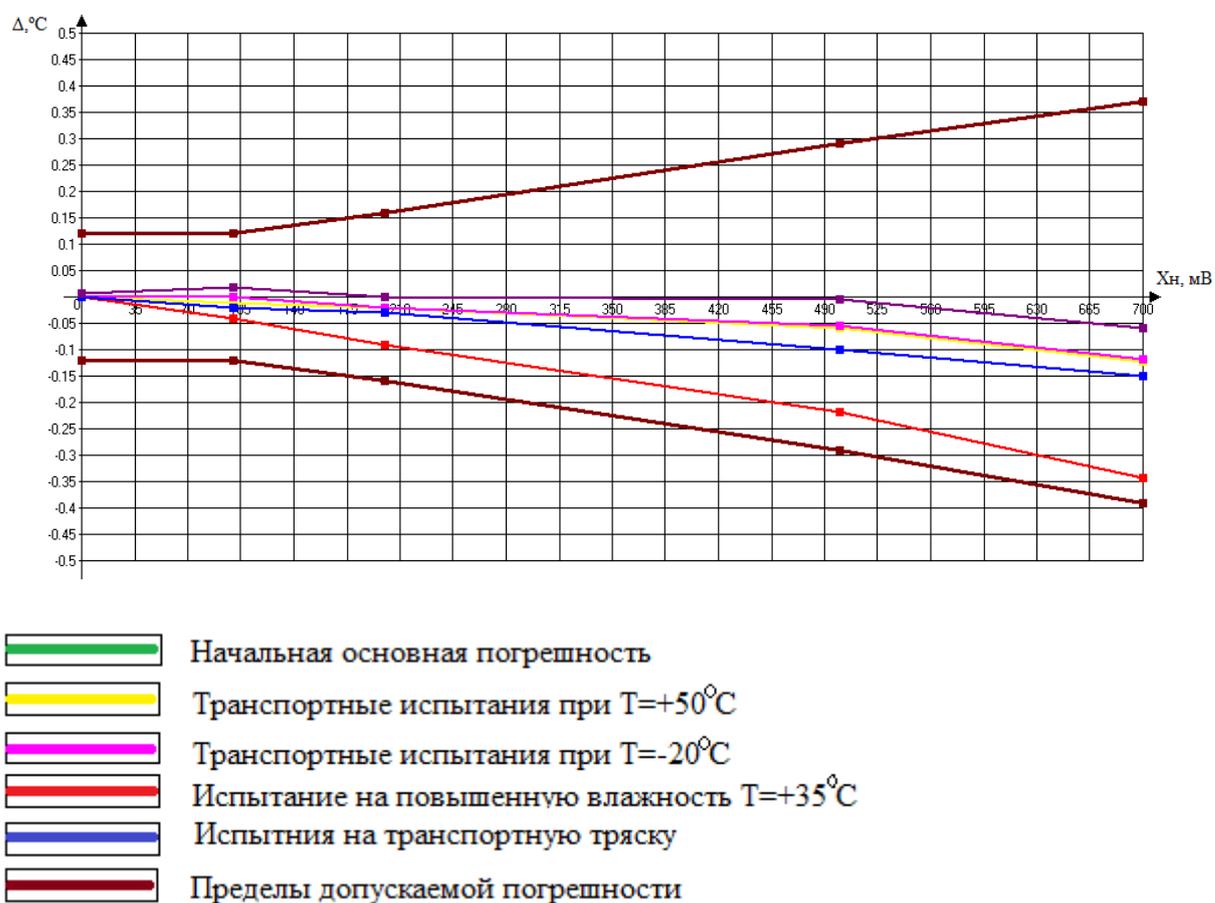


Рисунок. 2.11. График зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от напряжения X_H при испытании «Генерация напряжения»

Исходя из графика рис.2.11 наибольшее отклонение наблюдается у красной линии – при испытании на повышенную влажность основной погрешности, но не превышает пределов допускаемой погрешности.

На рис. 2.12. представлен график зависимости абсолютной погрешности измерения тока Δ от тока I_k в диапазоне от 0 до 15 мА при испытании «Генерация тока» на приборе КИСС-03. Погрешность от различных

измерений ведет себя по-разному с увеличением силы тока, но остается допустимой области.

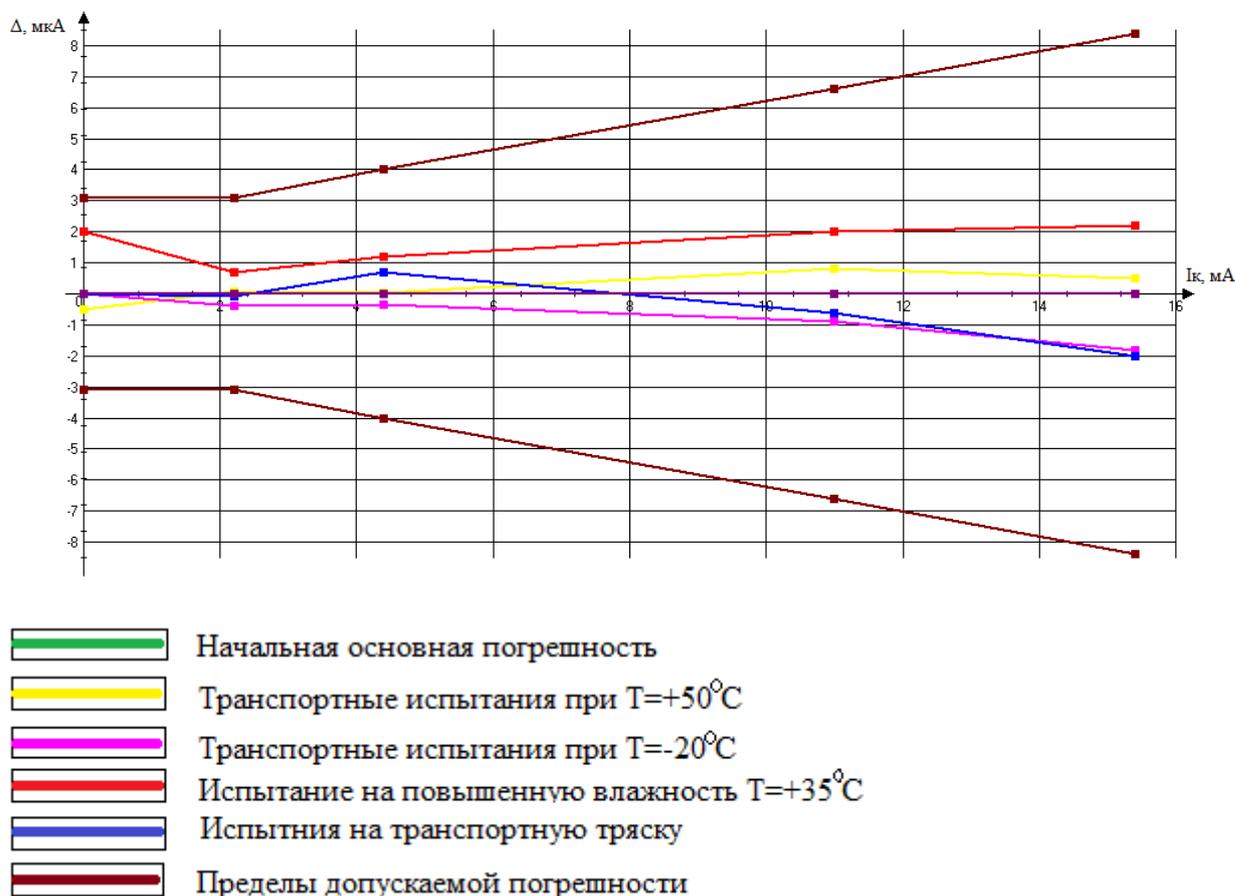
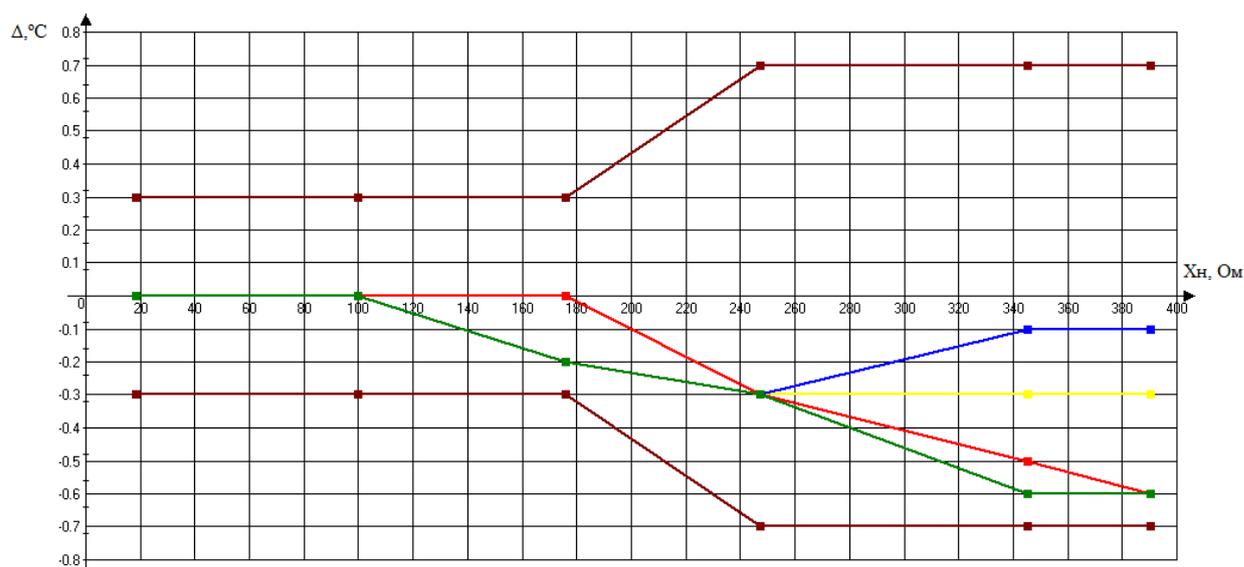


Рисунок. 2.12. График зависимости абсолютной погрешности измерения тока Δ от тока I_k при испытании «Генерация тока»

Исходя из графика рис.2.12 наибольшее отклонение наблюдается у красной линии – при испытании на повышенную влажность основной погрешности, но не превышает пределов допускаемой погрешности.

На рис. 2.13. представлен график зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от сопротивления X_n при испытании «Измерение температуры внешним датчиком термосопротивления» на приборе КИСС-03. По данному графику можно сделать предположение, что с увеличением сопротивления синяя линия ведет себя согласно нормальному распределению, а остальные линии – по закону равной плотности, но остаются в допустимой области.



- Начальная основная погрешность
- Транспортные испытания при $T=+50^\circ\text{C}$
- Транспортные испытания при $T=-20^\circ\text{C}$
- Испытание на повышенную влажность $T=+35^\circ\text{C}$
- Испытания на транспортную тряску
- Пределы допускаемой погрешности

Рисунок. 2.13. График зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от сопротивления X_n при испытании «Измерение температуры внешним датчиком термосопротивления»

Исходя из графика рис.2.13 наибольшее отклонение наблюдается у зеленой линии - при начальном замере основной погрешности, но не превышает пределов допускаемой погрешности.

На рис. 2.14. представлен график зависимости абсолютной погрешности измерения сопротивления Δ от сопротивления R_k при испытании «Измерение сопротивления» на приборе КИСС-03. Погрешность от различных измерений ведет себя по-разному с увеличением сопротивления, но остается допустимой области.

контрольные мероприятия, при которых были установлены данные проблемы.

Таблица 10.1

№ п.п	Изделие	Характер отказа	Причина отказа или действие по устранению отказа	Наименование и обозначение отказавшей платы, отказавшего узла, элемента
1	Технограф 160	Заедание каретки во время печати	Замена двигателя пишущего устройства	
2	КИСС-03	Превышение доп.погр. генерации ТП(N) в мин.	Перекалибровка	
3	КИСС-03	Превышение доп. погр. генерации напряжения	Замена платы	К73-63В-0,022 мкФ
4	Технограф 160	Превышение допустимой погрешности в макс.свх. НСХ 50М	Перекалибровка по R	
5	КИСС-03	Превышение доп. погр. генерация 100П	Перекалибровка	
6	КИСС-03	Превышение доп. погр. по генерации U	Замена микросхемы D17	ICL7662CPA
7	Технограф 160	Отсутствует дата и время	Замена микросхемы DD2 на плате ЦП	AT24C01N-10SC
8	Технограф 160	Не соответствует время	Замена резанатора ZQ1	PK 206-32,768 кГц

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР				90

9	КИСС-03	Нет измерения с термопарой	Обрыв проводника	
10	КИСС-03	Превышение доп.погрешности генерации напряжения	Замена резистора	Резистор
11	КИСС-03	Превышение доп.погрешности измерения сопротивления	Замена VD6,VD7	2Д102
12	Технограф 160	Не работает 12к	Замена DD2 на плате коммутатора каналов	74AC138PC
13	КИСС-03	Превышение доп. погрешности в.свх. сигналом НСХ S	Обрыв провода	
14	Технограф 160	Нет связи по RS232	Замена DD5(плата ЦП)	ADM202JRN

Таблица 10.2

№ п.п	Изделие	Характер отказа	Причина отказа или действие по устранению отказа	Наименование и обозначение отказавшей платы, отказавшего узла, элемента
1	Датчик температур серии ТП (4-20 мА/Hart)	Превышение основной погрешности при T=800°C	Перекалибровка таблетки преобразователя	

2	Датчик температур серии ТР (РА)	Пробой изоляции	Замена таблетки преобразователя	
3	Датчик температур серии ТР без преобразователя	Обрыв термоэлектрода	Замена термоэлектрода	

2.6 Рекомендации по усовершенствованию алгоритмов испытаний.

С учетом полученных анализов испытаний, анализов отказов вторичных приборов и датчиков температур, предложены следующие усовершенствованные алгоритмы испытаний:

- 1) Повторные испытания при приемо-сдаточных испытаниях перед термоциклированием.
- 2) Налаженная работа контрольно-испытательной лаборатории и отдела конструкторов.
- 3) Переход на более современные и модифицированные элементы компонентной базы.
- 4) Периодическое повышение квалификации сотрудников по каждому из имеющихся и вводимых в эксплуатацию новых приборов.
- 5) Повышение квалификации по новым полученным испытательным стендам, приборам и компьютерным программам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторных испытаний получены экспериментальные данные, по которым были построены графики зависимости и проведена статистика сравнения:

- 1) Составлены программы испытаний для работы в климокамере, вибростенде и ударном стенде;
- 2) Получены данные основной погрешности Δ в различных видах испытаний, которые не превышают пределов допускаемой погрешности;
- 3) В зависимости от испытаний в различных графиках зависимости абсолютной погрешности измерения температуры Δ от задаваемых значений напряжения, тока или сопротивления, сделан анализ сравнений данных и предположены, к какому закону распределения или более или менее соответствуют полученные графики;
- 4) Предложены дополнительные мероприятия для усовершенствования алгоритмов испытаний.

						Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. А. Спирин, В. В. Лавров, Л. А. Зайнуллин, А. Р. Бондин, А. А. Бурыкин. «Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента». Под общ. ред. Н.А. Спирина. — Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. — 290 с.
2. В. А. Грановский, Т.Н. Сиряя «Методы обработки экспериментальных данных при измерениях» ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, Ленинградское отделение, Ленинград, 1990. — 287с.
3. «Методологическая инструкция». МИСК 10-3-14. Окончательный контроль и испытания.
4. Руководство эксплуатации «Прибор показывающий и регистрирующий Технограф-160» 10.160.100.00 (VER 2) ООО «Теплоприбор» г. Челябинск, 2016.
5. ГОСТ 6651-2009. «Термопреобразователи сопротивления из платин, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытания». Стандартиформ, Москва, 2011.
6. ГОСТ 8.585-2001. «Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования». Стандартиформ, Москва, 2010.
7. ГОСТ 26.011-80. «Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные». Государственный комитет СССР по стандартам, Москва, 1980.
8. ГОСТ 14254-96. «Степень защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.
9. Руководство эксплуатации «Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03» 2.085.003. ООО «Теплоприбор» г. Челябинск, 2011.

						ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			94

10. Руководство эксплуатации «Датчики температур серий ТП, ТР». 2.822.109. ООО «Теплоприбор» г. Челябинск, 2016.

11. ГОСТ.6616-94. «Преобразователи термоэлектрические. Общие технические характеристики». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.

12. ГОСТ Р 51330.1-99. «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1. Взрывозащита вида «взрывонепроницаемая оболочка». ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва.

13. ГОСТ Р 513.10 – 99. «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть II. Искробезопасная электрическая цепь». НАНИО «ЦС ВЭ ИГД»

14. ГОСТ 51330.0-99. «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования». ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва.

					ЮУрГУ – 230617.2017. 263 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

3. Определение основной погрешности показаний/регистрации по 3 каналам НСХ: L, диапазон измерений:0-150 °С; код диапазона: 05; давление: 743 мм рт. ст., T=21,7 °С; влажность:37,9 %

Хн, °С	ХН, мВ	Уставки	У1,°С	У6,°С	УВ,°С
0	0,006	0,1	0,1	0,1	0,1
25	1,625	0,1	0,1	0,1	0,1
75	5,062	0,1	0,1	0,1	0,1
125	8,725	0,1	0,1	0,1	0,1
150	10,630	0,1	0,1	0,1	0,1
Δ, %	0,000	0,1	0,1	0,1	0,1

4. Определение основной погрешности: сигнализация.

НСХ:50М, диапазон измерений 0-100 °С, код диапазона измерения:66; давление: 741мм рт.ст., T=20,3 °С, влажность: 42,1 %

Хн, °С	Хн, Ом	Хн-Δм, Ом	Х1	Х2	Х3	Х4	
10,0	52,14	52,12	52,10	52,10	52,10	52,10	
90,0	69,26	69,24	69,19	69,19	69,19	69,19	
Δ, %	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	
Х5	Х6	Х7	Х8	Х9	ХА	ХВ	ХС
52,10	52,11	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10
69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

5. Основная погрешность Аналоговая регистрация. Скорость ленты:240 м/с; цикл регистрации:40 секунд.

Хн, °С	ХН, Ом	Хр, Ом	Ун, °С	Ур,°С	Δmax
10,0	52,14	52,12	10,2	10,1	0,1
50,0	60,70	60,66	50,2	50,1	0,1
90,0	69,25	69,20	90,2	90,0	0,2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Основная погрешность. Транспортные +50°C.

Прибор №3565

1. Основная погрешность. Измерение ТП.НСХ А1. ВР №7 (0,007 мВ)

НСХ А1 №3565

Хк, °С	Хн, мВ	Хи, мВ	Δ, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
0	-0,007	-0,1	-0,1	-	-	±1,5
1200	19,143	1199,6	-0,4	-	-	±0,9
2500	33,633	2499,8	-0,2	-	-	±2,0

НСХ В.

Хк, °С	Хн, мВ	Хи, мВ	Δ, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
500	1,242	-	499,5	-	-0,5	±1,5
1000	4,834	-	999,7	-	-0,3	±1,0
2500	10,099	-	1499,5	-	-0,5	±0,9

НСХ L №25 (0,019 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хи, мВ	Δ, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-100	-5,660	-100,0	-	-	0,0	±0,8
300	22,824	300,0	-	-	0,0	±0,6
800	66,447	799,9	-	-	-0,1	±0,6

НСХ S.

Хк, °С	Хн, мВ	Хи, мВ	Δ, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
150	1,042	149,1	-	±0,008	-0,9	±1,5
1000	9,600	999,5	-	±0,012	-0,5	±0,9
1768	18,706	1767,5	-	±0,011	-0,5	±1,0

НСХ К. №39 (0,001 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хи, мВ	Δ, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-130	-4,412	-130,1	-	±0,026	-0,1	±1,0
400	16,396	399,8	-	±0,042	-0,2	±0,7
800	33,274	799,7	-	±0,041	-0,3	±0,7
1372	54,885	1371,6	-	±0,034	-0,4	±0,9

Хк- контрольное значение, Хн - номинальное значение по ГОСТ Р 8.585.-2001,

Хи- измеренное значение, Δ-основная абсолютной погрешность, Δ*-термо-э.д.с.,

для Т 1°С в данной точке Хк по ГОСТ Р8.585.2001

Δ-предел допускаемой основной абсолютной погрешности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Основная погрешность. Транспортные -20°C.

Прибор №3565

1. Основная погрешность. Измерение ТП.НСХ А1. ВР №7 (0,007 мВ)

НСХ А1 №3565

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ДЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
0	0,000	-0,007	-0,2	-	-0,2	±1,5
1200	19,150	19,143	1199,6	-	-0,4	±0,9
2500	33,640	33,633	2499,3	-	-0,7	±2,0

НСХ В.

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ДЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
500	1,242	1,242	499,1	-	-0,9	±1,5
1000	4,834	4,834	999,4	-	-0,6	±1,0
2500	10,099	10,099	1499,5	-	-0,5	±0,9

НСХ L №25 (0,019 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ДЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-100	-5,641	-5,660	-140,1	-	-0,1	±0,8
300	22,843	22,824	299,8	-	-0,2	±0,6
800	66,466	66,447	799,9	-	-0,1	±0,6

НСХ S.

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ДЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
150	1,029	1,042	149,8	-	-0,2	±1,5
1000	9,587	9,600	999,9	-	-0,1	±0,9
1768	18,693	18,706	1768,0	-	0,0	±1,0

НСХ К. №39 (0,001 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ДЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-130	-4,411	-4,412	-130,1	-	-0,1	±1,0
400	16,397	16,396	399,8	-	-0,3	±0,7
800	33,275	33,274	799,7	-	-0,3	±0,7
1372	54,886	54,885	1371,8	-	-0,2	±0,9

Хк- контрольное значение, Хн - номинальное значение по ГОСТ Р 8.585.-2001,

Хи- измеренное значение, Δ-основная абсолютная погрешность,

Δ*-термо-э.д.с.,

для Т 1°С в данной точке Хк по ГОСТ

Р8.585.2001

Δ-предел допускаемой основной абсолютной погрешности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Основная погрешность. Влага при T=35°C.

Прибор №3565

1. Основная погрешность. Измерение ТП.НСХ А1. ВР №7 (0,007 мВ)

НСХ А1 №3565

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
0	0,000	-0,007	-0,1	-	-0,1	±1,5
1200	19,150	19,143	1199,8	-	-0,2	±0,9
2500	33,640	33,633	2499,3	-	-0,7	±2,0

НСХ В.

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
500	1,242	1,242	499,2	-	-0,8	±1,5
1000	4,834	4,834	999,4	-	-0,6	±1,0
2500	10,099	10,099	1499,5	-	-0,5	±0,9

НСХ L №25 (0,019 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-100	-5,641	-5,660	-100,0	-	0,0	±0,8
300	22,843	22,824	299,8	-	-0,2	±0,6
800	66,466	66,447	799,9	-	-0,1	±0,6

НСХ S.

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
150	1,029	1,042	149,6	-	-0,4	±1,5
1000	9,587	9,600	999,7	-	-0,3	±0,9
1768	18,693	18,706	1767,9	-	-0,2	±1,0

НСХ К. №39 (0,001 мВ)

Хк, °С	Хн, мВ	Хн-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-130	-4,411	-4,412	-130,1	-	-0,1	±1,0
400	16,397	16,396	399,8	-	-0,2	±0,7
800	33,275	33,274	799,7	-	-0,3	±0,7
1372	54,886	54,885	1371,8	-	-0,2	±0,9

Хк- контрольное значение, Хн - номинальное значение по ГОСТ Р 8.585.-2001,

Хи- измеренное значение, Δ-основная абсолютной погрешность, Δ*- термо-э.д.с.,

для Т 1°С в данной точке Хк по ГОСТ Р8.585.2001

Δ-предел допускаемой основной абсолютной погрешности

Основная погрешность. Тряска.

Прибор №3565

1. Основная погрешность. Измерение ТП.НСХ А1. ВР №7 (0,007 мВ)

НСХ А1 №3565

Хк, °С	ХН, мВ	ХН-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
0	0,000	-0,007	-0,1	-	-0,1	±1,5
1200	19,150	19,143	1199,8	-	-0,2	±0,9
2500	33,640	33,633	2499,8	-	-0,2	±2,0

НСХ В.

Хк, °С	ХН, мВ	ХН-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
500	1,242	1,242	499,1	-	-0,9	±1,5
1000	4,834	4,834	999,5	-	-0,5	±1,0
1820	13,820	13,820	1819,6	-	-0,4	±0,9

НСХ L №25 (0,019 мВ)

Хк, °С	ХН, мВ	ХН-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-100	-5,641	-5,660	-100,0	-	0,0	±0,8
300	22,843	22,824	300,0	-	0,0	±0,6
800	66,466	66,447	799,9	-	-0,1	±0,6

НСХ S.

Хк, °С	ХН, мВ	ХН-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
101	0,653	0,640	100,8	-	-0,2	±1,5
1000	9,587	9,600	999,9	-	-0,1	±0,9
1768	18,693	18,706	1767,9	-	-0,1	±1,0

НСХ К. №39 (0,001 мВ)

Хк, °С	ХН, мВ	ХН-ΔЕ	Хи, мВ	Δ*, мВ/°С	Δ, °С	Δд, °С
-130	-4,411	-4,412	-130,1	-	-0,1	±1,0
400	16,397	16,396	399,8	-	-0,2	±0,7
800	33,275	33,274	799,9	-	-0,1	±0,7
1372	54,886	54,885	1371,9	-	-0,1	±0,9

Хк- контрольное значение, Хн - номинальное значение по ГОСТ Р 8.585.-2001,

Хи- измеренное значение, Δ-основная абсолютной погрешность,

Δ*-термо-э.д.с.,

для Т 1°С в данной точке Хк по ГОСТ

Р8.585.2001

Δ-предел допускаемой основной абсолютной погрешности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КИСС-03 «Генерация тока и напряжения».

1. Основная погрешность. Генерация напряжения.

Прибор № 3565.

Диапазон от 0 до 0,100000 В					Диапазон от 0 до 1,00000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,000*	0,000		±0,012	0,00	0,000		±0,12
0,1	10,000	10,001		±0,012	100,00	100,003		±0,12
0,2	20,000	20,005		±0,016	200,00	199,996		±0,16
0,5	50,000	50,002		±0,029	500,00	499,960		±0,29
0,7	70,000	70,003		±0,037	700,00	699,960		±0,37

Диапазон от 0 до 11,00000 В			
Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,000		±1,3
1,1	1,099		±1,3
2,2	2,199		±1,8
5,5	5,499		±3,2
7,7	7,699		±4,1

Измерение напряжения

Прибор № 3572

Диапазон от 0 до 0,50000 В					Диапазон от 0 до 2,50000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,1	50,00	50,001		±0,04	250,00	250,002		±0,18
0,2	100,00	100,006		±0,06	500,00	499,994		±0,30
0,5	250,00	250,012		±0,13	1250,00	1250,070		±0,66
0,7	350,00	350,004		±0,18	1750,00	1750,110		±0,89
1,0	500,00	500,001		±0,25	2500,00	2500,100		±1,25

Диапазон от 0 до 12,5000 В			
Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
1,25	1,2501		±0,9
2,50	2,5000		±1,5
6,25	6,2500		±3,3
8,75	8,7500		±4,5
11,00	11,0010		±5,5**

Генерация тока

Диапазон от 0 до 22,000 мА

№ прибора: **3572**

№ прибора: **3565**

Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000		±3,1	0,0	0,000*	0,000		±3,1
0,1	2,200	2,199		±3,1	0,1	2,200	2,199		±3,1
0,2	4,400	4,399		±4,0	0,2	4,400	4,399		±4,0
0,5	11,000	10,998		±6,6	0,5	11,000	10,998		±6,6
0,7	15,400	15,399		±8,4	0,7	15,400	15,399		±8,4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Измерение тока

Диапазон от 0 до +22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
0,0	0,000*	0,000		±3,1	0,0	0,000*	0,000		±3,1
0,1	2,200	2,200		±3,1	0,1	2,200	2,200		±3,1
0,2	4,400	4,401		±4,0	0,2	4,400	4,400		±4,0
0,5	11,000	11,005		±6,6	0,5	11,000	11,003		±6,6
0,7	15,400	15,400		±8,4	0,7	15,400	15,400		±8,4
1,0	22,000	22,003		±11,0	1,0	22,000	22,003		±11,0

Измерение тока

Диапазон от 0 до -22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА	Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА
0,0	0,000*	0,000		±3,1	0,0	0,000*	0,000		±3,1
0,1	-2,200	-2,200		±3,1	0,1	2,200	-2,200		±3,1
0,2	-4,400	-4,400		±4,0	0,2	4,400	-4,400		±4,0
0,5	-11,000	-11,004		±6,6	0,5	11,000	-11,006		±6,6
0,7	-15,400	-15,400		±8,4	0,7	15,400	-15,402		±8,4
1,0	-22,000	-22,004		±11,0	1,0	22,000	-22,004		±11,0

1. Основная погрешность. Генерация напряжения.

Прибор № 3565.

Диапазон от 0 до 0,100000 В					Диапазон от 0 до 1,000000 В				
Т.К.	U _к , мВ	U _и , мВ	U, мВ	Δ _д , мВ	U _к , мВ	U _и , мВ	Δ, мВ	Δ _д , мВ	
0,0	0,002*	0,002		±0,012	0,00	0,000	0,000	±0,12	
0,1	10,000	9,991	10,003	±0,012	100,00	99,989	-0,011	±0,12	
0,2	20,000	19,980	20,001	±0,016	200,00	199,980	-0,020	±0,16	
0,5	50,000	49,940	50,003	±0,029	500,00	499,940	-0,060	±0,29	
0,7	70,000	69,913	70,004	±0,037	700,00	699,878	-0,122	±0,37	

Диапазон от 0 до 11,00000 В

U _к , В	U _и , мВ	Δ, мВ	Δ _д , мВ
0,0	0,00	0,000	±1,3
1,1	1099,92	-0,080	±1,3
2,2	2199,85	-0,150	±1,8
5,5	5499,65	-0,350	±3,2
7,7	7699,57	-0,430	±4,1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Измерение напряжения

Прибор № 3572

Диапазон от 0 до 0,50000 В					Диапазон от 0 до 2,50000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,1	50,00	49,997	-0,003	±0,04	250,00	250,002	0,002	±0,18
0,2	100,00	99,998	-0,002	±0,06	500,00	500,011	0,011	±0,30
0,5	250,00	250,002	0,002	±0,13	1250,00	1250,030	0,030	±0,66
0,7	350,00	349,991	-0,009	±0,18	1750,00	1750,040	0,040	±0,89
1,0	500,00	500,011	0,011	±0,25	2500,00	2500,000	0,000	±1,25

Диапазон от 0 до 12,5000 В			
Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
1,25	1250,03	0,03	±0,9
2,50	250,00	0,00	±1,5
6,25	6250,20	0,20	±3,3
8,75	8750,30	0,30	±4,5
11,00	11000,40	0,40	±5,5**

Генерация тока

Диапазон от 0 до 22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	-0,5	±3,1	0,0	0,000*	0,002	0,00	±3,1
0,1	2,200	2,199	0,06	±3,1	0,1	2,200	2,200	0,00	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,03	±4,0	0,2	4,400	4,400	0,00	±4,0
0,5	11,000	11,001	0,8	±6,6	0,5	11,000	11,001	0,00	±6,6
0,7	15,400	15,400	0,5	±8,4	0,7	15,400	15,400	0,00	±8,4

Измерение тока

Диапазон от 0 до +22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	2,200	2,200	0,000	±3,1	0,1	2,200	2,199	-0,001	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,000	±4,0	0,2	4,400	4,399	-0,001	±4,0
0,5	11,000	11,000	0,000	±6,6	0,5	11,000	10,997	-0,003	±6,6
0,7	15,400	15,400	0,000	±8,4	0,7	15,400	15,396	-0,004	±8,4
1,0	22,000	22,000	0,000	±11,0	1,0	22,000	21,994	-0,006	±11,0

Измерение тока

Диапазон от 0 до -22,000 мА

№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1	0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1
0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0	0,2	-4,400	-4,399	-0,001	±4,0
0,5	-11,000	-11,001	-0,001	±6,6	0,5	-11,000	-10,997	-0,003	±6,6
0,7	-15,400	-15,401	-0,001	±8,4	0,7	-15,400	-15,396	-0,004	±8,4
1,0	-22,000	-22,001	-0,001	±11,0	1,0	-22,000	-21,993	-0,005	±11,0

1. Основная погрешность. Генерация напряжения.

Прибор № 3565.

Диапазон от 0 до 0,100000 В					Диапазон от 0 до 1,00000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	U, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,002*	0,000	0,000	±0,012	0,00	0,000	0,000	±0,12
0,1	10,000	10,003	0,003	±0,012	100,00	99,999	-0,001	±0,12
0,2	20,000	20,001	0,001	±0,016	200,00	199,980	-0,020	±0,16
0,5	50,000	50,002	0,002	±0,029	500,00	499,945	-0,055	±0,29
0,7	70,000	70,003	0,003	±0,037	700,00	699,882	-0,118	±0,37

Диапазон от 0 до 11,00000 В

Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,00	0,00	±1,3
1,1	1099,9	-0,01	±1,3
2,2	2199,8	-0,02	±1,8
5,5	5499,7	-0,22	±3,2
7,7	7699,7	-0,30	±4,1

Измерение напряжения

Прибор № 3565

Диапазон от 0 до 0,50000 В					Диапазон от 0 до 2,50000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,1	50,00	49,999	-0,001	±0,04	250,00	250,000	0,000	±0,18
0,2	100,00	99,999	-0,001	±0,06	500,00	499,993	-0,007	±0,30
0,5	250,00	250,000	0,000	±0,13	1250,00	1250,010	0,010	±0,66
0,7	350,00	349,997	-0,003	±0,18	1750,00	1750,030	0,030	±0,89
1,0	500,00	499,993	-0,007	±0,25	2500,00	2500,000	0,000	±1,25

Диапазон от 0 до 12,5000 В

Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
1,25	1250,00	0,00	±0,9
2,50	250,00	0,00	±1,5
6,25	6250,50	0,50	±3,3
8,75	8750,70	0,70	±4,5
11,00	11000,00	0,00	±5,5**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Генерация тока

Диапазон от 0 до 22,000 мА

№ прибора: **3572**№ прибора: **3565**

Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,00	±3,1
0,1	2,200	2,199	-0,4	±3,1	0,1	2,200	2,201	0,80	±3,1
0,2	4,400	4,399	-0,33	±4,0	0,2	4,400	4,401	0,70	±4,0
0,5	11,000	10,999	-0,9	±6,6	0,5	11,000	11,001	0,90	±6,6
0,7	15,400	15,388	-1,8	±8,4	0,7	15,400	15,401	1,00	±8,4

Измерение тока

Диапазон от 0 до +22,000 мА

№ прибора: **3572**№ прибора: **3565**

Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	2,200	2,200	0,000	±3,1	0,1	2,200	2,199	-1,000	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,000	±4,0	0,2	4,400	4,399	-1,000	±4,0
0,5	11,000	11,001	2,000	±6,6	0,5	11,000	11,002	2,000	±6,6
0,7	15,400	15,401	1,000	±8,4	0,7	15,400	15,398	-2,000	±8,4
1,0	22,000	22,001	1,000	±11,0	1,0	22,000	19,998	-3,000	±11,0

Измерение тока

Диапазон от 0 до -22,000 мА

№ прибора: **3572**№ прибора: **3565**

Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1	0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1
0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0	0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0
0,5	-11,000	-11,001	-0,001	±6,6	0,5	-11,000	-11,001	-1,000	±6,6
0,7	-15,400	-15,401	-0,001	±8,4	0,7	-15,400	-15,400	0,000	±8,4
1,0	-22,000	-22,002	-0,001	±11,0	1,0	-22,000	-20,003	-3,000	±11,0

1. Основная погрешность. Генерация напряжения.**Прибор № 3565.**

Диапазон от 0 до 0,100000 В

Диапазон от 0 до 1,00000 В

Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,001*	0,002	0,001	±0,012	0,001	0,002	0,000	±0,12
0,1	10,000	10,002	0,002	±0,012	100,00	99,959	-0,041	±0,12
0,2	20,000	20,000	0,000	±0,016	200,00	199,910	-0,090	±0,16
0,5	50,000	49,999	-0,001	±0,029	500,00	499,782	-0,218	±0,29
0,7	70,000	69,998	-0,002	±0,037	700,00	699,657	-0,343	±0,37

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Диапазон от 0 до 11,0000 В			
Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,00	0,0	±1,3
1,1	1099,9	-0,1	±1,3
2,2	2199,80	-0,2	±1,8
5,5	5499,60	-0,4	±3,2
7,7	7699,70	-0,3	±4,1

Измерение напряжения

Прибор № 3565

Диапазон от 0 до 0,50000 В					Диапазон от 0 до 2,50000 В			
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,1	50,00	49,996	-0,001	±0,04	250,00	249,993	-0,007	±0,18
0,2	100,00	99,997	-0,003	±0,06	500,00	499,985	-0,015	±0,30
0,5	250,00	249,994	-0,006	±0,13	1250,00	1249,990	-0,010	±0,66
0,7	350,00	349,989	-0,011	±0,18	1750,00	1750,000	0,000	±0,89
1,0	500,00	499,981	-0,002	±0,25	2500,00	2499,990	-0,010	±1,25

Диапазон от 0 до 12,5000 В

Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
1,25	1249,99	-0,10	±0,9
2,50	2499,99	-0,10	±1,5
6,25	6250,00	0,00	±3,3
8,75	8750,00	0,00	±4,5
11,00	11000,10	0,10	±5,5**

Генерация тока

Диапазон от 0 до 22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,002	2,00	±3,1
0,1	2,200	2,200	0,000	±3,1	0,1	2,200	2,201	0,70	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,000	±4,0	0,2	4,400	4,400	1,20	±4,0
0,5	11,000	11,000	0,000	±6,6	0,5	11,000	11,002	2,00	±6,6
0,7	15,400	15,398	-0,001	±8,4	0,7	15,400	15,402	2,20	±8,4

Измерение тока

Диапазон от 0 до +22,000 мА									
№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	2,200	2,200	0,000	±3,1	0,1	2,200	2,199	-0,001	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,000	±4,0	0,2	4,400	4,399	-0,001	±4,0
0,5	11,000	11,000	2,000	±6,6	0,5	11,000	10,998	-0,002	±6,6
0,7	15,400	15,401	0,001	±8,4	0,7	15,400	15,397	-0,003	±8,4
1,0	22,000	22,000	0,000	±11,0	1,0	22,000	21,996	-0,004	±11,0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Измерение тока

Диапазон от 0 до -22,000 мА

№ прибора: **3572**

№ прибора: **3565**

Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА	Т.К.	Iк, мА	Iг, мА	Δ, мкА	Δд, мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1	0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1
0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0	0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0
0,5	-11,000	-11,001	0,001	±6,6	0,5	-11,000	-10,999	-0,001	±6,6
0,7	-15,400	-15,400	0,000	±8,4	0,7	-15,400	-15,398	-0,002	±8,4
1,0	-22,000	-22,001	0,001	±11,0	1,0	-22,000	-21,997	-0,003	±11,0

1. Основная погрешность. Генерация напряжения.

Прибор № 3565.

Диапазон от 0 до 0,100000 В					Диапазон от 0 до 1,00000 В				
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	
0,0	0,001*	0,000	0,000	±0,012	0,001	0,000	0,000	±0,12	
0,1	10,000	10,001	0,001	±0,012	100,00	99,979	-0,021	±0,12	
0,2	20,000	20,000	0,000	±0,016	200,00	199,970	-0,030	±0,16	
0,5	50,000	49,999	-0,001	±0,029	500,00	499,900	-0,100	±0,29	
0,7	70,000	69,998	-0,002	±0,037	700,00	699,850	-0,150	±0,37	

Диапазон от 0 до 11,00000 В

Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
0,0	0,00	0,0	±1,3
1,1	1099,9	-0,1	±1,3
2,2	2199,83	-0,17	±1,8
5,5	5499,63	-0,37	±3,2
7,7	7699,51	-0,49	±4,1

Измерение напряжения

Прибор № 3565

Диапазон от 0 до 0,50000 В					Диапазон от 0 до 2,50000 В				
Т.К.	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	Uк, мВ	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ	
0,1	50,00	50,001	0,001	±0,04	250,00	250,011	0,011	±0,18	
0,2	100,00	100,003	0,003	±0,06	500,00	500,010	0,010	±0,30	
0,5	250,00	250,011	-0,011	±0,13	1250,00	1250,090	0,090	±0,66	
0,7	350,00	350,013	-0,013	±0,18	1750,00	1750,140	0,140	±0,89	
1,0	500,00	500,010	-0,010	±0,25	2500,00	2500,100	0,100	±1,25	

Диапазон от 0 до 12,5000 В

Uк, В	Uи, мВ	Δ, мВ	Δд, мВ
1,25	1249,99	-0,01	±0,9
2,50	2500,10	0,10	±1,5
6,25	6250,30	0,30	±3,3
8,75	8750,50	0,50	±4,5
11,00	11000,70	0,70	±5,5**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Генерация тока

Диапазон от 0 до 22,000 мА

№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА	Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,00	±3,1
0,1	2,200	2,199	-0,001	±3,1	0,1	2,200	2,199	-0,08	±3,1
0,2	4,400	4,399	-0,001	±4,0	0,2	4,400	4,400	0,70	±4,0
0,5	11,000	10,999	-0,007	±6,6	0,5	11,000	10,999	-0,60	±6,6
0,7	15,400	15,398	-1,400	±8,4	0,7	15,400	15,398	-2,00	±8,4

Измерение тока

Диапазон от 0 до +22,000 мА

№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА	Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	2,200	2,200	0,000	±3,1	0,1	2,200	2,199	-0,001	±3,1
0,2	4,400	4,400	0,000	±4,0	0,2	4,400	4,399	-0,001	±4,0
0,5	11,000	11,001	2,000	±6,6	0,5	11,000	10,998	-0,002	±6,6
0,7	15,400	15,402	0,001	±8,4	0,7	15,400	15,397	-0,003	±8,4
1,0	22,000	22,002	0,000	±11,0	1,0	22,000	21,996	-0,004	±11,0

Измерение тока

Диапазон от 0 до -22,000 мА

№ прибора: 3572					№ прибора: 3565				
Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА	Т.К.	I _к , мА	I _г , мА	Δ, мкА	Δ _д , мкА
0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1	0,0	0,000*	0,000	0,000	±3,1
0,1	-2,200	-2,200	0,000	±3,1	0,1	-2,200	-2,199	-0,001	±3,1
0,2	-4,400	-4,400	0,000	±4,0	0,2	-4,400	-4,399	-0,001	±4,0
0,5	-11,000	-11,001	0,001	±6,6	0,5	-11,000	-10,998	-0,002	±6,6
0,7	-15,400	-15,402	0,002	±8,4	0,7	-15,400	-15,398	-0,002	±8,4
1,0	-22,000	-22,003	0,003	±11,0	1,0	-22,000	-21,997	-0,003	±11,0

Основная погрешность. Измерение сопротивления.

Диапазон от 0 до 200,00 Ом

№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	R _к , Ом	R _и , Ом	Δ, Ом	Δ _д , Ом	Т.К.	R _к , Ом	R _и , Ом	Δ, Ом	Δ _д , Ом
0,0	0,000*	0,087		±0,11	0,0	0,000*	0,085		±0,11
0,1	20,00	20,090		±0,11	0,1	20,000	20,080		±0,11
0,2	40,00	40,090		±0,11	0,2	40,000	40,060		±0,11
0,5	100,00	100,080		±0,13	0,5	100,000	100,040		±0,13
0,7	140,00	140,080		±0,14	0,7	140,000	140,020		±0,14
1,0	200,00	200,100		±0,16	1,0	200,000	199,990		±0,16

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Диапазон от 200,0 до 2000,0 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,086		±1,1	0,0	0,000*	0,086		±1,1
0,1	200,00	200,0		±1,1	0,1	200,00	200,00		±1,1
0,2	400,00	400,0		±1,1	0,2	400,00	400,00		±1,1
0,5	1000,00	1000,0		±1,3	0,5	1000,00	1000,00		±1,3
0,7	1400,00	1399,8		±1,4	0,7	1399,80	1400,00		±1,4
1,0	2000,00	1999,3		±1,6	1,0	1999,30	2000,00		±1,6

Основная погрешность. Измерение сопротивления. Транспорт +50°C

Диапазон от 0 до 200,00 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,032	0,00	±0,11	0,0	0,000*	0,012	0,00	±0,11
0,1	20,00	20,05	0,00	±0,11	0,1	20,000	20,08	0,01	±0,11
0,2	40,00	40,04	0,00	±0,11	0,2	40,000	40,00	0,00	±0,11
0,5	100,00	100,01	0,00	±0,13	0,5	100,000	99,98	-0,02	±0,13
0,7	140,00	140,00	0,00	±0,14	0,7	140,000	139,96	-0,04	±0,14
1,0	200,00	199,99	-0,01	±0,16	1,0	200,000	199,96	-0,04	±0,16

Диапазон от 200,0 до 2000,0 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,032	0,03	±1,1	0,0	0,000*	0,012	0,01	±1,1
0,1	200,00	199,99	-0,01	±1,1	0,1	200,00	199,96	-0,04	±1,1
0,2	400,00	400,00	0	±1,1	0,2	400,00	399,80	-0,02	±1,1
0,5	1000,00	999,70	-0,3	±1,3	0,5	1000,00	999,70	-0,03	±1,3
0,7	1400,00	1399,50	-0,5	±1,4	0,7	1399,80	1399,50	-0,5	±1,4
1,0	2000,00	1998,90	-1,1	±1,6	1,0	1999,30	1999,00	-1,0	±1,6

Основная погрешность. Измерение сопротивления. Транспорт -20°C

Диапазон от 0 до 200,00 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,004	0,00	±0,11	0,0	0,000*	0,006	0,00	±0,11
0,1	20,000	19,98	-0,02	±0,11	0,1	20,000	20,02	0,02	±0,11
0,2	40,000	40,00	0,00	±0,11	0,2	40,000	40,02	0,02	±0,11
0,5	100,000	100,00	0,00	±0,13	0,5	100,000	100,01	0,01	±0,13
0,7	140,000	140,99	-0,01	±0,14	0,7	140,000	140,00	0,00	±0,14
1,0	200,000	199,99	-0,01	±0,16	1,0	200,000	199,97	-0,03	±0,16

Диапазон от 200,0 до 2000,0 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,005	0,0	±1,1	0,0	0,000*	0,006	0,00	±1,1
0,1	200,00	200,00	0,0	±1,1	0,1	200,00	200,0	0,00	±1,1
0,2	400,00	400,00	0,0	±1,1	0,2	400,00	400,0	0,00	±1,1
0,5	1000,00	999,70	-0,3	±1,3	0,5	1000,00	1000,0	0,00	±1,3
0,7	1400,00	1399,50	-0,5	±1,4	0,7	1399,80	1399,9	-0,1	±1,4
1,0	2000,00	1998,40	-0,7	±1,6	1,0	1999,30	1999,5	-0,5	±1,6

Основная погрешность. Измерение сопротивления. Влага

Диапазон от 0 до 200,00 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,000	0,00	±0,11	0,0	0,000*	0,000	0,00	±0,11
0,1	20,000	20,00	0,00	±0,11	0,1	20,000	19,99	-0,01	±0,11
0,2	40,000	40,00	0,00	±0,11	0,2	40,000	39,99	-0,01	±0,11
0,5	100,000	100,00	0,00	±0,13	0,5	100,000	99,95	-0,05	±0,13
0,7	140,000	140,02	0,02	±0,14	0,7	140,000	140,05	0,05	±0,14
1,0	200,000	199,99	-0,01	±0,16	1,0	200,000	199,94	-0,06	±0,16

Диапазон от 200,0 до 2000,0 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,000	0,00	±1,1	0,0	0,000*	0,000	0,00	±1,1
0,1	200,00	199,99	-0,01	±1,1	0,1	200,00	200,1	0,10	±1,1
0,2	400,00	400,00	0,00	±1,1	0,2	400,00	399,8	-0,20	±1,1
0,5	1000,00	1000,00	0,00	±1,3	0,5	1000,00	999,9	-0,10	±1,3
0,7	1400,00	1399,60	-0,40	±1,4	0,7	1400,00	1399,8	-0,20	±1,4
1,0	2000,00	1999,40	-0,60	±1,6	1,0	2000,00	1999,6	-0,40	±1,6

Основная погрешность. Измерение сопротивления. Тряска

Диапазон от 0 до 200,00 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Ри, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,00	0,00	±0,11	0,0	0,000*	0,000	0,00	±0,11
0,1	20,00	20,01	0,01	±0,11	0,1	20,000	20,01	-0,01	±0,11
0,2	40,00	40,00	0,00	±0,11	0,2	40,000	40,00	-0,01	±0,11
0,5	100,00	99,98	-0,02	±0,13	0,5	100,000	99,94	-0,05	±0,13
0,7	140,00	139,99	-0,01	±0,14	0,7	140,000	139,96	0,05	±0,14
1,0	200,00	199,97	-0,04	±0,16	1,0	200,000	199,94	-0,06	±0,16

Диапазон от 200,0 до 2000,0 Ом									
№ прибора: 3565					№ прибора: 3572				
Т.К.	Rk, Ом	Rи, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом	Т.К.	Rk, Ом	Rи, Ом	Δ, Ом	Δд, Ом
0,0	0,000*	0,000	0,00	±1,1	0,0	0,000*	0,000	0,00	±1,1
0,1	200,00	199,96	-0,04	±1,1	0,1	200,00	199,94	-0,06	±1,1
0,2	400,00	399,80	-0,20	±1,1	0,2	400,00	399,80	-0,20	±1,1
0,5	1000,00	999,70	-0,30	±1,3	0,5	1000,00	999,70	-0,30	±1,3
0,7	1400,00	1399,50	-0,50	±1,4	0,7	1400,00	1399,40	-0,60	±1,4
1,0	2000,00	1999,00	-1,00	±1,6	1,0	2000,00	1999,90	-0,90	±1,6

Основная погрешность. Измерение температуры внешним датчиком ТС

Давление: 737 мм.рт.ст., температура: 22 °С, влажн: 50%

НСХ 100П, W100=1,385 (Pt 100)

Xк, °С	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-200	18,52	-200,0	0,0	±0,3	-200,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	175,86	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	247,09	399,7	-0,3	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
700	345,28	699,5	-0,6	±0,7	699,4	-0,6	±0,7
850	390,48	849,5	-0,5	±0,7	849,4	-0,6	±0,7

НСХ 50М, W100=1,428

Xк, °С	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	28,26	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	60,69	49,9	0,0	±0,3	49,9	0,0	±0,3
150	82,08	150,0	0,0	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	92,78	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

НСХ 100М, W100=1,428

Xк, °С	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Xи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	56,53	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	121,39	50,0	0,0	±0,3	49,9	0,0	±0,3
150	164,16	149,8	-0,2	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	185,55	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

НСХ 50П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	11,89	-185,1	-0,1	±0,3	-185,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	-0,1	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	88,52	199,8	-0,1	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	124,72	399,7	-0,3	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	158,58	599,7	-0,3	±0,7	599,7	-0,3	±0,7
850	197,51	849,7	-0,3	±0,7	849,7	-0,3	±0,7

НСХ 100П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	23,79	-185,1	-0,1	±0,3	-185,0	-0,1	±0,3
0	100,00	0,0	-0,1	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	177,05	199,8	-0,1	±0,3	199,8	-0,1	±0,3
400	249,44	399,7	-0,3	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	317,17	599,7	-0,3	±0,7	599,7	-0,3	±0,7
850	395,03	849,4	-0,5	±0,7	849,7	-0,6	±0,7

Транспортные +50°С. Измерение температуры внешним датчиком ТС

Давление: 731 мм.рт.ст., температура: 20 °С, влажн: 46,3%

НСХ 100П, W100=1,385 (Pt 100)

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-200	18,52	-200,0	0,0	±0,3	-200,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	175,86	199,8	0,0	±0,3	199,8	0,0	±0,3
400	247,09	399,8	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
700	345,28	700,2	0,2	±0,7	699,7	-0,3	±0,7
850	390,48	850,2	0,2	±0,7	849,9	-0,3	±0,7

НСХ 50М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	28,26	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	60,69	49,9	-0,1	±0,3	49,9	0,0	±0,3
150	82,08	149,8	-0,2	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	92,78	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

НСХ 100М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	56,53	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	0,0	±0,3
50	121,39	50,0	0,0	±0,3	49,9	0,0	±0,3
150	164,16	150,0	0,0	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	185,55	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

НСХ 50П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	11,89	-185,0	0,0	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	88,52	199,8	0,0	±0,3	199,8	-0,1	±0,3
400	124,72	399,8	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	158,58	599,7	-0,2	±0,7	599,7	-0,3	±0,7
850	197,51	849,7	-0,3	±0,7	849,7	-0,3	±0,7

НСХ 100П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	23,79	-185,1	-0,1	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	177,05	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,1	±0,3
400	249,44	399,7	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	317,17	600,2	0,2	±0,7	599,9	-0,3	±0,7
850	395,03	850,2	0,2	±0,7	849,7	-0,3	±0,7

Транспортные -20°С. Измерение температуры внешним датчиком ТС

Давление: 735 мм.рт.ст., температура: 20,5 °С, влажн: 47%

НСХ 100П, W100=1,385 (Pt 100)

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-200	18,52	-200,0	0,0	±0,3	-200,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	175,86	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	247,09	399,8	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
700	345,28	699,5	-0,5	±0,7	699,4	-0,6	±0,7
850	390,48	849,7	-0,5	±0,7	849,4	-0,6	±0,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

HCX 50M, W100=1,428

Xк, °C	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C	Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C
-100	28,26	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	60,69	50,0	0,0	±0,3	49,9	-0,1	±0,3
150	82,08	150,0	0,0	±0,3	149,8	-0,1	±0,3
200	92,77	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

HCX 100M, W100=1,428

Xк, °C	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C	Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C
-100	56,53	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	121,39	50,0	0,0	±0,3	50,0	0,0	±0,3
150	164,16	149,8	-0,2	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	185,55	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

HCX 50П, W100=1,391

Xк, °C	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C	Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C
-185	11,89	-185,0	0,0	±0,3	-184,8	-0,2	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	88,52	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	124,72	399,8	-0,2	±0,7	399,8	-0,2	±0,7
600	158,58	599,9	-0,2	±0,7	599,7	-0,2	±0,7
850	197,51	849,9	-0,1	±0,7	849,7	-0,3	±0,7

HCX 100П, W100=1,391

Xк, °C	Xн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C	Xи, °C	Δ, °C	Δд, °C
-185	23,79	-185,1	-0,1	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	177,05	199,8	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	249,44	399,8	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	317,17	599,5	-0,5	±0,7	599,5	-0,5	±0,7
850	395,03	849,5	-0,5	±0,7	849,5	-0,5	±0,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Влага +35 °С. Измерение температуры внешним датчиком ТС

Давление: 735 мм.рт.ст., температура: 20,8 °С, влажн: 47%

НСХ 100П, W100=1,385 (Pt 100)

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-200	18,52	-200,0	0,0	±0,3	-200,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	175,86	200,0	0,0	±0,3	200,0	0,0	±0,3
400	247,09	400,0	0,0	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
700	345,28	699,7	-0,3	±0,7	699,5	-0,5	±0,7
850	390,48	849,5	-0,5	±0,7	849,4	-0,6	±0,7

НСХ 50М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	28,26	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	60,69	50,0	0,0	±0,3	49,9	-0,1	±0,3
150	82,08	150,0	0,0	±0,3	149,8	-0,1	±0,3
200	92,77	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

НСХ 100М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	56,53	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	121,39	50,0	0,0	±0,3	50,0	0,0	±0,3
150	164,16	150,0	0,0	±0,3	150,0	0,0	±0,3
200	185,55	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

НСХ 50П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	11,89	-185,0	0,0	±0,3	-185,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	88,52	200,0	0,0	±0,3	200,0	0,0	±0,3
400	124,72	400,0	0,0	±0,7	399,8	-0,2	±0,7
600	158,58	599,9	-0,1	±0,7	599,7	-0,3	±0,7
850	197,51	849,9	-0,1	±0,7	849,9	-0,1	±0,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

НСХ 100П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	23,79	-185,1	-0,1	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	177,05	200,0	0,0	±0,3	200,0	0,0	±0,3
400	249,44	399,8	-0,2	±0,7	399,8	-0,2	±0,7
600	317,17	599,5	-0,5	±0,7	599,5	-0,5	±0,7
850	395,03	849,4	-0,6	±0,7	849,4	-0,6	±0,7

Тряска. Измерение температуры внешним датчиком ТС

Давление: 736 мм.рт.ст., температура: 21,8 °С, влажн: 34,8 %

НСХ 100П, W100=1,385 (Pt 100)

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-200	18,52	-200,0	0,0	±0,3	-200,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
200	175,86	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	247,09	399,7	-0,3	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
700	345,28	699,9	-0,1	±0,7	699,9	-0,1	±0,7
850	390,48	849,7	-0,3	±0,7	849,9	-0,1	±0,7

НСХ 50М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	28,26	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	0,0	0,0	±0,3
50	60,69	49,9	-0,1	±0,3	49,9	-0,1	±0,3
150	82,08	149,8	-0,2	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	92,77	199,8	0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

НСХ 100М, W100=1,428

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-100	56,53	-100,0	0,0	±0,3	-100,0	0,0	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
50	121,39	49,9	-0,1	±0,3	49,9	-0,1	±0,3
150	164,16	149,8	-0,2	±0,3	149,8	-0,2	±0,3
200	185,55	199,8	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

НСХ 50П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	11,89	-185,1	-0,1	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	50,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	88,52	200,0	0,0	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	124,72	399,8	-0,2	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	158,58	599,7	-0,3	±0,7	599,5	-0,5	±0,7
850	197,51	849,7	-0,3	±0,7	849,4	-0,6	±0,7

НСХ 100П, W100=1,391

Хк, °С	Хн, Ом	№ прибора: 3565			№ прибора: 3572		
		Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С	Хи, °С	Δ, °С	Δд, °С
-185	23,79	-185,1	-0,1	±0,3	-185,1	-0,1	±0,3
0	100,00	0,0	0,0	±0,3	-0,1	-0,1	±0,3
200	177,05	199,8	-0,2	±0,3	199,8	-0,2	±0,3
400	249,44	399,7	-0,3	±0,7	399,7	-0,3	±0,7
600	317,17	599,9	-0,1	±0,7	599,9	-0,1	±0,7
850	395,03	849,9	-0,1	±0,7	849,9	-0,1	±0,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Датчики температур серий ТП, ТР

Определение отклонения от НСХ + Проверка стабильности чувствительного элемента.

Наименование и заводские номера используемых эталонов и рабочих СИ:

Термопреобразователь: эталоны ППО 033

Термопреобразователь: ТПО200СJNA14A74,5

ТХА(К)

	Енсх, мВ	Тэт, °С	№000001	№000002	№000003
Среднее	16,3166	398,093	-	-	-
Епр пов, мВ		-	16,088	16,163	16,208
Тпов, °С		-	392,70	394,47	395,52
ΔЕ, мВ		-	-0,227	-0,153	-0,115
ΔТ, °С		-	-5,394	-3,617	-0,115
U, °С		-	0,137	0,139	0,138
Δдоп, °С		-	1,592	1,592	1,592
Среднее	16,3166	398,093	-	-	-
Епр пов, мВ		-	16,088	16,163	16,208
Тпов, °С		-	392,70	394,47	395,52
ΔЕ, мВ		-	-0,227	-0,153	-0,115
ΔТ, °С		-	-5,394	-3,617	-0,115
U, °С		-	0,137	0,139	0,138
Δдоп, °С		-	1,592	1,592	1,592
Среднее	16,3166	398,093	-	-	-
Епр пов, мВ		-	16,088	16,163	16,208
Тпов, °С		-	392,70	394,47	395,52
ΔЕ, мВ		-	-0,227	-0,153	-0,115
ΔТ, °С		-	-5,394	-3,617	-0,115
U, °С		-	0,137	0,139	0,138
Δдоп, °С		-	1,592	1,592	1,592
Среднее	16,3166	398,093	-	-	-
Епр пов, мВ		-	16,088	16,163	16,208
Тпов, °С		-	392,70	394,47	395,52
ΔЕ, мВ		-	-0,227	-0,153	-0,115
ΔТ, °С		-	-5,394	-3,617	-0,115
U, °С		-	0,137	0,139	0,138
Δдоп, °С		-	1,592	1,592	1,592

