

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Метрологические характеристики средств измерений

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Статистическая оценка результатов равноточных измерений

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Проверка годности изделия по размеру физической величины

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Оценка погрешностей вольтметров при измерении напряжения источника питания

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Измерение сопротивлений нулевым методом. Способ противопоставления

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

Сравнение дисперсий при измерении температур различными преобразователями

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.

Сравнение математических ожиданий при измерении температуры различными приборами

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8.

Проверка гипотезы о воспроизводимости результатов измерений давления манометрами с помощью критерия Кочрена

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9.

Проверка гипотезы о воспроизводимости результатов неравноточных измерений давления с помощью критерия Бартлетта

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» содержат методические рекомендации к выполнению восемнадцати практических и девяти лабораторных занятий.

Методические указания содержат сведения и рекомендации по оценке погрешностей многократных измерений, статистической обработке выборки результатов измерений и их математическому анализу, а также необходимые справочные данные, приведенные в соответствии с существующими нормативными документами.

Описание лабораторных занятий позволит студенту приобрести навыки использования измерительного инструмента, наблюдения и сбора результатов измерений и их математической оценки. Кроме того, в результате выполнения лабораторных занятий студенты ознакомятся с методикой оценки неравноточных измерений.

Выполнение практических и лабораторных занятий способствует освоению профессиональных компетенций:

ОПК-5 Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.

ОПК-7 Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.

ОПК-8 Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

ПК-3 Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: изучить основные метрологические характеристики средств измерений и ознакомиться с методами их определения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: анализировать выбор средств измерений применительно к конкретным условиям.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять погрешности измерений и делать выводы о целесообразности применения того или иного вида измерительного инструмента.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: приобретение навыков использования различных видов измерительных инструментов.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Метрологические характеристики (свойства) средств измерений – это такие количественные характеристики, назначением которых является оценка качественного и технического уровней измерительных инструментов, с целью нахождения опытных результатов измерений и количественной оценки показателей постоянной инструментальной составляющей погрешности измерения.

По ГОСТ 8.009-84 устанавливается перечень необходимых метрологических характеристик средств измерений (цена деления, диапазон показаний, диапазон измерений, погрешность средства измерения, сила измерения и т. д.).

В лабораторной работе будут использованы четыре вида измерительных инструментов (штангенциркуль, микрометр, рычажная скоба,

миниметр). Дадим краткую характеристику и правила пользования этими типами средств измерений:

1. Штангенциркуль – универсальный измерительный инструмент, который можно использовать для нахождения наружных и внутренних линейных размеров как цилиндрических, так и плоских поверхностей абсолютным методом. Свое название это средство измерений получило по конструкции прибора, основой конструкции которого является линейка-штанга. Нониусы штангенциркулей получают с шагом отсчета 0,10; 0,05; 0,02 мм.

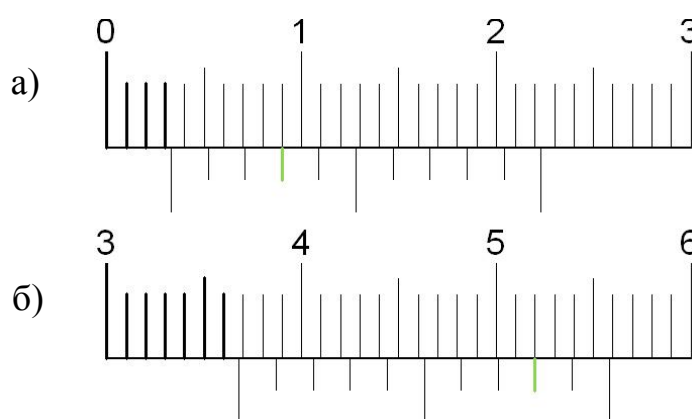


Рисунок 19.1 – Схема измерения размера штангенциркулем

Для нахождения заданного размера при помощи штангенциркуля необходимо просуммировать результаты его основной и вспомогательной (нониуса) шкал:

- число целых миллиметров находится по основной шкале штанги слева направо, на которое указывает нулевой штрих нониуса (вспомогательной шкалы). Например, на рисунке 19.1а количество целых миллиметров равно 3,0; на рисунке 19.1б – 36,0;

- для нахождения долей миллиметра нужно определить то деление нониуса, которое практически точно совпадает с одним из делений основной шкалы по вертикали. Затем необходимо перемножить номер по порядку найденного деления нониуса на цену деления его шкалы (на рисунке 19.1 нониус имеет 10 делений и, следовательно, цена шкалы нониуса равна 0,1

мм). Например, на рисунке 19.1а количество долей миллиметра равно $3 \cdot 0,1 = 0,3$; на рисунке 19.1б: $8 \cdot 0,1 = 0,8$. Результат измерения определяется как сумма двух значений: количества целых миллиметров и их долей. Таким образом, общий результат будет равен: рисунок 19.1а – 3,3; рисунок 19.1б – 36,8.

В случаях когда нулевое деление нониуса точно совпадает с одним из делений основной шкалы, измеряемый размер равен целому числу.

2. Микрометр – это универсальный измерительный инструмент, который предназначен для нахождения линейных величин (цилиндрических и плоских поверхностей) абсолютным методом измерения. Для определения его показаний, нужно сложить полученные значения показаний шкал стебля и барабана.

Перед началом измерений микрометром необходимо провести его проверку при помощи плоскопараллельной концевой меры длины или специальной цилиндрической установочной меры.

Показателем при отсчете по основной шкале 2 является торец барабана, а продольный штрих 1 служит показателем для дополнительной шкалы 3. Нижние деления шкалы стебля показывают число целых миллиметров, а ее верхние деления – половины миллиметров, т.к. один оборот барабана составляет 0,5 мм.

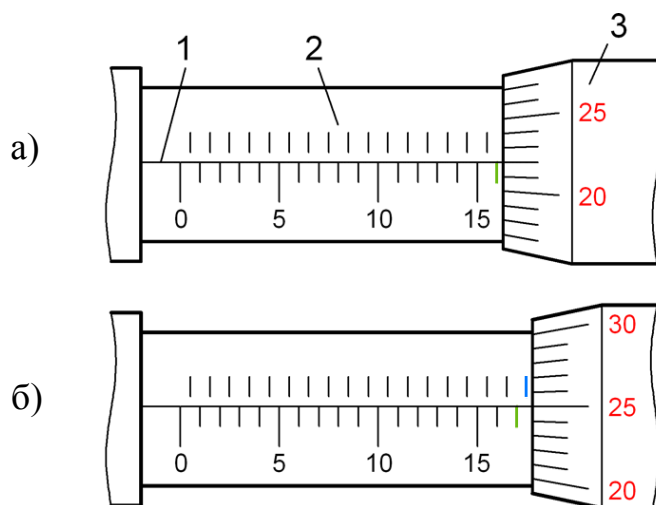


Рисунок 19.2 – Схема измерения размера микрометром: 1 – продольный штрих; 2 – основная шкала (шкала стебля); 3 – дополнительная шкала (шкала барабана)

Для определения величины измеряемого размера при помощи микрометра нужно сложить результаты шкалы стебля и шкалы барабана:

- количество целых миллиметров определяется по последнему полностью открытому барабаном делению шкалы стебля. Например, на рисунке 19.2а количество целых миллиметров равно 16,0 (открыто нижнее деление шкалы стебля, а верхнее еще не показалось). На рисунке 19.2а открыто нижнее деление шкалы стебля значением 17,0 миллиметров и уже показалось верхнее деление. Следовательно, результат по шкале стебля будет равен: $17,0 + 0,5 = 17,5$ мм;

- число сотых долей миллиметра равно тому показанию шкалы барабана, которое находится на одной линии (горизонтально) с продольным штрихом. Например, для рисунка 19.2а значение сотых долей миллиметра будет равно 0,22 мм; для рисунка 19.2б – 0,25 мм. Следовательно, согласно рисунка 19.2а получаем размер $16 + 0,22 = 16,22$ мм, а для рисунка 19.2б: $17,5 + 0,25 = 17,75$ мм.

Распространенной ошибкой при измерении микрометром является случай, когда неправильно учитывают (или наоборот не учитывают) значения 0,5 мм (верхнее деление шкалы стебля). Это обусловлено зачастую тем, что ближайшее к барабану деление верхней шкалы стебля может быть открыто только частично. Поэтому в таких случаях проводят проверку при помощи штангенциркуля.

3. Рычажная скоба – это средство измерения охватываемых размеров (наружный диаметр, уступы и т. п.) при помощи относительного метода измерения.

В рычажной скобе имеются две пятки, которые условно называют подвижной и неподвижной. Настройка рычажной скобы производится на номинальный размер измеряемой детали при помощи блока плоскопараллельных концевых мер длины.

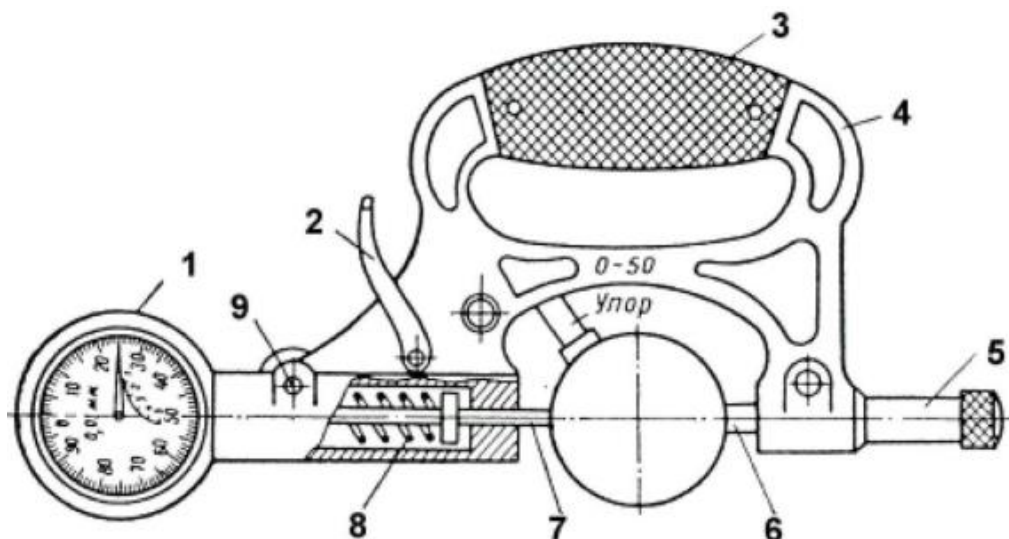


Рисунок 19.3 – Схема измерения размера рычажной скобой: 1 – отсчетное устройство; 2 – рычага отвода; 3 – ручка с теплоизоляционными накладками; 4 – корпус; 5 – колпачок; 6 – подвижная пятка; 7 – неподвижная пятка; 8 – пружина; 9 – стопорный винт.

Настройка рычажной скобы производится в следующем порядке:

- снимается колпачок, служащий для предохранения подвижной пятки от самоотвинчивания;
- подвижная пятка перемещается на расстояние, затем вставляется блок плоскопараллельных концевых мер длины (равный номинальному размеру);
- далее при помощи подвижной пятки отсчетное устройство устанавливается на ноль;
- при помощи рычага отвода перемещается неподвижная пятка и вынимается блок мер;
- для измерения размера деталь при помощи рычага отвода вначале закрепляют, а затем снимают из рычажной скобы.

Как указывалось выше, при применении рычажной скобы используется относительный метод измерения, т. е. при отклонении стрелки отсчетного устройства от «0» вправо измеряемый размер будет меньше номинального, а при отклонении влево – больше номинального размера.

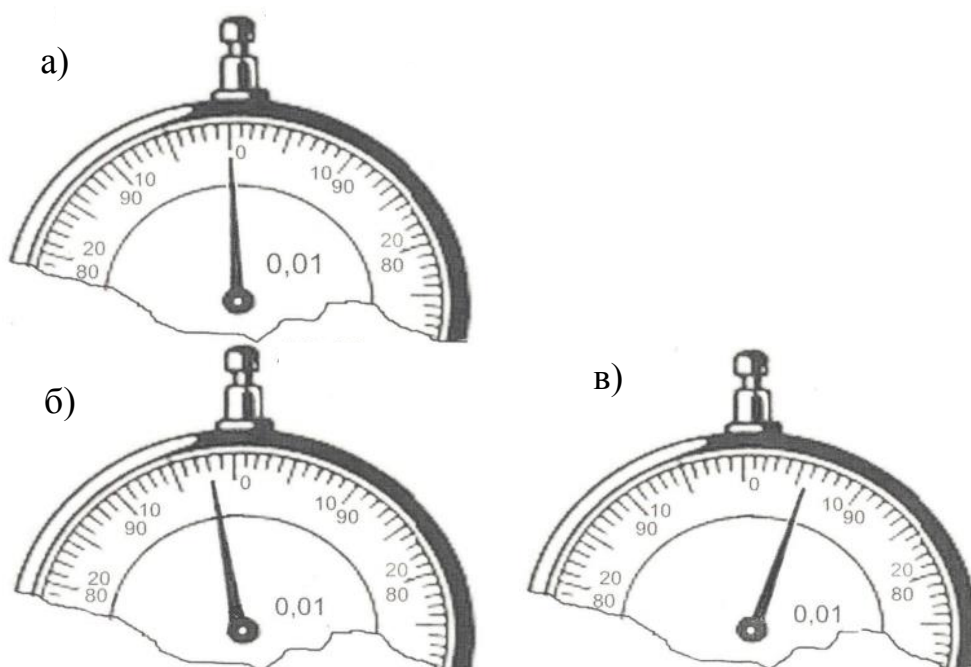


Рисунок 19.4 – Схема нахождения размера при измерении рычажной скобой ценой деления 0,01 миллиметра для номинального размера 25 мм

На рисунке 19.4а представлены показания рычажной скобой при ее настройке по блоку мер длины (на ноль), на рисунках 19.4б и 19.4в показания прибора при измерении. Например, на рисунке 19.4б стрелка средства измерения ушла влево на 2 деления и, следовательно, измеренный размер будет равен $25 + 2 \cdot 0,01 = 25,02$ мм, а для рисунка 19.4в, на котором стрелка прибора ушла вправо на 6 делений: $25 - 6 \cdot 0,01 = 24,94$ мм.

4. Миниметр (рисунок 19.5) предназначен для относительных измерений охватываемых поверхностей.

Настройка и правила определения размера миниметром очень сходны с этими же этапами для рычажной скобы. То есть прибор вначале настраивается на ноль при помощи передачи винт-гайка колонки и кронштейна (грубая настройка) и арретира (точная настройка) согласно

блоку концевых мер длины. Порядок измерения и определение результата измерения такой же, как и для описанной выше рычажной скобы.

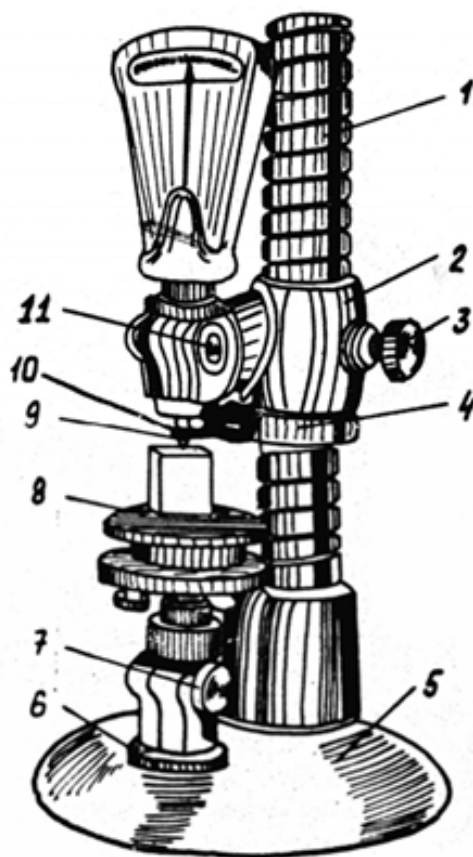


Рисунок 10.5 – Миниметр со стойкой: 1 – колонка; 2 – кронштейн; 3 – стопорный винт кронштейна; 4 – кольцо; 5 – основание; 6 – гайка; 7 – стопорный винт столика; 8 – столик; 9 – измерительный наконечник; 10 – арретир; 11 – винт крепления миниметра

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

1. На основании выданных преподавателем объекта (втулка, рисунок 19.6) и средств измерений заполнить необходимые столбцы таблицы 19.1.

2. Измерить с помощью выданных средств измерений действительный размер физической величины и занести в таблицу 19.1.

При измерении размера $\varnothing 25$ получены следующие результаты:

- штангенциркуль ШЦ-12 $X_{ИЗМ1} = 24,9 \text{ мм}$;
- штангенциркуль ШЦ-15 $X_{ИЗМ2} = 24,85 \text{ мм}$;

- микрометр МК-25 $X_{ИЗМ3} = 24,86 \text{ мм}$;
- рычажная скоба СР-50 $X_{ИЗМ4} = 24,888 \text{ мм}$;
- миниметр 200 $X_{ИЗМ} = 24,886 \text{ мм}$.

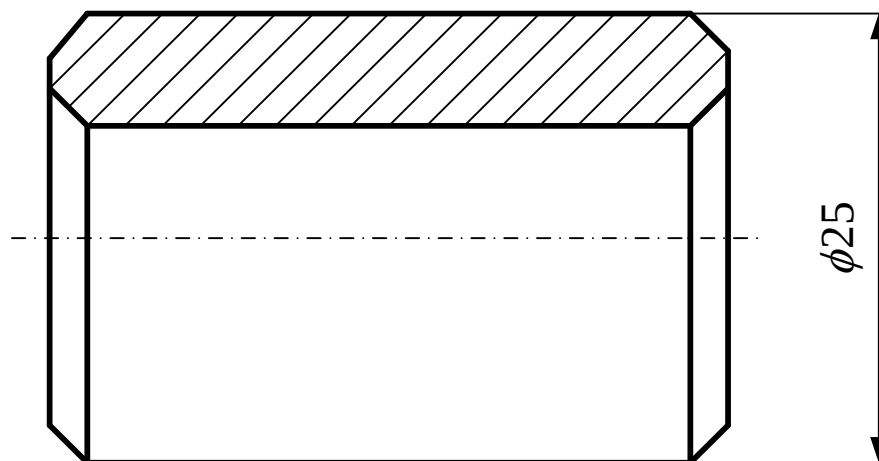


Рисунок 19.6 – Деталь втулка

Таблица 19.1 – Форма отчета

Наименование средства измерения	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Допускаемая погрешность измерений $[\Delta X]$, мм	Результат измерения, мм		Погрешность измерения ΔX , мм
				Заданный размер	Действительный размер	
Штангенциркуль ШЦ-12	0,1	0 – 120	$\pm 0,1$	25	24,9	0,05
Штангенциркуль ШЦ-15	0,05	0 – 150	$\pm 0,05$		24,85	– 0,01
Микрометр МК-25	0,01	0 – 25	$\pm 0,01$		24,86	– 0,028
Рычажная скоба СР-50	0,002	25 – 50	$\pm 0,002$		24,888	0,002
Миниметр 200	0,001	0 – 200	$\pm 0,001$		24,886	–

3. Определить погрешность измерения физической величины по формуле:

$$VX = X_{ИЗМ} - X, \quad (19.1)$$

где $X_{ИЗМ}$ – значение размера, полученное при измерении (результат измерения);

X – истинное значение измеренной величины.

Погрешность измерений:

- штангенциркуля ШЦ-12:

$$VX_1 = X_{ИЗМ1} - X_{ИЗМ2} = 24,9 - 24,85 = 0,05 \text{ мм};$$

- штангенциркуля ШЦ-15:

$$VX_2 = X_{ИЗМ2} - X_{ИЗМ3} = 24,85 - 24,86 = -0,01 \text{ мм};$$

- микрометра МК-25:

$$VX_3 = X_{ИЗМ3} - X_{ИЗМ4} = 24,86 - 24,888 = -0,028 \text{ мм};$$

- скобы рычажной СР-50:

$$VX_4 = X_{ИЗМ4} - X_{ИЗМ5} = 24,888 - 24,886 = 0,002 \text{ мм}.$$

4. Сделать вывод о годности средства измерения по условию:

$$\Delta X \leq [\Delta X], \quad (19.2)$$

где $[\Delta X]$ – допускаемая погрешность средства измерения.

По результатам приведенного выше примера получаем:

- штангенциркуль ШЦ-12: $0,05 \leq 0,1$ – условие выполнено, средство измерения работоспособно;

- штангенциркуль ШЦ-15: $-0,05 \leq -0,01 \leq 0,05$ – условие выполнено, средство измерения работоспособно;

- микрометр МК-25: $-0,01 \leq -0,028 \leq 0,01$ – условие не выполнено.

Следовательно, необходимо данное средство измерения настроить и повторно провести измерение. Если это не приведет к выполнению условия 19.2, то микрометр МК-25 нужно отдать в ремонт;

- скоба рычажная СР-50: $0,002 \leq 0,002$ – условие выполнено, средство измерения работоспособно.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Объект измерения – деталь.
2. Средства измерения: штангенциркуль ШЦ-12; штангенциркуль ШЦ-15; микрометр МК-25; рычажная скоба СР-50; миниметр 200.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды и назначение штангенинструментов.
2. Отсчетное устройство штангенинструментов.
3. Расчет нониуса штангенинструментов.
4. Основные метрологические характеристики штангенинструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: ознакомление с методикой статической оценки результатов измерений и приобретение навыков в обработке статических данных.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знакомство с методиками обработки результатов измерений при помощи механизмов математической статистики.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: научиться применять методы обработки статических данных в реальных условиях.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования средств измерений в реальных условиях и методик исследования, полученных результатов.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Лабораторная работа проходит в следующей последовательности:

1. Измерить размеры физической величины заданных объектов. Полученную выборку представить в виде таблицы 20.1. Определить предельные значения выборки ($X_{\max}$, $X_{\min}$). Найти размах варьирования по формуле:

$$R = X_{\max} - X_{\min}. \quad (20.1)$$

Задаваясь числом интервалов ($K = 5 - 11$), определить величину интервала:

$$C = \frac{R}{K}. \quad (20.2)$$

2. Найти границы интервалов выборки можно следующим образом:

- границы 1 интервала – $X_{\min} \dots X_{\min} \pm C$;

- границы 2 интервала – $X_{\min} \dots X_{\min} \pm 2C$;
- границы k интервала – $X_{\min} \pm (k-1) \dots X_{\min} \pm kC$.

В каждый интервал включаются размеры, лежащие в пределах от наименьшего значения интервала включительно до наибольшего значения интервала, исключая его. В таблице 20.2 при помощи черточек сделать подсчет частот по интервалам.

3. Составить таблицу 20.3 (эмпирическое распределение X) и построить эмпирическую кривую распределения в координатах «середина интервала-частость» (рисунок 20.1). Значения середин интервалов и частостей находятся по формулам 20.3 и 20.4 соответственно.

$$X_i = \frac{X_{i\max} + X_{i\min}}{2}, \quad (20.3)$$

$$m_i = \frac{f}{n}, \quad (20.4)$$

где n – общее число наблюдаемых значений случайной величины.

4. Для вычисления статистических характеристик распределения предварительно заполнить вспомогательную таблицу 20.4 для вычисления среднего арифметического $\bar{X}$ и среднего квадратического σ выборки.

5. Определить аргументы функции Лапласа по формулам:

$$Z_1 = \frac{H - \bar{X}}{\sigma}, \quad Z_2 = \frac{B - \bar{X}}{\sigma}. \quad (20.5)$$

где H и B – нижний и верхний пределы. Принимаем $H = X_{\min}$, $B = X_{\max}$.

6. Определить вероятность попадания результатов измерений в поле допускаемых значений физической величины (значения $\Phi(z)$ находятся по таблице 6.1) по формуле:

$$P(x_{\max} < x < x_{\min}) = \Phi(z_2) - \Phi(z_1), \quad (20.6)$$

где $\Phi(-z) = -\Phi(z)$.

7. Сделать вывод.

Таблица 20.1 – Отклонения от номинального размера измеренных деталей

-0,07	-0,03	-0,04	-0,08	-0,03	-0,08	-0,09	-0,10	-0,10	-0,10
-0,13	-0,08	-0,06	-0,04	-0,04	-0,03	-0,04	-0,07	-0,11	-0,12
-0,03	-0,07	-0,08	-0,11	-0,05	-0,05	-0,07	-0,03	-0,09	-0,10
-0,05	-0,12	-0,07	-0,06	-0,08	-0,11	-0,08	-0,12	-0,03	-0,10
-0,11	-0,14	-0,13	-0,08	-0,12	-0,07	-0,09	-0,10	-0,11	-0,08
-0,08	-0,05	-0,11	-0,07	-0,05	-0,08	-0,10	-0,09	-0,09	-0,02
-0,06	-0,12	-0,05	-0,07	-0,11	-0,05	-0,09	-0,03	-0,11	-0,09
-0,11	-0,06	-0,07	-0,06	-0,06	-0,12	-0,10	-0,08	-0,09	-0,01
-0,05	-0,07	-0,06	-0,05	-0,08	-0,09	-0,14	-0,09	-0,08	-0,09
-0,07	-0,06	-0,06	-0,12	-0,05	-0,03	-0,10	-0,09	-0,09	-0,08

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. При помощи микрометра (правила пользования приведены в теоретической части лабораторной работы № 1) путем измерений определим отклонения от номинального размера для заданных 100 деталей. Полученные результаты занесем в таблицу 20.1.

Находим $X_{max} = -0,01$;

$X_{min} = -0,14$.

Определяем размах варьирования (формула 20.1):

$$R = X_{max} - X_{min} = 0,13 \text{ мм.}$$

Определяем величину интервала (формула 20.2):

$$C = \frac{0,13}{7} = 0,02.$$

2. Определяем границы интервалов:

- границы 1-го интервала: $X_{min1} = -0,14$;

$$X_{max1} = X_{min1} + C = -0,14 + 0,02 = -0,12;$$

- границы 2-го интервала: $X_{min2} = -0,12$;

$$X_{max2} = X_{min2} + C = -0,12 + 0,02 = -0,10;$$

- границы 3-го интервала: $X_{min3} = -0,10$;

$$X_{max3} = X_{min3} + C = -0,10 + 0,02 = -0,08;$$

- границы 4-го интервала: $X_{min4} = -0,08$;

$$X_{max4} = X_{min4} + C = -0,08 + 0,02 = -0,06;$$

- границы 5-го интервала: $X_{\min 5} = -0,06$;

$$X_{\max 5} = X_{\min 5} + C = -0,06 + 0,02 = -0,04;$$

- границы 6-го интервала: $X_{\min 6} = -0,04$;

$$X_{\max 6} = X_{\min 6} + C = -0,04 + 0,02 = -0,02;$$

- границы 7-го интервала принимаем $X_{\min 7} = -0,02$; $X_{\max 7} = 0$. На такое допущение можно пойти в связи с низкой плотностью результатов на границах выборки.

Заполняем таблицу 20.2 подсчета частот эмпирического распределения, т. е. определяем сколько результатов попадает в каждый из полученных интервалов.

Таблица 20.2 – Подсчет частот эмпирического распределения

Интервалы		Подсчет частот f_i	Частота f_i
от	до		
-0,14	-0,12	III	3
-0,12	-0,10	IIIIIIIIII	16
-0,10	-0,08	IIIIIIIIIIIIII	22
-0,08	-0,06	IIIIIIIIIIIIIIII	25
-0,06	-0,04	IIIIIIIIIIII	19
-0,04	-0,02	IIIIIIII	13
-0,02	0	II	2
			$\sum f_i = 100$

Таблица 20.3 – Эмпирическое распределение

Интервалы		Середина интервала X_i	Частота f_i	Частость m_i
От	До			
-0,14	-0,12	-0,13	3	0,03
-0,12	-0,10	-0,11	16	0,16
-0,10	-0,08	-0,09	22	0,22
-0,08	-0,06	-0,07	25	0,25
-0,06	-0,04	-0,05	19	0,19
-0,04	-0,02	-0,03	13	0,13
-0,02	0	-0,01	2	0,02
			$\sum f_i = 100$	$\sum m_i = 1,0$

3. Составляем вспомогательную таблицу 20.3, для которой середина интервала X_i определяется по формуле 20.3, а частость m_i определяется по формуле 20.4.

По полученным значениям таблицы 20.3 (середина интервала и частость) строим эмпирическую кривую распределения в произвольно выбранном масштабе.



Рисунок 20.1 – Эмпирическая кривая распределения заданной выборки

Таблица 20.4 – Определение среднего арифметического $\bar{X}$ и среднего квадратического σ значений выборки

Середина интервала	Частость m_i	$X_i \cdot m_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$m_i(X_i - \bar{X})^2$
-0,13	0,03	-0,0039	0,058	0,0033	0,000099
-0,11	0,16	-0,0176	0,038	0,0014	0,00022
-0,09	0,22	-0,0198	0,018	0,0003	0,00006
-0,07	0,25	-0,0178	-0,002	0,000004	0,000001
-0,05	0,19	-0,0095	-0,022	0,0005	0,000095
-0,03	0,13	-0,0039	-0,042	0,0017	0,00022
-0,01	0,03	-0,0003	-0,062	0,0038	0,00011
$\Sigma = -0,0725$				$\Sigma = 0,000784$	

4. По полученным ранее результатам (середина интервала, частость) заполняем вспомогательную таблицу 20.4 для определения среднего арифметического $\bar{X}$ и среднего квадратического σ значений результатов

выборки, которые определяются соответственно как суммы третьего и шестого столбца:

$$\bar{X} = \sum x_i m_i = -0,0725;$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[m_i (X_i - \bar{X})^2 \right]} = \sqrt{0,000784} = 0,028.$$

5. Определяем аргументы функции Лапласа по формулам 20.5:

$$Z_1 = \frac{H - \bar{X}}{\sigma} = \frac{X_{\min} - \bar{X}}{\sigma} = \frac{-0,14 - (-0,0725)}{0,028} = -2,41;$$

$$Z_2 = \frac{B - \bar{X}}{\sigma} = \frac{X_{\max} - \bar{X}}{\sigma} = \frac{-0,01 - (-0,0725)}{0,028} = 2,23.$$

6. Предварительно находим значения функции Лапласа из таблицы 6.1:

$$\Phi(z_1) = \Phi(-2,41) = -0,4918;$$

$$\Phi(z_2) = \Phi(2,23) = 0,4861.$$

Определяем вероятность попадания результатов измерений в границы полученной при измерениях выборки по формуле 20.6:

$$P(x_{\min} < x < x_{\max}) = \Phi(z_2) - \Phi(z_1) = \Phi(2,23) - \Phi(-2,41) = \Phi(2,23) + \Phi(2,41) = 0,4861 + 0,4918 = 0,9779.$$

7. Таким образом, вероятность получения размеров в пределах границ выборки составляет 97,79 %.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Объект измерения – 100 аналогичных деталей.
2. Средства измерения: микрометр или рычажная скоба.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе проведения лабораторной работы студент должен соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебных лабораториях.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Конструкция и принцип работы миниметра.
2. Характеристика групп погрешностей изготовления.
3. Характеристики распределения случайных величин.
4. Вероятность получения значений случайной погрешности в заданных пределах.
5. Как определить вероятность получения размеров в пределах границ выборки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
- 2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.
3. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПРОВЕРКА ГОДНОСТИ ИЗДЕЛИЯ ПО РАЗМЕРУ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Цель работы: изучить понятия и методику оценки годности изделия по размеру физической величины.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие о современном подходе к оценке годности изделия по отдельному конструктивному параметру.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: пользоваться справочной литературой, чертить схемы распределения параметров.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основными понятиями и определениями международной системы «Допусков и посадок».

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Лабораторная работа проводится в следующей последовательности:

1. Сделать эскиз заданной преподавателем детали.
2. Измерить заданные размеры при помощи штангенциркуля и нанести их на эскиз.

3. Найти значения предельных отклонений: es , ei [2] по условиям, заданным преподавателем.

4. По найденным номинальному размеру ($P_{ном}$) и предельным отклонениям (es , ei) определить предельные размеры физической величины (максимальный, минимальный):

$$P_{\max} = P_{ном} + es ; P_{\min} = P_{ном} + ei , \quad (21.1)$$

5. При помощи микрометра найти действительный размер физической величины P_{∂} .

6. Сделать заключение о годности размера физической величины согласно условию:

$$P_{\min} \leq P_{\partial} \leq P_{\max} , \quad (21.2)$$

где P_{∂} – действительный размер физической величины.

Полученные результаты занести в таблицу 21.1.

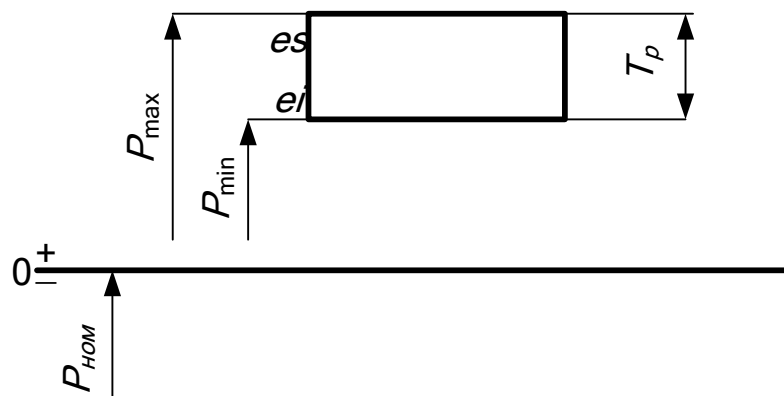


Рисунок 21.1 – Схема поля допуска размера физической величины

7. Определить допуск размера физической величины по формуле:

$$T_p = P_{\max} - P_{\min} = es - ei . \quad (21.3)$$

8. Построить схемы полей допусков размеров физической величины согласно полученным результатам (рисунок 21.1).

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. На рисунке 21.2 сделан эскиз, выданной преподавателем детали.
2. Измеряем заданные размеры штангенциркулем и наносим их на эскиз 21.2.

3. Находим значения предельных отклонений es , ei :

- для $\varnothing 25h14$: $es = 0$; $ei = -0,52$ мм.;
- для $\varnothing 35a14$: $es = -0,31$ мм.; $ei = -0,93$ мм.;
- для $\varnothing 35h13$: $es = 0$; $ei = -0,39$ мм.;
- для $\varnothing 55js14$: $es = +0,37$ мм.; $ei = -0,37$ мм.

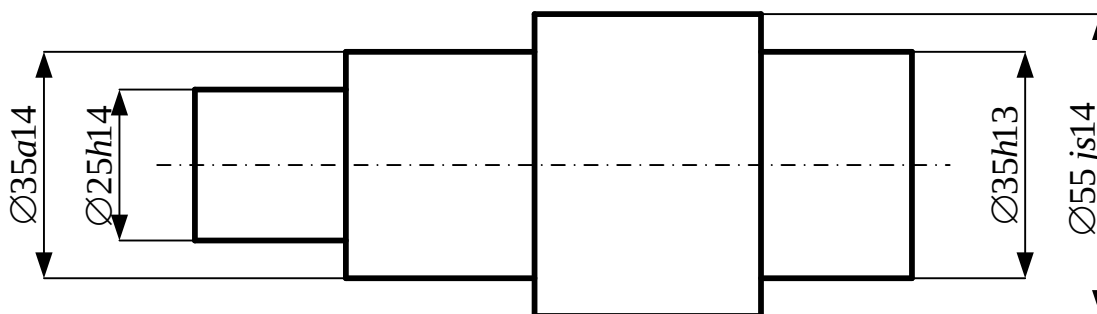


Рисунок 21.2 – Эскиз детали

4. Определяем предельные размеры (формулы 21.1):

- для $\varnothing 25h14$: $P_{\min} = 25 + (-0,52) = 24,48 \text{ мм.}$; $P_{\max} = 25 + 0 = 25 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 35a14$: $P_{\min} = 35 + (-0,93) = 34,07 \text{ мм.}$; $P_{\max} = 35 + (-0,31) = 34,69 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 35h13$: $P_{\min} = 35 + (-0,39) = 34,61 \text{ мм.}$; $P_{\max} = 35 + 0 = 35 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 55js14$: $P_{\min} = 55 + (-0,37) = 54,63 \text{ мм.}$; $P_{\max} = 55 + 0,37 = 55,37 \text{ мм.}$

5. Используя микрометр, определяем действительный размер физической величины P_{ϕ} .

6. Делаем заключение о годности размера физической величины по условию 21.2.

Полученные результаты заносим в таблицу 21.1.

Таблица 21.1 – Форма отчета

Измеряемый размер	Предельные отклонения для размера, мм.		Предельные размеры, мм.		Действительный размер P_{ϕ} , мм	Заключение о годности размера
	es	ei	$P_{\max}$	$P_{\min}$		
$\varnothing 25h14$	0	- 0,52	25,0	24,48	24,86	Годен
$\varnothing 35a14$	- 0,31	- 0,93	34,69	34,07	34,72	Не годен. Исправимый брак
$\varnothing 35h13$	0	- 0,39	35,0	34,61	34,56	Не годен. Неисправимый брак
$\varnothing 55js14$	+ 0,37	- 0,37	55,37	54,63	55,02	Годен

7. Определяем допуски размеров по формуле 21.3:

- для $\varnothing 25h14$: $T_p = 25 - 24,48 = 0,52 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 35a14$: $T_p = 34,69 - 34,07 = 0,62 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 35h13$: $T_p = 35 - 34,61 = 0,39 \text{ мм.}$;

- для $\varnothing 55js14$: $T_p = 55,37 - 54,63 = 0,74 \text{ мм.}$

8. Построим схемы полей допусков согласно рисунку 21.2.

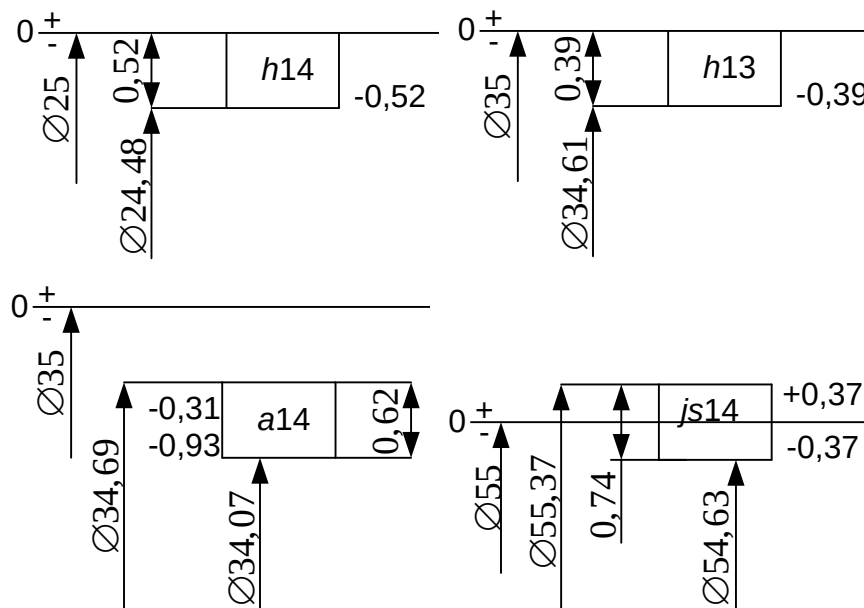


Рисунок 21.3 – Пример построения схем полей допусков

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Объект измерения – деталь.
2. Средства измерения: штангенциркуль, микрометр.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе проведения лабораторной работы студент должен соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебных лабораториях.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определять предельные отклонения размеров?
2. Как определяются предельные размеры?
3. По какому условию делается заключение о годности размера?
4. Принцип построения полей допусков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

3. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ВОЛЬТМЕТРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Цель работы: произвести измерения напряжений источника питания стрелочным и цифровым вольтметром и оценить их погрешности измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: производить расчет погрешностей измерительных инструментов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: делать выводы о готовности средств измерений к практическому использованию.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Комплект учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения электрических величин» (далее стенд) позволяет изучать средства и методы измерения электрических величин (сопротивления, напряжения, силы тока) и предназначен для приобретения навыков при получении результатов многократных электрических измерений и их оценки на основе нулевого метода и метода непосредственной оценки.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Проверить исходное состояние стенда:

- клавишный выключатель «ВКЛ» в состоянии отключено;
- тумблеры S1, S2, S3 и S4 в среднем положении;
- переключатель «СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ» в положении 1;
- переключатель «ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ» в положении А;
- переключатели U_x , I_x , R_x , R_{x1} и R_{x2} в положении 0;
- регулятор «НАПРЯЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА» - «ГРУБО» в крайнем левом положении (т.е. повернут против часовой стрелки);
- переключатель режимов измерения на мультиметре в положении 200V.

Остальные регуляторы в произвольном положении.



Рисунок 22.1 – Установка для формирования и измерения электрических величин

2. Измерение напряжений источника питания стрелочным и цифровым вольтметрами:

- включить стенд, нажав на клавишный выключатель «ВКЛ»;
- тумблер S2 переключить в левое положение, тумблер S1 в правое положение;
- включить мультиметр нажатием кнопки «ON-OFF»;

- проверить светодиодные индикаторы. Должны гореть два индикатора «схема №1» и « U_c »;

- с помощью потенциометров «ГРУБО» и «ТОЧНО» (НАПРЯЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА) установить напряжение на стрелочном вольтметре в соответствии с таблицей 22.1. Установив нужное значение на стрелочном вольтметре, запишите значение напряжения на мультиметре в таблицу 22.1.

3. Определить абсолютную погрешность для всех измерений:

$$\Delta = |U_M - U_c|, \quad (22.1)$$

где U_M -- показание мультиметра, В;

U_c – показание стрелочного вольтметра, В.

4. Рассчитать относительную погрешность δ для всех измерений:

$$\delta = \frac{\Delta}{U_M} 100\% = \frac{|U_M - U_c|}{U_M} 100\%, \quad (22.2)$$

где Δ – значение абсолютной погрешности, В.

5. Найти приведенную погрешность γ для всех измерений:

$$\gamma = \frac{U_M}{U_B} 100\% \quad (22.3)$$

где U_B – предельное значение шкалы прибора, $U_B = 30$ В при 1-ом классе точности.

Все полученные значения записать в таблицу 22.1.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

1. Проверили исходное состояние стенда.
2. Измерили напряжения источника питания стрелочным и цифровым вольтметрами и полученные данные занесли в таблицу 22.1.
3. – 5. По формулам 22.1 – 22.3 определим значения Δ , δ , γ .

Таблица 22.1 – Протокол измерений напряжений

Показания стрелочного вольтметра U_c , В	29,0	25,0	21,0	17,0	13,0	9,0	5,0
Показания цифрового	29,1	24,93	20,96	17,07	13,06	9,03	5,02

вольтметра U_M , В							
Абсолютная погрешность Δ , В	0,1	0,07	0,04	0,07	0,06	0,03	0,02
Относительная погрешность δ , %	0,3	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,4
Приведенная погрешность γ , %	97	83	70	57	44	30	17

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Комплект учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения электрических величин».

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Включайте источники питания стенда только после проверки цепи преподавателем.
2. Запрещается вытаскивание проводов из гнезд мультиметра, а также запрещена перекоммутация этих проводов.
3. Перед включением лабораторного стенда в сеть 220 В убедитесь, что тумблер включения находится в положении «ВЫКЛ.».

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Как определяется абсолютная погрешность?
- 2 Как определяется относительная погрешность?
- 3 Как определяется приведённая погрешность?
- 4 Назначение мультиметра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5
ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ НУЛЕВЫМ МЕТОДОМ.
СПОСОБ ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЯ

Цель работы: научиться методике измерения сопротивлений способом противопоставления.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие о назначении и области применения способа противопоставления.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить измерения электрического сопротивления, анализировать полученные результаты.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой измерения и обработки результатов измерений нулевым методом.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для выполнения работы используется комплект учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения электрических величин».

Порядок проведения измерений:

1. Привести стенд в исходное состояние (лабораторная работа № 4).
2. Включить стенд, нажав на клавишный выключатель «ВКЛ».
3. Переключатель «СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ» установить в положение 1.
4. Тумблер S1, S2 установить в левое положение, тумблер S4 – в правое положение, тумблер S3 – в любое положение.
5. Установить переключатель «ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ» в положение А.

6. Установить переключатель на мультиметре в положение $V = 200$. Включить мультиметр нажатием кнопки «ON-OFF».

7. С помощью потенциометров «ГРУБО» и «ТОЧНО» («НАПРЯЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА») установить напряжение на мультиметре равный 29В.

8. Переключатель «СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ» установить в положение 6.

9. Установить переключатель «ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ» в положение K , а переключатель R_{x2} в положение 0.

10. Проверить светодиодные индикаторы. Должны гореть два индикатора: «схема №6» и «V» справа.

11. В этой схеме (см. переднюю панель стенда) резисторы R_h и R_{x2} и 2 резистора R_k являются элементами измерительного моста, причём резисторы R_k одинаковы по номиналу и подобраны с высокой точностью.

12. Определить номинал резистора R_{x2} . Для этого необходимо сбалансировать мост таким образом, чтобы сопротивление R_h стало равным сопротивлению R_{x2} , в этом случае напряжение между точками $K-K$ будет равно нулю. Момент наступления баланса схемы определяется с помощью цифрового вольтметра, подключенного в диагональ моста (точки $K-K$).

13. После подготовки стенда согласно пп.1 – 9 путём вращения ручек переменных многооборотных резисторов «ГРУБО» и «ТОЧНО» (R_h) добейтесь установки нуля или минимального значения на мультиметре. При уменьшении значения переключите шкалу цифрового вольтметра на более чувствительное значение (т. е. 20V, затем 2V).

14. После того, как установилось нулевое (или близкое к нулю) значение, установить переключатель S_4 в левое положение. Эта операция (т. е. переключение S_4 в левое положение) производит противопоставление резистора R_{x2} на резистор R_h . Если после переключения S_4 появилось небольшое значение напряжения на мультиметре, то это означает, что мостовая схема сбалансирована не полностью. Для полной балансировки

необходимо последовательно переключать S_4 (вправо-влево) и подстраивать резистор R_h (только элементом «ТОЧНО») до тех пор пока минимальные показания разбаланса в обоих положениях переключателя S_4 примут одинаковое значение и близкое к нулю.

15. Переключатель «ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ» установить в положение H и произвести измерение сопротивления R_h , которое и равно значению определяемого сопротивления R_{x2} .

16. Записать значение резистора R_{x2} для положения переключателя 0 в таблицу 23.1.

17. Вернуть стенд в исходное состояние: установить переключатель S_4 в правое положение, а переключатель «ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ» в положение K . Переключатель на мультиметре установить в положение 200V.

18. Затем переключатель R_{x2} установить в положение 1 и повторить пункты 11 – 14.

19. Повторить пункты 11 – 15 для всех положений переключателя R_{x2} , (т.е. для положений 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9). Поочерёдно произвести запись показаний цифрового мультиметра для каждого положения переключателя R_{x2} в таблицу 23.1.

20. Повторить все предыдущие операции для повторных замеров $R_0...R_9$ и заполнить второй ряд значений в таблицу 23.1.

21. При проведении эксперимента (после установки баланса в схеме) с помощью ручки «ГРУБО» (НАПРЯЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА) изменять напряжение от 29 В до 5 В и наоборот. Убедиться в том, что при нулевом методе измерений, влияние напряжения источника питания на замеры практически отсутствует, что является одним из важнейших достоинств этого метода. Следует отметить, что способ противопоставления является наиболее высокоточным, поскольку он позволяет устранить погрешность разбалансировки измерительного моста.

22. Выключить мультиметр нажатием кнопки «ON-OFF». Выключить клавишным выключателем «ВКЛ».

23. Вычислите погрешность измерения и заполните таблицу 23.1.

	$R0$	$R1$	$R2$	$R3$	$R4$	$R5$	$R6$	$R7$	$R8$	$R9$
Сопротивление ($R0...R9$), Ом										
Сопротивление ($R0...R9$), Ом										
Абсолютная погрешность Δ , Ом										

Таблица 23.1 – Результаты измерений

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Комплект учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения электрических величин».

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Запрещается без разрешения преподавателя включать лабораторные стенды в сеть 220 В и подавать напряжение на схему.
2. Запрещается перемещать лабораторные стенды с одного стола на другой или вскрывать их.
3. По всем возникающим вопросам студентам следует обращаться к преподавателю или лаборанту. За порчу оборудования студенты несут материальную ответственность.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Сущность нулевого метода.
- 2 Отличие нулевого метода от дифференцированного

3 Область применения нулевого метода.

4 Измерение сопротивления мультиметром.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

СРАВНЕНИЕ ДИСПЕРСИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУР РАЗЛИЧНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Цель работы: Изучить методику сравнения дисперсий при неравноточных измерениях физических величин.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие методики проведения неравноточных измерений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить измерения одной величины с использованием разных средств измерений.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой оценки сравнения дисперсий при неравноточных измерениях физических величин.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В лабораторной работе используется 2 комплекта учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения температур» (рисунок 24.1).

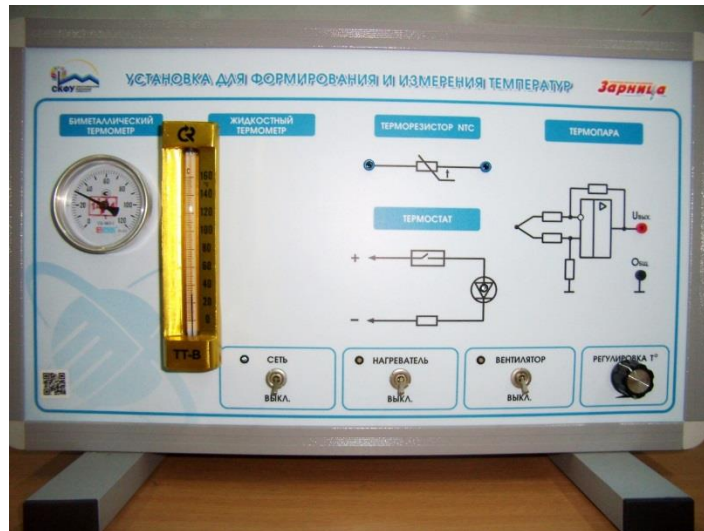


Рисунок 24.1 – Установка для формирования и измерения температур

Перед началом выполнения работы необходимо убедиться, что органы управления находятся в следующих положениях:

- тумблер «СЕТЬ - ВЫКЛ» - в положении «ВЫКЛ»;
- тумблер «НАГРЕВАТЕЛЬ - ВЫКЛ» - в положении «ВЫКЛ»;
- тумблер «ВЕНТИЛЯТОР» - в положении «ВЫКЛ»;
- ручка регулятора температуры «РУГУЛИРОВКА T°» в среднем положении;

Для подключения изделия к сети (220В/50Гц) установить кабель питания в соответствующее гнездо с правой стороны блока, а вилку кабеля - в розетку сети 220 В;

Порядок проведения лабораторной работы:

- включить стенд путем переключения тумблера «Сеть - Выкл» в положение «Сеть»;
- вставить щуп эталонного термометра в отверстие находящееся в левой боковой стенке стенда под надписью «Щуп»;
- перевести тумблер «НАГРЕВАТЕЛЬ - ВЫКЛ» в положение «НАГРЕВАТЕЛЬ». Выставить регулятор температуры в среднее положение и включить вентилятор;

- засечь по секундомеру 5 минут и по истечении данного времени снять результаты показаний термометров;

- полученные результаты занести в таблицу 24.2.

Затем повторить все действия со стендом № 2.

Порядок сравнения выборочных дисперсий:

1. Определить среднее арифметическое выборок:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (24.1)$$

где x_i – i -ое значение величины;

n – количество измерений.

2. Определить выборочные дисперсии:

$$S^2 = \frac{1}{f} [\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2], \quad (24.2)$$

где f – число степеней свободы, $f = n - 1$.

3. Определить расчетный критерий Фишера (в числителе должно быть большее значение S):

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2}. \quad (24.3)$$

Таблица 24.1 – Таблица значений f – критерия Фишера

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34

9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97

4. По таблице 24.1 квантили распределения Фишера F определить допускаемое значение критерия Фишера: $F(f_1, f_2)$.

Сделать вывод о подтверждении нулевой гипотезы по выполнению условия:

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = F_p = < F(f_1, f_2) = [F]. \quad (24.4)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Пусть в результате проведенных измерений получены результаты и занесены в таблицу 24.2.

Таблица 24.2 – Результаты измерений

№ стенда	Биметаллический термометр	Жидкостной термометр	Термометр контактный
1	25,2	25,4	25,6
2	25,7	25,4	25,4

2. Определим средние арифметические выборок (формула 24.1):

$$\bar{x}_1 = \frac{25,2 + 25,4 + 25,6}{3} = 25,4.$$

$$\bar{x}_2 = \frac{25,7 + 25,4 + 25,4}{3} = 25,5.$$

3. Определить выборочные дисперсии по формуле 24.2:

$$S_1^2 = \frac{(25,2-25,4)^2 + (25,4-25,4)^2 + (25,6-25,4)^2}{3-1} = \frac{0,04+0+0,04}{2} = 0,04.$$

$$S_2^2 = \frac{(25,7-25,5)^2 + (25,4-25,5)^2 + (25,4-25,5)^2}{3-1} = \frac{0,04+0,01+0,01}{2} = 0,03.$$

4. Так как $S_2^2 < S_1^2$, то расчетный критерий Фишера будет равен:

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,04}{0,03} = 1,33.$$

5. По таблице 24.1 квантили распределения Фишера F определяем допускаемое значение критерия Фишера: $F(2, 2) = 19$.

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} = F_p = 1,3 < F(2,2) = [F] = 19.$$

Следовательно, нулевая гипотеза подтверждается измерения на разных стендах можно считать совместными.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- 2 комплекта учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения температур»;
- 2 электронных термометра контактных цифровых ТК-5.01М.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Установку включать только с разрешения преподавателя.
2. Соблюдать правила эксплуатации электротехнического оборудования, не подвергать его механическим ударам, не допускать падения.
3. Не включать установку в электрическую сеть мокрыми или влажными руками.
4. Запрещается использовать установку и её отдельные компоненты не по назначению.
5. Запрещается работать с установкой в случае её неисправности.
6. В целях исключения выхода из строя оборудования из-за некачественных параметров электросети рекомендуется дополнительно устанавливать стабилизированный источник питания.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Порядок выполнения работы
2. определение среднего арифметического
3. Определение выборочных дисперсий
4. Определение критерия Фишера

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.

СРАВНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОЖИДАНИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИЧНЫМИ ПРИБОРАМИ

Цель работы: изучить методику сравнения дисперсий при неравноточных измерениях физических величин.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие проведения неравноточных измерений температуры в лабораторных условиях.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: способность применять используемую методику в производственных условиях.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения совместности неравноточных результатов измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Измерения температуры проводятся специальными средствами измерений (термометрами), в которых могут быть реализованы принципиально разные схемы (механические, жидкостные, термические).

Механический термометр – это средство измерения, предназначенное для наблюдения текущей температуры какой-то среды при контакте с ней.

Наиболее распространёнными среди механических термометров являются биметаллические термометры (рисунок 25.1). Принцип действия биметаллических термометров основан на искривлении под действием температуры биметаллической пластины или спирали внутри термометра.

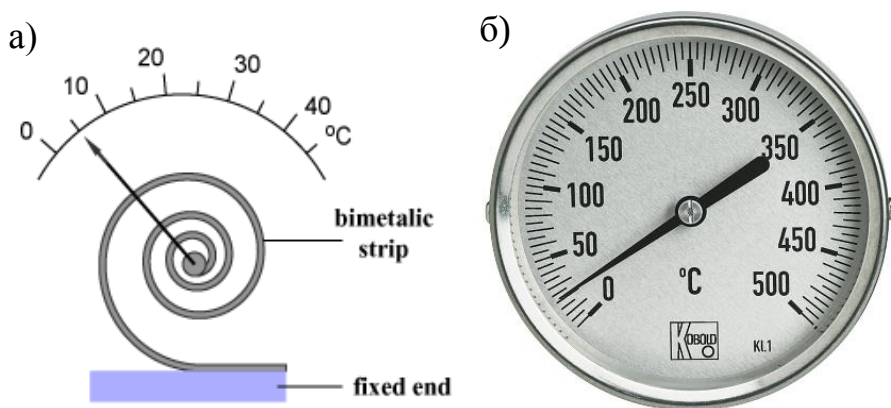


Рисунок 25.1 – Механический термометр с биметаллической спиралью:
а) – устройство термометра; б) – внешний вид термометра

Принцип работы стеклянных жидкостных термометров (рисунок 25.2) основан на расширении жидкости (обычно этиловый спирт или ртуть), находящейся в термометре.

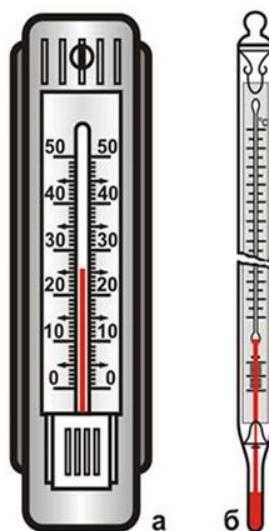


Рисунок 25.2 – Жидкостные термометры: а) — термометр с наружной шкалой; б) — лабораторный термометр с вложенной шкалой

Термометры контактные цифровые "ТК-5.01М" (рисунок 25.3) используются для измерения температуры различных сред при непосредственном контакте зонда с объектом измерения.



Рисунок 25.3 – Термометр контактный цифровой "ТК-5.01М"

Для проведения лабораторной работы используется комплект учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения температур» (рисунок 25.4).

Последовательность использования оборудования и измерения температуры разными термометрами на двух стендах описана в лабораторной работе № 6.

Полученные результаты заносятся в таблицу 25.1.

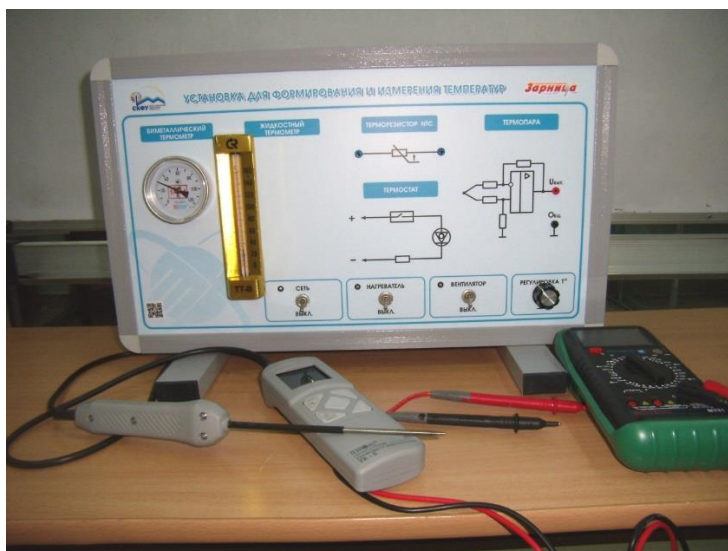


Рисунок 25.4 – Оборудование для проведения лабораторной работы

Последовательность обработки результатов измерений следующая:

1. Провести измерения и заполнить таблицу 25.1.
2. Определить среднее арифметическое выборок:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (25.1)$$

где x_i – i -ое значение величины;

n – количество измерений.

3. Определить выборочные дисперсии:

$$S^2 = \frac{1}{f} [\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2], \quad (25.2)$$

4. Расчет отношений v_1 и v_2 :

$$v_1 = \frac{S_1^2}{n_1}, v_2 = \frac{S_2^2}{n_2}. \quad (25.3)$$

5. Определение квантилей распределения Стьюдента $t_1 = t_P(f_1)$ и $t_2 = t_P(f_2)$ (таблица 2.2, доверительная вероятность P берется такая же, как в задании к практической работе).

6. Определение допускаемой величины расхождения:

$$T = \frac{v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot t_2}{\sqrt{v_1 + v_2}}. \quad (25.4)$$

7. Проверка нулевой гипотезы по условию:

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| < T. \quad (25.5)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1 По результатам измерений заполнена таблица 25.1.

Таблица 25.1 – Результаты измерений

№ стенда	Биметаллический термометр	Жидкостной термометр	Термометр контактный
1	25,2	25,4	25,6
2	25,7	25,4	25,4

2. Определение среднего арифметического выборок:

$$\bar{x}_1 = \frac{25,2 + 25,4 + 25,6}{3} = 25,4.$$

$$\bar{x}_2 = \frac{25,4 + 25,4 + 25,7}{3} = 25,5.$$

3. Определить выборочные дисперсии по формуле 25.2:

$$S_1^2 = \frac{(25,2-25,4)^2 + (25,4-25,4)^2 + (25,6-25,4)^2}{3-1} = \frac{0,04+0+0,04}{2} = 0,04.$$

$$S_2^2 = \frac{(25,7-25,5)^2 + (25,4-25,5)^2 + (25,4-25,5)^2}{3-1} = \frac{0,04+0,01+0,01}{2} = 0,03.$$

4. Расчет отношений v_1 и v_2 :

$$v_1 = \frac{0,04}{3} = 0,013, v_2 = \frac{0,03}{3} = 0,01.$$

5. При заданной доверительной вероятности $P = 0,95$ определим по таблице 2.2 квантилей распределения Стьюдента $t_1 = t_{0,95}(f_1)$ и $t_2 = t_{0,95}(f_2)$: $t_1 = t_2 = t_{0,95}(2) = 3,18$.

6. Определение допускаемой величины расхождения:

$$T = \frac{0,013 \cdot 3,18 + 0,01 \cdot 3,18}{\sqrt{0,013 + 0,01}} = 0,5.$$

$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = 0,1 < T = 0,5$ – условие выполнено.

Таким образом, измерения на параллельных стендах можно считать совместными.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- 2 комплекта учебно-лабораторного оборудования «Установка для формирования и измерения температур»;
- 2 электронных термометра контактных цифровых ТК-5.01М.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Запрещается работать с установкой в случае её неисправности.
2. Нельзя устанавливать оборудование в непосредственной близости от легковоспламеняющихся и распространяющих огонь предметов.
3. Нельзя допускать попадания жидкостей в стенд.
4. Нельзя оставлять оборудование включенным без присмотра.
5. Нельзя оставлять оборудование включенным в режиме ожидания на длительное время (более 3 часов).
6. Используйте только исправные разъемы электропитания. Убедитесь, что они имеют плотное соединение. При использовании "тройников" и удлинителей, убедитесь в надежности их крепления.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение среднего арифметического выборок
2. Определение значений дисперсий
3. Определение допускаемой величины расхождения

4. Проверка нулевой гипотезы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8.

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ МАНОМЕТРАМИ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ КОЧРЕНА

Цель работы: изучение стрелочного манометра, его принципа действия, определение относительной погрешности измерения при разных уровнях давления, изучение оценки воспроизводимости результатов измерений с помощью критерия Кочрена.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение различных типов манометров и методик обеспечения единства единиц физических величин.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: измерять результаты при использовании приборов с разным принципом действия.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой качественной и количественной оценок неравноточных измерений с помощью критерия Кочрена.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Комплект учебно-лабораторного оборудования «Приборы и методы измерения давления» (ПМИД-СР) выполнен в настольном исполнении. Комплект учебного оборудования включает следующие элементы:

1. Цифровое реле давления с цифровой индикацией давления в ресивере, с возможностью регулировки предельных значений давления: минимального значения (P_0), при котором произойдет включение компрессора и его максимального значения (P_1), которое приведет к автоматическому выключению компрессора ($P_Д$) (рисунок 26.1).
2. Ресивер (находится внутри корпуса установки).
3. Распределитель (P) с ручным приводом структуры, который предназначен для распределения потока газа в систему измерительных элементов и отвода давления из системы в атмосферу (рисунок 26.1).
4. Регулятор давления ($PП$), оснащенный фильтром и манометром (класс точности манометра 1,6). Предназначен для регулировки давления в системе установки (рисунок 26.1).
5. Датчик давления с аналоговым выходом $ПГ1$ (рисунок 26.1).
6. Датчик давления с цифровой индикацией $ПГ2$ (рисунок 26.1).
7. Манометр класса точности 1,5 $МН1$ (рисунок 26.1).
8. Манометр образцовый класса точности 0,4 $МН2$ (рисунок 26.1).



Рисунок 26.1 – Схема лабораторной установки

Последовательность выполнения работы:

1. Подключить розетку установки в сеть 220 В.
2. Установить кнопку включения в положение «ВКЛ».
3. Включить переключателем компрессор.
4. При помощи кнопок реле давления «-» и «+» установить заданную величину (например 300 кПа).
5. Переместить тумблер в положение «В систему» и подождать набора заданного давления.

Работать с оборудованием может группа студентов, состоящая из 2 – 5 человек.



Рисунок 26.2 – Внешний вид комплекта учебно-лабораторного оборудования «Приборы и методы измерения давления» (ПМИД-СР)

6. Снять результаты измерений пяти манометров и занести в таблицу 26.1:

- реле давления (РД), кПа;

- регулятор потока (РП) имеет две шкалы в единицах – бар и psi (фунт на квадратный дюйм). Результат определяется в барах и затем переводится в паскали: 1,0 бар = 100 кПа;

- датчик давления с цифровой индикацией (А2), бар (переводим бары в паскали);

- манометр (МН-1) измеряет давление в единицах: кгс/см². Переводим, полученный результат, в паскали: 1,0 кгс/см² = 98 к Па;

- манометр образцовый (МН-2) показывает давление в приведенных единицах, т. е. весь диапазон шкалы МН-2 (250 делений) равен 6 бар или 600 кПа. На основании вышеизложенных данных составляется зависимость и результат переводится в паскали.

7. Выключить прибор, следуя описанным действиям в обратном порядке.

8. Повторить действия описанные в пунктах 1 – 6 и получить результаты измерения давления на 2-ом стенде (в паскалях).

Полученные результаты занести в таблицу 26.2.

Последовательность обработки полученных результатов измерений с целью оценки воспроизводимости результатов измерений с помощью критерия Кочрена:

1. Студент должен уметь определять среднее арифметическое значение функции отклика для каждой серии параллельных опытов:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k y_{ji}, \quad (26.1)$$

где j – номер серии;

i – номер опыта в серии;

k – число параллельных опытов.

2. Рассчитать оценки дисперсий для всех серий опытов, пользуясь формулой:

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_i)^2. \quad (26.2)$$

3. Для проверки нулевой гипотезы о принадлежности двух выборочных дисперсий одной генеральной совокупности (их однородности), а, следовательно, и равноточности серий измерений (показатель воспроизводимости опытов в эксперименте) используется критерий Кочрена

Для проверки гипотезы с помощью критерия Кочрена необходимы результаты нескольких серий параллельных опытов. В каждой из них количество опытов должно быть одинаково. Обычно число серий не велико – $2 \div 3$. Количество опытов в серии также может быть небольшим – $2 \div 5$.

Расчетное значение критерия Кочрена представляет собой отношение наибольшей из оценок дисперсий к сумме всех найденных оценок дисперсий:

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}. \quad (26.3)$$

1. Найти критическое значение критерия Кочрена G в таблице 26.1.

Гипотезу о воспроизводимости опытов принимают, если выполнено условие:

$$G_p \leq G. \quad (26.4)$$

В этом случае оценки дисперсий всех серий проведенных опытов считаются однородными, т. е. принадлежащими к одной генеральной совокупности.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

В результате измерения давления на стенде были получены следующие результаты:

1. Реле давления ($PД$): 1-ый стенд – 288 кПа; 2-ой стенд – 289 кПа.
2. Регулятор потока ($PП$): 1-ый стенд – 3,0 Бар = 300 кПа; 2-ой стенд – 2,9 Бар = 290 кПа.
3. Датчик давления с цифровой индикацией ($A2$): 1-ый стенд – 3,1 Бар = 310 кПа; 2-ой стенд – 3,0 Бар = 300 кПа.

4. Манометр (МН-1): 1-ый стенд – $3,1 \text{ кгс/см}^2 = 3,1 \cdot 98 = 304$ кПа; 2-ой стенд – $3,0 \text{ кгс/см}^2 = 3,0 \cdot 98 = 294$ кПа.

5. Манометр образцовый (МН-2): 1-ый стенд – 128 делений (т. к. известно, что 250 делений – 6,0 Бар, то 128 делений будет равно:

$$\frac{128 \cdot 6}{250} = 3,07 \text{ Бар} = 307 \text{ кПа}), 2\text{-ой стенд} - 124 \text{ деления} = \frac{124 \cdot 6}{250} = 2,98 \text{ Бар} = 298 \text{ кПа}.$$

Занесем полученные в паскалях результаты в таблицу 26.2.

Таблица 26.1 – Критические точки распределения Кочрена при уровне значимости $q = 0,05$

N	f						
	1	2	3	4	5	6	7
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8772	0,8534	0,8332
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365
5	0,8412	0,6338	0,5981	0,5440	0,5063	0,4783	0,4564
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3974	0,3726	0,3535
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286	0,3067	0,2901
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666
12	0,5410	0,3924	0,3624	0,2880	0,2624	0,2439	0,2299

Таблица 26.2 – Экспериментальные и расчетные данные для проверки гипотезы о воспроизводимости опытов (для уровня значимости $q = 0,05$)

№ стенда	Реле давления РД, кПа	Регулятор потока РП, кПа	Датчик давления с цифровой индикацией А2, кПа	Манометр МН-1, кПа	Манометр образцовый МН-2, кПа
1	288	300	310	304	307
2	289	290	300	294	298

Проведем проверку гипотезы о воспроизводимости результатов измерений при помощи критерия Кочрена.

1. Вычислим средние арифметические значения для каждой выборки:

$$\bar{y}_1 = \frac{288+300+310+304+307}{5} = 302;$$

$$\bar{y}_2 = \frac{289+290+300+294+298}{5} = 294.$$

2. Определим оценки дисперсий для каждой серии опытов по формуле (26.2):

$$S_1^2 = \frac{196 + 4 + 64 + 4 + 25}{5} = 59;$$

$$S_2^2 = \frac{25 + 16 + 36 + 0 + 16}{5} = 19.$$

3. Вычислим расчетное значение критерия Кочрена по формуле (26.3):

$$G_p = \frac{59}{59+19} = 0,76.$$

4. При уровне значимости $q = 0,05$, числе серий опытов $N = 5$ и числе степеней свободы $f_i = 4$ находим допустимое значение критерия Кочрена $G = 0,544$:

$$G_p = 0,76 < G = 0,544 - \text{условие 26.4 не выполнено.}$$

Следовательно, нельзя принять гипотезу о том, что опыты воспроизводимы.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- 2 комплекта учебно-лабораторного оборудования «Приборы и методы измерения давления» (ПМИД-СР).

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. При эксплуатации установки необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок и потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и потребителей».

Проверить отсутствие внешних повреждений элементов установки, тумблеров, переключателей и т. п.

2. При включении установки в сеть убедиться в том, что все кнопки панели управления находятся в положении выключено.

3. Убедиться в целостности крышек электророзеток, выключателей питания, электровилки и подводящего кабеля.

4. Установку эксплуатировать только в помещении без повышенной опасности по степени поражения электрическим током и температурой выше 15 °С.

5. Установку включать только с разрешения преподавателя.

6. Соблюдать правила эксплуатации электротехнического оборудования, не подвергать его механическим ударам, не допускать падения.

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Как определить среднее арифметическое?

2 Определение расчетного значения критерия Кочрена.

3 Критические точки распределения Кочрена.

4 Определение дисперсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9.
ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
НЕРАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ
КРИТЕРИЯ БАРТЛЕТТА

Цель работы: изучение оценки воспроизводимости результатов неравноточных измерений с помощью критерия Бартлетта.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять и анализировать возможность однородности измерений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить неравноточные измерения при решении поставленной задачи.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: математическим аппаратом проверки однородности измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Правила использования лабораторного оборудования будут такими же, как и в лабораторной работе № 8.

Обработка результатов измерений проводится в следующем порядке:

1. Определить для каждой серии параллельных опытов среднее арифметическое значение по формуле:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k y_{ji}, \quad (27.1)$$

где j – номер серии;

i – номер опыта в серии;

k – число параллельных опытов.

2. Рассчитать оценки дисперсий для всех серий опытов:

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2. \quad (27.2)$$

3. Рассчитать средневзвешенную оценку дисперсии по формуле:

$$S_{сг}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (f_i \cdot S_j^2)}{\sum_{j=1}^N f_i}. \quad (27.3)$$

4 Расчетное значение коэффициента Бартлетта определяется по формуле:

$$B = \frac{2,303}{C} \cdot \left(f \cdot \lg S_{сг}^2 - \sum_{j=1}^N f_i \cdot \lg S_j^2 \right). \quad (27.4)$$

где f – суммарное число степеней свободы:

$$f = \sum_{j=1}^n f_j; \quad (27.5)$$

C – вспомогательный коэффициент:

$$C = 1 + \frac{1}{m \cdot (N - 1)} \cdot \left(\sum_{j=1}^N \frac{1}{f_j} - \frac{1}{f} \right). \quad (27.6)$$

где m – количество серий измерений.

5. Проверить гипотезу о воспроизводимости результатов неравноточных измерений с помощью критерия Бартлетта:

$$B \leq \chi_{\alpha}^2 [q, (N - 1)]. \quad (27.7)$$

Таблица 27.1 – Значения критерия Бартлетта χ_{α}^2

f	q				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
1	0,000	0,001	0,004	0,016	0,064
2	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,34
6	0,872	1,134	1,645	2,20	3,07
7	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82
8	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В результате измерений получены значения, которые сведены в таблицу 27.2.

1. Для каждой серии опытов вычисляем среднее арифметическое значение (формула 27.1):

$$\bar{y}_1 = \frac{288+300+310+304+307}{5} = 302;$$

$$\bar{y}_1 = \frac{289+290+300+294+298}{5} = 294.$$

Таблица 27.2 – Экспериментальные и расчетные данные для проверки гипотезы о воспроизводимости опытов (для уровня значимости $q = 0,05$)

№ стенда	Реле давления РД, кПа	Регулятор потока РП, кПа	Датчик давления с цифровой индикацией А2, кПа	Манометр МН-1, кПа	Манометр образцовый МН-2, кПа
1	288	300	310	304	307
2	289	290	300	294	298

2. Рассчитываем оценки дисперсий для всех серий параллельных опытов по формуле (27.2):

$$S_1^2 = \frac{196 + 4 + 64 + 4 + 25}{5} = 59;$$

$$S_2^2 = \frac{25 + 16 + 36 + 0 + 16}{5} = 19.$$

3. Средневзвешенную оценку дисперсии рассчитываем по формуле (27.3):

$$S_{св}^2 = \frac{4 \cdot 59 + 4 \cdot 19}{4 + 4} = 39.$$

4. Вычислим вспомогательный коэффициент по формуле (27.6):

$$C = 1 + \frac{1}{2 \cdot (5-1)} \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \right) = 1,05.$$

5. Рассчитаем значение коэффициента Бартлетта по формуле (27.4):

$$B = \frac{2,303}{1,05} \cdot (8 \cdot \lg 39 - (4 \cdot \lg 59 + 4 \cdot \lg 19)) = 0,88.$$

6. По таблице 27.1 находим значение критерия χ^2_α для уровня значимости $q = 0,05$ и числа степеней свободы $f = N - 1 = 5 - 1 = 4$:
 $\chi^2_\alpha = 0,711$

$B = 0,88 < \chi^2_\alpha(0,05; 4) = 0,711$ – условие не выполнено, т. е. результаты нельзя считать однородными.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- 2 комплекта учебно-лабораторного оборудования «Приборы и методы измерения давления» (ПМИД-СР).

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Не включать установку в электрическую сеть мокрыми или влажными руками.
2. Запрещается использовать установку и её отдельные компоненты не по назначению.
3. Запрещается работать с установкой в случае её неисправности.
4. Не устанавливайте оборудование в непосредственной близости от легковоспламеняющихся и распространяющих огонь предметов.
5. Не допускать попадания жидкостей в стенд

ЗАДАНИЯ

Не предусмотрены.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе по содержанию и форме соответствует приведенному выше примеру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется средневзвешенная оценка дисперсии?
2. Как находится расчетное значение коэффициента Бартлетта?

3. Как находится табличное значение коэффициента Бартлетта?

4. Условие выполнения критерия Бартлетта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М., Лабораторные занятия по курсу: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения». – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

2 Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий по дисциплине
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1.

Построение полигона распределения.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2.

Определение наличия в результатах измерения грубой погрешности

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3.

Исключение систематических погрешностей измерений

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4.

Определения статистических функций распределения

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения погрешностей с помощью W -критерия и составного критерия d

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6.

Оценка теоретической интерквантильной широты выборки

7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7.

Определение доверительного интервала по результатам измерений

8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8.

Оценка центра распределения результатов наблюдений при многократных измерениях

9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9.

Проверка основной гипотезы распределения результатов однородных измерений

10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

Проверка основной гипотезы распределения результатов однородных измерений при помощи критериев Колмогорова и Пирсона

11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

Доверительная оценка дисперсии

12. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

Определение допусков изделий из пластмасс

13. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

Международная система единиц физических величин

14. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

Проверка достоверности косвенных измерений

15. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

Проверка достоверности косвенных измерений для нелинейной зависимости

16. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

Определение доверительного интервала для результатов косвенных измерений

17. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

Определение однородности и равноточности групп результатов измерений

18. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №18

Выбор схемы сертификации продукции

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛИГОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.

Цель: Приобрести навыки построения полигона распределения по результатам, проведенных измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные характеристики статистической оценки результатов измерений: вариационный ряд результатов, интервал, математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: построение полигона распределения.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения оценок основных характеристик выборки измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время основой всех научных исследований в технических областях знаний является эксперимент, т. е. определение опытных данных посредством проведения измерений. При многократном проведении измерений какой-либо физической величины создаётся статистическая выборка результатов измерений. Построение полигона распределения, который представляет собой графическое отображение плотности распределения значений выборки и строится в координатах «середина интервала-частота значений», позволяет наглядно увидеть картину распределения и сделать предварительные выводы по правильности проведенных измерений, закону их распределения, определению доверительной оценки дисперсии.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Как указывалось выше, для построения полигона распределения вначале необходимо получить выборку результатов измерений. После ее определения работа осуществляется в следующей последовательности:

1. Представить выборку результатов измерений в виде вариационного ряда, т. е. разместить все полученные значения, в том числе и одинаковые по значению, в порядке возрастания:

$$a_{min}, a_{min+1}, a_{min+2}, \dots a_k \dots a_{max-2}, a_{max-1}, a_{max}, \quad (1.1)$$

где a_{min} и a_{max} – соответственно минимальное и максимальное значение результатов измерений в выборке.

2. Заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты наблюдений

Интервалы	От a_{min} до $a_{min} + R_n$	Свыше $a_{min} + R_n$ до $a_{min} + 2R_n$	Свыше $a_{min} + 2R_n$ до $a_{min} + 3R_n$	Свыше $a_{min} + 3R_n$ до $a_{min} + 4R_n$	Свыше $a_{min} + 4R_n$ до $a_{min} + 5R_n = a_{max}$
Середина интервала	$\frac{2a_{min} + R_n}{2}$	$\frac{2a_{min} + 3R_n}{2}$	$\frac{2a_{min} + 5R_n}{2}$	$\frac{2a_{min} + 7R_n}{2}$	$\frac{2a_{min} + 9R_n}{2}$
Частота m_i	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
	$\sum_{i=1}^n m_i = 1,0$				

Для проведения дальнейших расчетов разобьем выборку на n_x интервалов, границы которых будут определяться по формулам:

1-ый интервал: от a_{min} до $a_{min} + R_n$;

2-ой интервал: свыше $a_{min} + R_n$ до $a_{min} + 2R_n$; (1.2)

Последний интервал: свыше $a_{max} - R_n$ до a_{max}

Середина интервала определяется как среднеарифметическое суммы значений границ интервалов (формулы приведены в таблице 1.1).

Частота m_i находится как количество значений выборки, попавших в рассматриваемый интервал.

3. Определение среднего арифметического значений выборки:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad (1.3)$$

где a_i – значение i -го элемента выборки;

n – количество значений в выборке.

4. Расчет среднего квадратического значения выборки:

$$\sigma = M_k \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}, \quad (1.4)$$

где M_k – коэффициент смещения (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Значения коэффициента M_k в зависимости от количества наблюдений n

n	M_k	n	M_k	n	M_k
1	1,253	10	1,025	19	1,013
2	1,128	11	1,023	20	1,012
3	1,085	12	1,021	25	1,010
4	1,064	13	1,019	30	1,008
5	1,051	14	1,018	35	1,007
6	1,042	15	1,017	40	1,006
7	1,036	16	1,016	45	1,006
8	1,032	17	1,015	50	1,005
9	1,028	18	1,014	60	1,004

Для графического определения вида закона распределения построим полигон распределения в виде гистограммы и кривой. При построении разбиение на интервалы осуществляем таким образом, чтобы измеренные значения оказались серединами интервалов, как показано на рисунке 1.1.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ПОЛИГОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Для выполнения практических работ каждому студенту выдается индивидуальные исходные данные, согласно варианту, которые содержат значения результатов выборки в количестве $n = 20$ штук, заданные доверительные вероятность P и ошибку q (уровень значимости).

Индивидуальные исходные данные приведены в приложении к 1-ой практической работе.

1. Рассмотрим пример выполнения практической работы при следующей заданной выборке (доверительная вероятность: $P=0,9$;

доверительная ошибка $q = 1 - P = 0,1$), расположенной в виде вариационного ряда: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50.

Разобьем выборку на 5 интервалов и определим величину интервала:

$$R_n = \frac{a_{max} - a_{min}}{5} = \frac{3,50 - 3,36}{5} = 0,028$$

Занесем данные в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты наблюдений

x	3,36 – 3,388	3,388 – 3,416	3,416 – 3,444	3,444 – 3,472	3,472 – 3,50
Середина интервала	3,374	3,402	3,430	3,458	3,486
Частота m_i	2	5	8	3	2

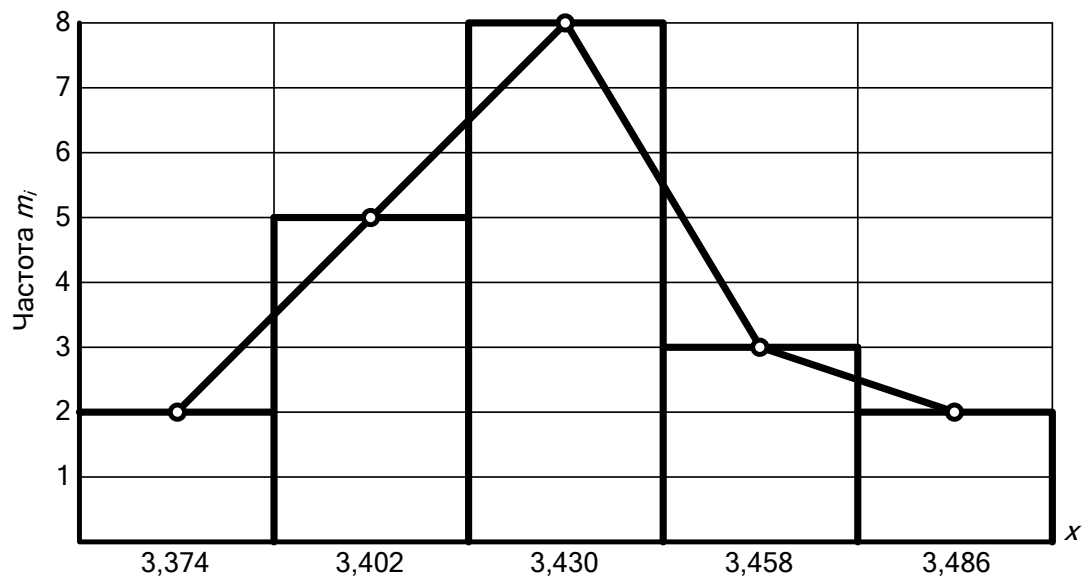


Рисунок 1.1 – Общий вид гистограммы

2. Вычисляем оценки $\bar{a}$ (среднее арифметическое) и σ (среднее квадратическое) (формулы 1.3, 1.4):

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n a_i = 3,43;$$

$$\sigma = M_k \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2} = 0,037;$$

где M_k – коэффициент смещения (таблица 1.2).

Для графического определения вида закона распределения построим полигон распределения. При построении разбиение на интервалы осуществляем таким образом, чтобы измеренные значения оказались серединами интервалов, что показано на рисунке 1.1.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое вариационный ряд?
2. Как определить величину интервала?
3. Как определить среднее арифметическое?
4. Как определить среднее квадратическое?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями: учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.
3. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Изд-во Наука, 1968. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения практических работ
(варианты 1 – 15)

№ варианта														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Доверительная ошибка (уровень значимости)														
$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01	$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01	$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01
Доверительная вероятность														
$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99	$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99	$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99
Значения результатов выборки														
1,22	2,88	3,46	4,31	5,14	6,02	7,78	8,50	9,82	0,36	1,62	2,46	3,08	4,64	5,50
1,28	2,92	3,60	4,30	5,19	6,04	7,85	8,58	9,88	0,48	1,70	2,48	3,10	4,66	5,56
1,20	2,78	3,48	4,44	5,20	6,06	7,83	8,52	9,89	0,50	1,68	2,52	3,14	4,68	5,58
1,32	2,80	3,47	4,38	5,28	6,03	7,82	8,56	9,90	0,46	1,66	2,54	3,18	4,72	5,64
1,34	2,84	3,52	4,39	5,22	6,16	7,92	8,57	9,96	0,48	1,64	2,60	3,22	4,78	5,62
1,28	2,82	3,54	4,40	5,21	6,14	7,80	8,64	9,94	0,42	1,76	2,58	3,20	4,76	5,60
1,26	2,86	3,56	4,42	5,26	6,12	7,84	8,62	9,92	0,43	1,72	2,59	3,19	4,66	5,62
1,24	2,84	3,55	4,36	5,29	6,10	7,85	8,60	9,84	0,45	1,74	2,54	3,16	4,70	5,58
1,26	2,86	3,50	4,35	5,22	6,09	7,86	8,55	9,90	0,44	1,72	2,55	3,20	4,73	5,56
1,28	2,90	3,49	4,32	5,23	6,08	7,88	8,54	9,89	0,42	1,69	2,53	3,10	4,74	5,55
1,28	2,84	3,52	4,33	5,26	6,07	7,90	8,53	9,88	0,45	1,70	2,53	3,13	4,73	5,52
1,30	2,85	3,53	4,36	5,21	6,10	7,86	8,57	9,86	0,44	1,68	2,52	3,14	4,66	5,54
1,26	2,87	3,55	4,34	5,24	6,08	7,84	8,58	9,84	0,43	1,64	2,50	3,15	4,68	5,56
1,30	2,89	3,54	4,36	5,25	6,07	7,86	8,56	9,88	0,38	1,65	2,49	3,16	4,72	5,55
1,28	2,91	3,56	4,35	5,20	6,06	7,88	8,60	9,90	0,40	1,66	2,53	3,14	4,73	5,54
1,26	2,85	3,58	4,38	5,21	6,09	7,84	8,56	9,89	0,44	1,68	2,54	3,15	4,75	5,52
1,26	2,84	3,56	4,37	5,22	6,10	7,85	8,57	9,86	0,43	1,67	2,56	3,17	4,74	5,60
1,24	2,83	3,55	4,39	5,24	6,08	7,83	8,58	9,84	0,45	1,64	2,54	3,18	4,72	5,58
1,26	2,86	3,54	4,38	5,23	6,07	7,84	8,56	9,86	0,44	1,68	2,55	3,14	4,74	5,56
1,24	2,85	3,50	4,37	5,22	6,09	7,86	8,55	9,87	0,42	1,69	2,53	3,16	4,73	5,54

Таблица 2 – Исходные данные для выполнения практических работ
(варианты 16 – 25)

№ варианта									
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Доверительная ошибка (уровень значимости)									
$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01	$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01
Доверительная вероятность									
$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99	$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99
Значения результатов выборки									
14,34	22,06	36,62	45,48	58,82	63,32	77,54	85,76	94,02	102,12
14,36	22,10	36,68	45,52	58,90	63,38	77,62	85,78	94,06	102,26
14,40	22,14	36,72	45,64	58,88	63,34	77,56	85,90	94,04	102,18
14,50	22,22	36,78	45,58	58,86	63,40	77,62	85,84	94,16	102,20
14,48	22,20	36,70	45,62	58,89	63,45	77,58	85,81	94,10	102,12
14,36	22,18	36,68	45,60	58,84	63,36	77,60	85,92	94,14	102,26
14,42	22,14	36,72	45,56	58,92	63,40	77,65	85,90	94,15	102,28
14,44	22,12	36,70	45,54	58,90	63,44	77,70	85,84	94,18	102,23
14,46	22,16	36,74	45,56	58,98	63,46	77,60	85,88	94,14	102,14
14,42	22,14	36,76	45,52	58,88	63,48	77,64	85,78	94,08	102,20
14,44	22,18	36,76	45,54	58,96	63,38	77,56	85,80	94,12	102,18
14,38	22,20	36,64	45,58	58,88	63,44	77,68	85,83	94,06	102,20
14,40	22,08	36,72	45,62	58,90	63,40	77,61	85,88	94,04	102,21
14,42	22,09	36,74	45,60	58,83	63,42	77,64	85,86	94,10	102,16
14,44	22,14	36,64	45,49	58,94	63,36	77,58	85,80	94,12	102,22
14,46	22,12	36,72	45,51	58,90	63,40	77,68	85,84	94,07	102,20
14,48	22,18	36,73	45,56	58,86	63,38	77,66	85,82	94,12	102,16
14,44	22,15	36,76	45,54	58,90	63,39	77,62	85,86	94,10	102,22
14,42	22,12	36,71	45,50	58,94	63,42	77,64	85,84	94,04	102,20
14,42	22,14	36,74	45,54	58,90	63,40	77,62	85,84	94,10	102,14

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения практических работ
(варианты 26 – 35)

№ варианта									
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Доверительная ошибка (уровень значимости)									
$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01	$q =$ 0,20	$q =$ 0,10	$q =$ 0,05	$q =$ 0,02	$q =$ 0,01
Доверительная вероятность									
$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99	$P =$ 0,80	$P =$ 0,90	$P =$ 0,95	$P =$ 0,98	$P =$ 0,99
Значения результатов выборки									
23,82	34,44	48,38	5,41	3,22	4,35	6,03	7,53	8,27	9,77
23,88	34,46	48,40	5,42	3,24	4,48	6,05	7,55	8,37	9,78
23,84	34,48	48,52	5,46	3,32	4,41	6,17	7,67	8,28	9,92
23,92	34,48	48,46	5,49	3,30	4,44	6,11	7,61	8,37	9,85
23,90	34,52	48,50	5,46	3,36	4,43	6,14	7,57	8,29	9,90
23,96	34,51	48,44	5,44	3,27	4,50	6,16	7,62	8,35	9,89
23,88	34,60	48,50	5,46	3,30	4,36	6,12	7,60	8,39	9,80
23,90	34,58	48,42	5,45	3,25	4,42	6,06	7,65	8,32	9,84
23,95	34,57	48,46	5,48	3,38	4,43	6,11	7,67	8,36	9,87
23,90	34,52	48,54	5,46	3,32	4,46	6,10	7,69	8,34	9,87
23,98	34,52	48,52	5,46	3,29	4,51	6,08	7,65	8,43	9,93
23,84	34,54	48,42	5,40	3,30	4,37	6,19	7,58	8,30	9,90
23,86	34,52	48,46	5,54	3,33	4,43	6,12	7,60	8,34	9,84
23,91	34,50	48,40	5,52	3,26	4,41	6,16	7,60	8,35	9,85
23,94	34,52	48,44	5,44	3,34	4,43	6,11	7,63	8,30	9,88
23,96	34,54	48,52	5,50	3,31	4,44	6,15	7,61	8,34	9,82
23,90	34,58	48,46	5,52	3,36	4,38	6,08	7,62	8,35	9,86
23,86	34,52	48,50	5,44	3,31	4,43	6,15	7,64	8,36	9,85
23,92	34,56	48,48	5,44	3,35	4,38	6,10	7,61	8,41	9,82
23,94	34,56	48,46	5,45	3,33	4,46	6,14	7,60	8,40	9,88

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ В РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЯ ГРУБОЙ ПОГРЕШНОСТИ

Цель: научиться определять наличие в результатах измерения грубой погрешности

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: научиться методам математической статистики в определении достоверности наличия грубых погрешностей в результатах измерений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: освоить методику расчетов определения наличия грубых погрешностей в результатах измерений при использовании разных критериев оценки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владеть принятыми методиками количественной оценки наличия грубых погрешностей в результатах измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время в связи с повышающимися требованиями к точности актуальной является задача снижения влияния погрешностей на работы различных изделий. Одной из причин получения некачественных изделий является наличие грубых погрешностей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Исходными данными для выполнения практической работы являются выборка результатов измерений $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_{max}$, а также доверительная вероятностью P и доверительная ошибка q .

Затем проверяется гипотеза наличия грубой погрешности при помощи нескольких критериев, применяемых для нормального распределения. При этом проверка идет по подозрительным результатам наиболее удаленным от центра распределения: a_1 и a_{max} .

1. Проверка по критерию " 3σ ".

Определение удаленности подозрительного результата от центра распределения: $|a_{\text{под}} - \bar{a}|$.

Расчет границы погрешности: 3σ .

Проверка условия: $|a_{\text{под}} - \bar{a}| < 3\sigma$. (2.1)

2. Проверка по критерию Смирнова " β ".

Из таблицы 2.1 для принятого уровня значимости q и объема выборки n находим β_k .

Проверка условия: $|a_{\text{под}} - \bar{a}| < \beta_k$. (2.2)

Таблица 2.1 – Квантили распределения β_k

Объем выборки n	Предельное значение β_k при уровне значимости q				
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6
1	1,282	1,645	2,326	2,576	3,090
2	1,632	1,955	2,575	2,807	3,290
3	1,818	2,121	2,712	2,935	3,403
4	1,943	2,234	2,806	3,023	3,481
5	2,036	2,319	2,877	3,090	3,540
6	2,111	2,386	2,934	3,143	3,588
7	2,172	2,442	2,981	3,188	3,628
8	2,224	2,490	3,022	3,227	3,662
9	2,269	2,531	3,057	3,260	3,692
10	2,309	2,568	3,089	3,290	3,719
15	2,457	2,705	3,207	3,402	3,820
20	2,559	2,799	3,289	3,480	3,890
25	2,635	2,870	3,351	3,539	3,944
30	2,696	2,928	3,402	3,587	3,988
40	2,792	3,015	3,480	3,662	4,054
50	2,860	3,082	3,541	3,716	4,108
100	3,076	3,285	3,723	3,892	4,263
250	3,339	3,534	3,946	3,946	4,465
500	3,528	3,703	4,108	4,263	4,607

3. Проверка по критерию Романовского.

Определяем математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение без учета подозрительного результата $a_1 = a_{\min}$ или $a_n = a_{\max}$:

$$\bar{a} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} a_i \text{ или } \bar{a} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n a_i. \quad (2.3)$$

$$\sigma = M_k \cdot \sqrt{\frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} (a_i - \bar{a})^2};$$

$$\sigma = M_k \cdot \sqrt{\frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=2}^n (a_i - \bar{a})^2}. \quad (2.4)$$

По таблице 2.2 находим коэффициент Стьюдента.

Затем проводится проверка по условию: $|a_{\text{под}} - \bar{a}| < t_q$.

Таблица 2.2 – Критерий Стьюдента t_p (квантили Стьюдента)

Доверительная вероятность P	Число степеней свободы k													
	3	4	5	6	8	10	12	18	20	30	40	60	120	300
0,80	1,64	1,53	1,48	1,44	1,40	1,37	1,36	1,33	1,33	1,31	1,30	1,30	1,29	1,28
0,90	2,35	2,13	2,01	1,94	1,86	1,81	1,78	1,73	1,72	1,70	1,68	1,67	1,66	1,64
0,95	3,18	2,78	2,57	2,45	2,31	2,23	2,18	2,10	2,07	2,04	2,02	2,00	1,98	1,96
0,98	4,54	3,75	3,65	3,14	3,00	2,76	2,68	2,55	2,52	2,46	2,42	2,39	2,36	2,34
0,99	5,84	4,60	4,03	3,71	3,36	3,17	3,06	2,98	2,82	2,75	2,70	2,86	2,62	2,58

4. Проверка по критерию Ирвина.

Для полученных экспериментальных данных определяют коэффициент по формуле:

$$\lambda_n = \frac{(a_n - a_{n-1})}{\sigma} \text{ или } \lambda_1 = \frac{(a_2 - a_1)}{\sigma}. \quad (2.5)$$

Затем этот коэффициент сравнивается с табличным значением λ_q , значения которого приведены в таблице 2.3: $\lambda < \lambda_q$.

5. Проверка по критерию вариационного размаха.

Для оценки по данному критерию определяют размах вариационного ряда упорядоченной совокупности наблюдений $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_{\max}$: $R_n = a_n - a_1$.

Выполняем проверку по следующему неравенству:

$$\bar{a} - z \cdot R_n < a_n < \bar{a} + z \cdot R_n \text{ или } \bar{a} - z \cdot R_n < a_1 < \bar{a} + z \cdot R_n, \quad (2.6)$$

где $\bar{a}$ – выборочное среднее арифметическое значение, вычисленное после исключения предполагаемого промаха;

z – критериальное значение (таблица 2.4).

Таблица 2.3 – Критерий Ирвина λ_q

Число измерений n	Уровень значимости				
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
2	2,2	2,6	2,8	3,4	3,7
3	1,8	2,0	2,2	2,5	2,9
10	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0
20	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8
30	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7
50	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6

Таблица 2.4 – Критерий вариационного размаха

n	5	6	7	8 – 9	10 – 11	12 – 15	16 – 22	23 – 25	26 – 63
z	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9

Таблица 2.5 – Формулы коэффициентов Диксона

Объем выборки n	Коэффициент Диксона	Для наименьшего экстремального значения параметра	Для наибольшего экспериментального параметра
3 – 7	r_{10}	$\frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	$\frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$
8 – 10	r_{11}	$\frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	$\frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$
11 – 13	r_{21}	$\frac{x_3 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	$\frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_2}$
14 – 25	r_{22}	$\frac{x_3 - x_1}{x_{n-2} - x_1}$	$\frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_3}$

6. Проверка по критерию Диксона.

Проверка по критерию Диксона. При использовании критерия вычисляют коэффициент Диксона (наблюдаемое значение критерия) для проверки наибольшего или наименьшего экстремального значения в зависимости от числа измерений. В таблице 2.5 приведены формулы для

вычисления коэффициентов. В таблице 2.6 критериальные значения коэффициентов Диксона.

Таблица 2.6 – Критериальные значения коэффициентов Диксона (при принятом уровне значимости q)

Коэффициент Диксона	Число измерений	r_q при уровне значимости q				
		0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6	7
r_{10}	3	0,862	0,886	0,941	0,976	0,988
	4	0,647	0,679	0,765	0,846	0,899
	5	0,532	0,557	0,642	0,729	0,780
	6	0,476	0,482	0,560	0,644	0,698
	7	0,423	0,434	0,507	0,586	0,637
r_{11}	8	0,462	0,479	0,554	0,631	0,683
	9	0,414	0,441	0,512	0,587	0,636
	10	0,402	0,409	0,477	0,551	0,597
r_{21}	11	0,506	0,517	0,576	0,538	0,679
	12	0,478	0,490	0,546	0,605	0,642
	13	0,432	0,467	0,521	0,578	0,615
r_{22}	14	0,456	0,462	0,546	0,602	0,641
	15	0,444	0,472	0,525	0,579	0,616
	16	0,436	0,452	0,507	0,559	0,595
	17	0,432	0,438	0,490	0,542	0,577
	18	0,421	0,424	0,475	0,527	0,561
	19	0,410	0,412	0,462	0,514	0,547
	20	0,382	0,401	0,450	0,502	0,535
	21	0,376	0,391	0,440	0,491	0,524
	22	0,368	0,382	0,430	0,481	0,514
	23	0,344	0,374	0,421	0,472	0,505
	24	0,327	0,367	0,413	0,464	0,497
	25	0,304	0,360	0,406	0,457	0,489

Вычисленные для выборки по формулам значения коэффициентов Диксона r сравнивают с принятым (табличным) значением критерия Диксона r_q (таблица 2.6). Нулевая гипотеза об отсутствии грубой погрешности выполняется, если выполняется неравенство $r < r_q$.

Если $r > r_q$, то результат признается грубой погрешностью и исключается из дальнейшей обработки.

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ В РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЯ ГРУБОЙ ПОГРЕШНОСТИ

Задана выборка в количестве 20 ($n = 20$) результатов измерений: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50 при принятых доверительной вероятности $P = 0,95$ и уровне значимости $q = 0,05$.

Определим, содержат ли результаты наблюдения $a_1 = a_{min} = 3,36$ и $a_n = a_{max} = 3,50$ грубую погрешность. Решим задачу с помощью критериев, установленных для нормального распределения.

1. Проверка по критерию "3 σ ".

Вычислим удаленность подозрительного результата от центра распределения:

$$|a_{min} - \bar{a}| = |3,36 - 3,43| = 0,07,$$

$$|a_{max} - \bar{a}| = |3,50 - 3,43| = 0,07.$$

Т. к. $|a_{min} - \bar{a}| = |a_{max} - \bar{a}| = 0,07$, то дальнейшие вычисления будут общими для обоих подозрительных результатов.

Определим границу погрешности с учетом ранее вычисленного значения σ (практическая работа №1): $3 \cdot \sigma = 3 \cdot 0,037 = 0,111$.

Поскольку $|a_{min} - \bar{a}| = |a_{max} - \bar{a}| = 0,07 < 3 \cdot \sigma = 0,111$, то можно сделать вывод, что результаты $a_1 = a_{min} = 3,36$ и $a_n = a_{max} = 3,50$ не содержат грубой погрешности.

2. Проверка по критерию Смирнова " β ".

Из таблицы 2.1 для принятого уровня значимости $q = 0,05$ и объема выборки $n=20$ находим $\beta_k = 3,289$.

Т. к. $|a_{min} - \bar{a}| = |a_{max} - \bar{a}| = 0,07 < \beta_k \cdot \sigma = 3,289 \cdot 0,037 = 0,122$, то наличие грубой погрешности в результатах $a_1 = a_{min} = 3,36$ и $a_n = a_{max} = 3,50$ не подтверждается.

3. Проверка по критерию Романовского.

Определяем характеристики распределения без учета подозрительного результата ($n=19$) (формулы 2.3, 2.4):

$$\text{Без } a_1 = a_{\min} = 3,36: \bar{a}_1 = 3,44; \sigma_1 = 0,041.$$

$$\text{Без } a_n = a_{\max} = 3,50: \bar{a}_{20} = 3,42; \sigma_{20} = 0,033.$$

По таблице 2.2 находим критерий Стьюдента при числе степеней свободы $k = n - 1 = 19$ и доверительной вероятности $P = 0,95$; $t_{0,95} = 2,10$.

$$|a_{\min} - \bar{a}_1| = |3,36 - 3,44| = 0,08 < t_{0,95} \cdot \sigma_1 = 2,10 \cdot 0,041 = 0,086$$

Следовательно, наличие грубой погрешности по критерию Романовского для результата $a_1 = a_{\min} = 3,36$ не подтверждается.

$$|a_{\max} - \bar{a}_{20}| = |3,50 - 3,42| = 0,08 < t_{0,95} \cdot \sigma_{20} = 2,10 \cdot 0,033 = 0,069.$$

Следовательно, наличие грубой погрешности по критерию Романовского для результата $a_n = a_{\max} = 3,50$ подтверждается, т. к. условие не выполнено.

4. Проверка по критерию Ирвина.

Для полученных экспериментальных данных определяют коэффициент Ирвина по формуле 2.5:

$$\text{Для } a_1 = a_{\min} = 3,36: \lambda_1 = \frac{(a_2 - a_1)}{\sigma} = \frac{3,38 - 3,36}{0,037} = 0,54$$

$$\text{Для } a_{20} = a_{\max} = 3,50: \lambda_{20} = \frac{(a_{20} - a_{19})}{\sigma} = \frac{3,50 - 3,48}{0,037} = 0,54$$

Рассчитанные коэффициенты сравниваются с табличным значением λ_q при уровне значимости $q = 0,05$ и объеме выборки $n=20$, значения которого приведены в таблице 2.3: $\lambda_{0,05;20} = 1,3$.

Т. к. $\lambda_1 = \lambda_{20} = 0,54 < \lambda_{0,05;20} = 1,3$, то нулевая гипотеза не подтверждается, т. е. результаты $a_1 = a_{\min} = 3,36$ и $a_n = a_{\max} = 3,50$ не содержат грубой погрешности.

5. Проверка по критерию вариационного размаха.

Определяем размах вариационного ряда заданной выборки результатов измерений:

$$R_n = a_{20} - a_1 = 3,50 - 3,36 = 0,14.$$

Выполняем проверку для $a_1 = a_{min} = 3,36$ после следующих вычислений ($z = 1,1$ таблица 2.4, ранее в п.3 было определено: $\bar{a}_1 = 3,44$):

$$\bar{a}_1 - z \cdot R_n = 3,44 - 1,1 \cdot 0,14 = 3,3;$$

$$\bar{a}_1 + z \cdot R_n = 3,44 + 1,1 \cdot 0,14 = 3,6;$$

$$\bar{a}_1 - z \cdot R_n = 3,3 < 3,36 < \bar{a}_1 + z \cdot R_n = 3,6 \text{ – условие выполняется}$$

Проверка для $a_n = a_{max} = 3,50$ (ранее в п.3 было определено: $\bar{a}_{20} = 3,42$; $z = 1,1$ таблица 2.4):

$$\bar{a}_{20} - z \cdot R_n = 3,42 - 1,1 \cdot 0,14 = 3,3;$$

$$\bar{a}_{20} + z \cdot R_n = 3,42 + 1,1 \cdot 0,14 = 3,57;$$

$$\bar{a}_{20} - z \cdot R_n = 3,3 < 3,5 < \bar{a}_{20} + z \cdot R_n = 3,57.$$

Условия выполняются и, следовательно, результаты $a_1 = a_{min} = 3,36$ и $a_n = a_{max} = 3,50$ не содержат грубой погрешности.

6. Проверка по критерию Диксона.

Определяем коэффициент Диксона для проверки наибольшего или наименьшего подозрительных значений выборки в зависимости от числа измерений $n=20$ по формулам, приведенным в таблице 2.5:

$$\text{Для } a_1 = a_{min} = 3,36: r_{22(1)} = \frac{a_3 - a_1}{a_{18} - a_1} = \frac{3,39 - 3,36}{3,47 - 3,36} = 0,27.$$

$$\text{Для } a_{20} = a_{max} = 3,50: r_{22(20)} = \frac{a_{20} - a_{18}}{a_{20} - a_3} = \frac{3,50 - 3,47}{3,50 - 3,39} = 0,27.$$

Вычисленные для заданной выборки значения коэффициентов $r_{22(1)}$ и $r_{22(20)}$ сравнивают с принятым (табличным) значением критерия Диксона r_q при уровне значимости $q = 0,05$ и объеме выборки $n=20$ (таблица 2.6):

$$r_{22(1)} = 0,27 < r_q = 0,45.$$

$$r_{22(20)} = 0,27 < r_q = 0,45.$$

Нулевая гипотеза об отсутствии грубой погрешности выполняется, т. е. результаты измерений $a_1 = a_{min} = 3,36$ и $a_n = a_{max} = 3,50$ не содержат грубой погрешности.

Поскольку большинство критериев (6 из 6 для $a_1 = a_{min} = 3,36$ и 5 из 6 для $a_{20} = a_{max} = 3,50$) показали отсутствие грубой погрешности, то результат наблюдения можно оставить в выборке.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называют грубой погрешностью измерений?
2. Источники грубых погрешностей.
3. Методы устранения грубых погрешностей.

Критерии определения грубых погрешностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3.

ИСКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: научиться использовать методику исключения систематических погрешностей измерений из результатов выборки.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: получение знаний о систематических погрешностях измерений и способах их прогнозирования.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: прогнозировать и исключать систематических погрешностей измерений из результатов выборки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой прогнозирования и исключения систематических погрешностей измерений из полученных результатов выборки.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время перед современными производствами довольно остро стоит вопрос о повышении точности изготавливаемой продукции. Одним из основных факторов, влияющих на точность, является прогнозирование и исключение систематических погрешностей из результатов измерений.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Практическое занятие при наличии заданной выборке результатов измерений выполняется по следующей методике:

1. Результаты измерений выборки представляются графически в координатах «порядковый номер наблюдения-результаты наблюдений» (рисунок 3.1), что показывает линейно возрастающую по модулю погрешность.

Через полученную кривую провести аппроксимирующую прямую, т.е. прямую, которая как можно ближе лежит к точкам кривой «порядковый номер наблюдения-результаты наблюдений» (аппроксимация, или приближение – научный метод, суть которого заключается в замене сложных объектов простыми, но более близкими к заданным объектам).

2. Модуль переменной составляющей систематической погрешности определяется по формуле:

$$\delta_i = \frac{\Delta c}{n} \cdot i, \quad (3.1)$$

где Δc – разность между наибольшими и наименьшими значениями результатов наблюдений по аппроксимирующей прямой (рисунок 3.1);

n – общее число результатов;

i – порядковый номер измерения.

3. Округлив значение δ_i до сотых долей (точность получения результатов), её исключают из результатов измерений, т. е.:

$$x_{i\text{испр}} = x_i + \nabla_i, \quad (3.2)$$

где $\nabla_i = -\delta_i$ – поправка, вносимая в каждый результат.

Как видно, поправка представляет собой погрешность, взятую с обратным знаком.

4. Внеся исправления, получаем новую последовательность результатов: $a_{испр1}, a_{испр2}, \dots, a_{испрk}, \dots, a_{испрn}$.

ПРИМЕР ИСКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве исходных данных задана выборка с количеством результатов измерений $n = 20$: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50.

1. Представим результаты выборки, показанные в виде вариационного ряда, в графическом виде в координатах «порядковый номер наблюдения-результаты наблюдений» (рисунок 3.1 кривая – первичная выборка).

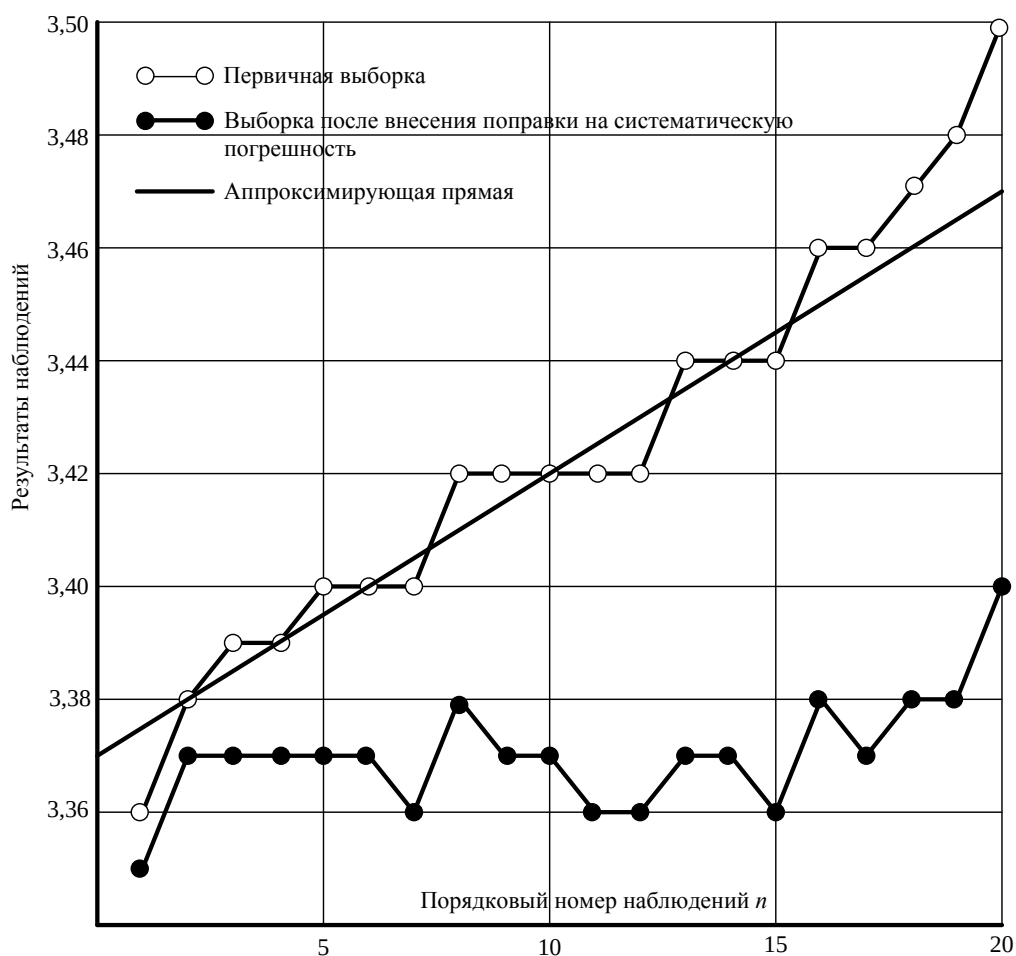


Рисунок 3.1 – Графическое представление результатов наблюдений

2. Проведем аппроксимирующую прямую (рисунок 3.1).

Используя минимальное и максимальное значения аппроксимирующей прямой по оси ординат, получим Δc :

$$\Delta c = 3,47 - 3,37 = 0,1.$$

Определим переменную составляющую систематической погрешности для каждого результата измерений (формула 3.1):

$$\delta_1 = \frac{0,1}{20} \cdot 1 = 0,005; \delta_2 = \frac{0,1}{20} \cdot 2 = 0,01; \delta_3 = \frac{0,1}{20} \cdot 3 = 0,015;$$

$$\delta_4 = \frac{0,1}{20} \cdot 4 = 0,02; \delta_5 = \frac{0,1}{20} \cdot 5 = 0,025; \delta_6 = \frac{0,1}{20} \cdot 6 = 0,03;$$

$$\delta_7 = \frac{0,1}{20} \cdot 7 = 0,035; \delta_8 = \frac{0,1}{20} \cdot 8 = 0,04; \delta_9 = \frac{0,1}{20} \cdot 9 = 0,045;$$

$$\delta_{10} = \frac{0,1}{20} \cdot 10 = 0,05; \delta_{11} = \frac{0,1}{20} \cdot 11 = 0,055; \delta_{12} = \frac{0,1}{20} \cdot 12 = 0,06;$$

$$\delta_{13} = \frac{0,1}{20} \cdot 13 = 0,065; \delta_{14} = \frac{0,1}{20} \cdot 14 = 0,07; \delta_{15} = \frac{0,1}{20} \cdot 15 = 0,075;$$

$$\delta_{16} = \frac{0,1}{20} \cdot 16 = 0,08; \delta_{17} = \frac{0,1}{20} \cdot 17 = 0,085; \delta_{18} = \frac{0,1}{20} \cdot 18 = 0,09;$$

$$\delta_{19} = \frac{0,1}{20} \cdot 19 = 0,095; \delta_{20} = \frac{0,1}{20} \cdot 20 = 0,1.$$

Округлим полученные значения δ_i до сотых долей (точность получения результатов):

$$\delta_1 = \frac{0,1}{20} \cdot 1 = 0,01; \delta_2 = \frac{0,1}{20} \cdot 2 = 0,01; \delta_3 = \frac{0,1}{20} \cdot 3 = 0,02;$$

$$\delta_4 = \frac{0,1}{20} \cdot 4 = 0,02; \delta_5 = \frac{0,1}{20} \cdot 5 = 0,03; \delta_6 = \frac{0,1}{20} \cdot 6 = 0,03;$$

$$\delta_7 = \frac{0,1}{20} \cdot 7 = 0,04; \delta_8 = \frac{0,1}{20} \cdot 8 = 0,04; \delta_9 = \frac{0,1}{20} \cdot 9 = 0,05;$$

$$\delta_{10} = \frac{0,1}{20} \cdot 10 = 0,05; \delta_{11} = \frac{0,1}{20} \cdot 11 = 0,06; \delta_{12} = \frac{0,1}{20} \cdot 12 = 0,06;$$

$$\delta_{13} = \frac{0,1}{20} \cdot 13 = 0,07; \delta_{14} = \frac{0,1}{20} \cdot 14 = 0,07; \delta_{15} = \frac{0,1}{20} \cdot 15 = 0,08;$$

$$\delta_{16} = \frac{0,1}{20} \cdot 16 = 0,08; \delta_{17} = \frac{0,1}{20} \cdot 17 = 0,09; \delta_{18} = \frac{0,1}{20} \cdot 18 = 0,09;$$

$$\delta_{19} = \frac{0,1}{20} \cdot 19 = 0,1; \delta_{20} = \frac{0,1}{20} \cdot 20 = 0,1.$$

3. Исключим систематические погрешности измерений из значений выборки (формула 3.2):

$$\begin{aligned}
a_{\text{испр}1} &= 3,36 - 0,01 = 3,35; a_{\text{испр}2} = 3,38 - 0,01 = 3,37; \\
a_{\text{испр}3} &= 3,39 - 0,02 = 3,37; a_{\text{испр}4} = 3,39 - 0,02 = 3,37; \\
a_{\text{испр}5} &= 3,40 - 0,03 = 3,37; a_{\text{испр}6} = 3,40 - 0,03 = 3,37; \\
a_{\text{испр}7} &= 3,40 - 0,04 = 3,36; a_{\text{испр}8} = 3,42 - 0,04 = 3,38; \\
a_{\text{испр}9} &= 3,42 - 0,05 = 3,37; a_{\text{испр}10} = 3,42 - 0,05 = 3,37; \\
a_{\text{испр}11} &= 3,42 - 0,06 = 3,36; a_{\text{испр}12} = 3,42 - 0,06 = 3,36; \\
a_{\text{испр}13} &= 3,44 - 0,07 = 3,37; a_{\text{испр}14} = 3,44 - 0,07 = 3,37; \\
a_{\text{испр}15} &= 3,44 - 0,08 = 3,36; a_{\text{испр}16} = 3,46 - 0,08 = 3,38; \\
a_{\text{испр}17} &= 3,46 - 0,09 = 3,37; a_{\text{испр}18} = 3,47 - 0,09 = 3,38; \\
a_{\text{испр}19} &= 3,48 - 0,1 = 3,38; a_{\text{испр}20} = 3,50 - 0,1 = 3,40.
\end{aligned}$$

4. С учетом полученных исправлений, получаем новую последовательность результатов измерений выборки: 3,35; 3,37; 3,37; 3,37; 3,37; 3,37; 3,36; 3,38; 3,37; 3,37; 3,36; 3,36; 3,37; 3,37; 3,36; 3,38; 3,37; 3,38; 3,38; 3,40.

По рассчитанной последовательности результатов измерений выборки строим кривую (рисунок 3.1 кривая – выборка после внесения поправки на систематическую погрешность).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие погрешности измерений называются систематическими?
2. Факторы, влияющие на величину систематических погрешностей.
3. Причины возникновения систематических погрешностей.
4. Классификация систематических погрешностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Цель: научиться определять статистические функции распределения результатов измерения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет переменных статистических функций распределения результатов измерения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: построение эмпирических и теоретических кривых функций распределения результатов измерения.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения значений и графического построения функций распределения результатов измерения.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Статистической функцией распределения результатов измерения случайной величины X называется частота события $X < x$ в исследуемой статистической выборке $F(X) = P(X < x)$.

Нахождение значения статистической функции распределения при измеряемом значении x , заключается в подсчете числа опытов, в которых значение величины X будет больше, чем x .

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. По заданным результатам выборки, без исключения грубых и систематических погрешностей, после создания вариационного ряда и разбивки выборки на интервалы (практические работы № 1 – 3) заполнить таблицу 4.3.

Частость определяется по формуле:

$$\hat{p}_i = \frac{m_i}{n}. \quad (4.1)$$

Представить заданный статистический ряд в виде гистограммы в координатах «середина интервала-частость» (рисунок 4.1).

Определить среднеарифметическое $\bar{a}$ и среднеквадратическое отклонения σ (практическая работа № 1).

Вычислить дифференциальную функцию распределения $f(t)$ для середин интервалов. Для этого определить нормированные значения аргумента по формуле для каждого интервала и занести в таблицу 4.4:

$$t_i = \frac{a_{io} - \bar{a}}{\sigma}. \quad (4.2)$$

Затем, пользуясь статистической таблицей 4.1, определить дифференциальную функцию $f(|t_i|)$.

Используя свойство нормального распределения $f(a) = \frac{1}{\sigma \cdot f(|t_i|)}$, находим значения дифференциальной функции в выбранных единицах. В случае использования интервалов применяют зависимость:

$$f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_i|), \quad (4.3)$$

где h – ширина интервала (практическая работа № 1).

Полученные результаты занести в таблицу 4.4.

Значения нормальной функции распределения $F(a) = F(t)$ находятся по таблице 4.2 или по формуле:

$$F(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{a_i} e^{-\frac{t_i^2}{2}} \cdot dt. \quad (4.4)$$

Полученные результаты занести в таблицу 4.4.

Для определения значений статистической функции распределения $\hat{F}(a)$ используем формулы для дополнительных вычислений:

$$\hat{F}_1 = \hat{p}_1. \quad (4.5)$$

$$\hat{F}_{i+1}(a_{i+1}) = \hat{p}_{i+1} + \hat{F}_i(a_i). \quad (4.6)$$

где $\hat{p}_i$ – статистическая вероятность (частость) попадания значений выборки в i -ый интервал;

$\hat{F}_i(a_i)$ – значения статистической функции распределения на i -ом интервале (суммарная статистическая вероятность (частость) попадания значений выборки до i -го интервала).

Полученные результаты занести в таблицу 4.4.

По найденным данным построить графики экспериментальной (эмпирической) $y = \hat{F}(a)$ и теоретической $y = F(a) = F(t)$ функции интегрального вида (рисунок 4.2).

По виду статистических кривых (эмпирической и теоретической) можно сделать вывод о получении нормального закона распределения экспериментальных результатов, но для окончательного заключения необходима проверка по критериям согласия (или приближенная идентификация по точечным числовым характеристикам), которые будут рассмотрены на следующих практических занятиях.

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Пусть задана выборка с количеством результатов измерений $n = 20$: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50; доверительная вероятность $P = 0,95$; доверительная ошибка $q = 0,05$.

Заполним таблицу 4.3 без учета исключений грубых и систематических погрешностей измерений (практические работы № 2, 3), с упорядочением и разбиением заданной выборки на интервалы (практическая работа № 1).

Определим частость по формуле 4.1:

$$\text{Для 1-го интервала: } \hat{p}_1 = \frac{m_1}{n} = \frac{2}{20} = 0,10.$$

$$\text{Для 2-го интервала: } \hat{p}_2 = \frac{m_2}{n} = \frac{5}{20} = 0,25.$$

$$\text{Для 3-го интервала: } \hat{p}_3 = \frac{m_3}{n} = \frac{8}{20} = 0,40.$$

$$\text{Для 4-го интервала: } \hat{p}_4 = \frac{m_4}{n} = \frac{3}{20} = 0,15.$$

$$\text{Для 5-го интервала: } \hat{p}_5 = \frac{m_5}{n} = \frac{2}{20} = 0,10.$$

Таблица 4.1 – Функция стандартного нормального распределения $F(|t|)$

Значение $ t $	Доверительная ошибка q				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
1	2	3	4	5	6
0	0,3989	0,3989	0,3984	0,3972	0,3968
0,1	0,3965	0,3961	0,3945	0,3914	0,3902
0,2	0,3902	0,3894	0,3867	0,3822	0,3815
0,3	0,3802	0,3790	0,3752	0,3697	0,3685
0,4	0,3668	0,3653	0,3605	0,3538	0,3524
0,5	0,3503	0,3485	0,3429	0,3352	0,3334
0,6	0,3312	0,3292	0,3230	0,3144	0,3126
0,7	0,3101	0,3079	0,3011	0,2920	0,2902
0,8	0,2874	0,2850	0,2780	0,2685	0,2664
0,9	0,2637	0,2613	0,2541	0,2444	0,2356
1,0	0,2396	0,2371	0,2299	0,2203	0,2182
1,1	0,2155	0,2131	0,2059	0,1965	0,1948
1,2	0,1919	0,1895	0,1826	0,1736	0,1718
1,3	0,1691	0,1669	0,1604	0,1518	0,1502
1,4	0,1476	0,1456	0,1394	0,1315	0,1301
1,5	0,1276	0,1257	0,1200	0,1127	0,1112
1,6	0,1092	0,1074	0,1023	0,0957	0,0944
1,7	0,0925	0,0909	0,0863	0,0804	0,0792
1,8	0,0775	0,0761	0,0721	0,0669	0,0658
1,9	0,0644	0,0632	0,0596	0,0551	0,0542
2,0	0,0529	0,0519	0,0488	0,0449	0,0442
2,1	0,0431	0,0422	0,0396	0,0363	0,0358
2,2	0,0347	0,0339	0,0317	0,0290	0,0228
2,3	0,0277	0,0270	0,0252	0,0229	0,0222
2,4	0,0219	0,0213	0,0198	0,0180	0,0174
2,5	0,0171	0,0167	0,0154	0,0139	0,0136
2,6	0,0132	0,0129	0,0119	0,0107	0,0102
2,7	0,0101	0,0099	0,0091	0,0081	0,0079
2,8	0,0077	0,0075	0,0069	0,0061	0,0060
2,9	0,0056	0,0056	0,0051	0,0046	0,0044
3,0	0,0043	0,0042	0,0039	0,0034	0,0033
3,1	0,0032	0,0031	0,0028	0,0025	0,0024
3,2	0,0023	0,0022	0,0020	0,0018	0,0017
3,3	0,0017	0,0016	0,0015	0,0013	0,0012
3,4	0,0012	0,0012	0,0010	0,0009	0,0009
3,5	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006	0,0006
3,6	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004
3,7	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
3,8	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002

3,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
-----	--------	--------	--------	--------	--------

Таблица 4.2 – Интегральная функция нормированного нормального распределения $F(t)$

Значение t	Доверительная ошибка q				
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6
-3,5	0,00017	0,00018	0,00018	0,00019	0,00020
-3,4	0,00024	0,00025	0,00026	0,00027	0,00028
-3,3	0,00035	0,00036	0,00038	0,00039	0,00041
-3,2	0,00050	0,00052	0,00054	0,00056	0,00058
-3,1	0,00072	0,00074	0,00077	0,00079	0,00082
-3,0	0,00102	0,00104	0,00108	0,00111	0,00114
-2,9	0,00138	0,00140	0,00145	0,00150	0,00155
-2,8	0,00195	0,00200	0,00205	0,00210	0,00220
-2,7	0,00265	0,00270	0,00280	0,00290	0,00300
-2,6	0,00360	0,00370	0,00380	0,00390	0,00400
-2,5	0,00480	0,00490	0,00505	0,00520	0,00535
-2,4	0,00640	0,00660	0,00675	0,00690	0,00710
-2,3	0,00855	0,0087	0,00890	0,00910	0,00935
-2,2	0,01110	0,01130	0,01160	0,01190	0,01220
-2,1	0,01425	0,01460	0,01500	0,01540	0,01580
-2,0	0,01835	0,01880	0,01925	0,01970	0,02020
-1,9	0,02385	0,02390	0,02455	0,02500	0,02560
-1,8	0,02940	0,03010	0,03125	0,03140	0,03215
-1,7	0,03655	0,03750	0,03865	0,03920	0,04015
-1,6	0,04525	0,04650	0,04750	0,04850	0,04950
-1,5	0,05605	0,05710	0,05825	0,05940	0,05988
-1,4	0,0694	0,0721	0,0749	0,0778	0,0808
-1,3	0,0838	0,0869	0,0901	0,0934	0,0968
-1,2	0,1003	0,1038	0,1075	0,1112	0,1151
-1,1	0,1190	0,1230	0,1271	0,1314	0,1357
-1,0	0,1401	0,1446	0,1492	0,1539	0,1587
-0,9	0,1635	0,1685	0,1736	0,1788	0,1841
-0,8	0,1894	0,1949	0,2005	0,2061	0,2119
-0,7	0,2177	0,2236	0,2297	0,2358	0,2420
-0,6	0,2483	0,2546	0,2611	0,2676	0,2743
-0,5	0,2810	0,2877	0,2946	0,3015	0,3085
-0,4	0,3156	0,3228	0,3300	0,3372	0,3446
-0,3	0,3520	0,3594	0,3669	0,3745	0,3821
-0,2	0,3897	0,3974	0,4052	0,4129	0,4207
-0,1	0,4286	0,4364	0,4443	0,4522	0,4600
0	0,5319	0,5239	0,5160	0,5080	0,5000
0,1	0,5714	0,5636	0,5557	0,5478	0,5398

0,2	0,6103	0,6026	0,5948	0,5871	0,5793
0,3	0,6480	0,6406	0,6331	0,6225	0,6179

Продолжение таблицы 4.2

Значение t	Доверительная ошибка q				
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6
0,4	0,6844	0,6772	0,6700	0,6628	0,6554
0,5	0,7190	0,7123	0,7054	0,6985	0,6915
0,6	0,7517	0,7454	0,7389	0,7324	0,7257
0,7	0,7823	0,7764	0,7704	0,7642	0,7580
0,8	0,8106	0,8051	0,7995	0,7939	0,7881
0,9	0,8365	0,8315	0,8264	0,8212	0,8159
1,0	0,8599	0,8554	0,8505	0,8461	0,8413
1,1	0,8810	0,8770	0,8729	0,8686	0,8643
1,2	0,8997	0,8962	0,8925	0,8888	0,8849
1,3	0,9162	0,9131	0,9099	0,9066	0,9032
1,4	0,9306	0,9279	0,9251	0,9222	0,9192
1,5	0,9429	0,9406	0,9382	0,9357	0,9332
1,6	0,9535	0,9515	0,9495	0,9474	0,9452
1,7	0,9625	0,9608	0,9591	0,9573	0,9554
1,8	0,9699	0,9686	0,9671	0,9656	0,9641
1,9	0,9761	0,9750	0,9738	0,9726	0,9713
2,0	0,9812	0,9803	0,9793	0,9783	0,9773
2,1	0,9854	0,9846	0,9838	0,9830	0,9821
2,2	0,9887	0,9881	0,9875	0,9868	0,9861
2,3	0,9913	0,9909	0,9904	0,9898	0,9893
2,4	0,9934	0,9931	0,9927	0,9922	0,9918
2,5	0,9951	0,9948	0,9945	0,9941	0,9938
2,6	0,9963	0,9961	0,9959	0,9956	0,9953
2,7	0,9973	0,9971	0,9969	0,9967	0,9965
2,8	0,9980	0,9979	0,9977	0,9976	0,9974
2,9	0,9986	0,9985	0,9984	0,9983	0,9981
3,0	0,99896	0,99889	0,99882	0,99874	0,99865
3,1	0,99926	0,99921	0,99915	0,9991	0,99903
3,2	0,99948	0,99954	0,9994	0,99936	0,99931
3,3	0,99964	0,99961	0,99958	0,99955	0,99952
3,4	0,99975	0,99973	0,99971	0,99969	0,99966
3,5	0,99983	0,99981	0,9998	0,99978	0,99977

Определенные ранее среднеарифметическое и среднеквадратическое отклонения (практическая работа № 1) равны:

$$\bar{a} = 3,43; \sigma = 0,037.$$

Представим заданный статистический ряд в виде гистограммы, показанной на рисунке 4.1. Кривую дифференциальной функции построим позже, после проведения необходимых вычислений.

Таблица 4.3 – Промежуточные значения интервального ряда

№ п/п	Границы интервалов	Средины интервалов x_{io}	Частота попадания в интервалы m_i	Статистическая вероятность (частость) p_i
1	3,36 – 3,388	3,374	2	0,10
2	3,388 – 3,416	3,402	5	0,25
3	3,416 – 3,444	3,430	8	0,40
4	3,444 – 3,472	3,458	3	0,15
5	3,472 – 3,50	3,486	2	0,10
	Σ		20	1,0

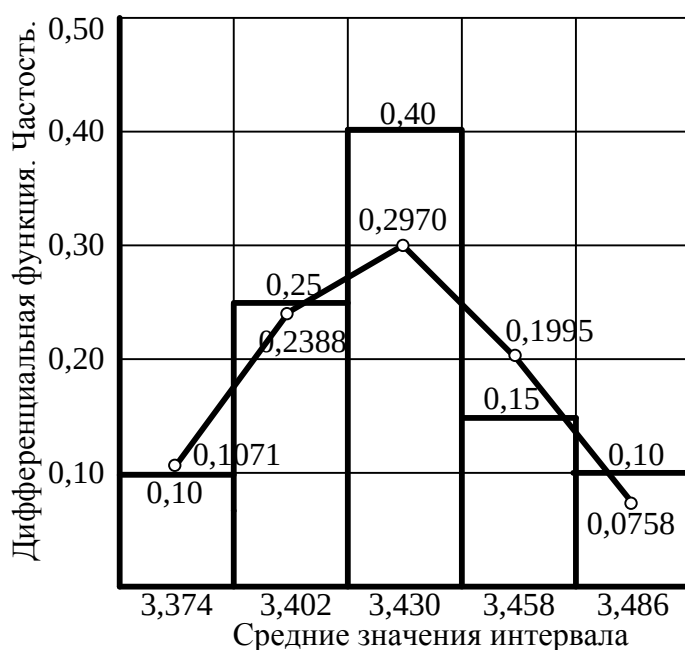


Рисунок 4.1 – Гистограмма результатов измерений кривая дифференциальной функции

Вычислим значение нормированного аргумента t_i по формуле 4.2 для каждого интервала и занесем в таблицу 4.4:

$$\text{Для 1-го интервала: } t_1 = \frac{a_{1c} - \bar{a}}{\sigma} = \frac{3,374 - 3,43}{0,037} = -1,392;$$

$$\text{Для 2-го интервала: } t_2 = \frac{a_{2c} - \bar{a}}{\sigma} = \frac{3,402 - 3,43}{0,037} = -0,635;$$

$$\text{Для 3-го интервала: } t_3 = \frac{a_{3c} - \bar{a}}{\sigma} = \frac{3,430 - 3,43}{0,037} = 0,122;$$

$$\text{Для 4-го интервала: } t_4 = \frac{a_{4c} - \bar{a}}{\sigma} = \frac{3,458 - 3,43}{0,037} = 0,878;$$

$$\text{Для 5-го интервала: } t_5 = \frac{a_{5c} - \bar{a}}{\sigma} = \frac{3,486 - 3,43}{0,037} = 1,635.$$

Определим дифференциальную функцию $f(|t_i|)$ при помощи таблицы

4.1. Полученные данные занесем в таблицу 4.4.

Найдем значения дифференциальной функции для каждого интервала (формула 4.3) и полученные результаты занесем в таблицу 4.4 и построим кривую дифференциальной функции (рисунок 4.1), учитывая, что величина интервала $R_n = 0,028$ (практическая работа № 1):

$$\text{Для 1-го интервала: } f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_1|) = \frac{0,028}{0,037} \cdot 0,1394 = 0,1071.$$

$$\text{Для 2-го интервала: } f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_2|) = \frac{0,028}{0,037} \cdot 0,3230 = 0,2388.$$

$$\text{Для 3-го интервала: } f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_3|) = \frac{0,028}{0,037} \cdot 0,3945 = 0,2970.$$

$$\text{Для 4-го интервала: } f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_4|) = \frac{0,028}{0,037} \cdot 0,2541 = 0,1995.$$

$$\text{Для 5-го интервала: } f(a) = \frac{h}{\sigma} \cdot f(|t_5|) = \frac{0,028}{0,037} \cdot 0,1023 = 0,0758.$$

Определим значения нормальной функции распределения по таблице

4.2. Полученные данные занесем в таблицу 4.4, а также по ним построим теоретическую кривую интегральной функции распределений (рисунок 4.2).

Определим значения статистической функции распределения для каждого интервала (формулы 4.5, 4.6). Полученные при вычислении результаты занесем в таблицу 4.4 и построим по ним эмпирическую кривую интегральной функции распределений (рисунок 4.2):

$$\text{Для 1-го интервала: } \hat{F}_1(a_1) = \hat{p}_1 = 0,10.$$

Для 2-го интервала: $\hat{F}_2(a_2) = \hat{p}_2 + \hat{F}_1(a_1) = 0,25 + 0,10 = 0,35$.

Для 3-го интервала: $\hat{F}_3(a_3) = \hat{p}_3 + \hat{F}_2(a_2) = 0,40 + 0,35 = 0,75$.

Для 4-го интервала: $\hat{F}_4(a_4) = \hat{p}_4 + \hat{F}_3(a_3) = 0,15 + 0,75 = 0,90$.

Для 5-го интервала: $\hat{F}_5(a_5) = \hat{p}_5 + \hat{F}_4(a_4) = 0,10 + 0,90 = 1,0$.

Таблица 4.4 – Вероятностные параметры распределения

№ п/п	Середины интервалов a_{ic}	$t_i, t_i $	$f(t_i)$	$\frac{h}{\sigma} \cdot f(t_i)$	$F(x) = F(t)$	$\hat{F}(x)$
1	3,374	-1,392; 1,392	0,1394	0,1071	0,0749	0,10
2	3,402	-0,635; 0,635	0,3230	0,2388	0,2611	0,35
3	3,430	0,122	0,3945	0,2970	0,5557	0,75
4	3,458	0,878	0,2541	0,1995	0,8264	0,90
5	3,486	1,635	0,1023	0,0758	0,9495	1,0

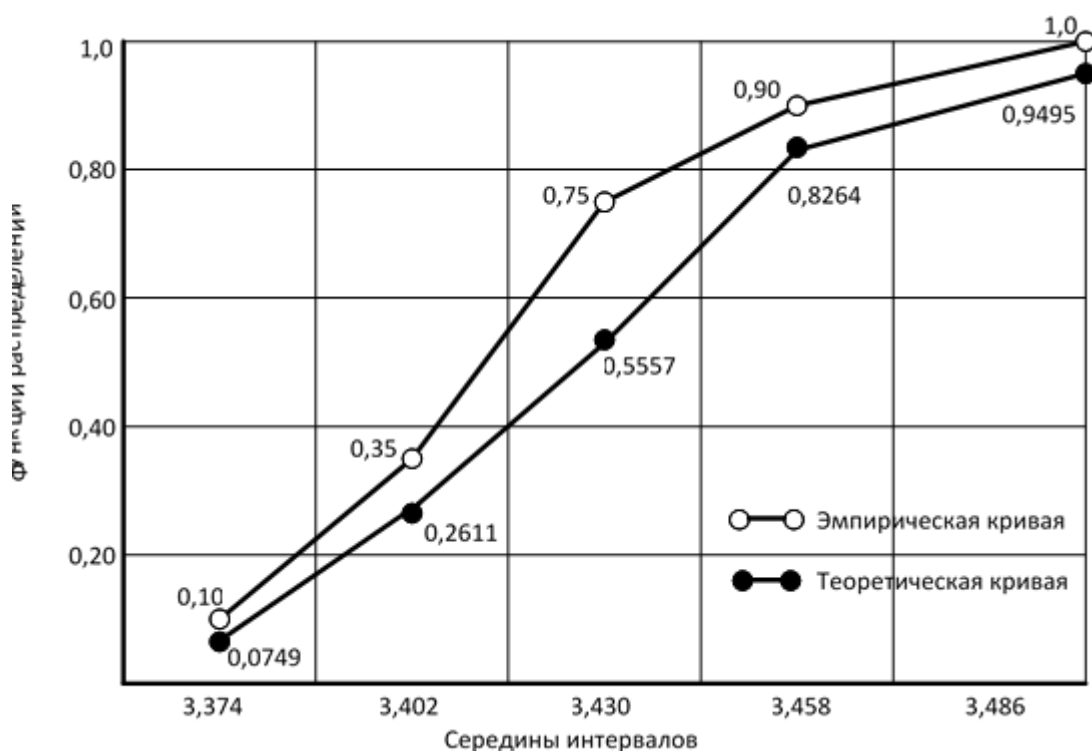


Рисунок 4.4 – Кривые интегральной функции распределения

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется статистической функцией распределения случайной величины X ?

2. Что называется частотой события выборки?
3. Как определяют координаты эмпирической кривой функции распределения?
4. Как определяют координаты теоретической кривой функции распределения?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Изд-во Наука, 1968. – 288 с.

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О НОРМАЛЬНОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ W -КРИТЕРИЯ И СОСТАВНОГО КРИТЕРИЯ d

Цель: научиться методике проверки гипотезы о нормальном законе распределения погрешностей с помощью W -критерия и составного критерия d

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: критерии проверок нулевой гипотезы о нормальном законе распределения погрешностей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: находить критерии проверок о нормальном законе распределения.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой проверки с помощью W -критерия и составного критерия d .

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время актуальной является задача прогнозирования заданных параметров изделий, что напрямую связано с

распределением результатов измерений и их погрешностей по нормальному закону.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Проверка с помощью W – критерия гипотезы о нормальном законе распределения погрешностей в указанном эксперименте проводится в следующей последовательности:

1. Для заданной выборки определяется значение дисперсии:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2. \quad (5.1)$$

2. Рассчитывается значение величины c :

$$c = b_n \cdot (a_n - a_1) + b_{n-1} \cdot (a_{n-1} - a_2) + \dots + b_{\frac{n}{2}} \cdot \left(a_{\frac{n}{2}+1} - a_{\frac{n}{2}} \right), \quad (5.2)$$

где b – значения коэффициентов (таблица 5.1).

3. Определение расчетное значение W – критерия:

$$W_p = \frac{c}{S^2}. \quad (5.3)$$

Таблица 5.1 – Значения коэффициентов b

n	Число измерений								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Значения коэффициента b								
n	0,7071	0,6872	0,6646	0,6431	0,6233	0,6052	0,5888	0,5739	0,5601
$n-1$		0,1677	0,2413	0,2806	0,3031	0,3164	0,3244	0,3291	0,3315
$n-2$				0,0875	0,1401	0,1743	0,1976	0,2141	0,2260
$n-3$						0,0561	0,0947	0,1224	0,1429
$n-4$								0,0399	0,0695
n	Число измерений								
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Значения коэффициента b								
n	0,5475	0,5359	0,5251	0,5150	0,5056	0,4996	0,4982	0,4964	0,4942
$n-1$	0,3325	0,3325	0,3318	0,3306	0,3290	0,3234	0,3206	0,3178	0,3154
$n-2$	0,2347	0,2412	0,2460	0,2495	0,2521	0,2498	0,2456	0,2412	0,2387
$n-3$	0,1586	0,1707	0,1802	0,1878	0,1939	0,1902	0,1876	0,1851	0,1828
$n-4$	0,0922	0,1099	0,1240	0,1353	0,1447	0,1402	0,1378	0,1336	0,1304
$n-5$	0,0303	0,0539	0,0727	0,0880	0,1005	0,0987	0,0954	0,0911	0,0876
$n-6$			0,0240	0,0433	0,0593	0,0545	0,0516	0,0476	0,0436
$n-7$					0,0196	0,0182	0,0174	0,0168	0,0152

$n-8$							0,0054	0,0034	0,0022
$n-9$								0,0024	0,0008

Таблица 5.2 – Критические значения W_q критерия

n	Уровень значимости				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
14	0,825	0,846	0,874	0,898	0,968
15	0,835	0,855	0,881	0,902	0,994
16	0,844	0,863	0,887	0,916	1,012
17	0,853	0,870	0,893	0,928	1,036
18	0,862	0,878	0,899	0,945	1,052
19	0,874	0,885	0,906	0,966	1,074
20	0,881	0,894	0,911	0,982	1,098

4. При заданном уровне значимости q проверяем выполнение условия:

$$W_p \geq W_q, \quad (5.4)$$

где W_q – критическое значение критерия, найденное из таблицы 5.2.

Последовательность оценки закона распределения с помощью составного критерия d :

5.2 Определение смещенной σ^* оценки среднего квадратического отклонения:

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}. \quad (5.5)$$

2. Расчет критерия $\bar{d}$:

$$\bar{d} = \frac{1}{n\sigma^*} \cdot \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}|. \quad (5.6)$$

3. При заданных значениях количества измерений n , доверительной вероятности P и доверительной ошибки q определяются квантили распределения $\bar{d}$: $\bar{d}_p$, $\bar{d}_q$ таблицы 5.3, 5.4.

4. Проверка гипотезы о нормальности распределения по условию:

$$\bar{d}_p < \bar{d} < \bar{d}_q. \quad (5.7)$$

5.3 Проверка по критерию $z_{p/2}$.

Нулевая гипотеза по критерию $z_{p/2}$ о нормальном распределении подтверждается, если не более m разностей алгебраической суммы $|a_i - \bar{a}|$ превысили величину $z_{p/2}$.

1. По таблицам 5.5, 5.6 определяем значения m и $z_{p/2}$. Нулевая гипотеза о нормальности распределения верна, если количество неравенств $|a_i - \bar{a}| > z_{p/2}$ не превышает значения m .

Таблица 5.3 – Квантили распределения критерия $\bar{d}$ по значению доверительной ошибки q

n	$d_{0,01}$	$d_{0,02}$	$d_{0,05}$	$d_{0,10}$	$d_{0,20}$
11	0,9359	0,9364	0,9073	0,8899	0,8864
16	0,9137	0,9108	0,8884	0,8733	0,8704
20	0,9001	0,8812	0,8768	0,8631	0,8610
26	0,8901	0,8746	0,8625	0,8570	0,8558
31	0,8827	0,8702	0,8625	0,8511	0,8506
36	0,8769	0,8678	0,8578	0,8468	0,8434
41	0,8722	0,8624	0,8540	0,8436	0,8408
46	0,8682	0,8567	0,8508	0,8409	0,8386
51	0,8648	0,8524	0,8481	0,8385	0,8346

Таблица 5.4 – Квантили распределения критерия $\bar{d}$ по значению доверительной вероятности P

n	$d_{0,80}$	$d_{0,90}$	$d_{0,95}$	$d_{0,98}$	$d_{0,99}$
11	0,7446	0,7409	0,7153	0,6815	0,6675
16	0,7488	0,7452	0,7236	0,7034	0,6829
20	0,7514	0,7495	0,7304	0,7168	0,6950
26	0,7562	0,7530	0,7360	0,7214	0,7040
31	0,7584	0,7559	0,7404	0,7268	0,7110
36	0,7622	0,7583	0,7440	0,7306	0,7167
41	0,7646	0,7604	0,7470	0,7364	0,7216
46	0,7668	0,7621	0,7496	0,7388	0,7256
51	0,7692	0,7636	0,7518	0,7412	0,7291

Таблица 5.5 – Квантили $Z_{p/2}$ интегральной функции Лапласа

P	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
$Z_{p/2}$	1,44	1,65	1,96	2,33	2,58

Таблица 5.6 – Значения m

n	От 1 до 20	Свыше 20 до 50
m	1,0	2,0

Проверка начинается с предельных значений результатов выборки a_{max} , a_{min} :

$$|a_{max} - \bar{a}| > z_{p/2}, |a_{min} - \bar{a}| > z_{p/2}. \quad (5.8)$$

Если условия 5.8 не выполняются, то значит нулевая гипотеза о нормальности распределения результатов выборки подтверждается.

ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗЫ О НОРМАЛЬНОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ W – КРИТЕРИЯ И СОСТАВНОГО КРИТЕРИЯ d

Исходные данные:

- выборка результатов измерений, представленная в виде вариационного ряда: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50;
- доверительная вероятность $P = 0,95$;
- доверительная ошибка $q=0,05$.

5.1 Проверим с помощью W – критерия гипотезу о нормальном законе распределения погрешностей в указанном эксперименте.

1. Определяем значение дисперсии по формуле 5.1 при $\bar{a} = 3,43$ (практическая работа № 1):

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2 = (3,36 - 3,43)^2 + (3,38 - 3,43)^2 + (3,39 - 3,43)^2 \cdot 2 + (3,4 - 3,43)^2 \cdot 3 + (3,42 - 3,43)^2 \cdot 5 + (3,44 - 3,43)^2 \cdot 3 + (3,46 - 3,43)^2 \cdot 2 + (3,47 - 3,43)^2 + (3,48 - 3,43)^2 + (3,50 - 3,43)^2 = 0,0049 + 0,0025 +$$

$$0,0032 + 0,0027 + 0,0005 + 0,0003 + 0,0018 + 0,0016 + 0,0025 + 0,0049 = \\ = 0,0249$$

2. . Вычисляют значение величины c по формуле 5.2, учитывая при этом, что $a_{10} = a_{11} = 3,42$ и $a_9 = a_{12} = 3,42$. Для нашего случая:

$$c = b_{20} \cdot (a_{20} - a_1) + b_{19} \cdot (a_{19} - a_2) + b_{18} \cdot (a_{18} - a_3) + b_{17} \cdot (a_{17} - a_4) + \\ + b_{16} \cdot (a_{16} - a_5) + b_{15} \cdot (a_{15} - a_6) + b_{14} \cdot (a_{14} - a_7) + b_{13} \cdot (a_{13} - a_8).$$

Коэффициенты, взятые из таблицы 5.1, имеют следующие значения:

$$b_{20} = 0,4942; b_{19} = 0,3154; b_{18} = 0,2387; b_{17} = 0,1828; b_{16} = 0,1304; \\ b_{15} = 0,0876; b_{14} = 0,0436; b_{13} = 0,0152.$$

Определяем c :

$$c = 0,4942 \cdot (3,50 - 3,36) + 0,3154 \cdot (3,48 - 3,38) + 0,2387 \cdot (3,47 - 3,39) + \\ + 0,1828 \cdot (3,46 - 3,39) + 0,1304 \cdot (3,46 - 3,40) + 0,0876 \cdot (3,44 - 3,40) + \\ + 0,0436 \cdot (3,44 - 3,40) + 0,0152 \cdot (3,44 - 3,42) + 0,0022 \cdot (3,46 - 3,42) = \\ = 0,137$$

3. Находим расчетное значение W – критерия:

$$W_p = \frac{c}{S^2} = \frac{0,137}{0,0249} = 5,5.$$

4. По таблице 4.2 для количества результатов измерений и уровня значимости $q = 0,05$ определяем критическое значение W – критерия: $W_q = 0,911$.

Следовательно, $W_p = 5,5 \geq W_q = 0,911$.

По W – критерию условие 5.4 выполнено. Следовательно, гипотеза о нормальном распределении подтвердилась.

5.2 Рассмотрим пример оценки закона распределения с помощью составного критерия d согласно исходным данным п. 5.1.

1. Вычисляем смещенное среднее квадратическое отклонение σ^* по формуле 5.5:

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = 0,035.$$

2. Определяем составной критерий $\bar{d}$ по формуле 5.6:

$$\bar{d} = \frac{1}{n\sigma^*} \cdot \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}| = 0,815.$$

3. Из таблиц 5.3, 5.4 по заданным значениям доверительной вероятности $P = 0,95$, доверительной ошибки $q = 0,05$ и количеству результатов измерений $n = 20$ находим квантили распределения: $\bar{d}_{0,05} = 0,8768$; $\bar{d}_{0,95} = 0,7304$.

4. Нулевая гипотеза о нормальности распределения по критерию d подтверждается, т. к. выполняется условие 5.7:

$$\bar{d}_{0,99} = 0,7304 < \bar{d} = 0,815 < \bar{d}_{0,01} = 0,8768.$$

5.3 Пример проверки нулевой гипотезы о нормальности распределения результатов измерений при помощи критерия $z_{p/2}$.

1. По таблице 5.5 для $P = 0,95$ определяем значение критерия $z_{p/2}$:

$$z_{p/2} = 1,96.$$

По таблице 5.6 для количества измерений $n = 20$ находим $m = 1,0$.

2. Делаем проверку по условиям 5.8:

$$|a_{max} - \bar{a}| = |3,50 - 3,43| = 0,07 > z_{p/2} = 1,96,$$

$$|a_{min} - \bar{a}| = |3,36 - 3,43| = 0,07 > z_{p/2} = 1,96.$$

Условия не выполняются. Следовательно нулевая гипотеза подтверждается.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Область применения нормального закона распределения.
2. Свойства нормального закона распределения.
3. Область применения критерия Вилкоксона.

Как определяется критическое значение W – критерия?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ОЦЕНКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ИНТЕРКВАНТИЛЬНОЙ ШИРОТЫ ВЫБОРКИ

Цель: научиться определять теоретическую интерквантильную широту выборки.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучить методику оценки теоретической интерквантильной широты выборки по распределению Лапласа.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять параметры теоретической интерквантильной широты выборки по предельным квантилям.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знать методику количественных оценок теоретической интерквантильной широты выборки.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Современное развитие науки и техники ставит перед учеными и производственными кадрами все новые задачи по точностным параметрам изделий, их способности к селективному объединению для достижения конкретных выходных значений параметров. Эта задача может решаться, например, при помощи оценки теоретической интерквантильной широты выборки.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Для оценки теоретической интерквантильной широты выборки по предельным значениям при заданных доверительной вероятности P и количества результатов измерений в выборке n вначале выборку представляют в виде вариационного ряда:

$a_{min}, a_{min+1}, a_{min+2}, \dots a_k \dots a_{max-2}, a_{max-1}, a_{max}.$

2. Далее определяют эмпирические значения верхнего $U_{3/4,n}$ и нижнего $U_{1/4,n}$ квартилей, которые определяются по соотношениям:

$$U_{1/4,n} = a_{(n/4)}, U_{3/4,n} = a_{(3 \cdot n/4)}. \quad (6.1)$$

3. Расчет теоретической интерквартильной широты выборки:

$$l = \frac{1}{2} (U_{3/4,n} - U_{1/4,n}). \quad (6.2)$$

4. Из таблицы 6.1 определим значение z по соотношению:

$$2\Phi(z) = P. \quad (6.3)$$



Рисунок 6.1 – Выборка и предельные квантили результатов измерений

5. Определение значения среднего квадратического отклонения:

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}. \quad (6.4)$$

6. Определим допускаемое отклонение теоретической интерквартильной широты выборки исходя из условия:

$$P \left(|l - L| < z \cdot 0,7867 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) = 2\Phi(z). \quad (6.5)$$

Следовательно теоретическую интерквартильную широту выборки можно записать в виде:

$$L \approx l \pm z \cdot 0,7867 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (6.6)$$

7. Определение максимального значения выборки.

По таблице 2.2 распределения Стьюдента при заданном значении P и числе степеней свободы $k = n - 1$ определяется t_p и среднее арифметическое значение выборки:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i. \quad (6.7)$$

Максимальное значение выборки определяется из формулы:

$$n_{max} = \bar{X} + t \cdot \sigma. \quad (6.8)$$

8. Определение вероятности попадания значения выборки в пределы: $n_{min} \leq U_{1/4,n}$.

Определим размахи варьирования:

- для всего интервала выборки:

$$R_{max} = n_{max} - n_{min}; \quad (6.9)$$

- для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$:

$$R_{U_{1/4,n}} = U_{1/4,n} - n_{min}; \quad (6.10)$$

- средний размах интервала выборки для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$:

$$R_{cp} = \frac{R_{U_{1/4,n}} - R_{max}}{2}. \quad (6.11)$$

Определение среднего квадратического отклонения для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ по формуле:

$$\sigma_{U_{1/4,n}} = \frac{1}{6} \sqrt{R_{max}^2 - R_{U_{1/4,n}}^2}. \quad (6.12)$$

Определение предела интегрирования для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ по формуле:

$$z = \frac{R_{cp}}{\sigma_{U_{1/4,n}}}. \quad (6.13)$$

При $z < 0$ вероятность попадания значения выборки в пределы $n_{min} \leq U_{1/4,n}$ определяется по формуле:

$$P_{n_{min} \leq U_{1/4,n}} = 0,5 - \Phi(z). \quad (6.14a)$$

При $z > 0$ вероятность попадания значения выборки в пределы $n_{min} \leq U_{1/4,n}$ определяется по формуле:

$$P_{n_{min} \leq U_{1/4,n}} = 0,5 + \Phi(z). \quad (6.146)$$

Таблица 6.1 – Значения интегральной функции вероятности $\Phi(z)$

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,01	0,0040	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,02	0,0080	0,32	0,1255	0,74	0,2703	1,85	0,4672
0,03	0,0120	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,04	0,0160	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,35	0,11368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,06	0,0239	0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,07	0,0279	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,08	0,0319	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,09	0,0359	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,10	0,0398	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,11	0,0438	0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4853
0,12	0,0472	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,13	0,0517	0,43	0,1664	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,14	0,0557	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,15	0,0596	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,49865
0,16	0,0636	0,46	0,1772	1,05	0,3531	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,47	0,1808	1,10	0,3643	3,40	0,49966
0,18	0,0714	0,48	0,1844	1,15	0,3749	3,60	0,49984
0,19	0,0753	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,80	0,499928
0,20	0,0793	0,50	0,1915	1,25	0,3944	4,00	0,499968
0,21	0,0832	0,52	0,1985	1,30	0,4032	4,10	0,499972
0,22	0,0871	0,54	0,2054	1,35	0,4115	4,20	0,499978
0,23	0,0910	0,56	0,2123	1,40	0,4192	4,30	0,499982
0,24	0,0948	0,58	0,2190	1,45	0,4265	4,40	0,499986
0,25	0,0987	0,60	0,2257	1,50	0,4332	4,50	0,499997
0,26	0,1020	0,62	0,2324	1,55	0,4394	4,60	0,4999976
0,27	0,1064	0,64	0,2389	1,60	0,4452	4,70	0,4999984
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505	4,80	0,4999988
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554	4,90	0,4999992
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599	5,00	0,4999997

9. Определение вероятности попадания значения выборки в пределы для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$:

$$U_{3/4,n} \leq n_{max}. \quad (6.15)$$

Вычисление размахов варьирования для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$:

- для всего интервала выборки (формула 6.9);

- для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$:

$$R_{U_{3/4,n}} = n_{max} - U_{3/4,n}; \quad (6.16)$$

- средний размах интервала выборки для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$:

$$R_{cp} = \frac{R_{U_{3/4,n}} - R_{max}}{2}. \quad (6.17)$$

Расчет среднего квадратического отклонения для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ по зависимости:

$$\sigma_{U_{3/4,n}} = \frac{1}{6} \sqrt{R_{max}^2 - R_{U_{3/4,n}}^2}. \quad (6.18)$$

Вычисление предела интегрирования для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ по формуле:

$$z = \frac{R_{cp}}{\sigma_{U_{3/4,n}}}. \quad (6.19)$$

При $z < 0$ вероятность попадания значения выборки в пределы $U_{3/4,n} \leq n_{max}$ определяется по формуле:

$$P_{n_{max} \geq U_{3/4,n}} = 0,5 - \Phi(z). \quad (6.20)$$

При $z > 0$ вероятность попадания значения выборки в пределы $U_{3/4,n} \leq n_{max}$ определяется по формуле:

$$P_{n_{max} \geq U_{3/4,20}} = 0,5 - \Phi(z). \quad (6.21)$$

ПРИМЕР ОЦЕНКИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ИНТЕРКВАНТИЛЬНОЙ ШИРОТЫ ВЫБОРКИ

1. Первым действием для оценки теоретической интерквантильной широты выборки (доверительная вероятность $P = 0,95$; количество результатов в выборке $n = 20$) вначале представим выборку в виде вариационного ряда, т. е. значения в порядке возрастания: 5,70; 5,72; 5,72;

5,74; 5,74; 5,74; 5,75; 5,75; 5,76; 5,76; 5,76; 5,76; 5,78; 5,78; 5,78; 5,80; 5,80; 5,82; 5,82; 5,84.

2. Определяем эмпирические значения верхнего $U_{3/4,20}$ и нижнего $U_{1/4,20}$ квартилей по соотношениям 6.1:

$$U_{3/4,20} = a_{3 \cdot n/4} = a_{15} = 5,78; U_{1/4,20} = a_{n/4} = a_5 = 5,74.$$

3. Определим теоретическую интерквартильную широту выборки результатов измерений по формуле 6.2:

$$l = \frac{1}{2}(U_{3/4,20} - U_{1/4,20}) = \frac{1}{2}(5,78 - 5,74) = 0,02.$$

4. Из таблицы распределения Лапласа (таблица 6.1) определим значение z из соотношения 6.3:

$$\text{Если } 2\Phi(z) = 0,95, \text{ то при } \Phi(z) = 0,475: z = 1,96.$$

5. Определим значение среднего квадратического отклонения выборки по формуле 6.4:

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = 0,03.$$

6. Рассчитаем допускаемое отклонение теоретической интерквартильной широты выборки исходя из условий 6.5, 6.6:

$$z \cdot 0,7867 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1,96 \cdot 0,7867 \frac{0,03}{\sqrt{20}} = 0,01,$$

$$L \approx l \pm z \cdot 0,7867 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,02 \pm 0,01.$$

7. Определим максимальное значение выборки.

Для этого по таблице 2.2 при $P = 0,95$ и числе степеней свободы $k = n - 1 = 19$ определяем критерий Стьюдента: $t_{0,95;19} = 2,10$.

Вычислим среднее арифметическое значение выборки по формуле 6.7:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = 5,77.$$

Тогда максимальное значение выборки равно:

$$n_{max} = \bar{x} + t \cdot \sigma = 5,77 + 2,09 \cdot 0,03 = 5,83.$$

8. Определим вероятности попаданий значений выборки в пределы:

$$n_{min} = 5,70 \leq U_{1/4,20} = 5,74.$$

Определим размахи варьирования:

- для всего интервала выборки (формула 6.9):

$$R_{max} = n_{max} - n_{min} = 5,84 - 5,70 = 0,14;$$

- для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ (формула 6.10):

$$R_{U_{1/4,20}} = U_{1/4,20} - n_{min} = 5,74 - 5,70 = 0,04;$$

- средний размах интервала выборки для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ (формула 6.11):

$$R_{cp} = \frac{R_{U_{1/4,20}} - R_{max}}{2} = \frac{0,04 - 0,14}{2} = -0,05.$$

Определяем среднее квадратическое отклонение для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ по формуле 6.12:

$$\sigma_{U_{1/4,20}} = \frac{1}{6} \sqrt{R_{max}^2 - R_{U_{1/4,20}}^2} = \frac{1}{6} \sqrt{0,14^2 - 0,04^2} = 0,022.$$

Определяем предел интегрирования для нижнего квантиля $U_{1/4,n}$ по формуле (6.13):

$$z = \frac{R_{cp}}{\sigma_{U_{1/4,20}}} = \frac{-0,05}{0,022} = -2,27$$

Т. к. $z < 0$, то для определения вероятности попадания значения выборки в пределы $n_{min} \leq U_{1/4,n}$ используем зависимость 6.14а:

$$P_{n_{min} \leq U_{1/4,20}} = 0,5 - \Phi(z) = 0,5 - \Phi(-2,27) = 0,5 - 0,4885 = 0,0115.$$

9. Определяем вероятность попадания значений выборки в пределы для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ (условие 16.5):

$$U_{3/4,20} = 5,78 \leq n_{max} = 5,84.$$

Вычислим размахи варьирования:

- для всего интервала выборки (формула 6.9):

$$R_{max} = n_{max} - n_{min} = 5,84 - 5,70 = 0,14;$$

- для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ (формула 6.16):

$$R_{U_{3/4,20}} = n_{max} - U_{3/4,20} = 5,84 - 5,78 = 0,06;$$

- средний размах интервала выборки для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ (формула 6.17):

$$R_{cp} = \frac{R_{U_{3/4,20}} - R_{max}}{2} = \frac{0,06 - 0,14}{2} = -0,04$$

Определяем среднее квадратическое отклонение для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ по формуле 6.18:

$$\sigma_{U_{3/4,20}} = \frac{1}{6} \sqrt{R_{max}^2 - R_{U_{3/4,20}}^2} = \frac{1}{6} \sqrt{0,14^2 - 0,06^2} = 0,021.$$

Рассчитываем предел интегрирования для верхнего квантиля $U_{3/4,n}$ по формуле 6.19:

$$z = \frac{R_{cp}}{\sigma_{U_{3/4,20}}} = \frac{-0,04}{0,021} = -1,91.$$

В связи с тем, что $z < 0$, то для вычисления вероятности попадания значений выборки в пределы: $U_{3/4,20} = 5,78 \leq n_{max} = 5,84$ используем формулу 6.20:

$$P_{n_{max} \geq U_{3/4,20}} = 0,5 - \Phi(z) = 0,5 - \Phi(-1,91) = 0,5 - 0,4719 = 0,0281.$$

Таким образом, на основании произведенных расчетов для заданной выборки с вероятностью 95% можно считать, что количество значений, попадающих в интервал $n_{min} = 5,70 \leq U_{1/4,20} = 5,74$ не будет превышать 1,15%, а попаданий в интервал $U_{3/4,20} = 5,78 \leq n_{max} = 5,84$ будет не больше, чем 2,81%.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1 Какие преимущества использования квантилей выборки?
- 2 Что называется интерквартильной широтой?
- 3 Что называется вариационным рядом?
- 4 Какой вариационный ряд называется непрерывным?
- 5 Какой вариационный ряд называется простым?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: научиться методике определения доверительного интервала по результатам измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знать математический аппарат и последовательность действий при определении доверительного интервала.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: анализировать результаты измерений и значения возможных отклонений результатов от математического ожидания.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: уметь аналитически и графически представлять, полученные значения доверительного интервала.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: При измерении размеров или параметров практически любых изделий наблюдатель получает случайные величины, т. е. процесс измерения в каждом случае носит стохастический характер. Оценивать результаты этих случайных по своей сути процессов, даже при равноточных измерениях, позволяют доверительные интервалы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Определение доверительного интервала осуществляется на основании следующих данных:

- выборка, полученных результатов:

$a_{min}, a_{min+1}, a_{min+2}, \dots a_k \dots a_{max-2}, a_{max-1}, a_{max}$;

- доверительная вероятность P ;

- число степеней свободы k ;

- метрологические характеристики, используемого средства измерения (класс точности δ_T , диапазон измерения, верхний предел диапазона измерений прибора R_B).

Последовательность расчетов:

1. Определение систематической постоянной составляющей погрешности для каждого результата измерений и занести в таблицу 7.1:

$$\delta_{cucmi} = \delta_T \cdot \frac{a_i}{R_B}, \quad (7.1)$$

где a_i – показания прибора (значения выборки);

R_B – верхний предел диапазона измерений прибора;

δ_T – класс точности средства измерения.

2. Вычислить значения выборки с учетом полученной систематической погрешности. Результаты занести в таблицу 7.1:

$$a'_i = a_i - \delta_{cucmi}. \quad (7.2)$$

3. Расчет математического ожидания с учетом полученных результатов:

$$\bar{a}' = \frac{a'_1 + a'_2 + a'_3 + \dots + a'_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a'_i, \quad (7.3)$$

где a'_i – результат i -го измерения;

n – количество измерений.

4. Определение средней квадратичной погрешности для чего заполнить все столбцы в таблице 7.1:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{a}' - a'_i)^2}{n - k}}, \quad (7.4)$$

где k – количество степеней свободы.

5. Определение отклонения случайной величины:

$$\Delta a' = t \cdot \sigma', \quad (7.5)$$

где t – критерий Стьюдента (таблица 2.2).

6. Нахождение доверительного интервала по соотношению:

$$a'_{\min} \leq \bar{a}' \leq a'_{\max}, \quad (7.6)$$

где $a'_{\min} = \bar{a}' - \frac{\Delta a'}{2}$, $a'_{\max} = \bar{a}' + \frac{\Delta a'}{2}$.

7. Графически изобразить полученный доверительный интервал (рисунок 7.1).

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрим порядок выполнения работы при следующих исходных данных:

- выборка: 3,36; 3,38; 3,39; 3,39; 3,40; 3,40; 3,40; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,42; 3,44; 3,44; 3,44; 3,46; 3,46; 3,47; 3,48; 3,50.
- доверительная вероятность $P = 0,95$;
- число степеней свободы $k = 1,0$;
- диапазоном измерения средства измерения $0 - 150$, верхний предел диапазона измерений прибора $R_B = 150$;
- класс точности средства измерения $\delta_T = 2,5$.

1. Определяем систематическую постоянную составляющей погрешности для каждого результата измерений и заносим полученные значения в таблицу 7.1:

$$\delta_{\text{сис}1} = 2,5 \frac{3,36}{150} = 0,06; \delta_{\text{сис}2} = 2,5 \cdot \frac{3,38}{150} = 0,06; \delta_{\text{сис}3} = \delta_{\text{сис}4} = 2,5 \cdot \frac{3,39}{150} = 0,06;$$

$$\delta_{\text{сис}5} = \delta_{\text{сис}6} = \delta_{\text{сис}7} = 2,5 \cdot \frac{3,40}{150} = 0,06; \delta_{\text{сис}13} = \delta_{\text{сис}14} = \delta_{\text{сис}15} = 2,5 \frac{3,44}{150} = 0,06;$$

$$\delta_{\text{сис}8} = \delta_{\text{сис}9} = \delta_{\text{сис}10} = \delta_{\text{сис}11} = \delta_{\text{сис}12} = 2,5 \cdot \frac{3,42}{150} = 0,06; \delta_{\text{сис}18} = 2,5 \frac{3,47}{150} = 0,06;$$

$$\delta_{cucm16} = \delta_{cucm17} = 2,5 \frac{3,46}{150} = 0,06; \delta_{cucm19} = 2,5 \frac{3,48}{150} = 0,06; \delta_{cucm20} = 2,5 \frac{3,50}{150} = 0,06$$

2. Вычисляем значения выборки с учетом полученной систематической погрешности. Результаты заносим в таблицу 7.1:

$$a'_1 = 3,36 - 0,06 = 3,30; a'_2 = 3,38 - 0,06 = 3,32; a'_3 = a'_4 = 3,39 - 0,06 = 3,33;$$

$$a'_5 = a'_6 = a'_7 = 3,40 - 0,06 = 3,34; a'_8 = a'_9 = a'_{10} = a'_{11} = a'_{12} = 3,42 - 0,06 = 3,36;$$

$$a'_{13} = a'_{14} = a'_{15} = 3,44 - 0,06 = 3,38; a'_{16} = a'_{17} = 3,46 - 0,06 = 3,40;$$

$$a'_{18} = 3,47 - 0,06 = 3,41; a'_{19} = 3,48 - 0,06 = 3,42; a'_{20} = 3,50 - 0,06 = 3,44$$

3. Рассчитываем математическое ожидание (формула 7.3):

$$\bar{a}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a'_i = \frac{1}{20} \cdot (3,30 + 3,32 + 3,33 \cdot 2 + 3,34 \cdot 3 + 3,36 \cdot 5 + 3,38 \cdot 3 + 3,40 \cdot 2 + 3,41 + 3,42 + 3,44) = 3,37.$$

4. Определяем среднюю квадратичную погрешность (формула 7.4) для чего пользуемся суммой данных, полученными в последнем столбце таблицы

$$7.1 \sum_{i=1}^n (\bar{a}' - a'_i)^2 = 0,0249:$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{a}' - a'_i)^2}{n - k}} = \sqrt{\frac{0,0249}{19}} = 0,036.$$

5. Определяем значение отклонения случайной величины (формула 7.5) для чего по таблице 2.2 находим значение критерия Стьюдента $t_{0,95;19} = 2,10$:

$$\Delta a' = t \cdot \sigma' = 0,036 \cdot 2,10 = 0,076.$$

6. Определяем границы доверительного интервала по соотношениям 7.6 для чего вначале определяем величины $a'_{\min}$ и $a'_{\max}$:

$$a'_{\min} = \bar{a}' - \frac{\Delta a'}{2} = 3,37 - 0,038 = 3,332;$$

$$a'_{\max} = \bar{a}' + \frac{\Delta a'}{2} = 3,37 + 0,038 = 3,408.$$

Следовательно, найденный доверительный интервал будет иметь следующий вид:

$$a'_{\min} = 3,332 \leq \bar{a}' = 3,370 \leq a'_{\max} = 3,408.$$

7. Представим полученный доверительный интервал в графическом виде (рисунок 7.1).

Таблица 7.1 – Форма отчета

№	a_i	δ_{cucmi}	$a'_i = a_i - \delta_{cucmi}$	$\bar{a}'$	$\bar{a}' - a'_i$	$(\bar{a} - a'_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1.	3,36	0,06	3,30	3,37	0,07	0,0049
2.	3,38	0,06	3,32		0,05	0,0025
3.	3,39	0,06	3,33		0,04	0,0016
4.	3,39	0,06	3,33		0,04	0,0016
5.	3,40	0,06	3,34		0,03	0,0009
6.	3,40	0,06	3,34		0,03	0,0009
7.	3,40	0,06	3,34		0,03	0,0009
8.	3,42	0,06	3,36		0,01	0,0001
9.	3,42	0,06	3,36		0,01	0,0001
10.	3,42	0,06	3,36		0,01	0,0001
11.	3,42	0,06	3,36		0,01	0,0001
12.	3,42	0,06	3,36		0,01	0,0001
13.	3,44	0,06	3,38		-0,01	0,0001
14.	3,44	0,06	3,38		-0,01	0,0001
15.	3,44	0,06	3,38		-0,01	0,0001
16.	3,46	0,06	3,40		-0,03	0,0009
17.	3,46	0,06	3,40		-0,03	0,0009
18.	3,47	0,06	3,41		-0,04	0,0016
19.	3,48	0,06	3,42		-0,05	0,0025
20.	3,50	0,06	3,44		-0,07	0,0049
						$\sum = 0,0249$
Доверительный интервал: $a'_{\min} = 3,332 \leq \bar{a}' = 3,370 \leq a'_{\max} = 3,408$						

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1 Как определяется систематическая постоянная составляющей погрешности?

2 Как определяется среднее арифметическое отклонение?

3 Как определяется средняя квадратичная погрешность?

4 Что такое доверительный интервал?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями: учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

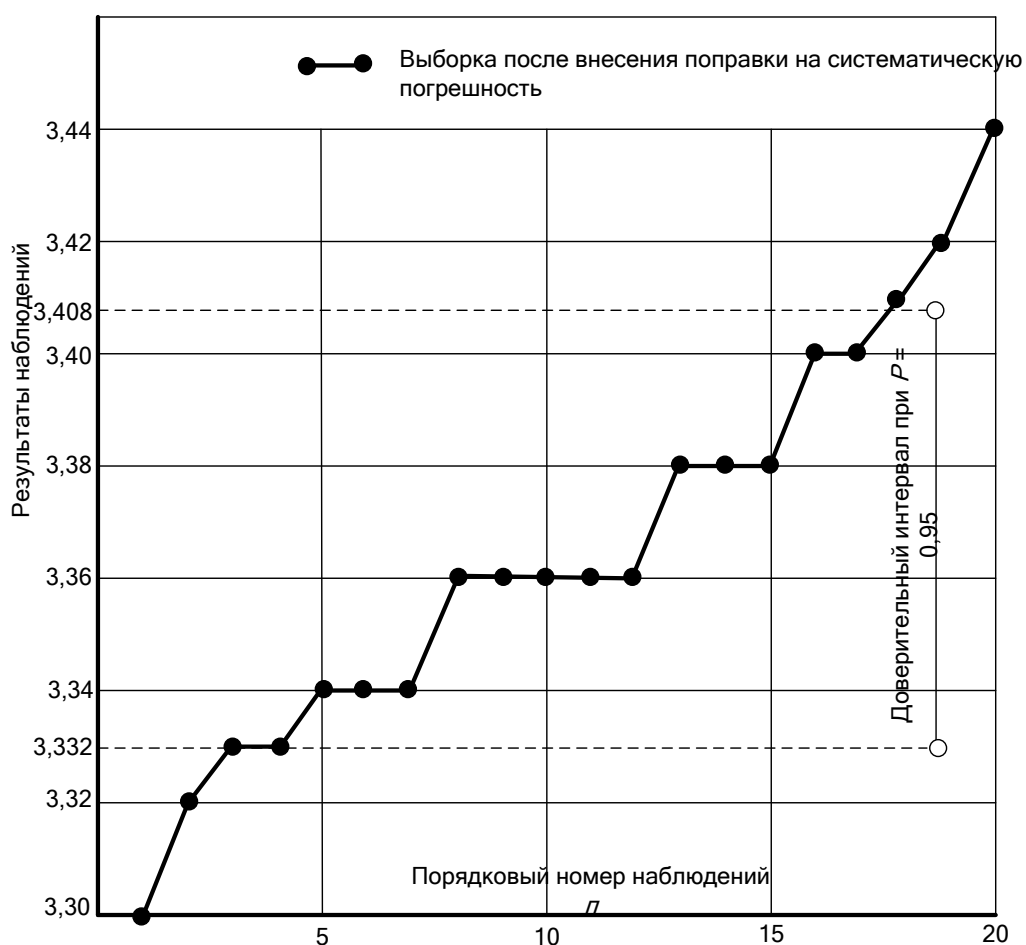


Рисунок 7.1 – Доверительный интервал выборки при заданных условиях

8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

ОЦЕНКА ЦЕНТРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Цель: научиться определять центр распределения результатов наблюдений при многократных измерениях различными способами.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разные методы определения средних значений выборки, в том числе, и расчета математического ожидания.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: уметь представлять результаты расчетов в виде параметрических вариационных рядов на примере расчета средних результатов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения нулевых начальных моментов составляющих выборки разными способами.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Усовершенствование современной техники и как следствие научных подходов при ее конструировании и эксплуатации приводит к повышению «жесткости» требований к ее конструктивным элементам. Одним из основных показателей выполнения требуемых условий является центр распределения результатов измерений.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для оценки центра распределения результатов наблюдений при многократных измерениях необходимо получить выборку.

Выполнение работы ведется в приведенной ниже последовательности:

1. Определить математическое ожидание (среднее арифметическое) значений выборки по формуле:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i. \quad (8.1)$$

2. Вычислить среднее арифметическое 90 %-ной выборки:

$$\bar{a}_{0,9} = \frac{1}{n-2r} \cdot \sum_{i=r+1}^{n-1} a_i, \quad (8.2)$$

где $2r$ – число не учитываемых результатов. Как правило, не учитываются предельные результаты a_{min} и a_{max} .

3. Рассчитать медиану распределения:

$$\bar{a}_M = \frac{1}{2} \left(a_{\frac{n}{2}} + a_{\frac{n+1}{2}} \right). \quad (8.3)$$

4. Определить срединный размах:

$$\bar{a}_C = \bar{a}_{R_2} = \frac{1}{2} (a_{0,25} + a_{0,75}), \quad (8.4)$$

где $x_{0,25}$, $x_{0,75}$ – соответственно 25 % и 75 %-ные квантили полученной выборки, которые равны усредненным значениям измеренных результатов наблюдений, представленных в виде вариационного ряда. Например, для выборки 50 штук 25 %-ного квантиля является значение между 12 и 13 результатами, а для 75 %-ного между 37 и 38 результатами. То есть для определения номера результата квантиля необходимо общее количество результатов выборки умножить на абсолютное значение процентов квантиля:

$$\bar{a}_{\%} = n \cdot \%. \quad (8.5)$$

Так для вышеприведенного примера номера результатов квантилей найдутся следующим образом:

$$\bar{a}_{0,25} = n \cdot \% = 50 \cdot 0,25 = 12,5;$$

$$\bar{a}_{0,75} = n \cdot \% = 50 \cdot 0,75 = 37,5.$$

5. Расположить полученные оценки центра распределения в вариационный ряд: $\bar{a}, \bar{a}_{0,9}, \bar{a}_M, \bar{a}_C, \bar{a}_R$. За оценку центра распределения принимается оценка, которая занимает медианное (среднее) положение в ряду.

6. Графически изобразить полученные результаты (рисунок 8.1).

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ЦЕНТРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ.

Рассмотрим на примере последовательность определения оценок центра распределения.

Получены результаты 20 измерений искомой величины. Результаты измерений по возрастанию значений и частота их проявления показаны в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты наблюдений

a	23,0	23,1	23,2	23,3	23,4	23,5	23,6	23,7
m_i	1	5	6	3	2	1	1	1

По заданию необходимо определить оценки центра результатов измерений и средней квадратичной погрешности результатов наблюдений и измерений, полученной выборки.

Принимаем, что закон распределения величины не известен. В таком случае за оценку центра распределения эмпирических данных измерений принимают медиану (среднее) из вариационного ряда пяти оценок центра $\bar{a}, \bar{a}_{0,9}, \bar{a}_M, \bar{a}_C(\bar{a}_{R_2}), \bar{a}_P$.

Практическую работу выполняем в следующей последовательности:

1. Среднее арифметическое по формуле 8.1:

$$\bar{a} = \frac{1}{20}(23 + 23,1 \cdot 5 + 23,2 \cdot 6 + 23,3 \cdot 3 + 23,4 \cdot 2 + 23,5 + 23,6 + 23,7) = 23,26$$

2. Среднее арифметическое 90 %-ной выборки определяем по формуле 8.2.

Пять процентов выборки в нашем случае равно: $0,05 \cdot n = 0,05 \cdot 20 = 1$, т. е. один результат измерения. Отбрасываем по одному измерению с концов вариационного ряда, т. е. результаты $a_1 = 23,0$ мкм и $a_{20} = 23,7$ мкм. Тогда $\bar{a}_{0,9}$ определится по следующему выражению:

$$\bar{a}_{0,9} = \frac{1}{18}(23,1 \cdot 5 + 23,2 \cdot 6 + 23,3 \cdot 3 + 23,4 \cdot 2 + 23,5 + 23,6) = 23,25.$$

3. Медиану распределения определяем с учетом, что n -четное, по формуле 8.3:

$$a_{10} = a_{11} = 23,2;$$

$$\bar{a}_M = \frac{23,2 + 23,2}{2} = 23,2$$

4. Вычисляем 25 % и 75 %-ные квантили опытного распределения. Этими квантилями являются точки между 4 и 5, а также между 16 и 17 результатами (формула 8.5):

$$\bar{a}_{0,25} = 20 \cdot 0,25 = 5; a_5 = 23,1;$$

$$\bar{a}_{0,75} = 20 \cdot 0,75 = 15; a_{15} = 23,3.$$

Тогда по формуле 8.4 находим срединный размах:

$$\bar{a}_C = \frac{23,1 + 23,3}{2} = 23,20.$$

5. Центр размаха определяем по формуле 8.6:

$$\bar{a}_R = \frac{23 + 23,7}{2} = 23,35.$$

6. Полученные оценки центра распределения располагаем в полученный вариационный ряд:

$$\bar{a}_M = 23,20 < \bar{a}_C = 23,22 < \bar{a}_{0,9} = 23,25 < \bar{a} = 23,26 < \bar{a}_R = 23,35.$$

В качестве оценки центра распределения результатов измерений согласно проведенным расчетам принимаем среднее арифметическое 90 %-ной выборки, так как эта оценка находится в медианном (среднем) положении в ряду определенных оценок:

$$\bar{a}_{ц.р.} = \bar{a}_{0,9} = 23,25.$$

Полученные результаты занести в таблицу 8.2 и графически показать оценки центра распределения заданных результатов измерений согласно рисунку 8.1.

Таблица 8.1 – Отчет практической работы

x_i								
m_i								
$\bar{X} =$	$\bar{X}_{0,9} =$			$\bar{X}_M =$		$\bar{X}_C =$		
$\bar{X}_P =$	$\bar{X}_{u.p.} =$			$\sigma =$		$\sigma_{\bar{X}} =$		

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1 Определение среднего арифметического.
- 2 Определение медианы распределения.
- 3 Определение квантилей опытного распределения.
- 4 Определение центра размаха.

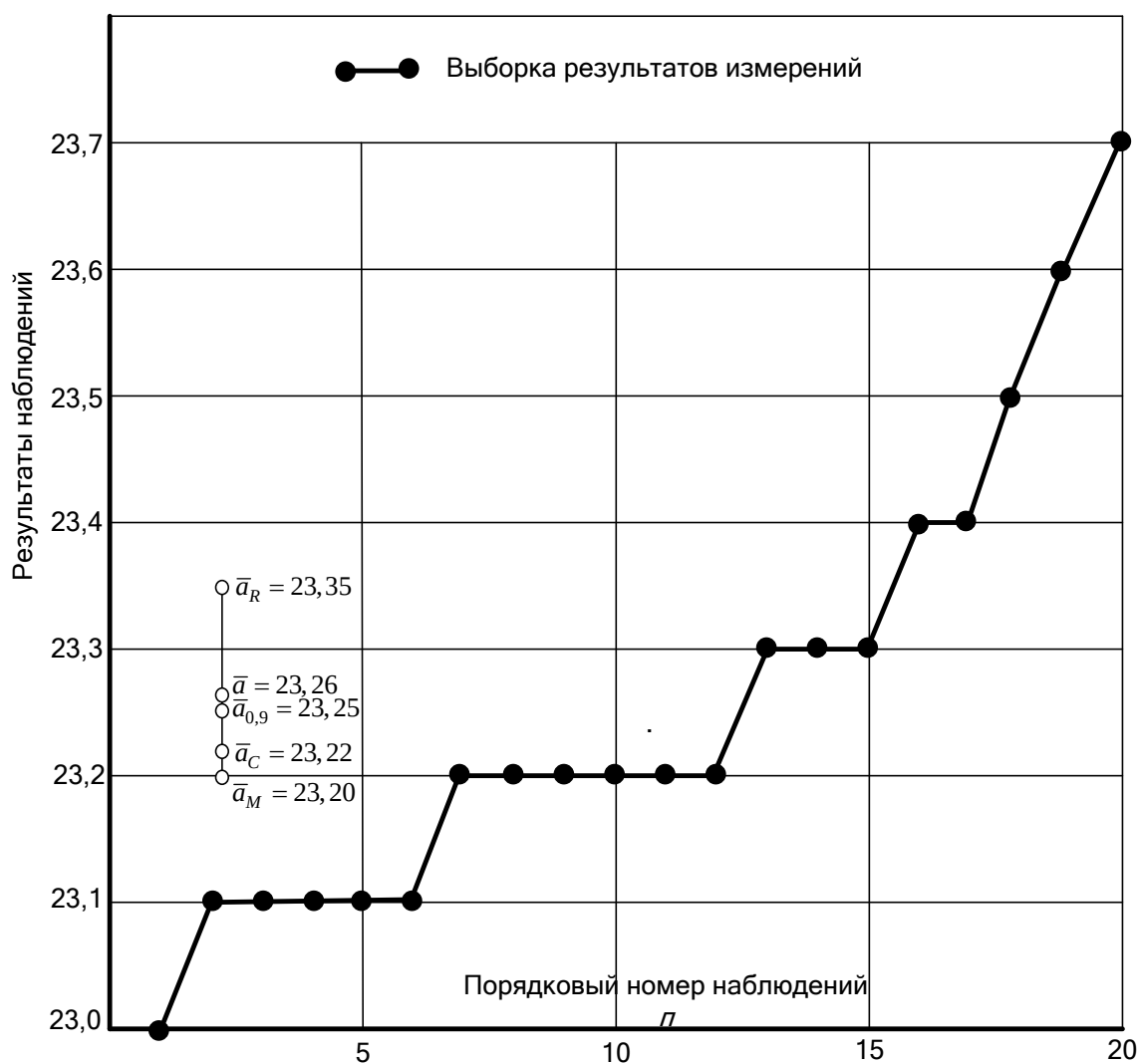


Рисунок 8.1 – Графическое изображение оценок центра распределения заданных результатов измерений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями: учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

ПРОВЕРКА ОСНОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОРОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: научиться методике проверки основной гипотезы распределения результатов однородных измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: понятие об основных критериях для проверки нормальности распределения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: анализировать полученные результаты и уметь применять их в практической деятельности.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методиками определения данных необходимых для проверки основной гипотезы распределения результатов однородных измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Гипотеза об подтверждении нормального закона распределения в области математической статистики известна под названием «основной гипотезы». Рекомендуется осуществлять проверку основной гипотезы непосредственно по полученным в практических условиях результатам измерений (по выборке результатов измерений) с применением разных критериев подтверждения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для проверки основной гипотезы распределения результатов однородных измерений необходимы такие же данные, как и в предыдущих практических работах в данном учебном пособии:

- выборка результатов измерений;
- доверительная вероятность P ;
- число степеней свободы $k=1,0$;
- доверительная ошибка q .

1. Для проверки гипотезы о наличии нормального закона распределения необходимо определить необходимое минимальное количество измерений. Количество образцов для испытаний определяли исходя из условия:

$$n = \frac{t_{0,9}^2 \cdot var_T}{\delta_T^2}, \quad (9.1)$$

где t – критерий Стьюдента (таблица 2.2);

var_T – коэффициент вариации исследуемого параметра;

δ_T – доверительная ошибка.

Для определения необходимого минимального количества измерений необходимо вначале провести 3 – 5 пробных измерений.

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$var_T = \frac{\sigma}{\bar{a}}, \quad (9.2)$$

где σ и $\bar{a}$ – соответственно средние квадратическое и арифметическое пробных измерений.

2. Выборка разбивается на 5 интервалов и далее определяется величина интервала:

$$R_n = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{5}. \quad (9.3)$$

Полученные данные заносятся в таблицу 9.2.

3. Определяются моменты распределения 1 – 4-го порядков и вычисленные результаты заносятся в таблицу 9.3.

4 Расчет среднего арифметического:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum m_i \cdot a_i. \quad (9.4)$$

5. Определение среднего квадратического отклонения:

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \left[\sum m_i \cdot a_i^2 - \frac{(\sum m_i \cdot a_i)^2}{n} \right] - \frac{R_n^2}{12}. \quad (9.5)$$

6. Расчет дисперсии:

$$S = \sqrt{\sigma}. \quad (9.6)$$

7. Определение асимметрии выборки:

$$A = \frac{1}{S} \left[\frac{\sum m_i \cdot a_i^3}{n} - \frac{3 \sum m_i \cdot a_i^2 \sum m_i \cdot a_i}{n^2} + \frac{2(\sum m_i \cdot a_i)^3}{n^3} \right], \quad (9.7)$$

8. Определение эксцесса выборки:

$$E = \frac{1}{S} \left[\frac{\sum m_i \cdot a_i^4}{n} - \frac{4 \sum m_i \cdot a_i^3 \sum m_i \cdot a_i}{n^2} + \frac{6 \sum m_i \cdot a_i^2 (\sum m_i \cdot a_i)^2}{n^3} - \frac{3(\sum m_i \cdot a_i)^4}{n} \right] - 3. \quad (9.8)$$

9. Сравним в качестве первого критерия согласия найденные значения асимметрии и эксцесса и их допускаемые теоретические значения:

$$D(A) = \frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}; \quad (9.9)$$

$$[A] = \sqrt{D(A)}; \quad (9.10)$$

$$D(E) = \frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)(n+2)(n+3)}; \quad (9.11)$$

$$[E] = \sqrt{D(E)}. \quad (9.12)$$

ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ОСНОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОРОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Исходные данные к выполнению практической работы:

- выборка 20 результатов измерений: 5,70; 5,76; 5,78; 5,84; 5,82; 5,80; 5,82; 5,78; 5,76; 5,75; 5,72; 5,74; 5,76; 5,75; 5,74; 5,72; 5,80; 5,78; 5,76; 5,74;
- доверительная вероятность $P = 0,95$;
- доверительная ошибка $q = 0,05$.

1. Для проведения проверки гипотезы о наличии нормального закона распределения вначале необходимо определить необходимое минимальное количество измерений, т. е. является ли 20 результатов измерений

достаточным количеством для проведения дальнейшей работы. Необходимое минимальное количество образцов для выполнения проверки определяли исходя из условия 9.1.

Для проверки использовали значения 3 пробных измерений (3 первые значения выборки 5,70; 5,76; 5,78). При этих условиях получили следующие значения:

- по таблице 2.2 квантили распределения Стьюдента: $t_{0,95;2} = 3,18$ (для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = n - 1 = 3 - 1 = 2$;

- среднее арифметическое проведенных пробных измерений определяем по формуле:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{5,7 + 5,76 + 5,78}{3} = 5,75.$$

- среднее квадратическое значение для 3-х пробных результатов вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2} = \frac{1}{3-1} \sqrt{(5,7 - 5,75)^2 + (5,76 - 5,75)^2 + (5,78 - 5,75)^2} = 0,03$$

- коэффициент вариации определяется по формуле 9.2:

$$var_T = \frac{\sigma}{\bar{a}} = \frac{0,03}{5,75} = 0,005.$$

- доверительная ошибка для результатов пробных измерений принимается такой же, как и для всей выборки: $\delta_T = q = 0,05$.

Таким образом, необходимое минимальное количество измерений будет равно (формула 9.1):

$$n = \frac{3,18^2 \cdot 0,005}{0,05^2} = 20,23 \approx 20.$$

Следовательно 20 значений результатов выборки вполне достаточно для проведения запланированных вычислений.

2. Разобьем заданную выборку на 5 интервалов и определим величину интервала (формула 9.3):

$$R_n = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{5} = \frac{5,84 - 5,70}{5} = 0,028.$$

Частота результатов в интервале определяется так же, как и в практической работе № 1, т. е. она равна количеству значений выборки, попадающих в тот или иной интервал.

Занесем данные в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Результаты наблюдений

Номер интервала	1	2	3	4	5
x	5,700 – 5,728	5,728 – 5,756	5,756 – 5,784	5,784 – 5,812	5,812 – 5,840
Середина интервала, x_i	5,714	5,742	5,770	5,798	5,826
Частота m_i	3	5	7	2	3

3. Определим моменты распределения 1 – 4-го порядков и вычисленные результаты заносим в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Расчетные данные результатов измерений

Номер интервала	a_{io}	m_i	$a_{io} \cdot m_i$	$a_{io}^2 \cdot m_i$	$a_{io}^3 \cdot m_i$	$a_{io}^4 \cdot m_i$
1	5,714	3	17,14	97,95	559,68	3198,03
2	5,742	5	28,71	164,85	946,59	5435,29
3	5,770	7	40,39	233,05	1344,70	7758,92
4	5,798	2	11,60	67,26	390,09	2262,52
5	5,826	3	17,48	101,83	593,24	3456,23
Σ		20	115,32	664,94	3834,30	22111

4 Рассчитываем среднее арифметическое результатов выборки (формула 9.4):

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum m_i \cdot a = \frac{115,32}{20} = 5,77.$$

5. Определяем среднее квадратическое отклонение выборки (формула 9.5):

$$\sigma = \frac{1}{19} \left(664,94 - \frac{115,32^2}{20} \right) - \frac{0,028}{12} = 0,0005.$$

6. Значение дисперсии равно (формула 9.6):

$$S = \sqrt{\sigma} = \sqrt{0,0005} = 0,022.$$

7. Определение расчетного значения асимметрии выборки (формула 9.7):

$$A = \frac{1}{0,022} \left[\frac{3834,3}{20} - \frac{3 \cdot 664,94 \cdot 115,32}{20^2} + \frac{2 \cdot 115,32^3}{20^3} \right] = 0,46.$$

8. Определение расчетного значения эксцесса выборки результатов (формула 9.8):

$$E = \frac{1}{0,022} \left[\frac{22111}{20} - \frac{4 \cdot 3834,3 \cdot 115,32}{20^2} + \frac{6 \cdot 664,94 \cdot 115,32^2}{20^3} - \frac{3 \cdot 115,32^4}{20^4} \right] - 3 = -3,64.$$

9. Сравнение расчетных и теоретических значений асимметрии и эксцесса является критерием оценки нормальности распределения, т. е. выполнение условий: $A < [A]$; $E < [E]$.

Теоретические (допускаемые) значения асимметрии и эксцесса определяются по формулам 9.9, 9.10:

$$D(A) = \frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)} = \frac{6(20-1)}{(20+1)(20+3)} = 0,24;$$

$$D(E) = \frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)(n+2)(n+3)} = \frac{24 \cdot 20(20-2)(20-3)}{(20+1)(20+2)(20+3)} = 13,82;$$

$$[A] = \sqrt{D(A)} = \sqrt{0,24} = 0,5;$$

$$[E] = \sqrt{D(E)} = \sqrt{13,82} = 3,72.$$

Как видно, найденные значения асимметрии и эксцесса меньше, чем их допускаемые величины:

$$A = 0,46 < \sqrt{D(A)} = 0,5; E = -3,64 < \sqrt{D(E)} = 3,72.$$

Следовательно, первое условие выполнено и заданное распределение можно считать нормальным.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие критерии оценки нормальности распределения наиболее распространены?
2. Как определяется число степеней свободы?
3. От чего зависит значение квантиля распределения Пирсона?
4. Как определяется размах выборки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями: учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

ПРОВЕРКА ОСНОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОРОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ КРИТЕРИЕВ КОЛМОГОРОВА И ПИРСОНА

Цель: научиться методике проверки основной гипотезы распределения результатов однородных измерений при помощи критериев Колмогорова и Пирсона.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика использования критериев Колмогорова и Пирсона для проверки нормальности распределения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: систематизировать полученные результаты и уметь делать выводы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методиками определения данных необходимых при помощи критериев Колмогорова и Пирсона.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Подтверждение нормальности распределения в области обработки результатов измерений является одной из основных задач констатации высокого уровня качества, протекающих процессов. При этом большинство авторов, занимающихся в данной области, принимают критерии Колмогорова и Пирсона, как основные критерии подтверждения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Для проверки нормального закона распределения с помощью критериев Колмогорова и Пирсона необходимо составить таблицу 10.2.

В таблице 10.2 колонки 1 – 3 заполняются по уже известным данным (номер интервала, середина интервала a_{io} , частота m_i).

Четвертая колонка содержит теоретические числа np_i попаданий в соответствующие интервалы выборки и значение p_i определяется по соотношению:

$$p_i = P\{\alpha_i \leq \xi \leq \beta_i\} = \Phi\left(\frac{\beta_i - \bar{a}}{s}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha_i - \bar{a}}{s}\right), \quad (10.1)$$

где α_i и β_i – соответственно значения результатов нижней и верхней границ i -го интервала;

$\Phi(a)$ – значения функции Лапласа (таблица 6.1).

Пятая колонка заполняется путем суммирования частоты m_i из третьей колонки соответственно, т. е. путем сложения частот m_i из i -го интервала и всех для него предыдущих:

$$mF_i(a) = \sum_1^i m_i. \quad (10.2)$$

Шестую колонку также получают, как сумму значений из четвертой колонки, путем накопления i -тых значений величины np_i , т. е. суммированием значений из предыдущих интервалов:

$$nF_i(a) = \sum_1^i np_i. \quad (10.3)$$

Седьмая колонка заполняется результатами алгебраической разности значений 5-й и 6-й колонок:

$$mD = |mF_i(a) - nF_i(a)|. \quad (10.4)$$

Для использования критерия Колмогорова выбирается наибольшее по модулю значение в колонке 7, которое равно, как указывалось выше: $m \cdot D = m \cdot |F_m(a) - F(a)|_{\max}$

Величина значения расчетного критерия Колмогорова λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{mD}{\sqrt{n}}. \quad (10.5)$$

Величина допускаемого значения критерия Колмогорова выбирается по таблице 10.1.

Условие о выполнении нормального закона распределения исследуемых значений выборки согласно критерию Колмогорова выполняется, если справедливым является соотношение:

$$\lambda < \lambda_p. \quad (10.6)$$

Таблица 10.1 – Квантили распределения Колмогорова λ_p

P	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
λ	1,07	1,22	1,36	1,52	1,63

Для оценки нормального распределения по Пирсону необходимо найти значения $\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$ для каждого интервала и заполнить 8-ую колонку таблицы 10.2.

Величина расчетного значения критерия Пирсона χ^2 равна сумме значений 8-ой колонки таблицы 3:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} \right]. \quad (10.7)$$

Из таблицы 1.4 находятся квантили распределения Пирсона (для заданного уровня значимости q и числа степеней свободы $f = n - 1$) определяется допускаемое значение $\chi_{p,f}^2$.

Условие о нормальном распределении согласно критерию Пирсона выполняется при соблюдении соотношения:

$$\chi^2 < \chi^2_{P,f}. \quad (10.8)$$

ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ОСНОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОРОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Исходные данные к выполнению практической работы:

- выборка 20 результатов измерений: 5,70; 5,76; 5,78; 5,84; 5,82; 5,80; 5,82; 5,78; 5,76; 5,75; 5,72; 5,74; 5,76; 5,75; 5,74; 5,72; 5,80; 5,78; 5,76; 5,74;
- доверительная вероятность $P = 0,95$;
- доверительная ошибка $q = 0,05$.

10. Для проверки нормального закона распределения заданной выборки с помощью критериев Колмогорова и Пирсона составляем таблицу 10.2.

Столбцы 1 – 3 таблицы 10.2 заполняются по уже известным ранее данным (номер интервала, середина интервала a_{io} , частота m_i).

Четвертый столбец характеризует количество попаданий теоретических чисел mp_i в соответствующие интервалы выборки и величину p_i определяем по соотношению 10.1.

Для 1-го интервала: нижняя граница $\alpha = 5,7$; верхняя граница $\beta = 5,728$. Используя таблицу значений функции Лапласа (таблица 6.1) ($\Phi(-1,9) = -0,4713$; $\Phi(-3,18) = -0,4992$) определим p_1 согласно зависимости 9.13:

$$\begin{aligned} p_1 &= \Phi\left(\frac{5,728 - 5,77}{0,022}\right) - \Phi\left(\frac{5,7 - 5,77}{0,022}\right) = \Phi(-1,9) - \Phi(-3,18) = \\ &= \Phi(-1,9) + \Phi(3,18) = -0,4713 + 0,4992 = 0,0279. \end{aligned}$$

После умножения получим:

$$np_1 = 20 \cdot 0,0279 = 0,56.$$

Для 2-го интервала: нижняя граница $\alpha = 5,728$; верхняя граница $\beta = 5,756$; $\Phi(-0,63) = -0,2357$; $\Phi(-1,9) = -0,4713$.

$$\begin{aligned} p_2 &= \Phi\left(\frac{5,756 - 5,77}{0,022}\right) - \Phi\left(\frac{5,728 - 5,77}{0,022}\right) = \Phi(-0,63) - \Phi(-1,9) = \\ &= \Phi(-0,63) + \Phi(1,9) = -0,2357 + 0,4713 = 0,2356. \end{aligned}$$

$$np_2 = 20 \cdot 0,2356 = 4,71.$$

Для 3-го интервала: нижняя граница $\alpha = 5,756$; верхняя граница $\beta = 5,784$; $\Phi(0,64) = 0,2389$; $\Phi(-0,63) = -0,2357$.

$$p_3 = \Phi\left(\frac{5,784 - 5,77}{0,022}\right) - \Phi\left(\frac{5,756 - 5,77}{0,022}\right) = \Phi(0,64) - \Phi(-0,63) = \\ = \Phi(0,64) + \Phi(0,63) = 0,2389 + 0,2357 = 0,4746.$$

$$np_3 = 20 \cdot 0,4746 = 9,49.$$

Для 4-го интервала: нижняя граница $\alpha = 5,784$; верхняя граница $\beta = 5,812$; $\Phi(1,91) = 0,4719$; $\Phi(0,64) = 0,2389$.

$$p_4 = \Phi\left(\frac{5,812 - 5,77}{0,022}\right) - \Phi\left(\frac{5,784 - 5,77}{0,022}\right) = \Phi(1,91) - \Phi(0,64) = \\ = 0,4719 - 0,2389 = 0,233.$$

$$p_4 = 20 \cdot 0,233 = 4,66.$$

Для 5-го интервала: нижняя граница $\alpha = 5,812$; верхняя граница $\beta = 5,84$; $\Phi(3,18) = 0,4992$; $\Phi(1,91) = 0,4702$.

$$p_5 = \Phi\left(\frac{5,84 - 5,77}{0,022}\right) - \Phi\left(\frac{5,812 - 5,77}{0,022}\right) = \Phi(3,18) - \Phi(1,91) = \\ = 0,4992 - 0,4702 = 0,029.$$

$$np_5 = 20 \cdot 0,029 = 0,58.$$

Таблица 10.2 – Исходные данные для оценки по критериям Колмогорова и Пирсона

Номер интервала	Середина интервала a_i	Частота m_i	np_i	$mF_i(a)$	$nF_i(a)$	$ mF_i(a) - nF_i(a) $	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
1	5,714	3	0,56	3	0,56	2,44	10,6
2	5,742	5	4,71	8	5,27	2,73	0,02
3	5,770	7	9,49	15	14,76	0,24	0,65
4	5,798	2	4,66	17	19,42	2,42	1,5
5	5,826	3	0,58	20	20	0	10,1
							$\Sigma = 23,05$

Заполняем 5-ый столбец результатами суммирования и накопления частот m_i из третьей колонки (формула 10.2):

- для 1-го интервала: $mF_1(a) = 3$;
- для 2-го интервала: $mF_2(a) = 3 + 5 = 8$;
- для 3-го интервала: $mF_3(a) = 8 + 7 = 15$;
- для 4-го интервала: $mF_4(a) = 15 + 2 = 17$;
- для 5-го интервала: $mF_5(a) = 17 + 3 = 20$.

6-ой столбец заполняется путем суммирования и накопления результатов четвертого столбца np_i (формула 10.3):

- для 1-го интервала: $nF_1(a) = 0,56$;
- для 2-го интервала: $nF_2(a) = 0,56 + 4,71 = 5,27$;
- для 3-го интервала: $nF_3(a) = 5,27 + 9,49 = 14,76$;
- для 4-го интервала: $nF_4(a) = 14,76 + 4,66 = 19,42$;
- для 5-го интервала: $nF_5(a) = 19,42 + 0,58 = 20$.

Значения седьмого столбца получаем как алгебраическую разность между величинами 5-го и 6-го столбцов (формула 10.4):

- для 1-го интервала: $|mF_1(a) - nF_1(a)| = |3 - 0,56| = 2,44$;
- для 2-го интервала: $|mF_2(a) - nF_2(a)| = |8 - 5,27| = 2,73$;
- для 3-го интервала: $|mF_3(a) - nF_3(a)| = |15 - 14,76| = 0,24$;
- для 4-го интервала: $|mF_4(a) - nF_4(a)| = |17 - 19,42| = 2,42$;
- для 5-го интервала: $|mF_5(a) - nF_5(a)| = |20 - 20| = 0$.

Для оценки по критерию Колмогорова определяем в столбце 7 значение с максимальной величиной (для нашего случая это значение из 2-го интервала равно: $|mF_2(a) - nF_2(a)| = 2,73$).

Определяем величину значения расчетного критерия Колмогорова λ (формула 9.17):

$$\lambda = \frac{|mF_2(a) - nF_2(a)|_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{2,73}{\sqrt{20}} = 0,61.$$

Определяем из таблицы 10.1 величину допустимого значения критерия Колмогорова: $\lambda_p = 1,36$.

Следовательно: $\lambda = 0,61 < \lambda_p = 1,36$ – условие 10.6 выполняется и заданная выборка соответствует нормальному закону распределения по критерию Колмогорова.

При оценке нормальности распределения по Пирсону вначале следует определить величины значений $\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$ для каждого интервала и заполнить 8-ой столбец таблицы 10.2:

$$\text{- для 1-го интервала: } \frac{|m_1 - np_1|^2}{np_1} = \frac{|3 - 0,56|^2}{0,56} = 10,6;$$

$$\text{- для 2-го интервала: } \frac{|m_2 - np_2|^2}{np_2} = \frac{|5 - 4,71|^2}{4,71} = 0,02;$$

$$\text{- для 3-го интервала: } \frac{|m_3 - np_3|^2}{np_3} = \frac{|7 - 9,49|^2}{9,49} = 0,65;$$

$$\text{- для 4-го интервала: } \frac{|m_4 - np_4|^2}{np_4} = \frac{|2 - 4,66|^2}{4,66} = 1,5;$$

$$\text{- для 5-го интервала: } \frac{|m_5 - np_5|^2}{np_5} = \frac{|3 - 0,58|^2}{0,58} = 10,1.$$

Расчетное значение критерия Пирсона χ^2 определяем, как сумму всех значений 8-го столбца:

$$\chi^2 = 10,6 + 0,02 + 0,65 + 1,5 + 10,1 = 23,05.$$

Допускаемое значение критерия Пирсона χ_p^2 определяем из таблицы 1.4 квантили распределения Пирсона (для принятого уровня значимости $q = 0,05$; число степеней свободы $f = n - 1 = 20 - 1 = 19$): $\chi_{0,95}^2 = 30,144$.

Условие о нормальном распределении согласно критерию Пирсона выполняется:

$$\chi^2 = 23,05 < \chi_{0,95}^2 = 30,144.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. От чего зависит значение квантиля распределения Колмогорова?
2. Как определяется расчетное значение критерия Колмогорова?
3. От чего зависит значение квантиля распределения Пирсона?
4. Как определяется расчетное значение критерия Пирсона χ^2 ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями: учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

ДОВЕРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДИСПЕРСИИ

Цель: Приобрести навыки определения доверительной оценки дисперсии.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные характеристики доверительной оценки дисперсии.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определения разных оценок дисперсии.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения оценок основных доверительных оценок дисперсии.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Знания методик определения оценок основных доверительных оценок дисперсии позволяет делать выводы о правильности проверяемого процесса.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Выборочная дисперсия определяется как σ^2 :

$$\sigma^2 = M_k^2 \cdot \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2 \quad (11.1)$$

2. Двусторонняя доверительная оценка дисперсии определяется по соотношению:

$$\frac{f \cdot \sigma^2}{\chi_{1-p}^2} \leq \sigma_{\chi}^2 \leq \frac{f \cdot \sigma^2}{\chi_p^2}, \quad (11.2)$$

где f – число степеней свободы: $f = n - 1$;

χ_{1-p}^2 и χ_p^2 – квантили распределения Пирсона соответственно для доверительных ошибки и вероятности (таблицы 11.1, 11.2).

Таблица 11.1 – Значения распределения Пирсона χ_p^2

Число степеней свободы f	χ_p^2				
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
10	6,1791	4,8652	3,9403	3,247	2,5582
11	6,9887	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535
12	7,8073	6,3038	5,226	4,4038	3,5706
13	8,6339	7,0415	5,8919	5,0088	4,1069
14	9,4673	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604
15	10,307	8,5468	7,2609	6,2621	5,2293
16	11,152	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122
17	12,002	10,085	8,6718	7,5642	6,4078
18	12,857	10,865	9,3905	8,2307	7,0149
19	13,716	11,651	10,117	8,9065	7,6327
20	14,578	12,443	10,851	9,5908	8,2604
21	15,445	13,24	11,591	10,283	8,8972
22	16,314	14,041	12,338	10,982	9,5425
23	17,187	14,848	13,091	11,689	10,196
24	18,062	15,659	13,848	12,401	10,856
25	18,94	16,473	14,611	13,12	11,524
26	19,82	17,292	15,379	13,844	12,198
27	20,703	18,114	16,151	14,573	12,879
28	21,588	18,939	16,928	15,308	13,565
29	22,475	19,768	17,708	16,047	14,256
30	23,364	20,599	18,493	16,791	14,953

3. Также для оценки генеральной дисперсии используют следующее соотношение:

$$\sigma^2 \cdot \nu_{1-p}^2 \leq \sigma_v^2 \leq \sigma^2 \cdot \nu_p^2, \quad (11.3)$$

где $\nu_p = \sqrt{\frac{f}{\chi_{1-p}^2}}$, $\nu_{p-1} = \sqrt{\frac{f}{\chi_p^2}}$ (таблицы 11.3, 11.4).

Таблица 11.2 – Значения распределения Пирсона χ_{1-p}^2

Число степеней свободы f	χ_{1-p}^2				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
10	23,209	20,483	18,307	15,987	13,442
11	24,725	21,92	19,675	17,275	14,631
16	32,0	28,845	26,296	23,542	20,465
12	26,217	23,337	21,026	18,549	15,812
13	27,688	24,736	22,362	19,812	16,985
14	29,141	26,119	23,685	21,064	18,151
15	30,578	27,488	24,996	22,307	19,311
17	33,409	30,191	27,587	24,769	21,615
18	34,2805	31,526	28,869	25,989	22,76
19	36,191	32,852	30,144	27,204	23,9
20	37,566	34,17	31,41	28,412	25,038
21	38,932	35,479	32,671	29,615	26,171
22	40,289	36,781	33,924	30,813	27,301
23	41,638	38,076	35,172	32,007	28,429
24	42,98	39,364	36,415	33,196	29,553
25	44,314	40,646	37,652	34,382	30,675
26	45,642	41,923	38,885	35,563	31,795
27	46,963	43,195	40,113	36,741	32,912
28	48,278	44,461	41,337	37,916	34,027
29	49,588	45,722	42,557	39,087	35,139
30	50,892	46,979	43,773	40,256	36,25

Таблица 11.3 – Значения величины ν_p

Число степеней	ν_p
----------------	---------

свободы f	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
10	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
11	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3
12	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2
13	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
14	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2
15	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
16	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
17	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
18	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
19	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
20	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2

Продолжение таблицы 11.3

Число степеней свободы f	ν_p				
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
21	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2
22	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
23	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
24	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
25	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
26	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
27	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1
28	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1
29	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1
30	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1

Таблица 11.4 – Значения величины ν_{1-p}

Число степеней свободы f	ν_{1-p}				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
1	2	3	4	5	6
10	0,66	0,69	0,74	0,79	0,86
11	0,67	0,70	0,75	0,80	0,87
12	0,68	0,71	0,76	0,81	0,87
13	0,68	0,71	0,76	0,81	0,87
14	0,69	0,72	0,77	0,81	0,88
15	0,70	0,73	0,77	0,82	0,88
16	0,71	0,74	0,78	0,82	0,88
17	0,71	0,74	0,79	0,83	0,89

18	0,72	0,75	0,79	0,83	0,89
19	0,72	0,75	0,80	0,84	0,89
20	0,73	0,76	0,80	0,84	0,89
21	0,74	0,76	0,80	0,84	0,89
22	0,74	0,76	0,81	0,84	0,90
23	0,74	0,77	0,81	0,85	0,90
24	0,75	0,77	0,81	0,85	0,90
25	0,75	0,78	0,81	0,85	0,90
26	0,76	0,78	0,82	0,85	0,91
27	0,76	0,78	0,82	0,86	0,91
28	0,76	0,79	0,82	0,86	0,91
29	0,76	0,79	0,83	0,86	0,91

4. Для оценки генеральной дисперсии по текущим дисперсиям выборки вначале необходимо выборку представить в виде вариационного ряда (п. 1).

Затем общая выборка разбивается на 4 частичных выборки по $n/4$ элементов в каждой:

5. Определяем величину l , характеризующая дисперсию текущей выборки:

$$l = 2 \cdot \frac{\alpha_n}{n} \cdot \sum W_i, \quad (11.4)$$

где α_n – параметр распределения размаха выборки при числе n количества измерений (таблица 11.5).

W_i – размах i -ой выборки.

Таблица 11.5 – Значения параметра α_n

	n							
	2	3	4	5	6	7	8	9
α_n	0,8862	0,5908	0,4857	0,4299	0,3946	0,3698	0,3512	0,3367
	n							
	10	11	12	13	14	15	16	17
α_n	0,3249	0,3152	0,3069	0,2998	0,2935	0,2880	0,2831	0,2787
	n							
	18	19	20	21	22	23	24	25
α_n	0,2747	0,2711	0,2677	0,2632	0,2587	0,2562	0,2538	0,2516

Таблица 11.6 – Квантили стандартного нормального распределения $U_{1-p/2}$

P	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
$1 - P/2$	0,505	0,51	0,525	0,55	0,6
$U_{1-p/2}$	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25

6. Величину дисперсии оценивают по формуле:

$$\left(l - U_{1-p/2} \frac{\sigma \cdot \beta_n}{\sqrt{k}}\right)^2 \leq \sigma^2 \leq \left(l + U_{1-p/2} \frac{\sigma \cdot \beta_n}{\sqrt{k}}\right)^2, \quad (11.5)$$

где $U_{1-p/2}$ – квантиль стандартного нормального распределения (таблица 11.6);

β_n – параметр распределения размаха выборки при числе n количества измерений (таблица 11.7).

n – количество значений в выборке.

Таблица 11.7 – Значения параметра β_n

	n							
	2	3	4	5	6	7	8	9
β_n	0,7555	0,5249	0,4273	0,3715	0,3346	0,3081	0,2879	0,2720
	n							
	10	11	12	13	14	15	16	17
β_n	0,2590	0,2482	0,2389	0,2310	0,2239	0,2188	0,2123	0,2074
	n							
	18	19	20	21	22	23	24	25
β_n	0,2029	0,1989	0,1951	0,1927	0,190	0,1867	0,1834	0,1806

7. Из полученных результатов можно составить вариационные ряды по минимальным и максимальным полученным значениям дисперсии: $\sigma_{\chi min}^2$, $\sigma_{v min}^2$, $\sigma_{W min}^2$ и $\sigma_{\chi max}^2$, $\sigma_{v max}^2$, $\sigma_{W max}^2$.

По полученным результатам довольно затруднительно сделать однозначный вывод о точности того или иного метода оценки генеральной дисперсии. Поэтому при уточненных расчетах применяют совокупно все методы, при упрощенных расчетах – наиболее распространена оценка по критериям Пирсона.

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДИСПЕРСИИ

Индивидуальные исходные данные приведены в приложении к 1-ой практической работе. Рассмотрим пример выполнения практической работы.

1. Ранее получено при доверительной вероятности $P=0,9$ ($1 - P = 0,1$):

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = 0,03.$$

Тогда выборочная дисперсия: $\sigma^2 = 0,0009$.

2. Двусторонняя доверительная оценка дисперсии определяется по соотношению 11.1.

По таблицам 11.1, 11.2 находим квантили распределения Пирсона соответственно для доверительной ошибки 0,1 и вероятности 0,9: $\chi_{0,1}^2 = 28,412$; $\chi_{0,9}^2 = 9,5908$.

Определяем число степеней свободы: $f = n - 1 = 20 - 1 = 19$.

Получаем двустороннюю доверительную оценку дисперсии:

$$\frac{19 \cdot 0,0009}{28,412} \leq \sigma_{\chi}^2 \leq \frac{19 \cdot 0,0009}{9,5908} \text{ или } 0,00063 \leq \sigma_{\chi}^2 \leq 0,00146.$$

3. Также для оценки генеральной дисперсии используют показатель ν_p (соотношение 11.2):

Для нашего случая: $\nu_{0,1}^2 = 0,84$; $\nu_{0,9}^2 = 1,3$ (таблицы 11.3, 11.4).

$$0,0009 \cdot 0,84 \leq \sigma_{\nu}^2 \leq 0,0009 \cdot 1,3 \text{ или } 0,00076 \leq \sigma_{\nu}^2 \leq 0,00099.$$

4. Для оценки генеральной дисперсии по текущим дисперсиям выборки вначале необходимо выборку представить в виде вариационного ряда: 5,70; 5,72; 5,72; 5,74; 5,74; 5,74; 5,75; 5,75; 5,76; 5,76; 5,76; 5,76; 5,78; 5,78; 5,78; 5,80; 5,80; 5,82; 5,82; 5,84.

Затем разобьем выборку на 4 частичных выборки по 5 элементов в каждой:

1-ая выборка: 5,70; 5,72; 5,72; 5,74; 5,74.

2-ая выборка: 5,74; 5,75; 5,75; 5,76; 5,76.

3-я выборка: 5,76; 5,76; 5,78; 5,78; 5,78.

4-ая выборка: 5,80; 5,80; 5,82; 5,82; 5,84.

Величина l , характеризующая дисперсию текущей выборки, определяется по формуле 11.3.

При $n = 20$; $\alpha_n = 0,2677$ (таблица 11.5).

W_i – размах i -ой выборки:

1-ая выборка: $W_i = 5,74 - 5,70 = 0,04$;

2-ая выборка: $W_i = 5,76 - 5,74 = 0,02$;

3-я выборка: $W_i = 5,78 - 5,76 = 0,02$;

4-ая выборка: $W_i = 5,84 - 5,80 = 0,04$.

Получаем $\sum W_i = 0,04 + 0,02 + 0,02 + 0,04 = 1,2$.

Тогда $l = 2 \cdot \frac{0,2677}{20} \cdot 1,2 = 0,0297$.

Величину дисперсии оценивают по формуле 11.4.

При $n = 20$, $P=0,9$ определяем по таблицам 11.6, 11.7: $U_{0,55} = 0,22$; $\beta_n = 0,1951$.

$$\left(0,0297 - 1,64 \cdot \frac{0,03 \cdot 0,4951}{\sqrt{20}} \right)^2 = 0,00085 \leq \sigma_W$$

$$\sigma_W \leq \left(0,0297 + 1,64 \cdot \frac{0,03 \cdot 0,4951}{\sqrt{20}} \right)^2 = 0,00123$$

Из полученных результатов можно составить вариационные ряды по минимальным и максимальным полученным значениям дисперсии:

$$\sigma_{\chi^2_{min}}^2 = 0,00063 \leq \sigma_{vmin}^2 = 0,00076 \leq \sigma_{Wmin} = 0,00085,$$

$$\sigma_{vmax}^2 = 0,00099 \leq \sigma_{Wmax} = 0,00123 \leq \sigma_{\chi^2_{max}}^2 = 0,00146.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое размах выборки?
2. Как определяется дисперсия?
3. Как находятся квантили распределения Пирсона?
4. Как разбить выборку на частичные выборки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

12. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКОВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Цель: Научиться определять допуски пластмассовых изделий.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные характеристики разных видов пластмасс.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определение точностных параметров изделий из пластмасс.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика расчета технологических и основных допусков пластмассовых изделий.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время удельная доля пластмасс при изготовлении изделий непрерывно растет. Поэтому актуальность получения знаний в данной области велика.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На точностные параметры изделий из пластмасс влияет множество факторов, основными из которых являются: свойства материала, технология изготовления, конструктивные элементы детали, условия эксплуатации и др.

В качестве исходных данных для определения допусков деталей из пластмассы служит эскиз детали с размерами (рисунок 12.1, таблица 12.1) и ее материал. Последовательность расчетов следующая:

1. По таблице 12.1 для заданного преподавателем варианта определяется значение усадки материала детали.

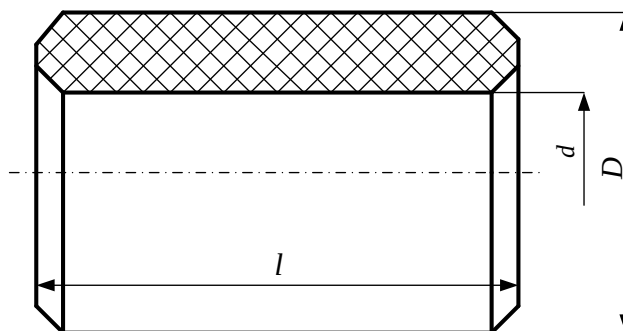


Рисунок 12.1 – Эскиз детали

Таблица 12.1 – Варианты заданий

Вариант	Деталь	Материал	Усадка ΔS , %	Размеры, мм		
				D	d	l
1	втулка	Сополимер полистирола МС-2	0,8	20 _{-0,36}	8 ^{+0,28}	48 $\pm$ 0,14
2	— // —	Сополимер полистирола МСН	1,0	22 _{-0,42}	8 ^{+0,30}	32 $\pm$ 0,15
3	— // —	Литьевая композиция АГ-7	0,16	24 _{-0,45}	10 ^{+0,32}	56 $\pm$ 0,28
4	— // —	Полиуретан ПУ-1	0,25	26 _{-0,48}	10 ^{+0,36}	42 $\pm$ 0,25
5	— // —	Полиамид А54	0,18	28 _{-0,54}	10 ^{+0,40}	52 $\pm$ 0,34
6	— // —	Полиамид Б68	0,22	30 _{-0,58}	10 ^{+0,42}	46 $\pm$ 0,30
7	— // —	Полистирол блочный	0,38	32 _{-0,62}	10 ^{+0,46}	50 $\pm$ 0,44
8	— // —	Полистирол эмульсионный	0,40	34 _{-0,64}	12 ^{+0,48}	44 $\pm$ 0,38
9	— // —	Капрон	0,80	36 _{-0,68}	12 ^{+0,52}	58 $\pm$ 0,54
10	— // —	Этрол	1,0	38 _{-0,72}	14 ^{+0,56}	55 $\pm$ 0,48
11	— // —	Полиэтилен	1,2	40 _{-0,74}	14 ^{+0,60}	60 $\pm$ 0,64
12	— // —	Фенопласт В4	0,22	42 _{-0,76}	16 ^{+0,62}	58 $\pm$ 0,56
13	— // —	Фенопласт У4	0,25	44 _{-0,78}	18 ^{+0,66}	72 $\pm$ 0,74
14	— // —	Фенопласт Э3	0,32	46 _{-0,80}	20 ^{+0,70}	74 $\pm$ 0,82
15	— // —	Фенопласт Ж2	0,40	48 _{-0,82}	22 ^{+0,72}	78 $\pm$ 0,88
16	— // —	Аминопласт В3	0,60	50 _{-0,84}	24 ^{+0,76}	71 $\pm$ 0,76
17	— // —	Фенопласт УБ	0,16	52 _{-0,88}	26 ^{+0,80}	70 $\pm$ 0,72
18	----//-----	Фенопласт АГ-4	0,25	54 _{-0,92}	30 ^{+0,82}	76 $\pm$ 0,82
19	----//-----	Фенопласт У1	0,32	58 _{-0,96}	32 ^{+0,84}	78 $\pm$ 0,92
20	----//-----	Фенопласт У2	0,40	62 _{-0,98}	34 ^{+0,88}	82 $\pm$ 0,98

Таблица 12.2 – Значения квалитетов точности для пластмассовых деталей

Размеры, мм.	Квалитеты точности в зависимости от значения усадки ΔS , %							
	До 0,06	Св. 0,06 до 0,10	Св. 0,10 до 0,18	Св. 0,18 до 0,25	Св. 0,25 до 0,40	Св. 0,40 до 0,60	Св. 0,60 до 1,0	Св. 1,0
Для категории A_1								
До 30	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 30	9	10	11	12	13	14	15	16

до 40	-0,039	-0,062	-0,100	-0,160	-0,210	-0,250	-0,640	-0,820	-1,040	-2,460	-3,900
Св. 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
до 50	-0,039	-0,062	-0,100	-0,160	-0,210	-0,250	-0,640	-0,820	-1,040	-2,840	-3,900
Св. 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
до 65	-0,046	-0,074	-0,120	-0,190	-0,250	-0,320	-0,750	-0,940	-1,220	-2,840	-4,600
Св. 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
до 80	-0,046	-0,074	-0,120	-0,190	-0,250	-0,320	-0,750	-0,980	-1,220	-3,120	-4,600
Св. 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
до 100	-0,054	-0,087	-0,140	-0,220	-0,290	-0,360	-0,880	-1,040	-1,540	-3,120	-5,400

4. Находится величина допускаемой погрешности, которая принимается равной значению технологического уклона:

$$\delta_{\text{укл}} = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (12.1)$$

где H – размер (высота) конструктивного элемента, на который назначают уклон;

α – значение угла технологического уклона. Угол α назначают исходя из следующих рекомендаций: для наружных поверхностей $-0,5^\circ$, для внутренних поверхностей $-1,0^\circ$.

5. Рассчитывается общая допускаемая погрешность изготовления конструктивного элемента детали:

$$\delta_{\text{общ}} = \delta_T + \delta_{\text{укл}}. \quad (12.2)$$

Заносим все полученные данные в таблицу 12.4.

6. Проверка выполнения заданного допуска по условию:

$$\delta_{\text{общ}} < \delta_{\text{черт}}. \quad (12.3)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задана деталь (рисунок 12.1) изготовленная из капрона с размерами: $D = 36_{-0,54}$; $d = 18_{+0,48}$; $l = 52_{\pm 0,32}$.

1. По таблице 12.1 определяем значение усадки для капрона $\Delta S = 0,8\%$.
2. Так как все размеры являются линейными, то они относятся к категории A_1 .
3. Определяем по таблице 12.2 качества точности: для d – 9-ый, для D и l – 10-ый.

По таблице 12.3 находим технологические допуски:

- для D : $\delta_T = 0,1$ мм;
- для d : $\delta_T = 0,048$ мм;
- для l : $\delta_T = 0,12$ мм.

4. Определяем величину технологического уклона (формула 12.1):

- для D : $\delta_{укл} = 2 \cdot 52 \cdot \operatorname{tg} 0,5^\circ = 0,31$ мм;
- для d : $\delta_{укл} = 2 \cdot 52 \cdot \operatorname{tg} 1,0^\circ = 0,62$ мм;
- для l : $\delta_{укл} = 2 \cdot 36 \cdot \operatorname{tg} 0,5^\circ = 0,22$ мм.

5. Рассчитываем общую погрешность (формула 12.2):

- для D : $\delta_{общ} = 0,1 + 0,31 = 0,41$ мм;
- для d : $\delta_{общ} = 0,048 + 0,62 = 0,668$ мм;
- для l : $\delta_{общ} = 0,12 + 0,22 = 0,34$ мм.

Таблица 12.1 – Расчетные данные

Размеры	Заданный допуск $\delta_{черт}$, мм	Категория сложности	Квалитет точности IT	Технологический допуск δ_T , мм	Технологический уклон $\delta_{укл}$, мм	Общая погрешность $\delta_{общ}$, мм	Условие: $\delta_{общ} < \delta_{черт}$
$36_{-0,54}$	0,54	A ₁	10	0,1	0,31	0,41	$0,41 < 0,54$
$18_{+0,48}$	0,48	A ₁	9	0,048	0,62	0,668	$0,668 < 0,48$
$52 \pm 0,32$	0,64	A ₁	10	0,12	0,22	0,34	$0,34 < 0,64$

Как следует из таблицы 12.1, для размера $18_{+0,48}$ не выполняется условие 12.3, что является недопустимым и, следовательно, для него нужно предусмотреть последующую механическую обработку.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как определяется категория сложности пластмассовых деталей?
2. Как находится технологический допуск?
3. Как находится технологический уклон?
4. Как определить общую погрешность пластмассовых деталей?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

13. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Цель: Изучить основные, вспомогательные и производные единицы системы СИ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: общепринятые обозначения единиц системы СИ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: читать размерность величин в международных выражениях.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: переводить российские обозначения размерностей в международные.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Рост внешнеэкономических связей, научного сотрудничества невозможен без знания общепринятых обозначений и терминов. Международное обозначение основных единиц системы СИ является частным случаем использования применяемых часто применяемых обозначений и терминов в современном мире.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Международная система единиц SI (System International) принята в СССР с 1 января 1980 года и настоящее время используется в РФ. Данной системой принято семь основных единиц: длина (метр, м); масса (килограмм, кг); время (секунда, с); сила электрического тока (ампер, А); термодинамическая температура (кельвин, К); сила света (кандела, кд); количество вещества (моль). Кроме того, в системе СИ приняты две дополнительные единицы: для плоского угла (радиан, рад) и для телесного

угла (стерадиан, ср). Остальные единицы являются производными от основных.

Приняты следующие международные обозначения системы СИ: метр – L; масса – M; время – T; сила электрического тока – I; термодинамическая температура – θ ; сила света – J; количество вещества – N.

Таким образом, размерность в общем виде можно представить уравнением:

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \theta^{\eta} J^{\varepsilon} N^{\omega}, \quad (13.1)$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \varepsilon, \omega$ – показатели степеней.

Для относительных величин все показатели степеней равны 0.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задача 1: Выразить размерность силы в международном обозначении по размерностям основных величин:

Размерность силы в системе СИ является производной и называется ньютоном: $[H] = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2 = L^1 M^1 T^{-2}$.

Таблица 13.1 – Варианты заданий

№ варианта	Выразить размерность величины	Найти размерность постоянной в уравнении
1	электрическая емкость	Закон всемирного тяготения: $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$.
2	скорость	Общий вид формулы для определения силы резания: $v = \frac{C_v}{T m_t^x S^y}$.
3	ускорение	Скорость резания при сверлении: $v = \frac{C_v D^q}{T m_t^x S^y}$
4	плотность вещества	Скорость резания при зенкеровании: $v = \frac{C_v D^q}{T m_t^x S^y}$
5	теплоемкость	Крутящий момент при сверлении: $M_{кр} = C_m D^q S^y$
6	напряжение	Крутящий момент при зенкеровании: $M_{кр} = C_m D^q t^x S^y$
7	электрическое сопротивление	Осевая сила при сверлении: $P_o = C_p D^q S^y$
8	электрическая проводимость	Осевая сила при зенкеровании: $P_o = C_p D^q t^x S^y$
9	электрическая емкость	Крутящий момент при разворачивании: $M_{кр} = C_m t^x S^y D$

10	индуктивность	Скорость резания при фрезеровании: $v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u}$
11	давление	Сила резания при фрезеровании: $P_z = \frac{C_p t^x S_z^y B^u}{D^q n^\omega}$
12	работа	Крутящий момент при нарезании резьбы метчиками: $M_{кр} = C_M D^q P^y$, где P – шаг резьбы.
13	мощность	Мощность при шлифовании периферией круга с продольной подачей: $N = C_N v_3^r t^x S^y d^q$, где v_3 – скорость заготовки; d – диаметр круга
14	энергия	Мощность при врезном шлифовании периферией круга: $N = C_N v_3^r S^y d^q b^z$, где v_3 – скорость заготовки; d – диаметр круга; b – ширина круга
15	световой поток	Мощность при шлифовании торцом круга: $N = C_N v_3^r t^x b^z$, где v_3 – скорость заготовки; b – ширина круга

Продолжение таблицы 13.1

№ варианта	Выразить размерность величины	Найти размерность постоянной в уравнении
16	освещённость	Стойкость инструмента после объемного импульсного лазерного упрочнения: $T = C_T E^x \sigma^y C_o^z l^u$, где E – энергия облучения; σ_σ – предел прочности; C_o – содержания кобальта в твердом сплаве; l – расстояния от главной режущей кромки до места облучения
17	поглощённая доза ионизирующего излучения	Обобщенный закон электролиза: $m = \frac{M}{z} \cdot \frac{I \cdot t}{F}$, где F – постоянная Фарадея, z – валентность, M – молярная (атомная) масса, моль.
18	активность радиоактивного источника	Производительность обработки: $Q = 10^3 \cdot t \cdot S \cdot V \cdot T$
19	эффективная доза ионизирующего излучения	Плотность дислокаций (см) после объемного импульсного лазерного упрочнения: $\rho = C_\rho E^x t_{имп}^y l^u$, где l – расстояния от главной режущей кромки до места облучения; E – энергия облучения; $t_{имп}$ – длительность лазерного импульса
20	магнитная индукция	Микроискажений кристаллической решетки после объемного импульсного лазерного упрочнения: $\frac{\Delta d}{d} = C_{\Delta d} E^x t_{имп}^y l^u$, где l – расстояния от главной режущей кромки до места облучения; E – энергия облучения; $t_{имп}$ – длительность лазерного импульса

Задача 2: Найти размерность диэлектрической проницаемости ϵ_0 в законе Кулона:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

где q_1, q_2 – величины зарядов, Кл;

r – расстояние между зарядами, м.

Размерность кулона: $[H] = A \cdot c = TI$. Примем $[\epsilon_0] = x$. Тогда:

$$L^1 M^1 T^{-2} = A^2 \cdot c^2 \cdot \frac{1}{m^2} \cdot \frac{1}{x} = L^{-2} T^2 I^2 \cdot \frac{1}{x}. \text{ Отсюда:}$$

$$x = \frac{A^2 \cdot c^2}{m^2} \cdot \frac{c^2}{кг \cdot м} = \frac{A^2 \cdot c^4}{кг \cdot м^3} = L^{-3} M^{-1} T^4 I^2.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите основные единицы системы СИ.
2. Назовите вспомогательные единицы системы СИ.
3. Какие единицы величин называются производными?
4. Что представляет собой принцип когерентности в системе СИ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мягков Б. Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

14. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: изучить методику проверки косвенных измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
алгоритм обработки выборки результатов косвенных измерений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
определение показателей корреляции.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
последовательностью обработки результатов косвенных измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время в различных областях деятельности, в том числе и в машиностроении, широко применяются косвенные измерения. Поэтому владение навыками оценки их достоверности является важной задачей для будущих специалистов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Наиболее распространенный алгоритм проверки достоверности косвенных измерений представляет собой проверку значений корреляции и взаимокорреляции по критерию Стьюдента, т. е. корреляция имеет место, если выполняется условие:

$$\left| \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > t_p, \quad (14.1)$$

где n – количество измерений каждого параметра;

t_p – коэффициент Стьюдента при заданной доверительной вероятности P и числе степеней свободы $f = n - 2$;

r – коэффициент взаимокорреляции:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (a_{mi} - \bar{a}_m) \cdot (a_{ki} - \bar{a}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{mi} - \bar{a}_m)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (a_{ki} - \bar{a}_k)^2}}, \quad (14.2)$$

где a_{mi} и a_{ki} – результаты i -го измерения соответственно m -ой и k -ой величин;

$\bar{a}_m$ и $\bar{a}_k$ – соответственно математические ожидания m -ой и k -ой величины.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В результате измерений найдены значения силы тока и сопротивления, по которым определены напряжения (таблица 14.1). Оценим достоверность, проведенных косвенных измерений, по значению корреляции при заданной доверительной вероятности $P = 0,90$.

Таблица 14.1 – Результаты измерений

№ измерения	Сила тока I , А	Напряжение U , В
1	14,25	54,24
2	14,38	54,26
3	14,31	54,28
4	14,34	54,27
5	14,33	54,22

1. Определяем средние арифметические значения:

$$\bar{I} = \frac{14,25 + 14,38 + 14,31 + 14,34 + 14,33}{5} = 14,32$$

$$\bar{U} = \frac{54,24 + 54,26 + 54,28 + 54,27 + 54,22}{5} = 54,25$$

Таблица 14.1 – Исходные данные

№	P	Сила тока I , А					Напряжение U , В				
1	0,80	1,22	1,20	1,24	1,26	1,23	6,02	6,04	6,06	6,05	6,03
2	0,90	2,88	2,92	2,86	2,90	2,91	8,50	8,52	8,55	8,54	8,53
3	0,95	3,46	3,48	3,47	3,49	3,50	9,88	9,89	9,90	9,92	9,94
4	0,98	4,31	4,30	4,34	4,36	4,33	11,62	11,60	11,64	11,66	11,63
5	0,99	0,48	0,50	0,54	0,52	0,46	4,64	4,60	4,66	4,62	4,63
6	0,80	14,36	14,30	14,38	14,34	14,32	58,82	58,84	58,88	58,80	58,85
7	0,90	6,62	6,66	6,60	6,64	6,63	58,82	58,80	58,84	58,88	58,86
8	0,95	5,52	5,56	5,58	5,54	5,55	63,40	63,32	63,35	63,36	63,37
9	0,98	8,90	8,82	8,86	8,84	8,85	77,54	77,62	77,60	77,58	77,56
10	0,99	3,32	3,40	3,36	3,41	3,34	85,76	85,84	85,80	85,82	85,81
11	0,80	3,22	3,24	3,20	3,28	3,26	34,44	34,50	34,48	34,46	34,47
12	0,90	5,41	5,40	5,44	5,46	5,48	48,52	48,44	48,48	48,46	48,45
13	0,95	6,03	6,11	6,10	6,08	6,06	23,88	23,90	23,96	23,92	23,94
14	0,98	7,53	7,62	7,60	7,56	7,58	85,78	85,80	85,86	85,82	85,84
15	0,99	8,29	8,32	8,36	8,35	8,34	99,90	99,89	99,95	99,94	99,96
16	0,80	3,62	3,68	3,60	3,64	3,66	23,12	23,16	23,14	23,10	23,19
17	0,90	4,28	4,26	4,24	4,22	4,27	46,23	46,25	46,28	46,22	46,26
18	0,95	5,12	5,20	5,18	5,16	5,14	79,30	79,25	79,22	79,24	79,28
19	0,98	2,34	2,30	2,26	2,28	2,29	37,65	37,58	37,59	37,63	37,62
20	0,99	14,88	14,96	14,89	14,92	14,94	70,68	70,65	70,60	70,62	70,64
21	0,80	5,42	5,50	5,56	5,51	5,54	65,56	65,64	65,60	65,62	65,61
22	0,90	4,42	4,46	4,40	4,44	4,43	56,62	56,60	56,64	56,68	56,66

2. Находим коэффициент взаимокорреляции (формула 14.2):

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{(14,25 - 14,32)(54,24 - 54,25) + (14,38 - 14,32)(54,26 - 54,25) + (14,31 - 14,32) \cdot \\
 &\quad \cdot (54,28 - 54,25) + (14,34 - 14,32)(54,27 - 54,25) + (14,33 - 14,32)(54,22 - 54,25)}{\sqrt{(14,25 - 14,32)^2 + (14,38 - 14,32)^2 + (14,31 - 14,32)^2 + (14,34 - 14,32)^2 + (14,33 - 14,32)^2 \cdot \\
 &\quad \cdot (54,28 - 54,25)^2 + (14,34 - 14,32)(54,27 - 54,25)^2 + (14,33 - 14,32)(54,22 - 54,25)^2}} = \\
 &= \frac{0,0007 + 0,0006 + 0,0003 + 0,0004 + 0,0003}{\sqrt{0,0049 + 0,0036 + 0,0001 + 0,0004 + 0,0001}} \cdot \frac{1}{\sqrt{0,0001 + 0,0001 + 0,0009 + 0,0004 + 0,0009}} = \\
 &= \frac{0,0023}{0,095 \cdot 0,049} = 0,49
 \end{aligned}$$

3. Проверяем условие 14.1 на наличие корреляции (коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,90$ и числа степеней свободы $f = n - 2 = 5 - 2 = 3$ из таблицы 2.2 равен $t_p = 2,35$):

$$\frac{0,49\sqrt{5-2}}{\sqrt{1-0,49}} = \frac{0,85}{0,71} = 1,2 > t_p = 2,35 \quad - \text{условие не выполняется, т. е.}$$

корреляция отсутствует и проведенные косвенные измерения нельзя считать достоверными.

Исходные данные для проведения практической работы приведены в таблице 14.2.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие измерения называются косвенными?
2. Как определяется коэффициент взаимокорреляции?
3. Какое условие оценки корреляции косвенных измерений?
4. Как зависит значение коэффициента Стьюдента от числа степеней свободы?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

15. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Цель: освоить методику проверки достоверности косвенных измерений для нелинейной зависимости.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: последовательности определения критериев оценки достоверности косвенных измерений для нелинейной зависимости.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять значения показателей корреляции и взаимокорреляции.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: алгоритмом проверки правильности результатов косвенных измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: На практике часто можно столкнуться с нелинейными проявлениями распределения результатов измерений. Особенно часто это встречается при использовании новейших принципов измерения, например, рентгеновских или лазерных средств измерения. Поэтому современный специалист должен знать методику, изложенную в данной работе.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Проверка достоверности косвенных измерений для нелинейной зависимости проводится при тех же исходных данных, как и в предыдущей работе: результаты измерений и расчетов, принятая доверительная вероятность.

1. Определяется среднее квадратическое отклонение для каждого аргумента по формуле:

$$S(\bar{a}_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_{mi} - \bar{a}_m)^2}{n(n-1)}}, S(\bar{a}_k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_{ki} - \bar{a}_k)^2}{n(n-1)}} \quad (15.1)$$

2. Находится обобщенное среднее квадратическое отклонение:

$$S_p = \sqrt{(\bar{a}_m \cdot S(\bar{a}_k))^2 + (\bar{a}_k \cdot S(\bar{a}_m))^2}. \quad (15.2)$$

3. Расчет остаточного члена ряда Тейлора:

$$R = \Delta a_m \cdot \Delta a_k, \quad (15.3)$$

где Δa_m и Δa_k – наибольшие (по модулю) отклонения a_{mi} и a_{ki} от среднего.

4. Проверка условия корреляции для нелинейной зависимости:

$$R < 0,8 \cdot S_p. \quad (15.4)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В качестве исходных данных используем те же значения, что и в работе №14, в которой также найдено: $\bar{I} = 14,32$; $\bar{U} = 54,25$.

1. Определим средние квадратические отклонения для каждого аргумента по формуле 15.1:

$$\begin{aligned} S(\bar{I}) &= \sqrt{\frac{(14,25 - 14,32)^2 + (14,38 - 14,32)^2 + (14,31 - 14,32)^2 + (14,34 - 14,32)^2 + (14,33 - 14,32)^2}{5(5 - 1)}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,0049 + 0,0036 + 0,0001 + 0,0004 + 0,0001}{20}} = \sqrt{\frac{0,0091}{20}} = 0,021 \\ S(\bar{U}) &= \sqrt{\frac{(54,24 - 54,25)^2 + (54,26 - 54,25)^2 + (54,28 - 54,25)^2 + (54,27 - 54,25)^2 + (54,22 - 54,25)^2}{5(5 - 1)}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,0001 + 0,0001 + 0,0009 + 0,0004 + 0,0009}{20}} = \sqrt{\frac{0,0024}{20}} = 0,011 \end{aligned}$$

2. Находим обобщенное среднее квадратическое отклонение по формуле 15.2:

$$S_p = \sqrt{(14,32 \cdot 0,011)^2 + (54,25 \cdot 0,021)^2} = \sqrt{0,16^2 + 1,14^2} = \sqrt{0,026 + 1,3} = 1,15$$

3. Рассчитываем остаточный член ряда Тейлора по формуле 15.3. Для этого предварительно находим $\Delta I = 14,25 - 14,32 = 0,07$ и $\Delta U = 54,22 - 54,25 = 0,03$:

$$R = 0,07 \cdot 0,03 = 0,0021.$$

4. Проверка условия корреляционной зависимости (15.4):

$$R = 0,0021 < 0,8 \cdot S_p = 0,8 \cdot 1,15 = 0,92.$$

Условие выполнено.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как определяется среднее квадратическое отклонение для нелинейной зависимости?
2. Как определяется обобщенное среднее квадратическое отклонение косвенных измерений?
3. Какое условие оценки корреляции косвенных измерений для нелинейной зависимости?
4. Какое условие корреляции косвенных измерений для нелинейной зависимости?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

16. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: научиться находить доверительный интервал для результатов косвенных измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: последовательность ходов для выполнения поставленной задачи.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: использование промежуточных результатов косвенных измерений.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: применение алгоритма определения доверительного интервала для результатов косвенных измерений.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Доверительный интервал дает возможность анализа, полученных результатов. Особенно важно это для оценки результатов косвенных измерений, значения которых находятся аналитически по известным зависимостям.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Измеряются не менее двух параметров объекта:

$$A_m = f(a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_m), \quad (16.1)$$

$$A_k = f(a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_k).$$

Из полученных массивов определяются значения искомого параметра:

$$A_{mk} = f(a_{mk1}, a_{mk2}, \dots, a_{mk}). \quad (16.2)$$

2. Определяется среднее арифметическое результатов косвенных измерений:

$$\bar{A}_{mk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{mki}. \quad (16.3)$$

3. Рассчитывается среднее квадратическое отклонение результатов косвенных измерений:

$$S(\bar{A}_{mk}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{mki} - \bar{A}_{mk})^2}{(n-1)}}. \quad (16.4)$$

4. Определение коэффициента Стьюдента t_p при заданной вероятности P и числе степеней свободы $f = n - 1$ (таблица 2.2).

5. Расчет доверительного интервала:

$$\bar{A}_{mk} - t_p \cdot S(\bar{A}_{mk}) \leq A_{mk} \leq \bar{A}_{mk} + t_p \cdot S(\bar{A}_{mk}). \quad (16.5)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В качестве исходных данных используем те же значения, что и в практической работе №14.

1. По полученным ранее двум массивам $I = f(I_i)$, $U = f(U_i)$, пользуясь законом Ома $R = \frac{U}{I}$, определяем значения массива $R = f(R_i)$:

$$\begin{cases} I = f(14,25; 14,38; 14,31; 14,34; 14,33) \\ U = f(54,24; 54,26; 54,28; 54,27; 54,22) \\ R = f(3,81; 3,77; 3,79; 3,79; 3,78) \end{cases}$$

2. Определяем среднее арифметическое результатов косвенных измерений:

$$\bar{R} = \frac{3,81+3,77+3,79+3,79+3,78}{5} = 3,79.$$

3. Рассчитываем среднее квадратическое отклонение результатов косвенных измерений:

$$\begin{aligned} S(\bar{R}) &= \sqrt{\frac{(3,81 - 3,79)^2 + (3,77 - 3,79)^2 + (3,79 - 3,79)^2 \cdot 2 + (3,78 - 3,79)^2}{5 - 1}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,0004 + 0,0004 + 0 \cdot 2 + 0,0001}{5 - 1}} = \sqrt{\frac{0,0005}{4}} = 0,011 \end{aligned}$$

4. Определяем коэффициент Стьюдента. При заданной вероятности $P = 0,90$ и числе степеней свободы $f = 5 - 1 = 4$ по таблице 2.2: $t_p = 2,13$.

5. Рассчитываем доверительный интервал:

$$3,79 - 2,13 \cdot 0,011 \leq R \leq 3,79 + 2,13 \cdot 0,011;$$

$$3,77 \leq R \leq 3,81.$$

6. Определим доверительный интервал при помощи оценок среднего.

Для этого используем данные полученные в работах № 14, 15: $\bar{I} = 14,32$; $\bar{U} = 54,25$; $S_p = 1,15$.

Тогда из закона Ома оценка среднего R будет равно:

$$\tilde{R} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{54,25}{14,32} = 3,79.$$

Получаем доверительный интервал исходя из оценок среднего:

$$3,79 - 2,13 \cdot 1,15 \leq \tilde{R} \leq 3,79 + 2,13 \cdot 1,15;$$

$$1,34 \leq \tilde{R} \leq 6,24.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как определяется оценка среднего квадратического отклонения?
2. Как определяется доверительный интервал исходя из оценок среднего?
3. Как определяется оценка среднего арифметического?
4. Как определяется массив результатов косвенных измерений?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

17. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ И РАВНОТОЧНОСТИ ГРУПП РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: изучить методику определения однородности и равноточности групп результатов измерений.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: алгоритма определения однородности по критерию Стьюдента.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определение однородности и равноточности групп результатов измерений.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки определения равноточности по критерию Фишера.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: Знание и приобретение навыков использования методик определения однородности и равноточности групп результатов измерений позволяет в практических условиях получать необходимые выходные параметры изделий, контролировать качество выпускаемой продукции.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для проведения оценки однородности и равноточности необходимо иметь, как минимум, две группы результатов при заданной доверительной вероятности P , например, $A_1 = f(a_{11}, a_{12} \dots a_{1n})$ и $A_2 = f(a_{21}, a_{22} \dots a_{2n})$.

1. Определение среднего арифметического и среднего квадратического для каждой группы результатов измерений:

2. Проверка однородности по условию:

$$\frac{|\bar{A}_1 - \bar{A}_2|}{\sqrt{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \leq t_p, \quad (17.1)$$

где S_1 и S_2 – соответственно дисперсии 1-ой и 2-ой групп;

n_1 и n_2 – количество результатов измерений в группах;

t_p – коэффициент Стьюдента (таблица 2.2) при заданной доверительной вероятности P и числе степеней свободы $f = n_1 + n_2 - 2$.

3. Оценка равнозначности групп результатов измерений по условию:

$$\frac{1}{F_{\frac{q}{2}}} \leq \frac{S_1^2}{S_2^2} \leq F_{\frac{q}{2}}, \quad (17.2)$$

где $F_{\frac{q}{2}}$ – значение критерия Фишера (таблица 17.1) при уровне значимости $\frac{q}{2}$

и числе степеней свободы $f_1 = n_1 - 1, f_2 = n_2 - 1$.

Таблица 17.1 – Таблица значений f – критерия Фишера для $\frac{q}{2} = 0,05$

$f_2 \backslash f_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Провести оценку однородности и равнозначности групп результатов измерений (таблица 17.2) при заданной вероятности $P = 0,90$.

При выполнении работы студент пользуется исходными данными к практическому занятию № 1.

Таблица 17.2 – Результаты измерений

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Группа 1	3,36	3,39	3,40	3,40	3,42	3,42	3,44	3,44	3,46	3,48
Группа 2	3,38	3,39	3,40	3,42	3,42	3,42	3,44	3,46	3,47	3,50

1. Рассчитываем для каждой группы среднее арифметическое и среднее квадратическое:

$$\bar{A}_1 = \frac{3,36 + 3,39 + 3,40 \cdot 2 + 3,42 \cdot 2 + 3,44 \cdot 2 + 3,46 + 3,48}{10} = 3,42.$$

$$\bar{A}_2 = \frac{3,38 + 3,39 + 3,40 + 3,42 \cdot 3 + 3,44 + 3,46 + 3,47 + 3,50}{10} = 3,43.$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{\frac{1}{10-1} (3,36 - 3,42)^2 + (3,39 - 3,42)^2 + (3,4 - 3,42)^2 \cdot 2 + (3,44 - 3,42)^2 \cdot 2} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{10-1} (3,46 - 3,42)^2 + (3,48 - 3,42)^2} = \sqrt{\frac{1}{9} (0,0036 + 0,0009 + 0,0008 + 0,0008)} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{9} (0,0016 + 0,0036)} = \sqrt{\frac{0,0113}{9}} = 0,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= \sqrt{\frac{1}{10-1} (3,38 - 3,43)^2 + (3,39 - 3,43)^2 + (3,4 - 3,43)^2 + (3,42 - 3,43)^2 \cdot 3} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{10-1} (3,44 - 3,43)^2 + (3,46 - 3,43)^2 + (3,47 - 3,43)^2 + (3,5 - 3,43)^2} = \\ &\sqrt{\frac{1}{9} (0,0025 + 0,0016 + 0,0009 + 0,0003 + 0,0001 + 0,0009 + 0,0016 + 0,0049)} = \\ &\sqrt{\frac{0,0128}{9}} = 0,038 \end{aligned}$$

2. Проверяем однородность групп по критерию Стьюдента (формула 17.1). Для $P = 0,90$ и числе степеней свободы $f = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$ коэффициент Стьюдента равен $t_p = 1,73$:

$$\frac{|3,42 - 3,43|}{\sqrt{(10 - 1) \cdot 0,035^2 + (10 - 1) \cdot 0,038^2}} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10 \cdot (10 + 10 - 2)}{10 + 10}} \leq t_p = 1,73$$

$$\frac{0,01}{0,155} \cdot 9,487 = 0,61 \leq t_p = 1,73 - \text{условие однородности групп по критерию}$$

Стьюдента выполнено.

3. Проверяем равноточность групп (формула 17.2):

$$\frac{q}{2} = \frac{1}{2} (1 - P) = \frac{1}{2} (1 - 0,9) = 0,05; F_{\frac{q}{2}} = 3,18 \text{ (таблица 17.1);}$$

$$\frac{1}{F_{\frac{q}{2}}} = \frac{1}{3,18} = 0,31; \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{0,035^2}{0,038^2} = 0,85.$$

$$\frac{1}{F_{\frac{q}{2}}} = 0,31 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} = 0,85 \leq F_{\frac{q}{2}} = 3,18 - \text{условие равноточности групп по}$$

критерию Фишера выполняется.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Условие однородности групп по критерию Стьюдента.
2. Условие равноточности групп по критерию Фишера.
3. Как определяется коэффициент Стьюдента?
4. Как определяется коэффициент Фишера?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие / Л.Н.Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Третьяк, Л. Н. Обработка прямых измерений с многократными наблюдениями : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 60 с.

18. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №18

ВЫБОР СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ

Цель: изучение систем и схем сертификации продукции, факторы, влияющие на их выбор.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: условия выбора систем и схем сертификации продукции.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять наиболее значимые факторы при выборе схемы сертификации.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: осуществлять выбор схемы сертификации с учетом дополнительных факторов.

Формируемые компетенции: ОПК-5; ОПК-7; ОПК-8; ПК-3.

Актуальность темы: В настоящее время особое внимание уделяется сертификации продукции, особенно той ее части, на которую приняты технические регламенты. Одним из основных этапов сертификации является выбор схемы сертификации.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Схема сертификации – определенная совокупность действий, официально принимаемая в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям. В качестве способа доказательства используют: испытания, проверки производства, инспекционный контроль, рассмотрение декларации о соответствии (с прилагаемыми документами). Один или совокупность нескольких способов доказательства определяют содержание схемы сертификации.

Выбор схемы сертификации осуществляется в зависимости от вида конкретной продукции и условий ее производства в соответствии с документом «Система сертификации. ГОСТ Р. Порядок проведения сертификации продукции. Общие требования».

Выбор схемы сертификации осуществляется в три этапа:

Этап 1: На этапе рассматривается вопрос необходимости предварительной сертификации, если принимаются схемы 9, 9а, 10 или 10а, то дальнейший выбор прекращается.

Этап 2: Выбирают одну из основных схем (исключая 9, 9а, 10 или 10а). На данном этапе производится выбор схемы по пяти главенствующим факторам, к числу которых относятся:

φ_1 – трудоемкость изготовления продукции (учитываются три уровня: низкий, средний, высокий);

φ_2 – программа выпуска продукции (учитываются три масштаба выпуска: единичный, серийный, массовый);

φ_3 – трудоемкость испытания готовой продукции (учитываются только два уровня: низкая и высокая);

φ_4 – характер испытаний, который классифицируется на следующие виды (испытания без разрушения и с сохранением товарного вида (Б/Р); испытания без разрушения и с восстановлением товарного вида (БРВ); испытания с разрушением (РЗ);

φ_5 – степень опасности продукции (неопасная, опасная, особо опасная).

Для учета указанных факторов можно построить матрицу, как прямое произведение пяти векторов $\varphi_1 \times \varphi_2 \times \varphi_3 \times \varphi_4 \times \varphi_5$. Шестым вектором (φ_6) должен быть взят вектор возможных схем сертификации (СС).

На этапе 2 по сочетанию $\varphi_1 - \varphi_5$ определяется вектор – перечень возможных схем сертификации. Наглядным считается запись вектора в виде перечня цифр, где «0» обозначает неприемлемость схемы сертификации, а другая цифра – номер допускаемой схемы.

Рисунок 18.1 – Фрагмент выбора схемы матрицы сертификации

Факторы $\varphi_1 \times \varphi_2 \times \varphi_3 \times \varphi_4 \times \varphi_5$, СС	Трудоемкость изготовления продукции средняя
	Программа выпуска серийная
	Схемы сертификации

				1	2	3	4	5	6	7	8
Трудоемкость испытания	Н	Б/Р	Но	+	+	+	+	+	-	+	-
	Н	Б/Р	О	+	+	+	+	+	-	+	+
	Н	Б/Р	Оо	-	+	+	+	+	-	+	+
	Н	БРВ	Нр	+	-	+	-	+	-	+	-
	Н	БРВ	О	+	-	+	-	+	-	+	+
	Н	БРВ	Оо	-	-	+	-	+	-	+	+
	Н	РЗ	Но	+	-	+	-	+	-	+	-
	Н	РЗ	О	+	-	+	-	+	-	+	-
	Н	РЗ	Оо	-	-	+	-	+	-	+	-

Например, запись может иметь вид: 0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0 (восемь цифр).

Этап 3: Осуществляется окончательный выбор схемы сертификации с учетом дополнительных факторов, не использованных на этапе 2.

Таблица 18.2 – Рекомендации по выбору схем сертификации

Факторы	Предпочтительный вектор
$\phi 6^*$	(1, 2, 3, 4, 0, 0, 0, 0)
$\phi 7$	(0, 0, 0, 0, 5, 6, 7, 8)
$\phi 8$	(0, 0, 3, 4, 0, 0, 7, 8)
$\phi 9$	(1, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0)
$\phi 10$	(0, 2, 0, 4, 0, 6, 0, 8)
$\phi 11.2$	(1, 0, 3, 0, 0, 0, 7, 8)
$\phi 11.3$	(0, 2, 0, 4, 0, 0, 0, 0)
$\phi 12A$	(0, 0, 0, 0, 0, 6, 0, 8)
$\phi 12B$	(1, 0, 3, 0, 0, 6, 7, 0)
$\phi 12B$	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0)
* – Предполагается, что поставщики материалов уже имеют сертификаты	

Для удобства рассмотрения построена таблица 2.10.2, в которой с правой стороны приведены векторы-перечни предположительных схем сертификации с учетом дополнительных факторов, а слева дополнительные факторы $\phi 6... \phi 12B$.

Далее путем пересечения вектора перечня по этапу 2 и предпочтительного вектора по этапу 3 окончательно выбирается схема сертификации.

Факторы $\phi 6... \phi 12$ имеют следующий смысл:

- φ_6 – структура себестоимости продукции (в себестоимости предполагают материалы и комплектующие, поставляемые другими предприятиями);
- φ_7 – сложность производственного процесса. Может в самом общем случае оцениваться количеством операций или методом экспертной оценки специалистами;
- φ_8 – наличие узких мест в технологии (при сертификации нежелательны);
- φ_9 – вид сертификации (добровольная или обязательная);
- φ_{10} – условия хранения и транспортировки товаров потребителям (если существуют особые требования и необходимо отследить возможность нарушения качества продукции);
- $\varphi_{11.2}$ – производство одной и той же продукции сетью мелких производителей, имеющих различных поставщиков сырья;
- $\varphi_{11.3}$ – производство одной и той же продукции сетью мелких производителей, имеющих одного поставщика сырья;
- φ_{12A} – нужен сертификат на каждое изделие;
- φ_{12B} – нужен сертификат на одновременно изготовленные изделия;
- φ_{12B} – нужен сертификат на весь объем продукции, когда сертификат годен по сроку использования.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Пример 1: к ранее рассмотренному варианту сочетания факторов (рисунок 18.1) добавляется фактор φ_6 . Требуется выбрать схему сертификации.

Записываем вектор – перечень схемы сертификации для сочетания факторов на рисунке 18.1:

0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0

Для фактора φ_6 предпочтительный вектор будет записан в виде (таблица 18.2):

1, 2, 3, 4, 0, 0, 0, 0

Окончательно выбирается схема сертификации путем пересечения вектора – перечня и предпочтительного вектора φ_6 :

0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0
1, 2, 3, 4, 0, 0, 0, 0
 0, 0, 3, 0, 0, 0, 0, 0

Таким образом, для данных условий нужно использовать третью схему сертификации.

Пример 2: к сочетанию факторов (рисунок 18.1) добавляются факторы φ_8 и φ_{12B} . Выбрать схему сертификации.

Пересечение вектора – перечня для сочетания факторов (рисунок 18.1) и предпочтительных векторов φ_8 и φ_{12B} будет выглядеть:

0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0
 0, 0, 3, 4, 0, 0, 7, 8
1, 0, 3, 0, 0, 6, 7, 0
 0, 0, 3, 0, 0, 0, 7, 0

Таким образом, можно использовать две схемы сертификации: третью или седьмую. Окончательно выбирается третья схема сертификации как более дешевая.

Таблица 18.3 – Исходные данные

№ варианта	Вариант сочетания факторов	Дополнительные факторы
1	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_6^* , φ_{12B}
2	0, 2, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_6^* , $\varphi_{11.3}$
3	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_8 , φ_{12B}
4	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_9 , φ_{12B}
5	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_6^* , φ_{12B}
6	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_7 , φ_9
7	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_7 , φ_{12B}
8	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_9 , φ_{12B} , φ_{12B}
9	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	φ_7 , $\varphi_{11.2}$

10	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 8, \varphi 12B$
11	0, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 11.2, \varphi 12B$
12	1, 0, 0, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 6^*, \varphi 12B$
13	1, 0, 0, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 9, \varphi 12B$
14	0, 2, 0, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 6^*, \varphi 11.3$
15	0, 2, 0, 0, 5, 0, 7, 0	$\varphi 10, \varphi 12B$
16	0, 0, 0, 4, 5, 0, 7, 0	$\varphi 6^*, \varphi 11.3$
17	0, 0, 0, 4, 5, 0, 7, 0	$\varphi 8, \varphi 12B$
18	0, 0, 0, 0, 5, 6, 7, 0	$\varphi 7, \varphi 12A$
19	0, 0, 0, 0, 5, 6, 7, 0	$\varphi 10, \varphi 12B$
20	0, 0, 0, 0, 5, 0, 7, 8	$\varphi 7, \varphi 12A$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Схемы сертификации продукции.
2. Выбор схемы сертификации продукции.
3. Системы сертификации продукции.
4. Этапы выбора схемы сертификации продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие / под ред. К. К. Кима. – СПб.: Питер, 2015. – 368 с.
2. Гугелев, А. В. Стандартизация, метрология и сертификация. – Москва: Дашков и К`, 2015. – 272 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Общая характеристика самостоятельной работы бакалавра по дисциплине	4
План-график выполнения самостоятельной работы	7
Методические рекомендации по изучению теоретического материала	7
Вопросы к экзамену	14
Оценочные средства для контрольной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»	18
Задания для групповых творческих работ	20
Задание на мастер-класс	22
Тесты	25
Литература	59

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, прежде всего в связи с подписанием Болонской конвенции и вступлением России в международное образовательное сообщество, возрастает роль компетентностного подхода в подготовке бакалавров, который предусматривает переход от так называемой «знаниевой» парадигмы к системно-деятельностной. Возрастает роль самостоятельной работы студентов, и в связи с этим, особую значимость в практике современного образования приобретают формы и методы работы, которые стимулируют самостоятельность и творчество студентов.

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и научная работа, выполняемая по заданию преподавателя под его методическим и научным руководством. Это неотъемлемая составляющая образовательного процесса в высшем учебном заведении. Самостоятельная работа – это активные формы и методы обучения, это единство учебно-воспитательной и научно-производственной работы, это сотрудничество студента с преподавателем.

Самостоятельная работа может быть как аудиторной, так и внеаудиторной и включает: подготовку к аудиторным занятиям и выполнение соответствующих заданий; выполнение самостоятельных заданий в лабораторных практикумах и практических заданиях; работу над отдельными темами учебных дисциплин; выполнение контрольных и курсовых работ, написание рефератов; прохождение практик и выполнение предусмотренных ими заданий; подготовку ко всем видам контрольных испытаний; подготовку к итоговой аттестации и выполнение выпускной квалификационной работы; участие в научной и научно-методической работе, в научных и научно-практических конференциях, семинарах.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Цель освоения дисциплины – изучение основных понятий и приобретение практических навыков в области метрологии, стандартизации, сертификации; понимание роли метрологии, стандартизации, сертификации в обеспечении качества, безопасности и конкурентоспособности продукции, работ, услуг.

Задачи дисциплины:

- изучить теоретические основы метрологии, закономерности формирования результата измерений, источники возникновения погрешностей измерений;
- изучить параметры точности деталей, узлов и механизмов, стандартизацию параметров точности;
- изучить основы стандартизации, основные положения государственной системы стандартизации;
- познакомиться с основными целями и объектами сертификации, системами сертификации, сертификацией услуг и систем качества;
- изучить основы управления качеством продукции.

Цель самостоятельного решения задач - обучение творчески думать, самостоятельно разбираться в различных вопросах применения инструментов бережливого производства. Самостоятельное решение задач значительно повышает учебную активность обучающихся, возбуждает их интерес к решению задач, стимулирует творческую инициативу. Таким образом, повышается эффективность занятия. Самостоятельное решение задач развивает мыслительную деятельность. Не имея возможности копировать решение задачи с доски, обучающийся вынужден сам разбираться в решении задачи, а потому и лучше готовиться к занятиям. Самостоятельное решение математических и теоретических задач часто сокращает время, необходимое для опроса обучающихся на занятиях, так как оценивать успехи учащихся в некоторых случа-

ях можно и по итогам самостоятельного решения задач. Преподаватель получает возможность направлять индивидуальную работу студентов по решению задачи, предотвращать ошибки, указывать пути их исправления.

Цель самостоятельного изучения литературы: систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубление и расширение теоретических знаний; формирование умений использовать нормативную, научную, справочную документацию и специальную литературу; развитие познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развитие исследовательских умений;

Цель подготовки к собеседованию - освоить материал, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по дисциплине "Метрология, стандартизация и сертификация". В ходе собеседования преподаватель ориентирует студента на успешную сдачу экзамена.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к лабораторным работам	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
2	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
3	Подготовка к лекциям	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
4	Подготовка к практическим работам	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4	1, 2, 3

Рекомендуемая литература
Основная литература

1. Федотов, А. И. Метрология : учебник для вузов / А. И. Федотов, С. К. Лисин. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 168 с. — ISBN 978-5-507-49051-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/400997>

2. Бастраков, В. М. Взаимозаменяемость и нормирование точности : учебное пособие / В. М. Бастраков. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2023. — 172 с. — ISBN 978-5-8158-2353-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/372188>

Дополнительная литература

1. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум / В. Н. Кайнова, Т. Н. Гребнева, Е. В. Зимина, Е. А. Куликова ; Под ред.: Кайнова В. Н.. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 348 с. — ISBN 978-5-8114-9913-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238841>

2. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Практикум. В 2 томах. Том 1 / Н. А. Волошина, О. В. Филипович, Н. А. Балакина, Г. В. Невар. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 192 с. — ISBN 978-5-507-48035-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362699>

3. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Практикум. В 2 томах. Том 2 / Н. А. Волошина, О. В. Филипович, Н. А. Балакина, Г. В. Невар. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 312 с. — ISBN 978-5-507-48036-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362702>

Методическая литература

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Метрология, стандартизация и сертификация"

2. Конспект лекций по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

3. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

4. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине "Метрология, стандартизация и сертификация"

Интернет-ресурсы

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.

2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.

<http://uisrussia.msu.ru> Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Основы метрологии. Основные термины и определения.	2 неделя
2	Основные понятия о взаимозаменяемости и точности в машиностроении.	4 неделя
3	Единая система допусков и посадок в машиностроении.	8 неделя
4	Систематические погрешности. Случайные погрешности	10 неделя
5	Единство измерений. Эталоны единиц физических величин	12 неделя
6	Средства измерений	14 неделя
7	Основы стандартизации	16 неделя
8	Основы сертификации	17 неделя
9	Выполнение контрольной работы	1-17 неделя

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).
- Такой перечень должен быть систематизированным.
- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге.

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не

приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае молодой ученый будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения:**

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число допол-

нительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от аспиранта целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Лабораторная работа.

Для того чтобы лабораторные работы приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что работы проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных работах как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач в ходе подготовки к лабораторной работе нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Отчеты по лабораторным работам при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул,

формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

3. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код оцениваемой компетенции, индикатора	Этап формирования компетенции (№ темы)	Средства и технологии оценки	Вид контроля, аттестация	Тип контроля	Наименование оценочного средства
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	1 – 8	экзамен	промежуточный	Устный	Вопросы к экзамену
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	1 – 8	Контрольная работа	Текущий	Письменный, устный	Комплект заданий для контрольной работы
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8}	3	Мастер-класс	текущий	устный	Комплект заданий для проведения

ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}					мастер- класса
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	1	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	4	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	4	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	4	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	1-8	Тестирова- ние	текущий	письменный	комплект те- стовых зада- ний

Вопросы к экзамену

Тема 1. Основы метрологии. Основные термины и определения.

1. Что такое качество?
2. Как метрология, стандартизация и сертификация влияют на качество продукции, работ и услуг?
3. Основные задачи метрологии. Определение метрологии.
4. Почему возникла потребность у людей в метрологии? Приведите исторические примеры.
5. Что может являться объектом измерения?
6. Какие основные методы измерений вы знаете?

Тема 2. Основные понятия о взаимозаменяемости и точности в машиностроении.

1. Что такое взаимозаменяемость? Виды взаимозаменяемости.
2. Что такое точность и погрешность? Как эти понятия связаны между собой?
3. Какие параметры характеризуют геометрическую точность элементов детали?
4. Какие основные причины появления погрешностей при изготовлении деталей вы знаете?
5. Что такое размер? Какие основные виды размеров существуют?
6. Какие элементы детали называют отверстием, а какие валом?
7. Какой размер называют номинальным?
8. Какой размер называют действительным? Где должны располагаться действительные размеры у годного к эксплуатации изделия?
9. Что такое допуск? Какая связь между допуском, точностью изготовления и экономикой производства?

10. Что такое верхнее и нижнее отклонения? Какая связь существует между предельными отклонениями и предельными размерами элементов детали?

11. Что такое посадка? Виды посадок используемых в машиностроении?

12. Что такое зазор и натяг?

Тема 3. Единая система допусков и посадок в машиностроении.

1. Что такое система допусков и посадок?

2. Какие основные признаки имеет система допусков и посадок?

3. Какое назначение имеют интервалы размеров и как они образуются?

4. От чего зависит и на что влияет единица допуска?

5. Каким образом нормируется точность в системе допусков и посадок?

6. Какая зависимость существует между допуском и качеством?

7. Какая зависимость существует между допуском и интервалом размеров?

8. Для чего используется понятие основного отклонения? Как обозначаются основные отклонения валов и отверстий на графическом изображении посадок?

9. Какие основные отклонения вала используются для образования посадок с зазором в системе отверстий?

10. Какие основные отклонения вала используются для образования посадок с натягом в системе отверстий?

11. Какие основные отклонения вала используются для образования переходных посадок в системе отверстий?

12. Для чего вводится понятие предпочтительных полей допусков и посадок?

13. В каких случаях используются внесистемные посадки?

Тема 4. Систематические погрешности. Случайные погрешности. Часть 1

1. Что такое систематическая погрешность? Классификация систематических погрешностей.

2. Как подразделяются систематические погрешности измерения в зависимости от характера измерения?

3. Что свидетельствует о наличии случайной погрешности?

2. Опишите формирование закона распределения плотности вероятностей случайной величины.

3. Запишите условие нормирования дифференциального закона распределения случайной величины.

4. Запишите вероятность P попадания случайной величины x в интервал от x_1 до x_2 при известном дифференциальном законе распределения $f(x)$.

5. Дайте определение интегральной функции распределения, приведите ее график и перечислите основные свойства.

6. Что такое поверка средства измерений?

Тема 4. Систематические погрешности. Случайные погрешности. Часть 2

1. Определите характеристики нормального закона распределения, согласно центральной предельной теореме теории вероятностей.

2. Приведите формулу для распределения Гаусса.

3. Перечислите виды распределений случайных величин, для числовых оценок которых можно использовать предельную погрешность.

4. Дайте определение квантильной оценки погрешности.

5. Что означает утверждение, что доверительному интервалу $\pm 3\sigma$ соответствует доверительная вероятность $P = 0,997$?

Тема 5. Единство измерений. Эталоны единиц физических величин.

1. Определите суть понятия «единство измерений».

2. Какие задачи метрологии охватывает понятие «единство измерений»?

3. Какими документами регламентируется деятельность по обеспечению единства измерений?

4. Каким образом достигается тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины?
5. Каким образом осуществляется воспроизведение основной единицы?
6. Что является технической основой обеспечения единства измерений?
7. Совпадает ли перечень существующих эталонов и перечень принятых ФВ?
8. Какими признаками должен обладать эталон? Поясните суть этих признаков.
9. Перечислите основные виды эталонов. В чем состоит их различие?
10. Какие эталоны являются высшим звеном эталонной базы страны?

Тема 6. Средства измерений.

1. Дайте определение понятия «средство измерений» и определите, в чем заключается метрологическая сущность СИ.
2. Поясните, что такое элементарные СИ и приведите примеры таких СИ.
3. Поясните, чем СИ отличается от измерительного преобразователя.
4. Определите отличия и сходства между измерительным преобразователем, устройством сравнения и мерой.
5. Из каких блоков состоит обобщенная структурная схема СИ.
6. Запишите в общем виде выражение для выходного сигнала. Поясните качественные отличия параметров выходного сигнала.
7. Проведите классификацию СИ по роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений и по уровню автоматизации.
8. Проведите классификацию СИ по роли в процессе измерения и выполняемым функциям.
9. Как называются характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности?
10. Перечислите основные группы нормируемых метрологических характеристик СИ.
11. Поясните, что такое класс точности СИ.
12. Является ли класс точности СИ непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим СИ?
13. Что такое динамический диапазон измерения?
14. Может ли средство измерения иметь несколько классов точности?
15. Что такое отказ? Поясните различия между различными видами отказов: неметрологическими, метрологическими, внезапными, постепенными.

Тема 7. Основы стандартизации

1. Дайте определение термину «стандартизация».
2. Назовите общие цели стандартизации.
3. Приведите определение аспекта стандартизации.
4. Назовите 5 аспектов стандартизации конкретной продукции.
5. Какие можно выделить уровни стандартизации?
6. При стандартизации на каком уровне участие открыто для любой страны?
7. Какой уровень стандартизации используется в одном государстве?
8. Что такое предварительный стандарт?
9. Какая организация принимает регламент?
10. Назовите три вида стандартизации.

Тема 8. Основы сертификации

1. Основные понятия, цели и объекты сертификации.
2. История развития сертификации.
3. Обязательная сертификация.
4. Добровольная сертификация
5. Отличительные признаки обязательной (ОС) и добровольной (ДС) сертификации.

1. Критерии оценивания компетенций (в соответствии с результатами освоения дисциплины)

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Описание шкалы оценивания

Текущий контроль

Промежуточная аттестация в форме экзамена (3 семестр) предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу и выполнить практические работы по темам дисциплины.

В экзаменационный билет включаются два вопроса для проверки знаний студента и одно задание для проверки практических навыков по разработке технологического процесса.

Для подготовки по билету отводится 40 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность и четкость ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} ,	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими	

ИД-2 _{ПК-3}	темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Оценочные средства для контрольной работы

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

Структура работы:

1. Расчёт посадок гладких цилиндрических соединений.
2. Расчёт посадок шпоночных соединений.
3. Расчёт посадок подшипников качения.
4. Расчёт посадок шлицевых соединений.
5. Расчёт посадок резьбовых соединений.

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части
Знать	Методику определения предельных размеров и допусков деталей, величин зазоров (натягов), допусков посадок.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}
Уметь	Привести эскизы соединений в собранном виде и отдельно деталей с указанием шероховатости сопрягаемых поверхностей.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}
Владеть	Методикой обозначения на эскизах полей допусков и посадок тремя способами: условным, числовым и смешанным.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}

Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации, ГОСТ 2.001 – 2013; ГОСТ 2.123 – 93 и выполняется в одной из систем автоматизированного проектирования.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент показал глубокое, прочное и аргументированное освоение программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт последовательно, четко и логически стройно, в полном исчерпывающем объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, не допущено при ответе ошибок. Работа выполнена и правильно оформлена в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент показал твердое знание программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт грамотно и по существу, в достаточно полном объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, допущены при ответе отдельные неточности или одна ошибка. Работа выполнена и правильно оформлена в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент показал знание только основной части учебного материала без его частных деталей, при этом поставленный вопрос раскрыт с нарушением логической последовательности, не в полном объеме; были допущены неточные формулировки основных категорий, понятий и терминов учебного курса, а также ошибки (не более двух) или ряд незначительных неточностей, не искаживших существенно суть ответа. Работа выполнена и правильно оформлена в соответ-

ствии с требованиями единой системы конструкторской документации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки (более двух), существенно исказившие его суть. Оценка неудовлетворительно выставляется также, если отсутствует ответ на вопрос, либо студент отказался его сдавать. Работа не выполнена.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контрольная работа оформляется в соответствии с требованиями ГОСТов, ЕСКД и других стандартов и нормативных документов к текстовым документам и должно состоять из титульного листа, содержания, введения, последующих листов пояснительной записки и заканчиваться списком литературы, использованной студентом при выполнении работы. Все таблицы, схемы, рисунки, формулы и эскизы должны иметь наименование и нумерацию. При использовании справочной литературы необходима ссылка на нее.

Студент допускается к защите, если контрольная работа выполнена, верно и оформлена согласно требованиям ГОСТов. Защита проходит в форме собеседования по теме контрольной работы. Принимает ведущий преподаватель.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

**Задания для групповых творческих работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для проведения практического за-
нятия по теме: «Построение полигона распределения»**

Групповые творческие задания:

Базовый уровень.

1. Представить выборку результатов измерений в виде вариационного ряда.
2. Разбить выборку значений на интервалы.
3. Определить среднее арифметическое значение выборки.
4. Определить среднее квадратическое значение выборки.
5. Построить полигон распределения.

Повышенный уровень.

6. Ответить на вопросы.

1. Что такое вариационный ряд?
2. Как определить величину интервала?
3. Как определить среднее арифметическое?
4. Как определить среднее квадратическое?

**Задания для групповых творческих работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для проведения практического за-
нятия по теме: «Определение наличия в результатах измерения грубой погрешно-
сти»**

Групповые творческие задания:

Базовый уровень.

1. Проверка по критерию "3 σ ".
2. Проверка по критерию Смирнова " β ".
3. Проверка по критерию Романовского.
4. Проверка по критерию Ирвина.
5. Проверка по критерию вариационного размаха.
6. Проверка по критерию Диксона.

Повышенный уровень.

Ответьте на вопросы.

- 7.1 Что называют грубой погрешностью измерений?
- 7.2 Источники грубых погрешностей.
- 7.3 Методы устранения грубых погрешностей.
- 7.4 Критерии определения грубых погрешностей.

**Задания для групповых творческих работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для проведения практического за-
нятия по теме: «Исключение систематических погрешностей измерений»**

Групповые творческие задания:

Базовый уровень.

1. Результаты измерений выборки представить графически в координатах «порядковый номер наблюдения-результаты наблюдений».
2. Определить модуль переменной составляющей систематической погрешности.
3. Внести исправления, получить новую последовательность результатов.

Повышенный уровень.

4. Ответьте на вопросы.

- 4.1 Какие погрешности измерений называются систематическими?

- 4.2 Факторы, влияющие на величину систематических погрешностей.
- 4.3 Причины возникновения систематических погрешностей.
- 4.4 Классификация систематических погрешностей.

**Задания для групповых творческих работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для проведения практического за-
нятия по теме: «Определения статистических функций распределения»**

Групповые творческие задания:

Базовый уровень.

- 1. Определить среднеарифметическое $\bar{a}$ и среднеквадратическое отклонения.
- 2. Определить дифференциальную функцию.
- 3. Определить значения нормальной функции распределения.
- 4. Определить значения статистической функции распределения.

Повышенный уровень.

5. Ответьте на вопросы.

- 5.1 Что называется статистической функцией распределения случайной величины X?
- 5.2 Что называется частотой события выборки?
- 5.3 Как определяют координаты эмпирической кривой функции распределения?
- 5.4 Как определяют координаты теоретической кривой функции распределения?

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент показал глубокое, прочное и аргументированное освоение программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт последовательно, четко и логически стройно, в полном исчерпывающем объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, не допущено при ответе ошибок

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент показал твердое знание программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт грамотно и по существу, в достаточно полном объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, допущены при ответе отдельные неточности или одна ошибка

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент показал знание только основной части учебного материала без его частных деталей, при этом поставленный вопрос раскрыт с нарушением логической последовательности, не в полном объеме; были допущены неточные формулировки основных категорий, понятий и терминов учебного курса, а также ошибки (не более двух) или ряд незначительных неточностей, не искаживших существенно суть ответа

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки (более двух), существенно искажившие его суть. Оценка неудовлетворительно выставляется также, если отсутствует ответ на вопрос, либо студент отказался его сдавать

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
---	--

Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3}.

Для выполнения задания по дисциплине необходимо использовать практикум по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки – Технология машиностроения).

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- аккуратность оформления.

При защите работы оцениваются:

- четкость и выразительность изложения доклада;
- умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы;
- правильность ответов на вопросы;
- связь проекта с производственным опытом;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	последовательность и рациональность выполнения	
	точность расчетов	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	аккуратность оформления	
	четкость и выразительность изложения доклада	
	умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы	
	правильность ответов на вопросы	
	связь проекта с производственным опытом	
	инициативность в поиске информации	

Задание на мастер-класс по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

1. Тема «Проверка годности изделия по размеру физической величины»

Цель работы: изучить понятия и методику оценки годности изделия по размеру физической величины.

2. Подготовка занятия. За несколько дней до занятия выбрать группу инициативных студентов (2 человека) и назначить их контролерами ОТК. Студентам в процессе под-

готовки к занятиям следует изучить понятие о современном подходе к оценке годности изделия по отдельному конструктивному параметру.

3. Информация, позволяющая правильно понять развитие событий. В процессе подготовки к мастер-классу студенты знакомятся с основными понятиями и определениями международной системы «Допусков и посадок». В процессе занятия студенты учатся пользоваться справочной литературой, чертить схемы распределения параметров.

Вступление. Начало занятий.

Контролерам сделать доклады по подготовленному материалу, в результате чего остальные студенты получают основные сведения о современном подходе к оценке годности изделия по отдельному конструктивному параметру.

Основная часть.

Выдать студентам детали для контроля.

Контролерам следить за правильностью выполнения работы обучающимися.

Преподаватель должен оценить действия каждого студента при проведении занятия, проверить отчеты.

4. Задания для проведения мастер-класса

Базовый уровень

1. Сделать эскиз заданной преподавателем детали.
2. Измерить заданные размеры при помощи штангенциркуля и нанести их на эскиз.
3. Найти значения предельных отклонений по условиям, заданным преподавателем.
4. По найденным номинальному размеру и предельным отклонениям определить предельные размеры физической величины.
5. При помощи микрометра найти действительный размер физической величины.
6. Сделать заключение о годности размера физической величины
7. Определить допуск размера физической величины.
8. Построить схемы полей допусков размеров физической величины согласно полученным результатам.

Повышенный уровень

9. Ответить на вопросы
 - 9.1. Как определять предельные отклонения размеров?
 - 9.2. Как определяются предельные размеры?
 - 9.3. По какому условию делается заключение о годности размера?
 - 9.4. Принцип построения полей допусков.

5. Ожидаемые результаты. Изучение студентами понятия и методики оценки годности изделия по размеру физической величины, приобретение практических навыков по теме.

6. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он безошибочно умеет применять контрольно-измерительную и испытательную технику для контроля качества продукции и технологических процессов. Безошибочно умеет обрабатывать и представлять результаты технических измерений. Индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3} освоены на повышенном уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он с незначительными ошибками умеет применять контрольно-измерительную и испытательную технику для контроля качества продукции и технологических процессов. Хорошо умеет обрабатывать и представлять результаты технических измерений. Индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3} освоены на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляются студенту, если он с подсказками преподавателя и незначительными ошибками умеет применять контрольно-измерительную и испытательную технику для контроля качества продукции и технологических процессов. С ошибками умеет обрабатывать и представлять результаты технических измерений. Индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3} частично освоены на базовом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляются студенту, если он с грубыми ошибками умеет применять контрольно-измерительную и испытательную технику для контроля качества продукции и технологических процессов. Не умеет обрабатывать и представлять результаты технических измерений. Индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3} не освоены.

7. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

8. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить индикаторы компетенций: ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3}.

Для выполнения задания по дисциплине необходимо использовать практикум по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки – Технология машиностроения).

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- правильность выполнения графической части;
- аккуратность оформления.

При защите работы оцениваются:

- четкость и выразительность изложения доклада;
- умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы;
- правильность ответов на вопросы;
- связь проекта с производственным опытом;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	последовательность и рациональность выполнения	
	точность расчетов	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	правильность выполнения графической части	
	аккуратность оформления	
	четкость и выразительность изложения доклада	
	умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы	
	правильность ответов на вопросы	
	связь проекта с производственным опытом	
	инициативность в поиске информации	

Тесты

Паспорт фонда тестовых заданий

№ п/п	Проверяемые темы дисциплины	Проверяемые компетенции	Тип теста*			
			зф ¹	оф ²	ус ³	пп ⁴
1	Основы метрологии. Основные термины и определения.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	27	4		
2	Основные понятия о взаимозаменяемости и точности в машиностроении.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	26	4	1	
3	Единая система допусков и посадок в машиностроении.	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	11	3	1	
4	Систематические погрешности. случайные погрешности	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	13	1		
5	Единство измерений. эталоны единиц физических величин	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	21	2		
6	Средства измерений	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	16			
7	Основы стандартизации	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	11	1		
8	Основы сертификации	ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3}	24	1		
	Всего	167	149	16	2	

* отметить тип теста «+»

¹ задания закрытой формы (с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора вариантов);

² задания открытой формы (ответ формулируется самостоятельно);

³ задания на установление соответствия (с установлением правильного соответствия между элементами двух представленных множеств);

⁴ задания на установление правильной последовательности (с указанием правильного порядка перечисленного набора элементов).

Тесты

Тема 1. Основы метрологии. Основные термины и определения

I:

S: Измеряемой величиной называется

-: физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1

+: некоторое свойство объекта, которое необходимо выразить вполне определенно

-: совокупность основных и производных единиц

-: значение величины, полученное в результате изменений

I:

S: Не является основной единицей в Международной системе единиц (СИ)

-: кельвин

-: кандела

+: ньютон

-: моль

I:

S: Дополнительной единицей в Международной системой единиц (СИ) является

-: градус

+: радиан

-: процент

-: промилле

I:

S: Обеспечение достоверности и сопоставимости результатов однородных измерений называется

+: единство измерений

-: сопоставимость измерений

-: сходимость измерений

-: точность измерений

I:

S: Международное обозначение секунды в системе СИ

-: *M*

+: *T*

-: L

-: N

I:

S: Заряженный конденсатор обладает энергией $W = \frac{CU^2}{2}$. Зная, что размерность напряжения U равна $L^2MT^{-3}I^{-1}$, а размерность емкости C равна $L^{-2}M^{-1}T^4I^2$ размерность W будет

-: TI

+: L^2MT^{-2}

-: $L^{-4}M^{-2}T^2I^{-2}$

-: $L^4M^2T^{-2}I^2$

I:

S: Мощность определяется по уравнению $P = \frac{F \cdot l}{t}$, где действующая сила $F = ma$, m — масса, a — ускорение, l — длина плеча приложения силы, t — время приложения силы. Тогда размерность мощности P будет

-: $L M^2 T^{-2}$

+: $L^2 M T^{-3}$

-: $L^2 M^{-2} T^{-4}$

-: $L^{-2} M^2 T^3$

I:

S: Производной единицей физической величины в системе СИ будет

-: кандела

-: кельвин

+: ньютон

-: моль

I:

S: Показатели состава и структуры измеряются

-: шт./мин

-: m^2

-: мм

+: в долях от единицы

I:

S: Не определяется измерительным методом такой показатель качества как

-: масса изделия

-: число оборотов двигателя

-: скорость транспортных средств

+: число отказов при эксплуатации изделий

I:

S: Логарифмические уровни вибростойкости в октавных полосах частот измеряются в

- : ньютон
- : паскаль
- : джоуль
- +: децибел

I:

S: ### – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

- +: Метрология
- +: метрология

I:

S: Регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в России, в соответствии с Конституцией РФ осуществляет

- : закон «Об обеспечении качества измерений»
- : закон «О неотвратимости проведения измерений»
- +: закон «Об обеспечении единства измерений»
- : указ президента РФ

I:

S: Дисциплинарная ответственность за нарушение метрологических правил и норм определяется

- +: решением администрации (организации)
- : собранием трудового коллектива
- : постановлением Правительства округа
- : решением суда

I:

S: Гражданско-правовая ответственность наступает в ситуациях, когда в результате нарушений метрологических правил

- +: причинен имущественный или иной ущерб
- : имеются признаки состава преступления, предусмотренные УК РФ
- : снизилась производительность продукции
- : нарушитель не признал свою вину

I:

S: ### – совокупность операций по применению системы измерений для получения значения измеряемой величины.

- +: Измерение
- +: измерение

I:

S: По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения методы измерений подразделяются на:

- + : статические
- : мгновенные
- + : динамические
- : длительные

I:

S: Основным уравнением численных измерений (где Q — измеренная величина; $[Q]$ — единичный размер измерения; N — число размерных единиц) является

$$- : Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$$

$$- : Q = \frac{\sum_{i=1}^n [Q_i]}{n}$$

$$+ : Q = N[Q]$$

$$- : Q = \frac{\sum_{i=1}^n N_i [Q]}{n}$$

I:

S: Измерения, результат которых получается непосредственно из опытных данных называются

- : косвенными
- : совокупными
- + : прямыми
- : совместными

I:

S: Одновременные измерения двух или нескольких неоднородных величин для установления зависимости между ними называются

- : совокупными
- : косвенными
- + : совместными
- : прямыми

I:

S: Метод измерения, по которому измеряемая величина сравнивается с известной базовой или эталонной величиной, т.е. с мерой называется

- + : сравнения

- : непосредственной оценки
- : противопоставления
- : дифференциальным

I:

S: Метод измерения, в котором измеряемая величина уравнивается с соответствующей мерной величиной называется

- +: противопоставления
- : сравнения
- : непосредственной оценки
- : дифференциальным

I:

S: Измерения не классифицируют по признакам

- : по точности измерений
- : по числу измерений
- : по форме выражения результата измерений
- +: по безопасности

I:

S: Измерение одного и того же размера, результат которого получают из нескольких последовательных измерений называется

- : однократным
- : неравноточным
- : равноточным
- +: многократным

I:

S: Измерение, которое связано с использованием единиц физических величин называется

- : динамическим
- : производственным
- +: техническим
- : экономическим

I:

S: Измерение с помощью эталонов для передачи их размера техническим средствам измерений называется

- : техническим
- : производственным
- +: метрологическим
- : динамическим

I:

S: Измерение физического размера с использованием основных натуральных единиц измерений и (или) значений физических констант называется

- : метрологическим
- : производственным
- +: абсолютным
- : техническим

I:

S: Метод установления определенной последовательности рассматриваемых размеров называется

- : упорядочиванием
- : систематизацией
- +: ранжированием
- : классификацией

I:

S: Шкала, полученная ранжированием рядов размеров называется

- : интервалов
- : отношений
- +: порядка
- : нулевой

I:

S: ### измеряемой величины является качественной ее характеристикой и обозначается символом $\dim$, происходящим от слова dimension

- +: Размерность
- +: размерность

I:

S: ### измеряемой величины является количественной ее характеристикой

- +: Размер
- +: размер

Тема 2. Основные понятия о взаимозаменяемости и точности в машиностроении

I:

S: Взаимозаменяемость не обеспечивается по

- : по геометрическим параметрам
- : по кинематическим параметрам
- : по механическим свойствам материала детали
- +: по надежности

I:

S: Взаимозаменяемость может быть неполной по

- : по кинематическим параметрам
- : по механическим свойствам материала детали
- +: по геометрическим параметрам
- +: по размерам и форме деталей

I:

S: Принцип взаимозаменяемости экономически обосновано применять

В

- : единичном производстве
- : мелкосерийном производстве
- +: серийном и массовом производстве
- : индивидуальном производстве

I:

S: Различают следующие виды взаимозаменяемости:

- : обязательная
- : возможная
- +: полная
- +: неполная

I:

S: Неполная взаимозаменяемость может быть:

- : обязательной и необязательной
- +: размерной и параметрической
- +: внешней и внутренней
- : опорной и базовой

I:

S: Степень приближения действительного размера к заданному называется

- : допуском размера
- : отклонением размера
- : значением размера
- +: точностью размера

I:

S: Погрешность размера (параметра), при которой сохраняется работоспособность изделия называется

- : максимальной погрешностью
- : предельной погрешностью
- : действительной погрешностью

+: допустимой погрешностью

I:

S: Допуск обозначается буквой

-: R

-: D

-: G

+: T

I:

S: ### – разность между приближенным значением некоторой величины и ее точным значением

+: Погрешность

+: погрешность

I:

S: Геометрическую точность элемента детали не характеризует точность

-: размера

-: формы поверхности

-: взаимного расположения поверхностей элементов детали

+: размера зерна материала детали

I:

S: Основным документом по нормированию требований к точности является

+: стандарт

-: справочник технолога

-: распоряжение администрации организации

-: Устав предприятия

I:

S: ### – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.д.) в выбранных единицах измерения (мм).

+: Размер

+: размер

I:

S: Размер, относительно которого определяются отклонения это

-: допускаемый

-: припуск

+: номинальный

-: действительный

I:

S: Различают три основных вида размеров

+: охватываемые

+: охватывающие

-: открытые

+: полуоткрытые

I:

S: В обозначениях размеров деталей используются буквы латинского алфавита, для охватываемых размеров применяют

+: строчные буквы (a, b, c, d....)

-: прописные буквы (A, B, C, D...)

-: как строчные, так и прописные буквы

-: не применяют буквы латинского алфавита

I:

S: Размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью это

-: номинальный размер

+: действительный размер

-: точный размер

-: предельный размер

I:

S: ### – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами отверстия или вала

+: Допуск

+: допуск

+: Допускаемое отклонение

+: допускаемое отклонение

+: Поле допуска

I:

S: Соответствие наименований и обозначений

L1: верхнее отклонение отверстия

L2: нижнее отклонение отверстия

L3: верхнее отклонение вала

L4: нижнее отклонение вала

R1: ES

R2: EI

R3: es

R4: ei

I:

S: Значение допуска всегда

- : отрицательное
- : положительное или отрицательное
- : равно нулю
- +: положительное

I:

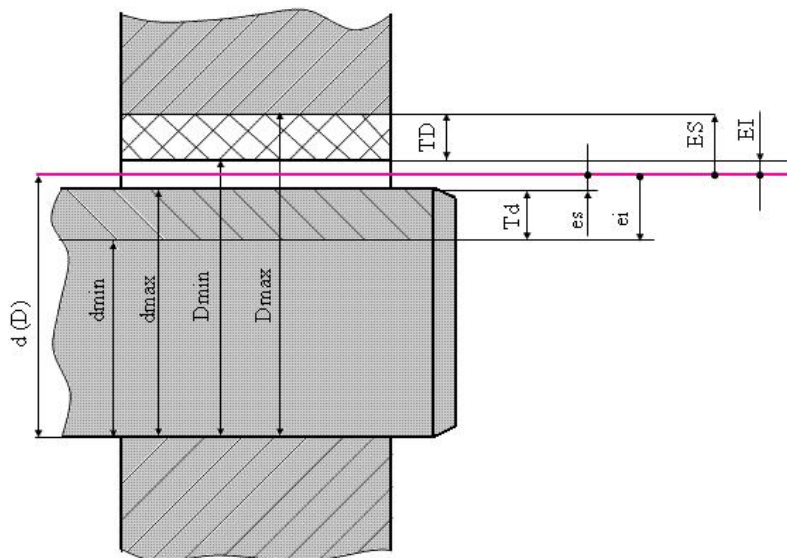
S: Линия, соответствующая номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок это

- : нормальная линия
- +: нулевая линия
- : отсчетная линия
- : допускаемая линия

I:

S: На схеме показано условно

- +: соединение вала и втулки с зазором
- : соединение вала и втулки с натягом
- : соединение вала и втулки по переходной посадке



I:

S: ### - характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки

- +: Посадка
- +: посадка

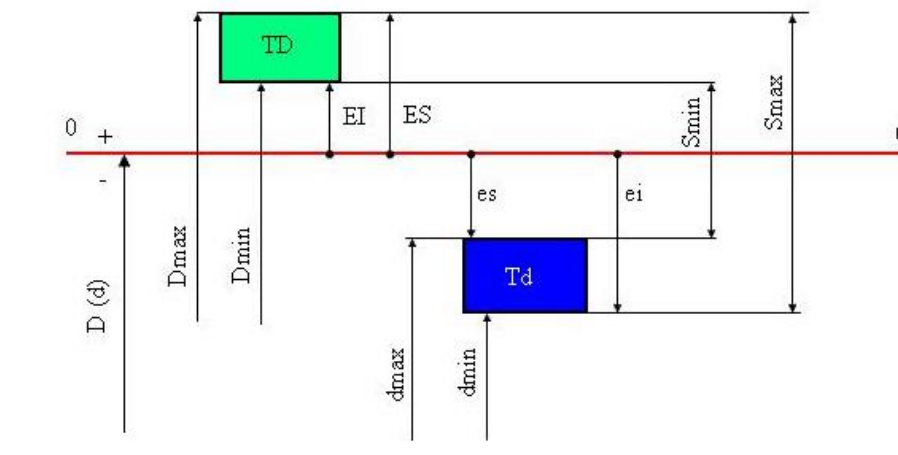
I:

S: На рисунке схематическое изображение

- : посадки с натягом
- : переходной посадки

+: посадки с зазором

-: прессовой посадки



I:

S: Разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия это

-: зазор

+: натяг

-: допуск

-: припуск

I:

S: Разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором это

-: наибольший натяг

-: наименьший натяг

+: наибольший зазор

-: наименьший зазор

I:

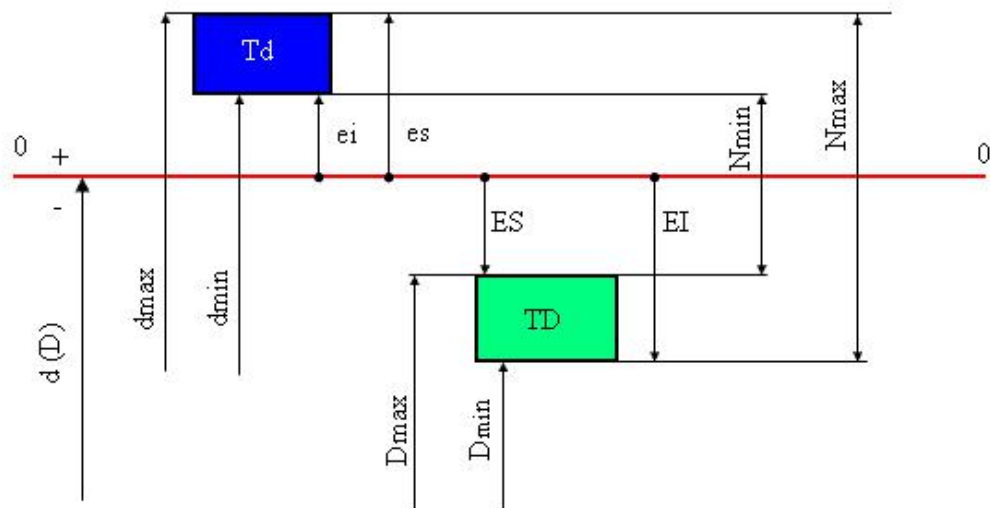
S: На рисунке схематическое изображение

+: посадки с натягом

-: переходной посадки

-: посадки с зазором

-: прессовой посадки



I:

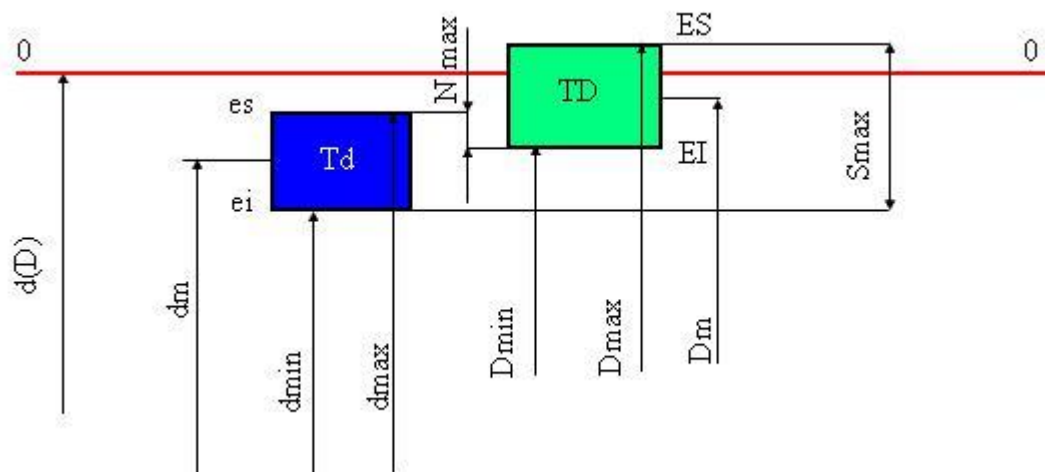
S: Как правило, соединение с натягом работает

- + : при упругих деформациях
- : при пластических деформациях
- : без деформаций
- : при высоком коэффициенте трения

I:

S: На рисунке схематическое изображение

- : посадки с натягом
- + : переходной посадки
- : посадки с зазором
- : прессовой посадки



I:

S: Отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю это

- + : основное отверстие
- : малое отверстие
- : нулевое отверстие

-: нижнее отверстие

I:

S: Посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия это

-: посадки в системе вала

+: посадки в системе отверстия

-: посадки в ЕСКД

-: разрешенные посадки

Тема 3. Единая система допусков и посадок в машиностроении

I:

S: Закономерно построенная совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров деталей, также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения это

+: система допусков и посадок

-: система припусков и посадок

-: система допусков и отклонений

-: система посадок и отклонений

I:

S: Не является основным признаком системы допусков и посадок

-: интервалы размеров

-: ряды точности

-: нормальная температура

+: интервалы напусков

I:

S: Знаменатель геометрической прогрессии ($n = 5, 10, 20, 40$ и 80 — номера рядов чисел, не ограниченных как в большую, так и в меньшую сторону) определяется по формуле

$$-: \sqrt[n]{n}$$

$$-: \sqrt[n]{n}$$

$$+: \sqrt{10n}$$

$$: \sqrt[n]{10}$$

I:

S: ### допуска (i) — мера, характеризующая сложность изготовления детали зависимости от ее размера

+: Единица

+: единица

I:

S: В зависимости от величины единицы допуска рассчитывается значение

- : размера
- +: допуска
- : припуска
- : поля рассеивания

I:

S: ### (степень точности, в ОСТ – класс точности) – это совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров

- +: Квалитет
- +: квалитет

I:

S: International Tolerance (международный допуск, соответствующий 8 квалитету

- +: IT8
- : 8IT
- : I8T
- : ITVIII

I:

S: Нормируемые отклонения, ближайшие к нулевой линии это

- : базовые отклонения
- +: основные отклонения
- : номинальные отклонения
- : нулевые отклонения

I:

S: Основные отклонения H и h

- +: равны нулю
- : больше нуля
- : меньше нуля
- : больше или равны нулю

I:

S: Основные отклонения валов от a до h используют для получения посадок с зазором в системе

- +: отверстия
- : вала
- : эллипса

-: номинала

I:

S: Между этими рядами существуют следующие соотношения

L1: IT12

L2: IT14

L3: IT16

L4: IT17

R1: класс «точный» (t1)

R2: класс «средний» (t2)

R3: класс «грубый» (t3)

R4: класс «очень грубый» (t4)

I:

S: Для контроля гладких цилиндрических изделий типа валов и втулок широко применяют предельные гладкие ###

+: калибры

I:

S: Калибры для отверстий называются

+: пробками

-: скобами

-: калибровочными валами

-: валиками контрольными

I:

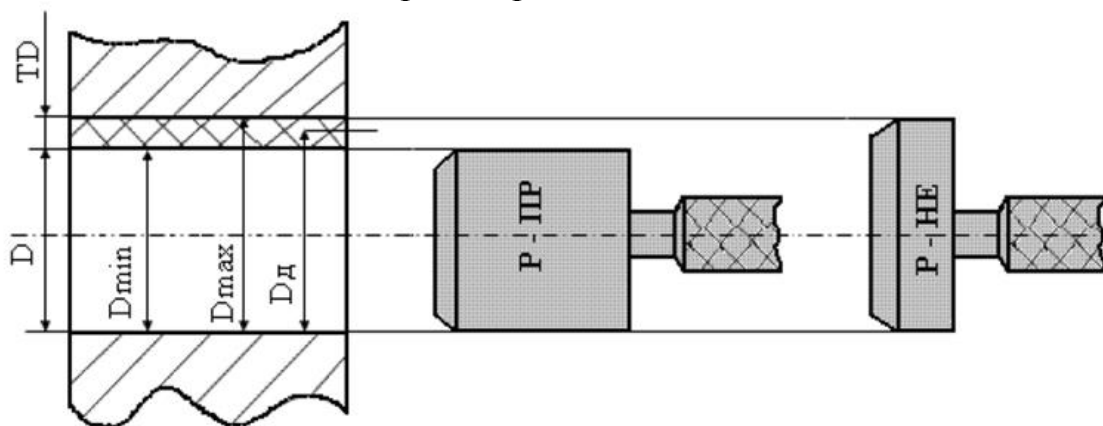
S: На рисунке схема контроля

+: диаметра отверстия калибрами-пробками

-: диаметра вала калибрами-пробками

-: диаметра отверстия калибрами-скобами

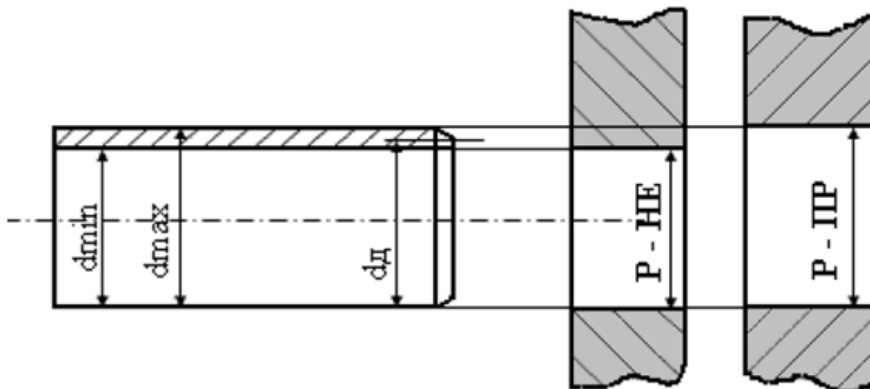
-: шпоночного паза калибрами-пробками



I:

S: На рисунке схема контроля

- : диаметра отверстия калибрами-пробками
- +: диаметра вала калибрами-кольцами
- : диаметра вала калибрами-пробками
- : шпоночного паза калибрами-шпонками



Тема 4. Систематические погрешности. Случайные погрешности

I:

S: Погрешности изготовления (x — заданное значение размера (параметра), x_i — действительное значение того же размера (параметра)) определяются по формуле

$$-: \Delta x_i = x_i + x$$

$$-: \Delta x_i = x_i \cdot x$$

$$+: \Delta x_i = x_i - x$$

$$-: \Delta x = \frac{x_i}{x}$$

I:

S: Не предусмотрен тип погрешностей изготовления такой как

- : случайные
- : систематические
- : грубые
- +: вероятностные

I:

S: Ошибками настройки приборов могут быть вызваны погрешности

- : вероятностные
- : случайные
- : грубые
- +: систематические

I:

S: Учесть и даже устранить можно влияние на результаты обработки и измерений погрешностей

- + : систематических
- : вероятностных
- : случайных
- : грубых

I:

S: Упрощениями кинематических схем передаточных механизмов могут быть вызваны погрешности

- + : систематические
- : вероятностные
- : случайные
- : грубые

I:

S: Примерно одинаковым воздействием большого числа независимых друг от друга факторов обусловлено появление погрешностей

- + : случайных
- : систематических
- : вероятностных
- : грубых

I:

S: Непрерывно возрастающие или убывающие погрешности это

- : постоянные погрешности
- + : прогрессивные погрешности
- : периодические погрешности
- : непредвиденные погрешности

I:

S: Постоянные инструментальные систематические погрешности обычно выявляют посредством

- + : поверки средства измерения
- : аналитических расчетов
- : поверки измеряемой детали
- : замены субъекта измерения

I:

S: Границы неисключенной систематической погрешности при числе слагаемых $N \leq 3$ вычисляют по формуле

$$- : \Theta = \pm K \sqrt{\sum_{i=1}^N \Theta_i^2}$$

$$+ : \Theta = \pm \sum_{i=1}^N |\Theta_i|$$

$$-: L = x_{\max} - x_{\min} .$$

$$-: k = 1 + 3,3 \lg n$$

I:

S: ### погрешности являются результатом одновременного воздействия на измеряемую величину многих случайных возмущений

+: Случайные

+: случайные

I:

S: В аналитической форме нормальный закон распределения выражается формулой

$$-: \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n-1}} .$$

$$+: f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma^2} \right],$$

$$-: \Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$-: F(t) = 0,5 + \Phi(t).$$

I:

S: Погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда это

-: случайная погрешность

-: исправимая погрешность

+: грубая погрешность

-: результирующая погрешность

I:

S: Для результатов измерений, распределенных по нормальному закону, применяется

+: критерий «трех сигм»

-: критерий «четырёх сигм»

-: критерий нормальной точности

-: критерий «пяти сигм»

I:

S: Измерения, которые проводятся средствами измерений одинаковой точности по одной и той же методике при неизменных внешних условиях называются

- + : равноточными
- : методичными
- : неизменными
- : совокупными

Тема 5. Единство измерений. Эталоны единиц физических величин

I:

S: Организационное обеспечение единства измерений осуществляет

- : Государственная дума РФ
- + : Государственный комитет стандартизации РФ
- : Правительство РФ
- : Центры метрологии, стандартизации и сертификации

I:

S: Технической базой для единства измерений является

- : система стандартов
- + : система хранения эталонов
- : система сертификации
- : система единиц физических величин

I:

S: В функции Государственного метрологического контроля РФ не входит

- : утверждение типа средств измерений
- + : надзор за выпуском, состоянием и применением средств измерений
- : поверка средств измерений, в том числе эталонов
- : лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений

I:

S: Функцией Государственного метрологического контроля РФ из перечисленных является

- : надзор за выпуском, состоянием и применением средств измерений
- + : утверждение типа средств измерений
- : надзор за аттестованными методиками выполнения измерений
- : надзор за соблюдением метрологических правил и норм

I:

S: Не входит в цели Федерального закона "Об обеспечении единства измерений"

- : установление правовых основ обеспечения единства измерений в РФ
- +: применение и исполнение на добровольной основе требований к продукции и процессам проектирования
- : защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений
- : содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу

I:

S: Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений не распространяется на

- : единицы величин
- +: образцовые меры величин
- : эталоны единиц величин
- : стандартные образцы

I:

S: Совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с выбранным принципом называется

- : принципом измерения
- : методикой измерения
- +: методом измерения
- : целью измерения

I:

S: Порядок утверждения, содержания, сличения и применения государственных первичных эталонов единиц величин устанавливается

- : Президентом Российской Федерации
- : Государственной думой Российской Федерации
- : Госстандартом Российской Федерации
- +: Правительством Российской Федерации

I:

S: Стандартные образцы характеристик состава или свойств веществ (материалов) не используются для

- : воспроизведения
- : хранения
- : передачи
- +: обеспечения

I:

S: В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений применяются стандартные образцы

- +: утвержденные

- : рабочие
- : номинальные
- : калиброванные

I:

S: Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений не осуществляет

- +: калибровку средств измерений
- : поверку средств измерений
- : метрологическую экспертизу
- : аттестацию методик (методов) измерений

I:

S: Операция установления образца, принимаемого за эталон и, соответствующего лучшим научно-техническим достижениям на данный период времени называется

- : установлением главного образца
- +: установлением базового образца
- : установлением экспертного образца
- : установлением качественного образца

I:

S: Вторичным эталоном не являются

- : эталоны копии
- : рабочие эталоны
- +: государственные эталоны
- : эталоны сравнения

I:

S: Первичным эталоном является эталон

-: обеспечивающий постоянство размера единицы физической величины во времени

+: воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью

- : изготовленный впервые в мире
- : изготовленный впервые в стране

I:

S: Существенным признаком эталона не является

- : неизменность
- : сличаемость
- +: конкурентоспособность
- : воспроизводимость

I:

S: Для передачи единиц величин средствам измерений, техническим системам и устройствам с измерительными функциями необходимо пользоваться

- : образцовыми мерами
- : рабочими средствами измерений
- +: эталонами единиц величин
- +: стандартными образцами

I:

S: Совокупность операций по материализации единицы ФВ с помощью государственного эталона это

- : изменение единицы физической величины
- +: воспроизведение единицы физической величины
- : стандартизация единицы физической величины
- : унификация единицы физической величины

I:

S: ### – средство измерений (или их комплекс), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке

- +: Эталон
- +: эталон

I:

S: Получают размер единицы, как правило, от вторичного эталона и служат для передачи размера единиц другим рабочим эталонам меньшей точности) и рабочим средствам измерений это

- +: рабочие эталоны
- : первичные эталоны
- : третичные эталоны
- : государственные эталоны

I:

S: Обеспечение правильной передачи размера единиц физической величины во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством ### схем

- +: поверочных

I:

S: Для оценки погрешности измерения в производственных условиях действительный размер сравнивают с

- +: полученным более точным средством измерения

- : эталоном
- : полученным менее точным средством измерения
- : не сравнивают

I:

S: Предпочтительными при проведении испытаний продукции на качество являются методы

- +: неразрушающие
- : динамические
- : косвенные
- : относительные

I:

S: Если значение контролируемого параметра изделия, полученное при измерении, находится между предельными допускаемыми значениями, то вывод следует

- : неисправимый брак
- +: годен
- : исправимый брак
- : качественно

Тема 6. Средства измерений (СИ)

I:

S: Шкала, на которой фиксируются отличия (разница), сопоставляемых размеров называется шкалой

- : порядка
- +: интервалов
- : отношений
- : нулевой

I:

S: Шкала, которая используется для классификации эмпирических объектов, свойства которых проявляются только в отношении эквивалентности это шкала

- : отношений
- +: наименований
- : интервалов
- : порядка

I:

S: Шкала Мооса для определения твердости минералов относится к шкале

- +: порядка

- : абсолютной
- : интервалов
- : отношений

I:

S: Температурные шкалы относятся к шкалам

- +: интервалов
- : порядка
- : абсолютной
- : отношений

I:

S: Отказы прибора подчиняются закону распределения $P(T) = 1 - \lambda T$. Параметр потока отказов прибора $\lambda = 0,001$ 1/ч. Вероятность того, что прибор не откажет за 100 часов работы составляет

- : 0,85
- +: 0,9
- : 0,99
- : 0,1

I:

S: Для определения действительных значений геометрических параметров необходимы

- : средства контроля
- : специальные приспособления
- +: измерительные средства
- : универсальные приспособления

I:

S: По роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений, СИ делятся на:

- : объединяющие
- : постоянные
- +: метрологические
- +: рабочие

I:

S: Характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности называются

- : случайными
- : постоянными
- : контрольными
- +: метрологическими

I:

S: Обобщенная характеристика СИ, выражаемая пределами допускаемых значений его основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность это

- : порядок точности
- +: класс точности
- : уровень точности
- : предел точности

I:

S: Отказ, обусловленный причинами, не связанными с изменением метрологических характеристик средства измерений называется

- : метрологическим
- +: неметрологическим
- : организационным
- : случайным

I:

S: Если значение контролируемого параметра вала, полученное при измерении, меньше наименьшего допускаемого значения, то это

- : исправимый брак
- : годен
- +: неисправимый брак
- : некачественно

I:

S: Числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения это

- : величина
- : показатель
- : единица измерения
- +: размер

I:

S: К размеру не относится определение

- +: показательный
- : номинальный
- : действительный
- : предельный

I:

S: Значения физических величин, идеальным образом отражающие свойства данного объекта, как в количественном, так и в качественном отношении называются

- + : истинные
- : действительные
- : номинальные
- : предельные

I:

S: Приближенные оценки значений величин, найденные путем измерения называются

- : итоги измерений
- + : результаты измерений
- : выводы измерений
- : этап измерений

I:

S: Базой для нормальных линейных размеров являются

- : расчеты
- + : предпочтительные числа
- : измерения
- : испытания

Тема 7. Основы стандартизации

I:

S: ### – это деятельность по установлению норм, правил и характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых

- + : Стандартизация
- + : стандартизация

I:

S: Количественная оценка качества осуществляется по показателям

- : всем возможным
- + : наиболее значимым
- : выбранным интуитивно
- : заданным

I:

S: Основное требование предъявляется к производителям при оценке качества продукции

- : низкая цена
- + : соответствие продукции требованиям нормативных документов
- : высокая производительность
- : современный внешний вид

I:

S: Несколько различных образцов, имеющих одинаковые или близкие значения классификационных показателей качества называются

- : выборкой аналогов
- : системой аналогов
- +: группой аналогов
- : классом аналогов

I:

S: Стандарты предприятия регламентируют

- : порядок выполнения работ
- : нормы, действующие на данном предприятии
- +: требования к конкретной продукции предприятия
- : формы документов, действующие на данном предприятии

I:

S: Не обладают правом прямого действия на территории России стандарты

- : ГОСТ Р
- : ОСТ
- : СТО
- +: ГОСТ

I:

S: Не относится к комплексу государственных стандартов РФ

- : СРПП
- : ЕСКД
- : ЕСТПП
- +: МЭК

I:

S: Закономерно построенная в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра машин одного функционального назначения это

- +: параметрический ряд
- : геометрический ряд
- : алгебраический ряд
- : размерный ряд

I:

S: Параметрический ряд строится по параметру

- +: главному
- : основному
- : вспомогательному
- : размерному

I:

S: Не относится к показателям стандартизации и унификации

- : коэффициент применяемости
- +: комфортность рабочего места
- : коэффициент повторяемости
- : коэффициент межпроектной унификации

I:

S: Агрегатирование в стандартизации является

- : методом
- +: принципом
- : целью
- : задачей

I:

S: К методам стандартизации не относится

- : упорядочение объектов
- +: лицензирование
- : упорядочение объектов
- : симплификация

Тема 8. Основы сертификации

I:

S: В функции Госстандарта РФ не входит

- : формирование государственной политики в области сертификации
- +: выдача сертификатов и лицензий на применение знака соответствия
- : установление общих правил сертификации
- : проведение государственной регистрации систем сертификации

I:

S: Производитель обязан прекращать выпуск продукции когда

- : продукция морально устарела
- +: продукция не отвечает требованиям стандарта
- : продукция имеет высокую цену
- : продукция имеет низкую производительность

I:

S: Инспекционный контроль за центральными органами по сертификации функция

- : Ростехнадзора РФ
- : Правительства РФ
- +: Госстандарта РФ

-: Государственной думы РФ

I:

S: Аббревиатура Международной организации по стандартизации

-: МЭК

-: ЕОКК

+: ИСО

-: МКМВ

I:

S: Основа международной системы управления качеством продукции

это

-: стандартизация и метрология

-: стандартизация и квалиметрия

-: стандартизация и единство измерений

+: стандартизация и сертификация

I:

S: Разработка международных рекомендаций (стандартов) с целью содействия международной торговле и научно-техническому прогрессу задача

-: МЭК

-: ЕН

-: КАСКО

+: ИСО

I:

S: ГОСТ Р 1.0-2004 «ГСС. Основные положения» это

+: основополагающие стандарты

-: стандарты на методы контроля

-: стандарты на продукцию и услуги

-: стандарты на работы (процессы)

I:

S: Все отклонения обнаруженные в ходе аудита системы менеджмента качества организации объектов от требований ГОСТ Р ИСО 9001 могут быть классифицированы как

+: несоответствия

+: значительные несоответствия

-: недостатки

-: нарушения

I:

S: В области стандартизации являются головными

+: МЭК

- + : ИСО
- : ФАО
- : РЭМК

I:

S: Для проверки сохранности государственных эталонов и замены их в случае порчи необходимы

- : эталоны-свидетели
- + : эталоны-копии
- : рабочие эталоны
- : эталоны сравнения

I:

S: Для предупреждения неоправданного многообразия изделий при выборе размеров машин, узлов, деталей и материалов (ГОСТ 6636-96) применяют закономерные ряды чисел

- : наиболее приемлемые
- + : предпочтительные
- : благоприятные сочетания
- : обязательные

I:

S: Приоритет при выборе определяющих показателей для оценки качества продукции должен быть у

- : производителя
- + : потребителя
- : органа по сертификации
- : аккредитующего органа

I:

S: свидетельством того, что изделие изготовлено качественно является

- : технический регламент
- + : сертификат соответствия
- : технические условия
- : протокол испытаний

I:

S: Изготовитель, чтобы получить заявление-декларацию о качестве производимой продукции, должен предоставить

- : лицензию на деятельность
- : сертификат соответствия
- + : ссылку на стандарт
- : паспорт предприятия

I:

S: При подтверждении соответствия через сертификацию обязательно участие

- : изготовителя
- : потребителя
- +: третьей стороны
- : продавца

I:

S: Систематическая проверка степени соответствия продукции заданным требованиям называется

- : декларацией соответствия
- : сертификатом соответствия
- : регламентом соответствия
- +: оценкой соответствия

I:

S: Техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по принятым правилам называется

- : проверкой
- : разработкой
- : исследованием
- +: испытанием

I:

S: Основное требование предъявляется к испытательным лабораториям, проводящим испытания

- +: независимость
- : принадлежность к органу по сертификации
- : тесные связи с изготовителем
- : гарантийное обслуживание продукции

I:

S: Официальное признание права испытательной лаборатории осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний называется

- +: аккредитацией
- : сертификацией
- : лицензированием
- : аттестацией

I:

S: Аккредитации испытательной лаборатории предшествует

- : сертификация
- +: аттестация
- : лицензирование
- : проверка

I:

S: Не входит в порядок проведения аккредитации

- : сбор информации, необходимой для оценки аккредитуемой лаборатории
- +: представление результатов испытаний
- : аттестация испытательной лаборатории на месте
- : принятие решения об аккредитации

I:

S: Для оценки компетентности испытательных лабораторий и их сотрудников проводят

- : сертификационные сравнительные испытания
- : производственные сравнительные испытания
- +: межлабораторные сравнительные испытания
- : социологический опрос

I:

S: Способом информирования всех заинтересованных сторон о качестве изделия является

- : лицензия
- : технические условия
- +: сертификат соответствия
- : протокол испытаний

I:

S: ### - это форма подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров, осуществляемая органом по сертификации

- +: сертификация

I:

S: Техническая операция по замеру характеристик или параметров изделия в соответствии с установленными правилами это

- : совершенствование изделия
- +: испытание продукции
- : аккредитация продукции
- : унификация изделия

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед тестированием по теме студент должен выполнить и защитить практические и лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить индикаторы компетенций ИД-1_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-1_{ОПК-8}, ИД-2_{ОПК-8}, ИД-2_{ПК-3}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность ответов;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-1 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ОПК-8} , ИД-2 _{ПК-3} .	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Литература.

1. В. Сенашенко. Самостоятельная работа студентов: актуальные проблемы / В. Сенашенко, Н. Жалнина // Высшее образование в России №7, 2006. – с. 103-109.
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы. Разработано директором департамента по учебно-методической работе Т.Н. Фадеевой, начальником методического отдела Е.Е. Дурневой // МГГУ им. М.А. Шолохова. Москва, 2010. – 48 с.
3. ГОСТ 2.104-98 ЕСКД. Основные надписи. – М. : Изд. стандартов, 1998.
4. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М. : Госстандарт, 1995.
5. ГОСТ 7.203. Библиографическая запись. Библиографическое описание. – М. : ИПК Изд. стандартов, 2003.
6. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
7. ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению контрольной работы по дисциплине

«Метрология, стандартизация и сертификация»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Цель, задачи и реализуемые компетенции	4
2 Формулировка задания и его объем.....	5
3 Общие требования к написанию и оформлению работы	5
4 Рекомендации по выполнению задания	6
4.1 Расчёт посадок гладких цилиндрических соединений	7
<u>4.2 Расчет посадок шпоночных соединений</u>	<u>12</u>
4.3 Расчёт посадок подшипников качения.....	19
4.4. Расчёт посадок шлицевых соединений.....	26
4.5. Расчёт посадок резьбовых соединений	32
5 План-график выполнения работы	37
6 Критерии оценивания работы.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	40

Введение

Программой предмета «Метрология, стандартизация и сертификация» предусмотрено изучение взаимозаменяемости деталей машин, основных положений машиностроительной метрологии, методов и средств контроля в машиностроении, основ теории стандартизации и сертификации.

В процессе изучения материала курса учащиеся должны научиться пользоваться и правильно применять стандарты при конструировании, изготовлении деталей и сборочных единиц механизмов, научиться выбирать квалитеты, поля допусков и посадки, уметь пользоваться измерительными инструментами и приборами.

Изучение материала должно иметь ярко выраженную практическую направленность и вестись на уровне достижений науки и опыта современных предприятий.

Цель контрольной работы: закрепить полученные студентом на лекционных занятиях знания по нормированию точности, допускам и посадкам типовых соединений деталей машин; освоить практические навыки по назначению посадок и расчёту их параметров; правильно обозначать поля допусков и посадки на чертежах.

1 Цель, задачи и реализуемые компетенции

Цель: закрепить полученные студентом на лекционных занятиях знания по нормированию точности, допускам и посадкам типовых соединений деталей машин; освоить практические навыки по назначению посадок и расчёту их параметров; правильно обозначать поля допусков и посадки на чертежах.

Задачи дисциплины:

- изучить теоретические основы метрологии, закономерности формирования результата измерений, источники возникновения погрешностей измерений;
- изучить параметры точности деталей, узлов и механизмов, стандартизацию параметров точности;
- изучить основы стандартизации, основные положения государственной системы стандартизации;
- познакомиться с основными целями и объектами сертификации, системами сертификации, сертификацией услуг и систем качества;
- изучить основы управления качеством продукции.

Формируемые компетенции:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-5 Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	ИД-1 _{ОПК-5} Понимает основные закономерности протекания процессов обработки деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки	Способность применять измерительный инструмент, простые универсальные и специальные средства измерений, необходимые для проведения измерений
ОПК-7 Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	ИД-1 _{ОПК-7} Понимает порядок разработки, утверждения и внедрения стандартов, технических условий и другой нормативно-технической документации, связанной с профессиональной деятельностью	Способность оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями

ОПК-8 Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	ИД-1 _{ОПК-8} Анализирует методы решения проблем, связанных с машиностроительными производствами	Анализ нормативных и методических документов, регламентирующих работы по метрологическому обеспечению в организации
	ИД-2 _{ОПК-8} Участвует в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами	Способность получать, интерпретировать и анализировать результаты измерений
ПК-3 Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве.	ИД-2 _{ПК-3} Понимает причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности	Способность применять измерительный инструмент, простые универсальные и специальные средства измерений, необходимые для проведения измерений

2 Формулировка задания и его объем

Варианты заданий для решения задач приведены в приложении 1. Для заданных посадок с натягом, с зазором и переходной выполнить в масштабе схемы расположения полей допусков с указанием отклонений в микрометрах. Рассчитать предельные размеры и допуски деталей, величины зазоров (натягов), допуски посадок. Привести эскизы соединений в собранном виде и отдельно деталей с указанием шероховатости сопрягаемых поверхностей. Указать на эскизах поля допусков и посадок тремя способами: условным, числовым и смешанным.

3 Общие требования к написанию и оформлению работы

Варианты задач (таблица 1) выбираются по шифру зачётной книжки. Исходные данные задач приведены в таблицах 2...5 и на эскизе сборочной единицы (приложение А).

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105 – 95. в машинописном виде

Брошюрование расчетно-пояснительной записки выполняется в следующем порядке: титульный лист; задание на; содержание; введение; разделы с соответствующим иллюстративным материалом; в конце пояснительной записки приводится список использованной литературы.

Обоснование принимаемых решений при расчете инструмента должно сопровождаться ссылками на используемую литературу.

Правила оформления отчета:

1. Текст рукописи должен быть подготовлен в текстовом редакторе Word for Windows и представлен в распечатанном виде в одном экземпляре.

Текст должен иметь следующие параметры: формат бумаги А4 (210×297 мм), бумага белая; поля: верхнее до нумерации стр. – 20 мм, нижнее и левое – 30 мм, правое – 15 мм; межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы); переплет 0 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman Cyr (Arial Cyr); размер шрифта 14 пунктов; красная строка – 1,25 см; формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках; рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);

2. Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации, ГОСТ 2.001 – 83; ГОСТ 2.121 – 83 и выполняется в одной из систем автоматизированного проектирования.

4 Рекомендации по выполнению задания

Студент должен пользоваться рекомендуемой учебной, справочной и научной литературой, методическими разработками. Во время работы студент может получать консультации преподавателя.

4.1 Расчёт посадок гладких цилиндрических соединений

Рассчитать предельные размеры и допуски деталей, величины зазоров (натягов), допуски посадок. Привести эскизы соединений в собранном виде и отдельно деталей с указанием шероховатости сопрягаемых поверхностей. Указать на эскизах поля допусков и посадок тремя способами: условным, числовым и смешанным.

При построении схем расположения полей допусков, расчёте предельных размеров деталей и характеристик посадок руководствоваться примерами [1; 4; 5; 6; 7; 11]. Схемы рекомендуется выполнять в масштабе, достаточном для чёткого изображения полей допусков, например, 1000:1.

Предельные отклонения размеров отверстий и валов выбирать из справочной литературы [5; 6; 7; 11] или непосредственно из ГОСТ 25347-89. Выполняя эскизы соединений и отдельных деталей, не обязательно повторять их конструкцию в соответствии с чертежом сборочной единицы, можно условно показать элементы деталей: «вал» (охватываемый элемент) и «отверстие» (охватывающий элемент). На эскизах деталей указать шероховатость сопрягаемых поверхностей по ГОСТ 2.309-73, ГОСТ 2789-73 [1; 2; 3; 5; 6].

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Цель работы

1. Изучить основные положения и научиться определять величину допуска, предельные размеры, зазоры и натяги. Изучить посадки, установленные ЕСДП.
2. Научиться правильно оформлять сборочные чертежи и рабочие чертежи с обозначением посадок и отклонений.
3. Научиться пользоваться таблицами допусков и посадок ГОСТ 25347-82.

2. Задание

Для заданного сопряжения (табл.) определить предельные размеры вала и отверстия; определить величину допусков каждой детали; найти величину предельных зазоров или натягов и допуск посадки; построить график полей допусков в определенном масштабе, нанести все размеры, отклонения, допуски. Начертить эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и отклонений.

Исходные данные для расчета гладких соединений

Номер варианта	Диаметр сопряжения, мм	Посадка сопряжения	Номер варианта	Диаметр сопряжения, мм	Посадка сопряжения
1	25	H7/f7	16	10	E9/h8
2	30	H7/js6	17	16	K7/h6
3	16	H7/p6	18	20	R7/h6
4	40	H7/e8	19	25	H8/d9
5	12	H7/k6	20	36	H8/js7
6	20	H7/r6	21	45	H8/u8
7	32	F8/h6	22	50	H7/c8
8	50	Js7/h6	23	63	H8/k7
9	80	P7/h6	24	75	T7/h6
10	63	H7/g6	25	80	D9/h9
11	75	H8/m7	26	85	H7/m6
12	90	H7/s6	27	90	S7/h6
13	100	H8/h8	28	100	H8/e8
14	110	H7/n6	29	110	H8/n7
15	125	H7/t6	30	120	H7/s7

3. Допуски и посадки гладких соединений

ГОСТ 25346-89 «ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» устанавливает термины, определения и условные обозначения, допуски и основные отклонения системы допусков и посадок для размеров до 3150 мм.

Обработать деталь точно по номинальному размеру, указанному на чертеже, практически невозможно из-за многочисленных погрешностей, влияющих на процесс обработки. Поэтому размер обработанной детали ограничивают двумя предельными размерами, один из которых называется наибольшим предельным размером, а другой – наименьшим предельным размером.

Измерением отверстия или вала с допустимой погрешностью определяют их действительный размер. Деталь является годной, если ее действительный размер боль-

ше наименьшего предельного размера, но не превосходит наибольшего предельного размера.

На чертежах вместо предельных размеров рядом с номинальным размером указывают два предельных отклонения (верхнее предельное отклонение – ES , es и нижнее предельное отклонение – EI , ei), например, $30_{-0,1}^{+0,5}$ мм.

Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или алгебраическую разность между верхним и нижним отклонениями, характеризующими точность, с которой должен быть выполнен размер при изготовлении детали.

$$\text{Допуск отверстия: } T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI ;$$

$$\text{Допуск вала: } T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei .$$

Зону, ограниченную верхним и нижним отклонениями, называют полем допуска. Поле допуска определяется величиной допуска (квалитетом) и его положением относительно номинального размера (основным отклонением). При графическом изображении поле допуска заключено между линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Взаимное расположение полей допусков сопрягаемых деталей характеризует тип посадки и величины наибольших и наименьших зазоров или натягов.

Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов, называется посадкой. Различают посадки трех типов: с зазором, с натягом и переходные.

Посадка с зазором – посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении и поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала. Эту посадку характеризуют наименьший $S_{\min}$ и наибольший $S_{\max}$ зазоры. Наименьший зазор $S_{\min}$ в соединении отверстия с валом образуется, если в отверстие с наименьшим предельным размером $D_{\min}$ будет установлен вал с наибольшим предельным размером $d_{\max}$. Наибольший зазор $S_{\max}$ образуется при наибольшем предельном размере отверстия $D_{\max}$ и наименьшем предельном размере вала $d_{\min}$.

$$\text{Наибольший зазор: } S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei ;$$

$$\text{Наименьший зазор: } S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es .$$

Посадка с натягом – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении, а поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала. Посадку с натягом характеризуют наименьший $N_{\min}$ и наибольший $N_{\max}$ натяги. Наименьший натяг $N_{\min}$ имеет место в соединении, если в отверстие с наибольшим предельным размером $D_{\max}$ будет запрессован вал наименьшего предельного размера $d_{\min}$, а наибольший натяг $N_{\max}$ – при наименьшем предельном размере отверстия $D_{\min}$ и наибольшем предельном размере вала $d_{\max}$.

$$\text{Наибольший натяг: } N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI ;$$

$$\text{Наименьший натяг: } N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES .$$

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга. В этом случае поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

$$\text{Наибольший зазор: } S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei ;$$

$$\text{Наибольший натяг: } N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI .$$

Допуск посадки – разность между наибольшим и наименьшим зазорами (натягами) или сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Вал и отверстие, образующие посадку, имеют один и тот же номинальный размер и различаются верхними и нижними отклонениями; поэтому на чертежах над размерной линией посадку обозначают после номинального размера дробью, в числителе

которой записывают предельные отклонения для отверстия, а в знаменателе - предельные отклонения для вала.

ГОСТ 25347-82 «ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки» устанавливает допуски и посадки для размеров менее 1 мм и до 3150 мм.

4. Порядок расчета

В задании вид сопряжения задан номинальным диаметром и условным обозначением конкретной посадки.

1. Исходя из заданных обозначений посадок, записать их условное обозначение дробью, как принято обозначать посадки на чертежах.
2. По таблицам ГОСТ 25347-82 найти отклонения размеров вала и отверстия.
3. Вычислить предельные размеры вала и отверстия.
4. Определить величину допусков каждой детали.
5. Найти величину предельных зазоров или натягов и допуск посадки.
6. Построить график полей допусков в определенном масштабе, нанести все размеры, отклонения, допуски.
7. Вычертить эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и отклонений.

5. Пример

Задано сопряжение номинального диаметра 65 мм, посадка $\frac{H6}{f6}$ с зазором в системе отверстия.

Решение

1. На основе задания записываем условное обозначение посадки:

$$\varnothing 65 \frac{H6}{f6}.$$

2. По таблицам ГОСТ 25347-82 определяем отклонения отверстия и вала:

$$\begin{aligned} \text{для отверстия: } ES &= +0,019 \text{ мм; } EI = 0; \\ \text{для вала: } es &= -0,030 \text{ мм; } ei = -0,049 \text{ мм;} \end{aligned}$$

Записываем: для отверстия $\varnothing 65 H6 = \varnothing 65^{+0,019}_{0} \text{ мм};$

$$\text{для вала } \varnothing 65 f6 = \varnothing 65^{-0,030}_{-0,049} \text{ мм.}$$

3. Находим предельные размеры деталей:

$$\begin{aligned} D_{\max} &= D + ES = 65 + 0,019 = 65,019 \text{ мм;} \\ D_{\min} &= D + EI = 65 \text{ мм;} \\ d_{\max} &= d + es = 65 + (-0,030) = 64,970 \text{ мм;} \\ d_{\min} &= d + ei = 65 + (-0,049) = 64,951 \text{ мм.} \end{aligned}$$

4. Определяем величину допусков размеров деталей:

$$\begin{aligned} \text{отверстие } TD &= D_{\max} - D_{\min} = 65,019 - 65 = 0,019 \text{ мм;} \\ \text{вал } Td &= d_{\max} - d_{\min} = 64,970 - 64,951 = 0,019 \text{ мм.} \end{aligned}$$

5. Определяем величину предельных зазоров и допуск посадки:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = 65,019 - 64,951 = 0,068 \text{ мм;} \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = 65 - 64,970 = 0,030 \text{ мм;} \\ T_S &= S_{\max} - S_{\min} = 0,068 - 0,030 = 0,038 \text{ мм.} \end{aligned}$$

6. Строим схему расположения полей допусков (рис. 1.1)

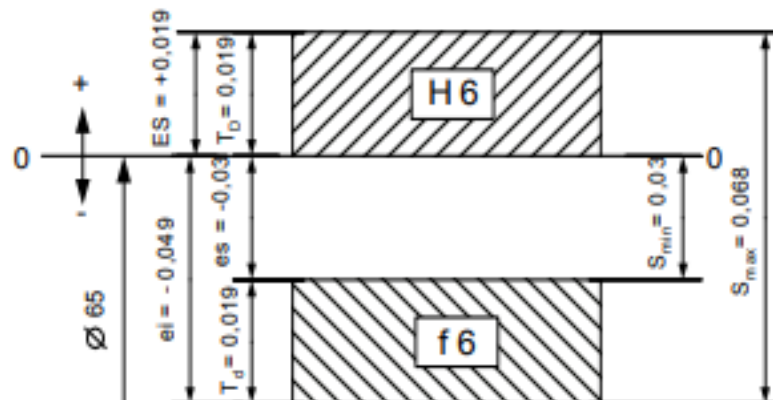


Рис. 1.1. Схема полей допусков

7. Вычерчиваем сопряжение в сборе и подетально (рис. 1.2).

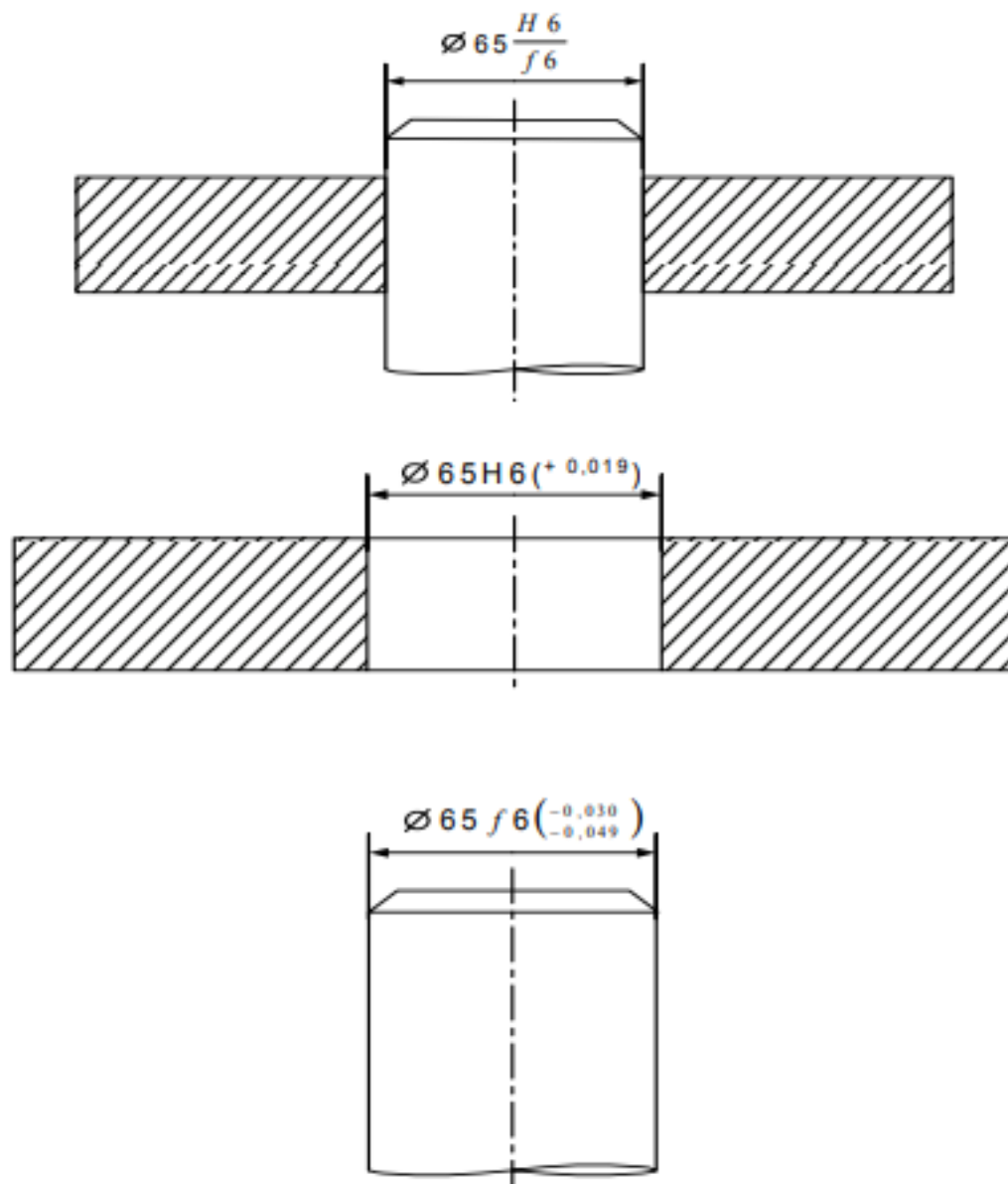


Рис. 1.2. Обозначение посадок и отклонений размеров на сборочном чертеже и подетально

4.2 Расчёт посадок шпоночных соединений

Для соединения с призматической шпонкой установить тип посадки и поля допусков по всем размерам. Построить схему расположения полей допусков по ширине шпонки, провести расчёт предельных зазоров (натягов) и допусков посадок по сопряжениям шпонки с пазом вала и втулки. Привести эскиз шпоночного соединения с указанием посадок смешанным способом.

Выбор типа посадки соединения с призматической шпонкой, а также полей допусков по всем размерам следует проводить в соответствии с рекомендациями источников [1; 2; 3; 5; 6; 7; 8; 11]. Числовые значения предельных отклонений по выбранным полям допусков приведены в литературе [5; 6; 7; 8]. Типовые схемы расположения полей допусков шпоночных сопряжений в зависимости от типа посадки рассмотрены в источниках [1; 2; 3; 5; 6; 7; 8; 11].

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Цель работы

Изучить конструктивные и эксплуатационные особенности шпоночных соединений, научиться выбирать тип шпоночного соединения, определять допуски и посадки шпоночных соединений.

2. Задание

Для заданного шпоночного соединения (табл. 5.1) определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения, дать схему расположения полей допусков по ширине шпонки b , выполнить эскиз шпоночного соединения.

Таблица 5.1

Исходные данные для расчета параметров шпоночного соединения

№ вар.	Номиналь- ный диаметр сопряжения, D/d мм	Обозна- чение посадки	Тип шпоночного со- единения (шпонка призматическая)	№ вар.	Номиналь- ный диаметр сопряжения, D/d мм	Обозна- чение посадки	Тип шпоночного со- единения (шпонка призматическая)
1	48	$\frac{H8}{f7}$	свободное	16	78	$\frac{H8}{n7}$	плотное
2	65	$\frac{H7}{p6}$	плотное	17	36	$\frac{H8}{js7}$	нормальное
3	16	$\frac{H8}{h7}$	нормальное	18	40	$\frac{H7}{m6}$	плотное
4	80	$\frac{H8}{m7}$	плотное	19	38	$\frac{H7}{f7}$	свободное
5	70	$\frac{H7}{g6}$	свободное	20	58	$\frac{H7}{k6}$	плотное
6	25	$\frac{H7}{h6}$	нормальное	21	40	$\frac{H7}{h6}$	нормальное
7	36	$\frac{H8}{f8}$	свободное	22	42	$\frac{H8}{n7}$	плотное
8	63	$\frac{H7}{m6}$	плотное	23	75	$\frac{H8}{js7}$	свободное
9	56	$\frac{H8}{n7}$	плотное	24	52	$\frac{H8}{h7}$	нормальное
10	32	$\frac{H7}{k6}$	нормальное	25	60	$\frac{H7}{g6}$	свободное
11	40	$\frac{H7}{n6}$	плотное	26	72	$\frac{H7}{m6}$	плотное
12	58	$\frac{H7}{g6}$	свободное	27	20	$\frac{H8}{js7}$	нормальное
13	90	$\frac{H7}{p6}$	плотное	28	75	$\frac{H8}{f8}$	свободное
14	28	$\frac{H7}{js6}$	нормальное	29	50	$\frac{H8}{f9}$	свободное
15	56	$\frac{H7}{h6}$	нормальное	30	95	$\frac{H7}{k6}$	плотное

3. Шпоночные соединения

Шпоночные соединения предназначены для передачи крутящего момента. Их применяют, главным образом, в малонагруженных тихоходных передачах (кинематические цепи подач станков), в крупногабаритных соединениях (шестерни-маховики, шкивы кузнечно-прессовых машин), во всех ответственных неподвижных конических соединениях (маховики двигателей внутреннего сгорания, центрифуги и т.п.), в единичных экземплярах машин.

По форме шпонки разделяются на призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные. Форма и размеры сечений шпонок и пазов стандартизованы и выбираются в зависимости от диаметра вала, а вид шпоночного соединения определяется условиями работы соединяемых деталей.

Призматические шпонки дают возможность получать как подвижные соединения (при использовании направляющих шпонок с креплением на вал ГОСТ 8790-79), так и неподвижные соединения (ГОСТ 23360-78). Соединения с сегментной шпонкой (ГОСТ 24071-80) и клиновой (ГОСТ 24068-80) служат для образования только неподвижных соединений.

Особенностью шпоночных сопряжений является использование при их организации трех деталей: шпоночного вала, шпоночной втулки и шпонки с образованием двух посадок вал-шпонка и втулка-шпонка (рис. 5.1). Посадки выполняются в системе вала.

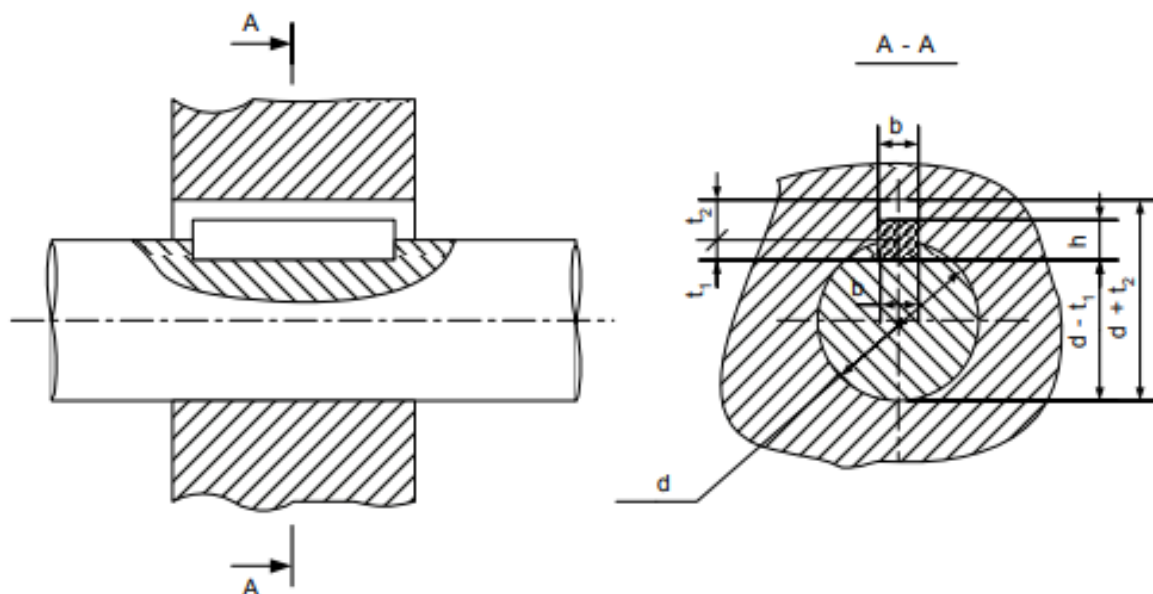


Рис. 5.1. Шпоночное соединение

Работоспособность шпоночных соединений определяется в основном точностью посадок по ширине шпонки b , т.е. размер b является сопрягаемым. По сопрягаемому размеру – ширине призматических шпонок предусмотрено три варианта соединения: свободное, нормальное и плотное. Наибольшее распространение в общем машиностроении имеет нормальное соединение; свободное соединение применяют главным образом для направляющих шпонок, иногда при наличии термообработки; плотное соединение – в случае реверсивного движения шпоночного вала.

Остальные размеры задаются так, чтобы максимально облегчить процесс сборки при сохранении необходимой надежности соединения.

Нормирование точности размеров элементов шпоночного соединения аналогично гладким сопряжениям в виде полей допусков на сопрягаемые детали по ГОСТ 25347-82.

Размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с призматическими шпонками устанавливаются по ГОСТ 23360-78 (табл. П14, Приложение 4) и должны соответствовать указанным на рис. 5.1. (Примечание: на рабочем чертеже должен проставляться один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $d-t_1$ и для втулки $d+t_2$).

Для обеспечения собираемости шпоночного соединения к шпоночным пазам вала и втулки предъявляются определенные требования точности их расположения. Устанавливаются допуски на параллельность шпоночного паза ($T_{//}$) относительно оси детали и на его симметричность (T_{Δ}). Допуск параллельности определяется по классу относительной геометрической точности А и составляет 50% от допуска на ширину шпоночного паза, а допуск симметричности, заданный в диаметральном выражении, составляет два допуска на ширину паза:

$$T_{//} = 0,5 IT;$$

$$T_{\Delta} = 2 IT.$$

Шероховатость поверхностей элементов шпоночных соединений выбирается в зависимости от полей допусков размеров шпоночного соединения по ГОСТ 23360-78 (табл. 5.2).

Таблица 5.2

**Зависимость параметров шероховатости поверхности от допуска размера
(ГОСТ 23360-78)**

Квалитет	Номинальные размеры, мм			
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
	Ra , мкм, не более			
IT9	3,2	3,2	6,3	6,3
IT10	3,2	6,3	6,3	6,3
IT11	6,3	6,3	12,5	12,5
IT12, IT13	12,5	12,5	25	25
IT14, IT15	12,5	25	50	50
Примечания: 1. Параметры шероховатости поверхностей с неуказанными предельными отклонениями – Ra 20 мкм. 2. Параметр шероховатости дна шпоночного паза рекомендуется принимать равным Ra 6,3 мкм.				

4. Порядок расчета

1. По ГОСТ 23360-78 «Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки» необходимо:

- установить номинальные размеры сечения шпонки заданного шпоночного соединения $b \times h$;
- установить поля допусков на ширину шпонки b и высоту шпонки h (табл. П14, Приложение 4);
- установить длину шпонки l из нормального ряда длин и поле допуска (табл. П14, Приложение 4).

2. По ГОСТ 23360-78 необходимо:

2.1. В зависимости от заданного типа шпоночного соединения установить:

- поле допуска на ширину шпоночного паза вала;
- поле допуска на ширину шпоночного паза втулки;
- глубину паза вала t_1 и предельные отклонения на нее;

- глубину паза втулки t_2 и предельные отклонения на нее;
 - радиус закругления пазов r_1 или фаску $s_1 \times 45^\circ$.
- 2.2. Найти отклонения на размеры $(d - t_1)$ вала и $(d + t_2)$ втулки (табл. П14, Приложение 4);
- 2.3. Установить поле допуска на размер длины паза вала;
- 2.4. Найти численные значения параметра шероховатости поверхностей шпоночного сопряжения (табл. П14, Приложение 4).

3. По ГОСТ 25347-82 необходимо найти отклонения на следующие параметры:

- на ширину шпонки b ;
- на высоту шпонки h ;
- на длину шпонки l ;
- на длину шпоночного паза вала;
- на ширину паза вала;
- на ширину паза втулки.

4. Вычислить предельные размеры следующих элементов соединения:

4.1. Шпонки:

- по ширине шпонки b ;
- по высоте шпонки h ;
- по длине шпонки l .

4.2. Вала:

- по ширине шпоночного паза b ;
- по глубине паза вала t_1 ;
- по размеру $(d - t_1)$;
- по длине паза вала.

4.3. Втулки:

- по ширине шпоночного паза втулки b ;
- по глубине паза втулки t_2 ;
- по размеру $(d + t_2)$.

5. Данные занести в таблицу (см. пример табл. 5.3).

6. Построить схему полей допусков по размеру ширины шпоночного паза для всех трех деталей соединений.

7. Выполнить эскиз поперечного сечения шпоночного соединения (см. рис. 5.1). Нанести буквенные обозначения и цифровые значения расчетных параметров: отклонений, допусков, предельных размеров.

5. Пример

Для шпоночного соединения $\emptyset 52 \text{ H8/n7}$ (шпонка призматическая, соединение плотное) определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения. Дать схему расположения полей допусков по ширине шпонки b и эскиз шпоночного соединения в сборе и подетально.

Решение

1. По ГОСТ 23360-78 определим номинальные размеры шпоночного соединения. Исходя из заданного типа соединения, найдем посадки и предельные отклонения для всех размеров деталей шпоночного соединения и произведем расчеты предельных размеров деталей шпоночного соединения.

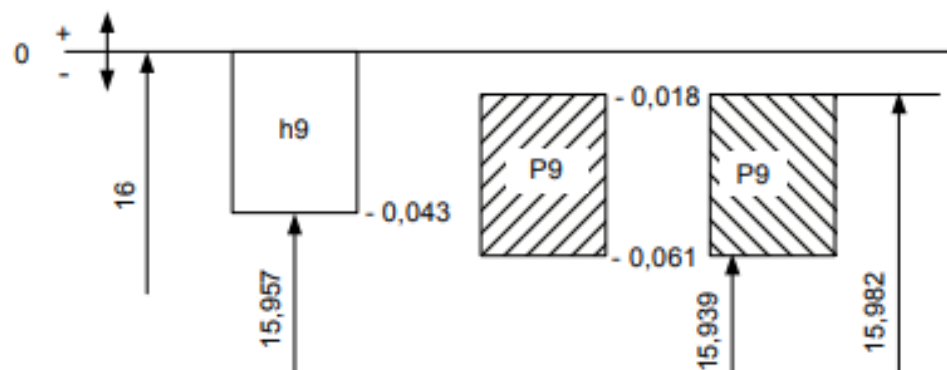
Все расчеты занесем в таблицу 5.3:

Таблица 5.3

Размеры и отклонения элементов шпоночного соединения

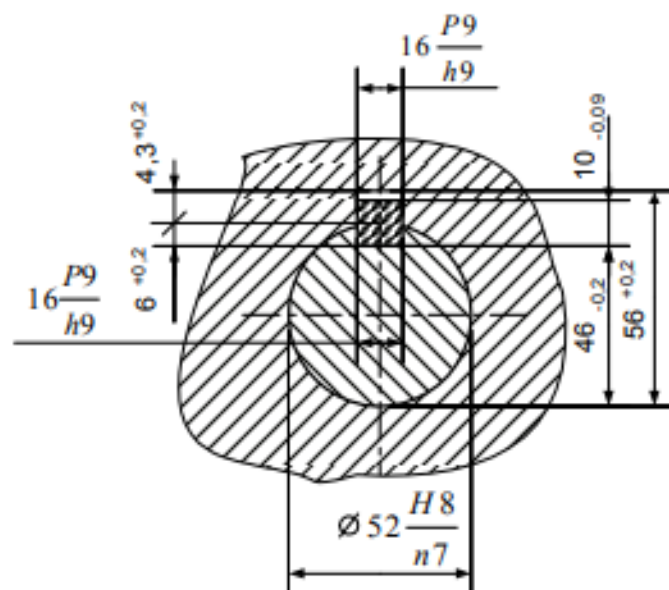
№ п/п	Наименование элементов шпоночного соединения	Номинальный размер в мм и поле допуска	Отклонения в мм		Предельные размеры в мм
			верхнее	нижнее	
1	Ширина шпонки, b	16 h9	0	- 0,043	$b_{\max} = 16$ $b_{\min} = 15,957$
2	Высота шпонки, h	10 h11	0	- 0,09	$h_{\max} = 10$ $h_{\min} = 9,91$
3	Длина шпонки, l	90 h14	0	- 0,870	$l_{\max} = 90$ $l_{\min} = 89,13$
4	Длина шпоночного паза вала	90 H15	+ 1,4	0	$L_{\max} = 91,4$ $L_{\min} = 90$
5	Ширина паза вала, b	16 P9	- 0,018	- 0,061	$b_{\max} = 15,982$ $b_{\min} = 15,939$
6	Ширина паза втулки, b	16 P9	- 0,018	- 0,061	$b_{\max} = 15,982$ $b_{\min} = 15,939$
7	Глубина паза вала, t_1	6,0	+ 0,2	0	$t_{1\max} = 6,2$ $t_{1\min} = 6,0$
8	Глубина паза втулки, t_2	4,3	+ 0,2	0	$t_{2\max} = 4,5$ $t_{2\min} = 4,3$
9	Размер $d-t_1$	46	0	- 0,2	$(d-t_1)_{\max} = 46$ $(d-t_1)_{\min} = 45,8$
10	Размер $d+t_2$	56,3	+ 0,2	0	$(d+t_2)_{\max} = 56,5$ $(d+t_2)_{\min} = 56,3$

2. Построим схему расположения полей допусков по размеру ширины шпонки (b) и ширине пазов вала и втулки (рис. 5.2).

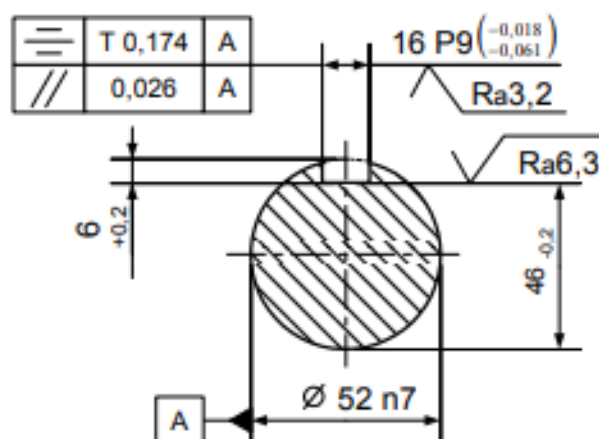
**Рис. 5.2.** Схема расположения полей допусков по ширине шпонки

3. Выполним эскиз шпоночного соединения в сборе и подетально. Нанесем буквенные обозначения и цифровые значения расчетных параметров: отклонений, допусков, предельных размеров (рис. 5.3).

а)



б)



в)

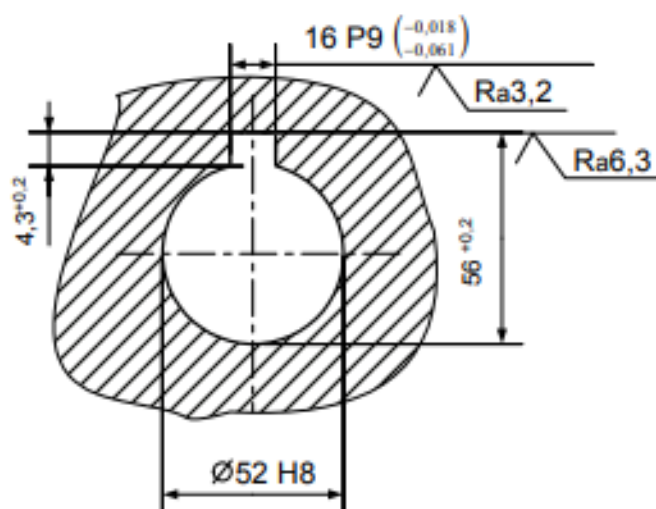


Рис. 5.3. Размеры элементов шпоночного соединения
(а – шпоночное соединение; б – шпоночный вал; в – шпоночная втулка)

4.3 Расчёт посадок подшипников качения

Рассчитать и выбрать поле допуска для вала, сопрягающегося с внутренним кольцом подшипника. Учитывая вид нагружения наружного кольца, выбрать поле допуска для отверстия корпуса. Построить схемы расположения полей допусков соединений по наружному и внутреннему кольцам подшипника с указанием отклонений в микрометрах. Рассчитать предельные размеры и допуски размеров деталей, величины предельных зазоров (натягов), допуски посадок.

Привести эскизы деталей (вала и отверстия корпуса) и соединений в собранном виде. На эскизах деталей указать поля допусков смешанным способом, а на эскизе соединения дать условное обозначение посадок.

Основные размеры подшипников качения приведены в справочнике [9], допуски на монтажные размеры следует принимать из литературы [8; 9]. Требования по шероховатости поверхностей деталей, сопрягаемых с подшипниками, содержатся в источниках [8; 9; 10]. Расчёт интенсивности нагрузки, выбор полей допусков для вала и отверстия корпуса следует проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными в источниках [1; 2; 3; 9].

РАСЧЁТ И ВЫБОР ПОСАДОК ДЕТАЛЕЙ, СОПРЯГАЕМЫХ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

1. Цель работы

Научиться обоснованно назначать посадки для деталей, сопрягаемых с подшипниками качения.

2. Задание

Выполнить расчет и выбор посадок для подшипника качения (табл.). Построить схемы расположения полей допусков сопрягаемых деталей. Выполнить эскизы сопряжения в сборе и подетально с указанием отклонений и шероховатости обрабатываемых поверхностей, сопряженных с подшипником деталей.

Исходные данные для расчета посадок подшипников качения

Номер варианта	Вращается		Радиальная нагрузка: R, кН	Номер подшипника	Класс точности подшипника	Характер нагрузки *	Номер варианта	Вращается		Радиальная нагрузка: R, кН	Номер подшипника	Класс точности подшипника	Характер нагрузки *
	вал	корпус						вал	корпус				
1	да	-	6,0	216	0	1	16	да	-	8,8	214	5	1
2	да	-	24	314	6	3	17	да	-	14,6	310	6	2
3	-	да	46	414	5	4	18	-	да	26	315	5	3
4	да	-	14,8	316	5	4	19	да		5,6	215	5	1
5	да	-	32	217	6	2	20	да		56	317	6	2
6	-	да	30	411	0	5	21	-	да	30	410	0	5
7	да	-	20	408	5	5	22	да		22	409	0	3
8	да	-	3,2	212	0	1	23	да		6,4	211	6	2
9	-	да	22,4	313	5	3	24	-	да	18	311	6	3
10	да	-	4	309	5	2	25	да		8	209	5	1
11	да		12	210	6	1	26	да		4,8	307	5	2
12	-	да	24	415	0	5	27	-	да	40	412	6	4
13	да	-	9,6	218	5	1	28	да		15	213	6	1
14	да	-	16	308	0	2	29	да		3,9	208	5	2
15	-	да	22,5	312	6	4	30	-	да	28	413	0	5

*1 – спокойная нагрузка, толчки отсутствуют;

2 – легкие толчки, кратковременные перегрузки до 125% от расчетной нагрузки;

3 – умеренные толчки, вибрации, кратковременные перегрузки до 150% от расчетной нагрузки;

4 – значительные толчки, вибрации, кратковременные перегрузки до 200% от расчетной нагрузки;

5 – сильные удары, кратковременные перегрузки до 300% от расчетной нагрузки.

3. Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпуса

Посадку подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, значения и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325-85 различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и колебательное.

Посадки следует выбирать так, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, исключающим возможность обкатки и проскальзывания этого кольца по посадочной поверхности вала или отверстия в корпусе в процессе работы под нагрузкой; другое кольцо должно быть установлено с зазором.

Следовательно, при вращающемся вале соединение внутреннего кольца с валом должно быть неподвижным, а наружное кольцо установлено в корпусе с небольшим зазором; при неподвижном вале соединение внутреннего кольца с валом должно иметь посадку с небольшим зазором, а наружного кольца с корпусом – должно быть неподвижным.

Посадку с зазором назначают для кольца, которое испытывает местное нагружение.

Посадку с натягом назначают преимущественно для кольца, которое испытывает циркуляционное нагружение.

Рекомендуемые посадки для подшипников качения и примеры их применения приведены в ГОСТ 3325-85 «Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки».

ГОСТ 3325-85 устанавливает степени точности торцевого биения заплечиков вала и отверстия корпуса (табл. П7, Приложение 1), а также устанавливает величины допустимой шероховатости этих поверхностей. Шероховатость посадочных поверхностей, сопрягаемых с кольцами подшипника деталей, зависит от диаметра и класса точности подшипника (табл. П8, Приложение 1).

ГОСТ 520-71 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» устанавливает допускаемые отклонения на размеры подшипников качения (для внутренних и наружных колец) в зависимости от класса точности и номинального диаметра.

Обозначение подшипника качения

Обозначение подшипника состоит из класса точности и условного обозначения. Класс точности проставляется через тире перед условным числовым обозначением подшипника: 5-208; 6-36205; 210. Нулевой класс в обозначениях не указывают, т.к. он является основным и принят к выпуску для всех типов подшипников качения.

Условное обозначение в общем случае состоит из семи знаков:

- **Первые две** цифры справа обозначают его внутренний диаметр; он определяется умножением указанных цифр на 5, ($05 \times 5 = 25\text{мм}$);
- **Третья** цифра справа обозначает серию диаметров (1 – особо-легкая, 2 – легкая, 3 – средняя, 4 – тяжелая и т.д.);
- **Четвертая** цифра справа обозначает тип подшипника (0 – шариковый радиальный, 1 – шарик. рад. сферич., 2 – роликовый и т.д.);
- **Пятая и шестая** – обозначают отклонение конструкции подшипника от основного типа;
- **Седьмая** – обозначает серию ширин.

4. Порядок расчета

1. Установить характер нагружения внутреннего и наружного колец подшипника.
2. По ГОСТ 3476-79 «Подшипники качения. Основные размеры.» (табл. П1, Приложение 1) определить основные размеры подшипника:

- наружный диаметр D , мм;
- внутренний диаметр d , мм;
- ширина подшипника B , мм;

– радиус закругления r , мм.

3. Вычислить интенсивность нагрузки поверхности под циркуляционно нагруженное кольцо:

$$p_r = \frac{R}{b} k_{II} \cdot F \cdot F_A, \text{ кН/м},$$

где R – расчетная радиальная реакция опоры, кН;

b – рабочая ширина посадочного места, м, ($b = B - 2r$);

k_{II} – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки ($k_{II} = 1$ – при нагрузке с умеренными толчками и вибрацией и перегрузке до 150 %, $k_{II} = 1,8$ – при нагрузке с сильными ударами и вибрацией и перегрузке до 300%);

F – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале и тонкостенном корпусе. Коэффициент F для вала изменяется в пределах от 1 до 3. При сплошном вале $F = 1$. Для корпуса коэффициент F изменяется в пределах от 1 до 1,8;

F_A – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки R между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки A на опору. Коэффициент F_A изменяется в пределах от 1 до 2. При отсутствии осевой нагрузки $F_A = 1$.

4. Выбрать соответствующую посадку для циркуляционно нагруженного кольца (табл. П2, Приложение 1).

5. Назначить посадку для местно нагруженного кольца, (табл. П3, Приложение1).

6. Определить отклонения для колец подшипника по таблицам ГОСТ 3325-85 (табл. П5 и П6, Приложение 1) и по ГОСТ 25347-82 определить отклонения на размеры деталей (вал и корпус).

7. Вычислить наибольший натяг $N_{\max}$ (мкм) между циркуляционно нагруженным кольцом подшипника и валом и определить усилие запрессовки $P_{запр.}(Н)$ подшипника на вал:

$$N_{\max} = es - EI ;$$

$$P_{запр.} = 10 f_k f_e N_{\max} ,$$

где f_k – фактор сопротивления, зависящий от коэффициента трения, (при напрессовании принимается $f_k = 4$, при снятии вала $f_k = 6$); f_e – фактор, зависящий от размеров кольца и определяемый по формуле

$$f_e = B \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right],$$

где d – диаметр внутреннего кольца, мм; B – ширина кольца, мм; d_0 – приведенный наружный диаметр внутреннего кольца, мм;

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4}$$

8. Построить схему расположения полей допусков размеров сопрягаемых деталей.

9. Начертить сопряжение в сборе и подетально с указанием отклонений и шероховатости обрабатываемых поверхностей, сопряженных с подшипником деталей.

5. Пример

Для подшипника качения рассчитать и выбрать посадки под внутреннее и наружное кольцо, построить схему полей допусков, определить предельные натяги (зазоры), усилие запрессовки и начертить детализированные схемы сопряжения (в сборе и подетально).

Исходные данные:

Шарикоподшипник № 207. Вращается вал, нагрузка умеренная, спокойная. Вал сплошной. Корпус чугунный, неразъемный. Радиальная нагрузка $R = 4300\text{Н}$.

Решение

1. Устанавливаем характер нагружения колец подшипника. Согласно условию (вращается вал), внутреннее кольцо нагружено циркуляционно, а наружное – местное нагружение.

По табл. П1 (Приложение 1) определяем основные размеры подшипника:

- наружный диаметр $D = 72\text{ мм}$,
- внутренний диаметр $d = 35\text{ мм}$,
- ширина $B = 17\text{ мм}$,
- радиус закругления $r = 2\text{ мм}$.

2. Определяем интенсивность нагрузки поверхности вала под внутреннее кольцо подшипника:

$$P_r = \frac{R}{b} k_H \cdot F \cdot F_A = \frac{4300}{(17 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 330 \cdot 10^3 \text{ Н/м} = 330 \text{ КН/м},$$

где $k_H = 1$, т.к. по условию задачи нагрузка умеренная, спокойная; $F = 1$ - при сплошном вале; $F_A = 1$ - по условию задачи осевые нагрузки не заданы.

3. Так как класс точности подшипника 0, то в табл. П2 (Приложение 1) заданным условиям для вала соответствует поле допуска k6, т.е. $\varnothing 35 \text{ k6}$.

4. По табл. П3 (Приложение 1) выбираем поле допуска на размер отверстия корпуса под наружное кольцо подшипника - $\varnothing 72 \text{ H7}$.

5. По ГОСТ 3325-85 (табл. П5, П6, Приложение 1) определяем отклонения для колец подшипника, а по ГОСТ 25347-82 определяем отклонения сопрягаемых с ними элементов (вала и корпуса); найденные отклонения сводим в следующую таблицу:

Внутреннее кольцо	Вал	Наружное кольцо	Корпус
$\varnothing 35_{-0,012}$	$\varnothing 35_{+0,018}^{+0,002}$	$\varnothing 72_{-0,013}$	$\varnothing 72_{+0,030}$

6. Определяем усилие, потребное для запрессовки подшипника на вал:

$$P_{\text{запр.}} = 10 f_k f_e N_{\text{max}} = 10 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 30 = 7200 \text{ Н} = 7,2 \text{ кН},$$

где $N_{\text{max}} = es - EI = 0,018 - (-0,012) = 0,030 \text{ мм} = 30 \text{ мкм}$;

$$f_e = B \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right] = 17 \cdot \left[1 - \left(\frac{35}{44} \right)^2 \right] = 6 \text{ мм},$$

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4} = 35 + \frac{72 - 35}{4} = 44 \text{ мм}.$$

7. Вычерчиваем схемы распределения полей допусков (рис. 2.1).

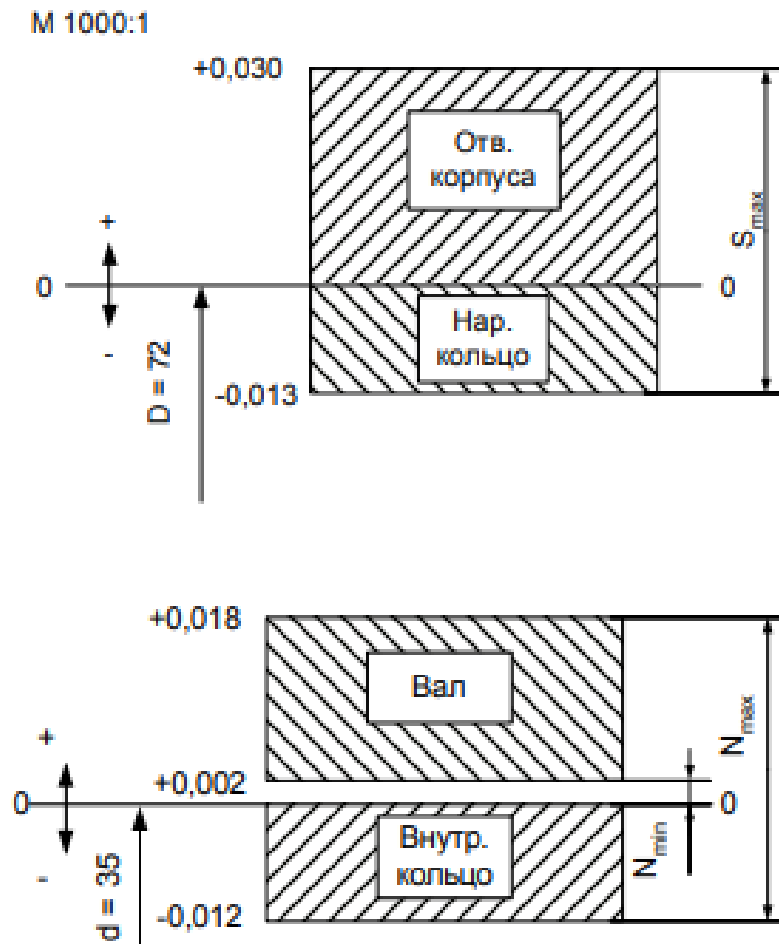
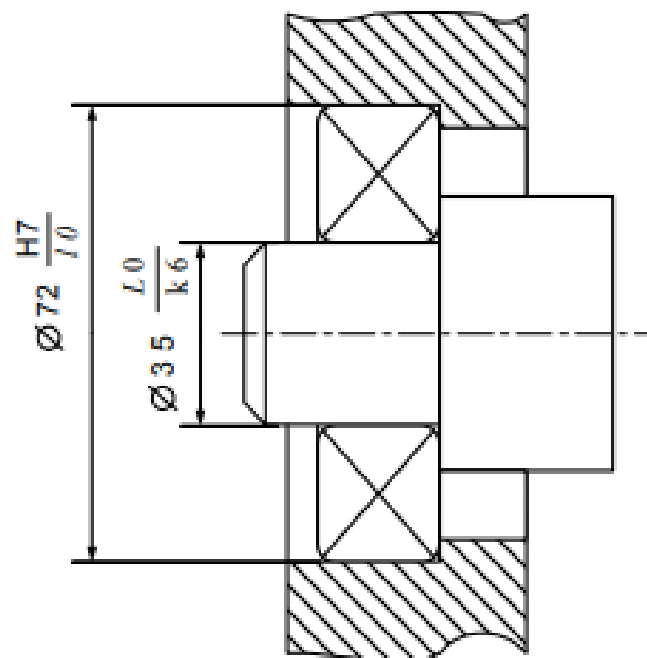


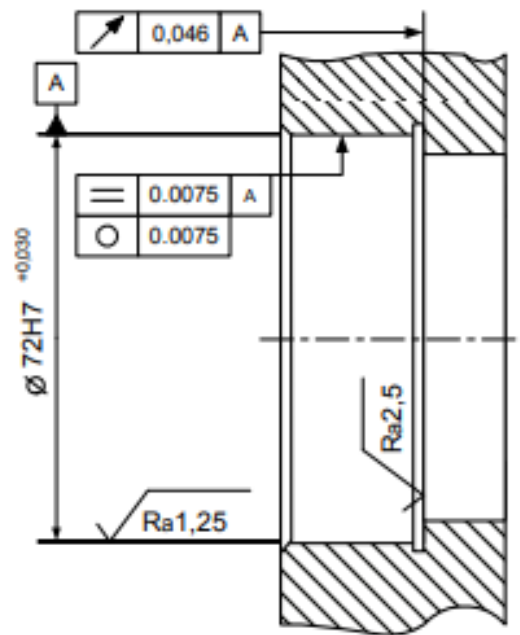
Рис. 2.1. Схема полей допусков сопряжений:
корпус – наружное кольцо и вал – внутреннее кольцо

8. Вычерчиваем сборочный и детализовочные чертежи (рис.2.2).

а)



б)



в)

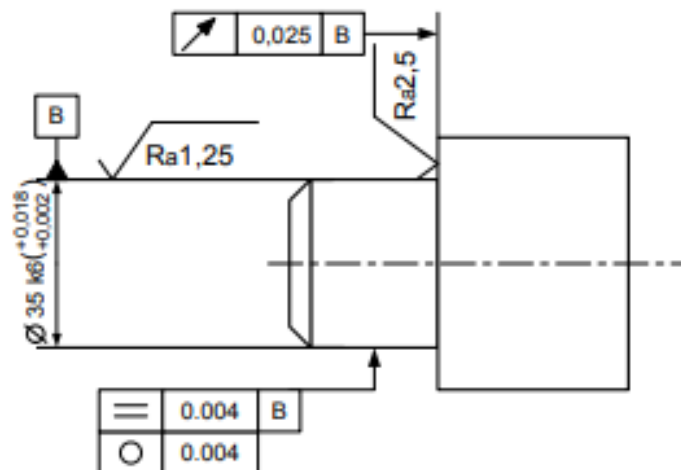


Рис. 2.2. Обозначение допусков и посадок подшипников качения на чертежах (ГОСТ 3325-85): а – подшипникового узла в сборе; б – отверстия корпуса; в – вала.

Примечание. В обозначениях посадок подшипников качения на вал в числителе дроби указывается обозначение поля допуска внутреннего кольца подшипника по классам точности ($L0$, $L6$, $L5$, $L4$, $L2$), а в знаменателе – поле допуска вала. В обозначениях посадок подшипников качения в отверстие корпуса в числителе дроби указывается поле допуска отверстия, в знаменателе – поле допуска наружного кольца подшипника по классам точности ($l0$, $l6$, $l5$, $l4$, $l2$). Поскольку применение системы отверстия для соединения внутреннего кольца подшипника с валом и системы вала для соединения наружного кольца с корпусом является обязательным, на сборочных чертежах посадки колец подшипников принято обозначать одним полем допуска, например $\varnothing 35k6$.

4.4. Расчёт посадок шлицевых соединений

Для шлицевого соединения с прямобочным профилем выбрать и обосновать способ центрирования. Выбрать поля допусков и посадки по элементам шлицевого соединения. Построить схемы расположения полей допусков по диаметрам и ширине шлицев. Определить зазоры (натяги) и допуски посадок по всем элементам.

Привести эскизы шлицевого соединения и шлицевых деталей в отдельности с указанием полей допусков размеров смешанным способом.

Размеры, допуски и поля допусков прямобочных шлицевых соединений приведены в источниках [5; 6; 7; 8; 11]. Значения предельных отклонений отверстий и валов для принятых полей допусков следует принимать по литературе [5; 6; 7; 8].

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Цель работы

Научиться расшифровывать условные обозначения параметров и посадок шлицевых соединений, определять по таблицам отклонения, зазоры и натяги по диаметрам и ширине шлица, строить поля допусков и правильно оформлять рабочие чертежи.

2. Задание

Составить условное обозначение шлицевого соединения. Рассчитать предельные размеры элементов заданного шлицевого соединения (табл. 6.1). Построить схему расположения полей допусков. Начертить эскизы сборки и подетальные с указанием требований к точности изготовления.

Таблица 6.1

Исходные данные для расчета параметров шлицевого соединения

№ вар.	Ширина шлица, b мм	Кол-во шлицев, z	Внутрен- ний диа- метр, d мм	Наружный диаметр, D мм	Цен- триро- вание по...	Обозначение посадки соединения: по d или D _s	Обозна- чение посадки по b
1	6	6	23	26	D	H7/f7	F8/f7
2	12	8	62	72	d	H7/f7	D9/h9
3	8	20	102	115	b	-	D9/e8
4	12	10	82	88	D	H7/g6	F8/f8
5	5	6	21	25	d	H7/g6	D9/k7
6	7	6	28	34	b	-	D9/h9
7	9	8	46	50	D	H7/js6	D9/h8
8	14	10	92	102	d	H8/e8	F8/k7
9	4	10	26	32	b	-	F8/d9
10	10	8	52	58	D	H7/h7	F8/js7
11	8	8	42	48	d	H8/e8	D9/e8
12	7	10	46	56	b	-	D9/e9
13	8	8	42	46	D	H8/e8	F8/f7
14	12	10	72	82	d	H7/js6	D9/e8
15	5	16	56	65	b	-	D9/ js7
16	6	6	23	26	D	H8/e8	D9/e8
17	6	8	32	38	d	H7/h7	D9/f8
18	7	20	92	102	b	-	D9/k7
19	3	6	11	14	D	H7/g6	D9/f7
20	6	8	32	36	d	H7/g6	F8/f8
21	6	20	82	92	b	-	D9/f8
22	6	6	26	30	D	H7/h7	F8/f7
23	10	8	52	60	d	H7/f7	F8/js7
24	4	10	28	35	b	-	F8/ e8
25	10	8	52	58	D	H7/n6	F8/ e8
26	12	10	72	82	d	H8/e8	D9/f8
27	6	10	42	52	b	-	F8/js7
28	7	6	28	32	D	H8/e8	D9/h8
29	7	6	28	34	d	H7/js6	D9/h9
30	7	16	72	82	b	-	D9/f8

3. Нормирование точности прямобочных шлицевых соединений

Шлицевые соединения предназначены для передачи крутящего момента, обладают достаточной прочностью, обеспечивают высокую точность центрирования и легкое относительное перемещение деталей вдоль оси вала. Это достигается равномерным расположением зубьев (шлицев) по окружности и высокой точностью их размеров, формы и расположения.

Размеры и допуски прямобочных шлицевых соединений устанавливает ГОСТ 1139-80 (табл. П15, Приложение 5).

Наибольшее распространение имеют прямобочные шлицевые соединения с четным числом шлиц ($z = 6, 8, 10, 16$ или 20), которые применяют для подвижных, а также неподвижных соединений.

Стандартом установлены 3 серии прямобочных шлицевых соединений: легкая, средняя и тяжелая. Легкая серия, имеющая наименьшую высоту зубьев, преимущественно используется для неподвижных соединений, передающих небольшой крутящий момент при безударной нагрузке. Средняя серия используется для неподвижных и подвижных соединений, передающих средние крутящие моменты при безударной или пульсирующей нагрузке. Соединения тяжелой серии отличаются наибольшим числом и высотой шлицев, их применяют для напряженных условий работы.

В шлицевых прямобочных соединениях применяют три способа относительного центрирования вала и втулки: по наружному диаметру D , по внутреннему диаметру d и по боковым поверхностям зубьев b . Выбор способа центрирования определяется эксплуатационными требованиями и технологическими факторами.

Центрирование по D рекомендуется в случаях повышенных требований к точности соосности элементов соединения. Применяют для неподвижных соединений и для подвижных, передающих малый крутящий момент.

Центрирование по d применяется для подвижных соединений передающих большие крутящие моменты. Такое соединение обеспечивает довольно точное центрирование; хотя его точность ниже, чем при центрировании по D .

Центрирование по b не обеспечивает высокой точности центрирования. Применяется при передаче значительных крутящих моментов, когда недопустимы большие зазоры между боковыми поверхностями вала и втулки. Этот способ центрирования является наиболее простым и экономичным.

Для размера b посадку назначают при любом виде центрирования.

Требуемый характер сопряжения соединяемых деталей достигается назначением полей допусков центрирующих параметров. Поля допусков, посадки валов и втулок, рекомендуемые для различных способов центрирования приведены в табл. П15 (Приложение 5).

Поля допусков нецентрирующих элементов шлицевых соединений приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

**Поля допусков нецентрирующих элементов шлицевых соединений
(ГОСТ 1139-80)**

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Поле допуска нецентрирующего элемента	
		Вала, d^*	Втулки, D
d	D или b	-	H11
D	d или b	a11	H12
*Допускается для d устанавливать поле допуска a11 или b12.			

Условное обозначение шлицевого соединения должно содержать:

- букву, указывающую центрирующий параметр;
- число шлиц и номинальные размеры d , D и b соединения;
- обозначение посадок по диаметрам и по ширине шлица, помещенные после соответствующих размеров.

Поля допусков нецентрирующих диаметров допускается в обозначении не указывать.

Пример обозначения шлицевого соединения при различных способах центрирования.

Для шлицевого соединения с параметрами $z = 8$, $d = 36$ мм, $D = 40$ мм, $b = 7$ мм.

Центрирование по d :

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}$$

Центрирование по D :

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Центрирование по b :

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h8}$$

4. Порядок расчета

1. Составить условное обозначение шлицевого соединения.
2. Определить номинальные размеры элементов прямобочного шлицевого соединения по его условному обозначению.
3. По таблицам ГОСТ 1139-80 определить значения ширины зуба b и предельно допустимый размер d_f .
4. Найти по табл. ГОСТ 25347-82 предельные отклонения по центрирующим параметрам и боковым сторонам зубьев. Вычислить предельные размеры и построить схему расположения полей допусков.
5. Установить предельные размеры центрирующего диаметра по ГОСТ 1139-80.
6. Вычертить эскизы деталей шлицевого соединения в сборе и отдельно вала и втулки. На эскизах должны быть проставлены размеры с условным буквенным и числовым обозначением отклонений.

5. Пример

Для деталей шлицевого соединения с прямобочным профилем установить предельные отклонения, предельные размеры и дать схему расположения полей допусков сопрягаемых размеров (по центрирующему диаметру D и ширине шлица b). Выбрать отклонения на несопрягаемые размеры.

Дать эскизы деталей в сборе и подетально с простановкой буквенных и числовых отклонений.

$$\text{Задано соединение: } D - 10 \times 21 \times 26 \frac{H7}{js6} \times 3 \frac{F8}{h8}$$

Решение

1. По таблице 6.2 определим поля допусков на нецентрирующий элемент d сопряжения – шлицевая втулка 21H11, шлицевой вал 21b12.

2. По ГОСТ 25347-82 определяем отклонения для сопрягаемых параметров, для нецентрирующего параметра d и результаты заносим в таблицу 6.3.

Таблица 6.3

Размеры и отклонения элементов шлицевого соединения

№ п/п	Наименование эле- ментов шлицевого соединения	Номинальный размер в мм и поле допуска	Отклонения в мм		Предельные размеры в мм
			верхнее	нижнее	
	А) Центрирующие элементы				
1	Шлицевая втулка (отверстие), D	26H7	+ 0,021	0	$D_{\max} = 26,021$ $D_{\min} = 26,000$
2	Шлицевой вал, D	26js6	+ 0,0065	- 0,0065	$D_{\max} = 26,0065$ $D_{\min} = 25,9935$
3	Ширина впадин отверстия, b	3F8	+ 0,020	+ 0,006	$b_{\max} = 3,020$ $b_{\min} = 3,006$
4	Толщина шлицев вала, b	3h8	0	- 0,014	$b_{\max} = 3,000$ $b_{\min} = 2,986$
	Б) Нецентрирующие элементы				
1	Шлицевая втулка (отверстие), d	21H11	+ 0,13	0	$d_{\max} = 21,13$ $d_{\min} = 21,00$
2	Шлицевой вал, d	21b12	- 0,160	- 0,370	$d_{\max} = 20,84$ $d_{\min} = 20,63$

3. Вычерчиваем схему полей допусков шлицевого соединения (рис. 6.1).

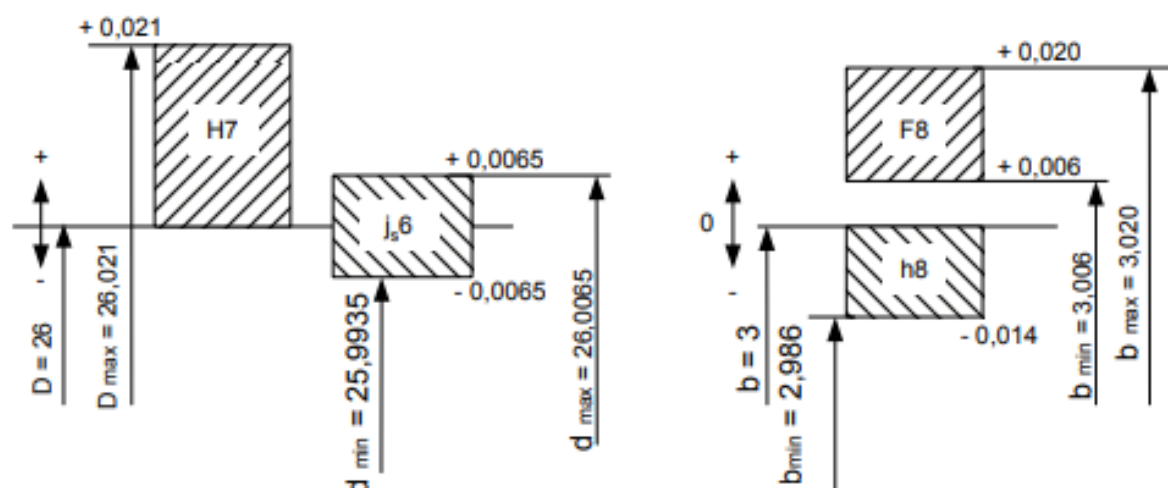
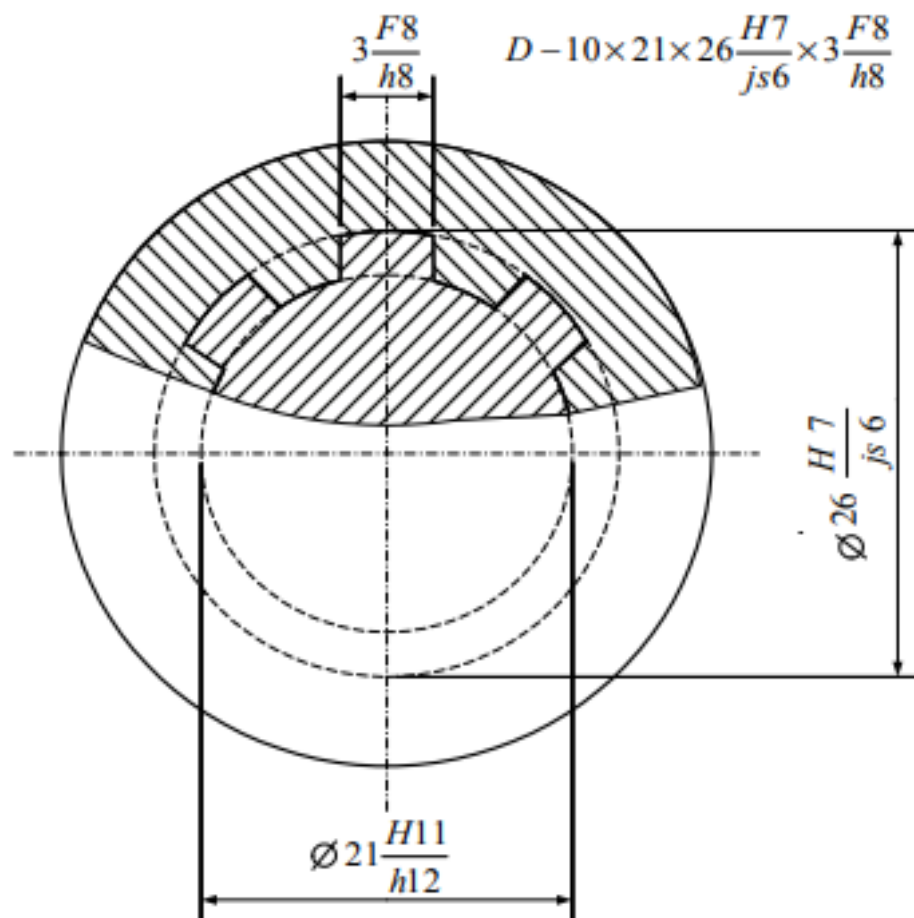


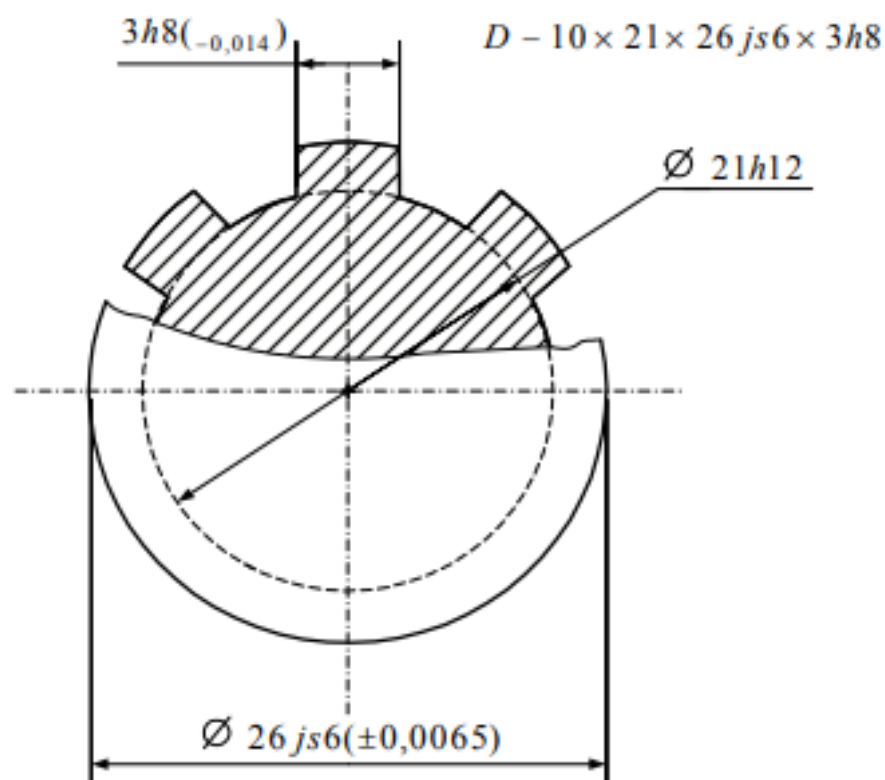
Рис. 6.1. Схемы полей допусков шлицевого соединения

4. Вычерчиваем шлицевое соединение (рис. 6.2): в сборе – рис. 6.2а; шлицевой вал – рис. 6.2б; шлицевая втулка – рис. 6.2в.

a)



b)



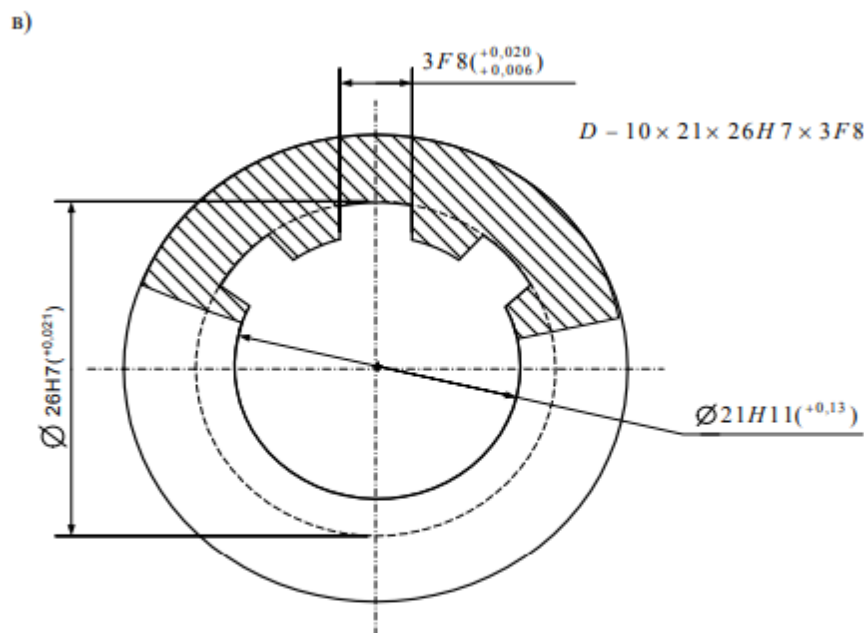


Рис. 6.2. Обозначение посадок прямоугольного шлицевого сопряжения:
а) сборочный чертеж; б) шлицевой вал; в) шлицевая втулка

4.5. Расчёт посадок резьбовых соединений

Исходные данные для расчёта резьбового соединения (приложение А, детали 3 и 10) приведены в таблице 5.

Для заданной посадки построить в масштабе схемы расположения полей допусков наружной, внутренней резьбы и резьбового соединения. На схемах наружной и внутренней резьбы указать её основные параметры и предельные отклонения диаметров в миллиметрах, рассчитать предельные размеры наружной и внутренней резьбы по всем диаметрам.

Схемы расположения полей допусков резьбовых деталей рекомендуется выполнять в масштабе 100:1 в соответствии с данными литературы [1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 11] или по ГОСТ 16093-81. Номинальные значения среднего и внутреннего диаметров, размеры элементов профиля резьбы следует определять по ГОСТ 9150-81, ГОСТ 24705-81 или по справочникам [5; 6; 7; 8]. Величины предельных отклонений диаметров принимать по ГОСТ 16093-81 или по литературе [5; 6; 7; 8]. В этой же литературе приводятся примеры расчёта предельных размеров болтов и гаек.

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Цель работы

Научиться расшифровывать условные обозначения параметров и посадок резьбовых соединений, определять по таблицам отклонения и правильно оформлять рабочие чертежи.

2. Задание

Записать условное обозначение резьбового сопряжения. Рассчитать предельные размеры элементов заданного резьбового сопряжения (табл. 4.1). Построить схему расположения полей допусков.

Таблица 4.1

Исходные данные для расчета параметров метрической резьбы

Номер варианта	Резьбовые соединения			Номер варианта	Резьбовые соединения		
	Диаметр резьбы, d (D), мм	Шаг резьбы P, мм	Точность изготовления резьбы		Диаметр резьбы, d (D), мм	Шаг резьбы P, мм	Точность изготовления резьбы
1	12	1,75	7H/6f	16	42	4,5	8H/8h
2	45	4,5	6H/7g6g	17	5	0,8	4H/4g
3	27	3	5H/6e	18	18	2,5	7G/6h
4	42	4,5	4H5H/6g	19	12	1,75	5H/6d
5	18	2	7H/8g	20	22	1,5	7H/6g
6	10	1,5	6H/7e6e	21	36	4	6H/6h
7	12	1,75	4H5H/6h	22	16	2	6H/5h6h
8	16	2	7H/8g	23	52	5	6G/8h
9	42	4,5	7H/6d	24	30	3,5	7H/7g6g
10	8	1	6H/6h	25	24	2	6H/6e
11	22	2,5	6G/6g	26	30	3,5	4H/3h4h
12	16	2	6H/6f	27	36	4	7H/8g
13	14	2	7H/8g	28	27	3	6H/7e6e
14	6	1	4H/3h4h	29	10	1,5	7G/7g6g
15	20	1,5	5H/4g	30	42	4,5	6H/5g6g

3. Допуски метрических резьб

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, аппаратов, приборов, инструментов и приспособлений различных отраслей промышленности.

Резьбовые соединения общего применения разделяются на крепежные (метрические и дюймовые) – скрепляющие отдельные детали; кинематические (трапецеидальные и прямоугольные) – преобразующие вращение в осевое движение; трубные – для герметического соединения деталей трубопровода.

В общем машиностроении наиболее широко применяется метрическая резьба. ГОСТ 24705-81 и ГОСТ 9150-81 устанавливают номинальный профиль метрической резьбы и размеры элементов профиля (табл.4.2): профиль – треугольный; d (D) – наружный диаметр резьбы болта (гайки); d₂ (D₂) – средний диаметр резьбы болта (гайки); d₁ (D₁) – внутренний диаметр резьбы болта (гайки); P – шаг резьбы; α = 60° – угол

профиля резьбы; H – высота исходного треугольника ($H = 0,8660254P$); H_1 – рабочая высота профиля, которая образована путем среза вершин острых углов у гайки на $H/4$ и у болта на $H/8$.

Таблица 4.2

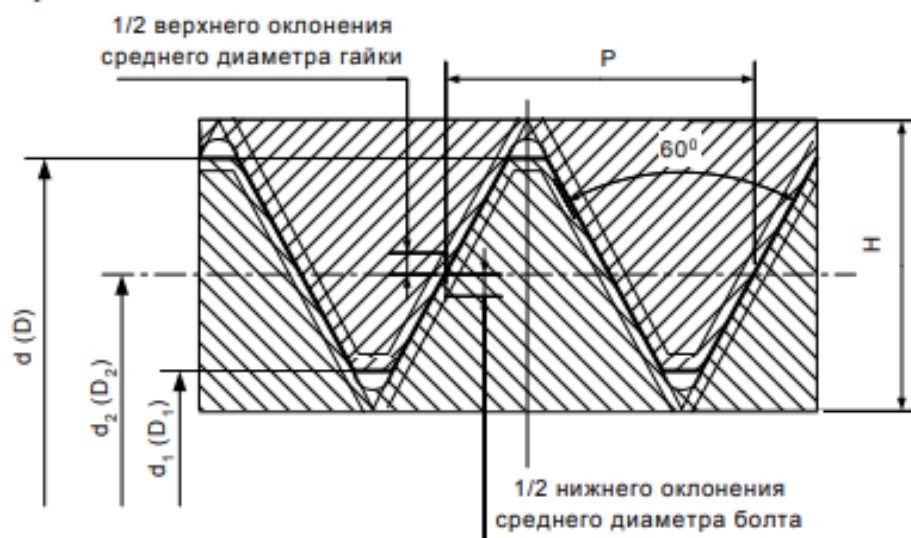
Размеры среднего и внутреннего диаметров метрических резьб, мм

Шаг резьбы, P	Диаметры резьбы	
	Средний диаметр d_2, D_2	Внутренний диаметр d_1, D_1
0,75	$d - 1 + 0,513$	$d - 1 + 0,188$
0,8	$d - 1 + 0,480$	$d - 1 + 0,134$
1	$d - 1 + 0,350$	$d - 2 + 0,917$
1,25	$d - 1 + 0,188$	$d - 2 + 0,647$
1,5	$d - 1 + 0,026$	$d - 2 + 0,376$
1,75	$d - 2 + 0,863$	$d - 2 + 0,106$
2	$d - 2 + 0,701$	$d - 3 + 0,835$
2,5	$d - 2 + 0,376$	$d - 3 + 0,294$
3	$d - 2 + 0,051$	$d - 4 + 0,752$
3,5	$d - 3 + 0,727$	$d - 4 + 0,211$
4	$d - 3 + 0,402$	$d - 5 + 0,670$
4,5	$d - 3 + 0,077$	$d - 5 + 0,129$

ГОСТ 8724-81 устанавливает диаметры резьбы от 0,25 до 600 мм и шаги от 0,075 до 6 мм (табл. П12, Приложение 3). Установлено 3 ряда диаметров метрической резьбы. При выборе диаметра резьбы следует первый ряд предпочитать второму, второй – третьему.

Основным профилем резьбы является общий для наружной и внутренней резьбы профиль, который называется номинальным. Размеры его линейных и угловых элементов служат основой для определения номинальных профилей болта и гайки.

На рис. 4.1 толстой линией показан номинальный профиль резьбы с основными отклонениями H/h , определяющий наибольший предельный контур резьбы болта и наименьший – гайки. От номинального профиля резьбы, перпендикулярно к оси резьбы, откладывают: вниз – поля допусков диаметров резьбы болта, вверх – поля допусков диаметров резьбы гайки.

**Рис. 4.1.** Параметры метрической резьбы

Величины допусков назначают в зависимости от номинального диаметра резьбы, шага резьбы и степени точности по ГОСТ 16093-81.

Для метрических крепежных резьб установлены следующие допуски:

- Для среднего диаметра болта Td_2 и гайки TD_2 ;
- Для наружного диаметра болта Td ;
- Для внутреннего диаметра гайки TD_1 .

Основным параметром резьбового сопряжения, обеспечивающим точность и характер сопряжения, является средний диаметр. Поля допусков на наружный и внутренний диаметры построены таким образом, чтобы обеспечить гарантированный зазор.

В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (по среднему диаметру) для метрической крепежной резьбы различают 3 группы посадок: посадки с зазором – ГОСТ 16093-81; переходные посадки – ГОСТ 24834-81; посадки с натягом – ГОСТ 4608-81.

Наибольшее распространение получили посадки с зазором. Для получения посадок резьбовых деталей с зазором в ГОСТ 16093-81 предусмотрено пять основных отклонений для наружной резьбы (h, g, f, e и d) и четыре для внутренней резьбы (H, G, E и F).

Сочетание основного отклонения с допуском по принятой степени точности, образует поле допуска. В таблице П13 (Приложение 3) приведены поля допусков, которые можно применять без ограничения.

Условное обозначение резьбового соединения содержит:

1. Указание о виде резьбы (М – метрическая);
2. Значение номинального (наружного) диаметра (d, D) – одинаковое для болта и гайки, образующих соединение;
3. Значение шага резьбы, если он мелкий (крупный шаг не указывается);
4. Направление резьбы, если она левая LH;
5. Поле допуска на средний диаметр (d_2 или D_2);
6. Поле допуска на наружный (внутренний) диаметр болта – d (гайки – D_1);
7. Значение длины свинчивания – l, если она не нормальная.

Пример полного обозначения резьбового элемента:

Для наружной резьбы – болта: M20×0,75LH - 7g 6g – 15,

где 7g – поле допуска на средний диаметр резьбы болта d_2 , 6g – поле допуска на наружный диаметр резьбы болта d.

Для внутренней резьбы – гайки: M20×0,75LH – 4H 5H – 15,

где 4H – поле допуска на средний диаметр резьбы гайки D_2 , 5H – поле допуска на внутренний диаметр резьбы гайки D_1 .

Пример краткого обозначения резьбового элемента

Для наружной резьбы – болта: M40 – 6g.

Для внутренней резьбы – гайки: M40 – 6H.

Посадки резьбовых деталей обозначаются дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки, а в знаменателе – поле допуска болта.

Обозначение метрической резьбы на сборочном чертеже: $M40 - \frac{6H}{6g}$.

4. Порядок расчета

1. Составить обозначение резьбового соединения.
2. Определить номинальные размеры элементов резьбового соединения по таблицам ГОСТ 8724-81 и ГОСТ 24705-81.

3. Определить предельные отклонения диаметров резьбы по ГОСТ 16093-81.
4. Рассчитать предельные размеры болта и гайки.
5. Построить схемы расположения полей допусков болта и гайки.

5. Пример

Определить предельные размеры диаметров резьбы болта и гайки для резьбы М36×1 - 7H/7g 6g, построить схемы расположения полей допусков.

Решение

1. Определим номинальные значения диаметров из табл. ГОСТ 8724-81.

$$d = D = 36 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_1 = d - 2 + 0,917 = 34,917 \text{ мм};$$

$$d_2 = D_2 = d - 1 + 0,350 = 35,350 \text{ мм}.$$

2. Определим предельные отклонения диаметров резьбы (в мкм) по ГОСТ 16093-81.

Болт:

Верхнее отклонение для $d, d_1, d_2 = -26$,

Нижнее отклонение для $d = -206$,

Нижнее отклонение для $d_2 = -186$.

Гайка:

Верхнее отклонение для $D_2 = +212$,

Верхнее отклонение для $D_1 = +300$.

3. Вычислим предельные размеры болта и гайки

Болт, мм

$$d_{\max} = 36 - 0,026 = 35,974;$$

$$d_{\min} = 36 - 0,206 = 35,794;$$

$$d_{2\max} = 35,350 - 0,026 = 35,324;$$

$$d_{2\min} = 35,350 - 0,186 = 35,164;$$

$$d_{1\max} = 34,917 - 0,026 = 34,891;$$

Гайка, мм

$D_{\max}$ – не нормируется;

$$D_{\min} = 36;$$

$$D_{2\max} = 35,350 + 0,212 = 35,562;$$

$$D_{2\min} = 35,350;$$

$$D_{1\max} = 34,917 + 0,3 = 35,217;$$

$$D_{1\min} = 34,917.$$

$d_{1\min}$ – впадина не должна выходить за линию плоского среза, проведенного на расстоянии

$$\frac{H}{8} = \frac{0,86603}{8} = 0,108, \text{ мм}.$$

4. Строим схему расположения полей допуска болта и гайки (рис. 4.2 и рис. 4.3).

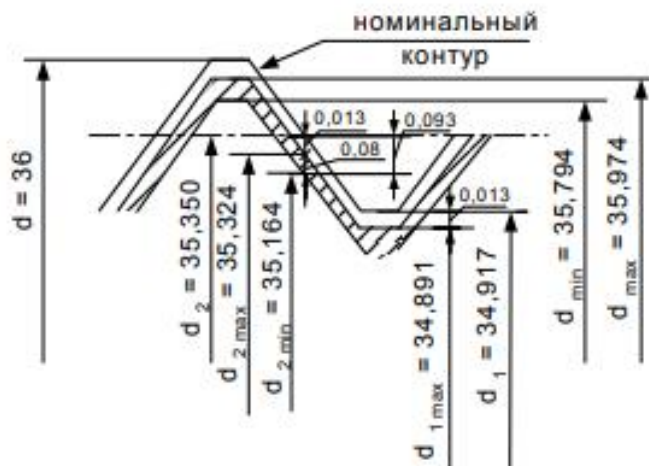


Рис. 4.2. Схема расположения полей допусков болта

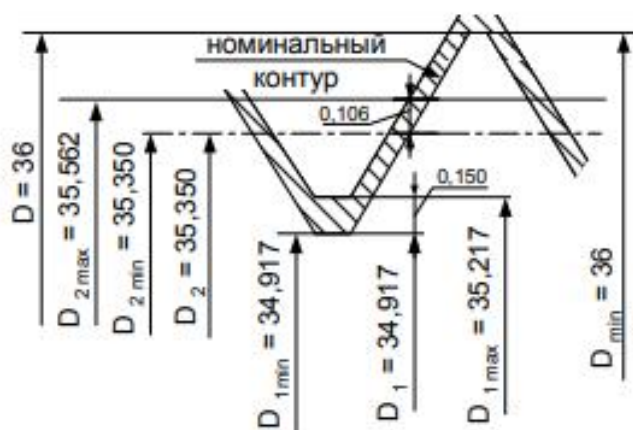


Рис. 4.3. Схема расположения полей допусков гайки

5 План-график выполнения работы

Выдача задания к контрольной работе осуществляется не позднее 2 недели семестра. Контрольная работы сдается на проверку преподавателем не позднее 12 недели. После проверки контрольной работы преподавателем студент получает допуск к его защите. Защита работы осуществляется не позднее 16 недели семестра.

Студент обязан пользоваться оригинальной, рекомендуемой учебной, справочной и научной литературой, методическими разработками.

Пояснительная записка с решением поставленных задач должна быть выполнена в строгом соответствии с требованием ГОСТов, ЕСКД и других нормативных документов.

Выполнение контрольной работы должно быть под контролем руководителя КР, согласно представленному выше графику.

Рекомендованный план выполнения контрольной работы:

Выбор и расчет посадок шпоночных соединений – 3-6 недели;

Выбор и расчет посадок шлицевых соединений – 7-8 недели;

Определение и расчет посадок резьбовых соединений – 9-10 недели;

Построение рабочего чертежа и оформление пояснительной записки - 11-12 недели.

6 Критерии оценивания работы

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100

Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

7 Порядок защиты контрольной работы

Допуск к защите контрольной работы осуществляется при наличии у студентов оформленных в соответствии с единой системой конструкторской документации пояснительной записки.

Защита контрольной работы проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если контрольная работы соответствует требованиям, описанным в единой системе конструкторской документации, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Наличие ошибок оформления чертежа и пояснительной записки; Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

Допущения при выполнении контрольной работы не критических ошибок.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенцию ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8, ПК-3. Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо систематическая подготовка к практическим занятиям и лекциям.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 111

Нормальные габаритные размеры подшипников, мм (ГОСТ 3476-79)

Условные обозначения подшипников	Габаритные размеры				Радиус закругления фаски, r
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина* (кроме конических роликоподшипников)	Монтажная высота конических роликоподшипников	
1	2	3	4	5	6
Л Е Г К А Я С Е Р И Я					
204	20	47	14	15,5	1,5
205	25	52	15	16,5	1,5
206	30	62	16	17,5	1,5
207	35	72	17	18,5	2,0
208	40	80	18	20,0	2,0
209	45	85	19	21,0	2,0
210	50	90	20	22,0	2,0
211	55	100	21	23,0	2,5
212	60	110	22	24,0	2,5
213	65	120	23	25,0	2,5
214	70	125	24	26,5	2,5
215	75	130	25	27,5	2,5
216	80	140	26	28,5	3,0
217	85	150	28	31,0	3,0
218	90	160	30	33,0	3,0
220	100	180	34	37,5	3,5
С Р Е Д Н Я Я С Е Р И Я					
305	25	62	17	18,5	2,0
306	30	72	19	21,0	2,0
307	35	80	21	23,0	2,5
308	40	90	23	25,5	2,5
309	45	100	25	27,5	2,5
310	50	110	27	29,5	3,0
311	55	120	29	32,0	3,0
312	60	130	31	34,0	3,5
313	65	140	33	36,5	3,5
314	70	150	35	38,5	3,5
315	75	160	37	40,5	3,5
316	80	170	39	43,0	3,5
317	85	180	41	45,0	4,0
318	90	190	43	47,0	4,0
Т Я Ж Е Л А Я С Е Р И Я					
1	2	3	4	5	6
406	30	90	23	-	2,5
407	35	100	25	-	2,5
408	40	110	27	-	3,0
409	45	120	29	-	3,0
410	50	130	31	-	3,5
411	55	140	33	-	3,5
412	60	150	35	-	3,5
413	65	160	37	-	3,5
414	70	180	42	-	4,0
415	75	190	45	-	4,0

* Для всех подшипников, кроме конических роликовых, номинальный размер монтажной высоты равен размеру ширины кольца.

Таблица П2

**Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях
валов и корпусов [9]**

Диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника, мм	Допускаемые значения P_R , кН/м			
	Поля допусков для валов			
	j_5, j_6	k_5, k_6	m_5, m_6	n_5, n_6
Св. 18 до 80	до 300	300-1400	1400-1600	1600-3000
Св. 80 до 180	до 600	600-2000	2000-2500	2500-4000
Св. 180 до 360	до 700	700-3000	3000-3500	3500-6000
Св. 360 до 630	до 900	900-3500	3500-5400	5400-8000
Диаметр D наружно- го кольца, мм	Поля допусков для корпусов			
	K7, K6	M7, M6	N7, N6	P7
Св. 50 до 180	до 800	800-1000	1000-1300	1300-2500
Св. 180 до 360	до 1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300
Св. 360 до 630	до 1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000
Св. 630 до 1600	до 1600	1600-2500	2500-3500	3500-5500
Примечание. Допускаемые значения P_R подсчитаны по средним значениям посадочных натягов.				

Таблица П3

**Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов под подшипники
качения с местно нагруженными кольцами [9]**

Типы подшипников	Номинальный диаметр	Поля допусков		
		валов (осей)	отверстий в корпусе	
			неразъемном	разъемном
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 150%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых	До 80	h5, h6 g5, g6	H6, H7	H6, H7, H8*
	Св. 80 до 260	f6*, j5,6	G6, G7	
	Св. 260 до 500	f6, j5,6		
Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых и роликовых конических двухрядных	До 80	h5, h6	J5,6, J5,7	J5,6, J5,7
	Св. 80 до 260		H6, H7	
	Св. 260 до 500	g5, g6		
Роликовые конические двухрядные	До 120	h5, h6	H6, H7	J5,6, J5,7
	Св. 120	g5, g6		
Нагрузка любая				
Игольчатые штампованные	Все размеры	k5, k6** j5,5, j5,6**	K6, K7*** J5,6, J5,7	J5,6, J5,7 (в стальной стакан)

* Поля допусков f6 и H8 применять при частоте вращения не более 60% от предельно допустимой.

** Соединения подшипников с валами k5, k6, j5,5, j5,6 осуществляют с помощью селективной сборки.

*** Для корпусов из цветного металла.

Таблица П4

Предельные отклонения ширины колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников B , мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный внутренний диаметр, d , мм	Класс точности					
	0		6		5	
	верхнее отклоне- ние	нижнее отклоне- ние	верхнее отклоне- ние	нижнее отклоне- ние	верхнее отклоне- ние	нижнее отклоне- ние
Св.18 до 30	0	-120	0	-120	0	-120
Св.30 до 50	0	-120	0	-120	0	-120
Св.50 до 80	0	-150	0	-150	0	-150
Св.80 до 120	0	-200	0	-200	0	-200

Таблица П5

Точность размеров внутренних колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников d_m, d , мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный внутренний диаметр d , мм	Класс точности									
	0				6				5	
	d_m		d		d_m		d		d_m, d	
	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение
Св.18 до 30	0	-10	+3	-13	0	-8	+1	-9	0	-6
Св.30 до 50	0	-12	+3	-15	0	-10	+1	-11	0	-8
Св.50 до 80	0	-15	+4	-19	0	-12	+2	-14	0	-9
Св.80 до 120	0	-20	+5	-25	0	-15	+3	-18	0	-10

Таблица П6

Точность размеров наружных колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников D_m, D , мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный наружный диа- метр D , мм	Класс точности									
	0				6				5	
	D_m		D		D_m		D		D_m, D	
	верхнее от- клонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее от- клонение	нижнее отклонение	верхнее от- клонение	нижнее отклонение	верхнее от- клонение	нижнее отклонение
Св.18 до 30	0	-9	+2	-11	0	-8	+1	-9	0	-6
Св.30 до 50	0	-11	+3	-14	0	-9	+2	-11	0	-7
Св.50 до 80	0	-13	+4	-17	0	-11	+2	-13	0	-9
Св.80 до 120	0	-15	+5	-20	0	-13	+3	-15	0	-10
Св.120 до 150	0	-18	+6	-24	0	-15	+3	-18	0	-11
Св.150 до 180	0	-25	+7	-32	0	-18	+3	-21	0	-13
Св.180 до 250	0	-30	+8	-38	0	-20	+4	-24	0	-15

Таблица П7

Допуски формы и расположения посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов в мкм, не более (ГОСТ 3325-85)

Класс точности подшипников	Номинальные диаметры d и D подшипников качения, мм										
	От 0,6 до 2,5	Св. 2,5 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250
	Для посадочной поверхности вала, сопрягаемого с подшипником Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения										
0 и 6	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	6	7
5 и 4	0,7	0,7	0,8	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5
	Допуски торцевого биения заплечиков вала										
0	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46
6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29
5	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
	Для посадочной поверхности отверстия корпуса, сопрягаемого с подшипником Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения										
0 и 6	–	2,5	3	4	4,5	5	6	7,5	9	10	11,5
5 и 4	–	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5
	Допуски торцевого биения заплечиков отверстия корпуса										
0	–	–	18	22	27	33	39	46	54	63	72
6	–	–	12	15	18	21	25	30	35	40	46
5	–	–	5	6	8	9	11	13	15	18	20

Таблица П8

Шероховатость посадочных и опорных торцовых поверхностей (ГОСТ 3325-85)

Посадочные поверхности	Класс точности подшипников	Предельные отклонения, не более, для номинальных диаметров подшипников	
		до 80 мм	св. 80 до 500 мм
		Ra, мкм	
Валов	0	1,25	2,50
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
Отверстий корпусов	0	1,25	2,5
	6, 5 и 4	0,63	1,25
Опорных торцов заплечиков валов и корпусов	0	2,50	2,50
	6, 5 и 4	1,25	2,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П9

Единица допуска для размеров до 500 мм (ЕСДП)

Основные интервалы размеров	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
i, мкм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3,22	3,54	3,89

Примечание. Единицу допуска для основных интервалов размеров определяют по формуле: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001D$,
где D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров в мм: $D = \sqrt[3]{D_{\min} \cdot D_{\max}}$.
Для интервала до 3 мм принимается $D = \sqrt{3}$.

Таблица П10

Число единиц допусков для квалитетов ЕСДП (ГОСТ 25346-89)

Число единиц допуска	7	10	16	25	30	40	64	100	160	200	250	400	640	1000	1600
Квалитеты ЕСДП	5	6	7	8	–	9	10	11	12	–	13	14	15	16	17

Таблица П11

Значения допусков для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346-89)

Номинальные размеры, мм	Допуски (мкм) для квадратов														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400				
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480				
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580				
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700				
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840				
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000				
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200				
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400				
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600				
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850				
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100				
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300				
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500				

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П12

Номинальные диаметры и шаги метрической резьбы рядов 1 и 2 (ГОСТ 8724-81)

Номинальный диаметр, мм		Шаг P, мм		Номинальный диаметр, мм		Шаг P, мм	
1-й ряд	2-й ряд	Крупный	Мелкий	1-й ряд	2-й ряд	Крупный	Мелкий
3		0,5			33	3,5	2; 1,5; 1
4		0,7	0,5	36		4	3; 2; 1,5; 1
5		0,8	0,5		39	4	3; 2; 1,5; 1
6		1	0,75; 0,5	42		4,5	3; 2; 1,5; 1
8		1,25	1; 0,75		45	4,5	3; 2; 1,5; 1
10		1,5	1,25; 1	48		5	3; 2; 1,5
12		1,75	1,5; 1,25; 1		52	5	3; 2; 1,5
	14	2	1,25; 1	56		5,5	4; 3; 2
16		2	1,5; 1		60	(5,5)	4; 3; 2
	18	2,5	2; 1,5; 1	64		6	4; 3; 2
20		2,5	2; 1,5; 1		68	6	4; 3; 2
	22	2,5	2; 1,5; 1	72		-	6; 4; 3; 2
24		3	2; 1,5; 1		76	-	6; 4; 3; 2
	27	3	2; 1,5; 1	80		-	6; 4; 3; 2
30		3,5	2; 1,5; 1		85	-	6; 4; 3; 2
				90		-	6; 4; 3; 2

Примечание. В таблицу не включены nereкомендуемые шаги, а также ограничено число мелких шагов.

Таблица П13

Поля допусков метрической резьбы с зазорами (ГОСТ 16093-81)

Класс точности	Длина свинчивания		
	S	N	L
Поля допусков наружных резьб			
Точный	(3h4h)	4g, 4h	(5h4h)
Средний	5g6g, (5h6h)	6d, 6e, 6f, 6g, 6h	(7e6e), 7g6g, (7h6h)
Грубый	-	8g, (8h)	(9g8g)
Поля допусков внутренних резьб			
Точный	4H	4H5H, 5H	6H
Средний	(5G), 5H	6G, 6H	(7G), 7H
Грубый	-	7G, 7H	(8G), 8H

Примечание. 1. Поля допусков, заключенные в круглые скобки имеют ограниченное применение. 2. Посадки могут быть образованы сочетанием любых полей допусков. Предпочтительно следует сочетать поля допусков одного класса точности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П15

Допуски и посадки прямобочных шлицевых соединений

Поверхность центрирования	Посадки ¹			Примечание
	по d	по b	по D	
Для подвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
b	—	F8/j _s 7	—	
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой разборке				
d	H7/g6	D9/j _s 7 D9/k7 F10/j _s 7 F10/f9	—	При средних скоростях
b	—	F8/j _s 7	—	При малых скоростях
D	—	F8/j _s 7	H7/j _s 6	При значительных скоростях
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 D9/j _s 7 F10/f9	—	Поверхность термообрабатывать
Для подвижных соединений, перемещающихся без нагрузки или при малой нагрузке ²				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 F10/f9	—	При малых и средних скоростях (термообработка до невысокой твердости)
D	—	F8/f7 F8/f8	H7/f7	При значительных скоростях
1. Приведены только предпочтительные посадки, взятые по ГОСТ 1139-80. 2. Предпочтительно центрирование по наружному диаметру D.				

Список рекомендуемой литературы

1. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст]: учебник для втузов / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 352 с.
2. Дунин-Барковский, И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст] : учебник для машино-строительных специальностей вузов / И. В. Дунин-Барковский. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 349 с.
3. Козловский, Н. С. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения [Текст] / Н. С. Козловский, А. Н. Виноградов. – М. : Машиностроение, 1982. – 224 с.
4. Козловский, Н. С. Сборник примеров задач по курсу «Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения» [Текст] : учебное пособие / Н. С. Козловский, В. М. Ключников. – М. : Машиностроение, 1983. – 304 с.
5. Допуски и посадки [Текст] : справочник : в 2 ч. / В. Д. Мягков и др. ; под ред. В. Д. Мягкова. – Л. : Машиностроение, 1983. – 1032 с.
6. Справочник контролера машиностроительного завода [Текст] / под ред. А. И. Якушева. – 3-е изд. – М. : Машиностроение, 1980. – 527 с.
7. Анухин, В. И. Допуски и посадки [Текст] : учебное пособие / В. И. Анухин. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 256 с.
8. Палей, М. А. Допуски и посадки [Текст] : справочник : в 2 т. / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 9-е изд. – СПб. : Изд-во «Политехника», 2009. – 1159 с.
9. Подшипники качения [Текст] : справочник-каталог / под ред. В. Н. Нарышкина, Р. В. Коросташевского. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.
10. Точность и производственный контроль в машиностроении [Текст]: учебное пособие / под ред. А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина. – Л. : Машиностроение, 1983. – 368 с.
11. Семакин, А. И. Единая система допусков и посадок. Нормирование точности деталей машин [Текст] : учебное пособие / А. И. Семакин, А. В. Петров. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 86 с.