

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)



УТВЕРЖДАЮ  
директор УрТИСИ СибГУТИ

Минина Е.А.

2023 г.

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.01 Основы научных исследований


Направление подготовки / специальность: **11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Сети, системы и устройства телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):  
д.ф.-м.н., профессор

  
\_\_\_\_\_ / Е.Ю. Просвиряков  
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики (ВМиФ)

Протокол от 22.11.2023 №3

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / В.Т. Куанышев

  
подпись

Екатеринбург, 2023

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)  
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ  
директор УрТИСИ СибГУТИ  
\_\_\_\_\_ Минина Е.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.01 Основы научных исследований

Направление подготовки / специальность: **11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Сети, системы и устройства телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ / Е.Ю. Просвиряков  
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики (ВМиФ)

Протокол от 22.11.2023 №3

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / В.Т. Куанышев  
подпись

Екатеринбург, 2023

## 1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик)
<p>УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>УК-1.1 Знает методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; Умеет анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; Владеет навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>1</p>	
<p>УК-2 – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p>	<p>УК-2.1 Знает методы научно-исследовательской деятельности; Умеет использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений;</p>	<p>1</p>	<p>-</p>

	Владеет навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития		
ОПК-3 – Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.2. Умеет использовать научную информацию в своей предметной области деятельности	1	

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

## 2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
УК-1.1 Знает методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;	Знает методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; Умеет анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши	Демонстрирует уверенные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;  Умеет анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;  Уверенное владение навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических

	<p>реализации этих вариантов;  Владеет навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>
<p>УК-2.1  Знает методы научно-исследовательской деятельности</p>	<p>Знает методы научно-исследовательской деятельности;  Умеет использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений;  Владеет навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития</p>	<p>Демонстрирует уверенные знания методов научно-исследовательской деятельности;</p> <p>Умеет использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений;</p> <p>Уверенное владение навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития</p>
<p>ОПК-3.1. Знает методику поиска научной информации принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий</p>	<p>Знает методику поиска научной информации принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий  Умеет использовать научную информацию в своей предметной области деятельности  Владеет компьютерными технологии для обработки научных результатов исследования, готов к смене технологий в соей профессиональной деятельности</p>	<p>Демонстрирует уверенное знание методики поиска научной информации принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий</p> <p>Умеет использовать научную информацию в своей предметной области деятельности</p> <p>Уверенно владеет компьютерными технологии для обработки научных результатов исследования, готов к смене технологий в соей профессиональной деятельности</p>

## Шкала оценивания.

### Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
«отлично»	На экзаменационные вопросы даны полные аргументированные ответы. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на итоговом уровне, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала по основным темам. Студент усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при выполнении заданий.
«хорошо»	На экзаменационные вопросы даны полные аргументированные ответы, но с замечаниями преподавателя. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на среднем уровне: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при ответе на поставленные вопросы, по темам дисциплины. Допущены ошибки при решении задач
«удовлетворительно»	На экзаменационные вопросы даны ответы со слабой аргументацией, преподаватель задал множество наводящих вопросов. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на базовом уровне: в ходе выполнения практических заданий, решения задач допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, по некоторым дисциплинарным разделам, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и по основным темам
«неудовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на уровне ниже порогового, проявляется недостаточность знаний. Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний по темам дисциплины, отсутствуют навыки решения задач.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

#### 3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	
Тема 2 Методология и методы научных исследований.	экзамен
Тема 3 Методология теоретических исследований	экзамен
Тема 4 Математическое моделирование в научных исследованиях	Практическое занятие экзамен
Тема 5. Методология экспериментальных исследований	Практическое занятие экзамен

Тема 6 Измерения. Основы теории случайных ошибок	Практическое занятие экзамен
Тема 7 Обработка результатов исследования	Практическое занятие экзамен
Тема 8 Оформление результатов научного исследования	экзамен
Тема 9 Оформление магистерской диссертации	экзамен
УК-2 – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	
Тема 2 Методология и методы научных исследований.	экзамен
Тема 3 Методология теоретических исследований	экзамен
Тема 4 Математическое моделирование в научных исследованиях	Практическое занятие экзамен
Тема 5. Методология экспериментальных исследований	Практическое занятие экзамен
Тема 6 Измерения. Основы теории случайных ошибок	Практическое занятие экзамен
Тема 7 Обработка результатов исследования	Практическое занятие экзамен
Тема 8 Оформление результатов научного исследования	экзамен
Тема 9 Оформление магистерской диссертации	экзамен
ОПК-3 – Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	
Тема 2 Методология и методы научных исследований.	экзамен
Тема 3 Методология теоретических исследований	экзамен
Тема 4 Математическое моделирование в научных исследованиях	Практическое занятие экзамен
Тема 5. Методология экспериментальных исследований	Практическое занятие экзамен
Тема 6 Измерения. Основы теории случайных ошибок	Практическое занятие экзамен
Тема 7 Обработка результатов исследования	Практическое занятие экзамен
Тема 8 Оформление результатов научного исследования	экзамен
Тема 9 Оформление магистерской диссертации	экзамен

### 3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

#### **УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

Пример задания и порядок выполнения практического занятия

Тема занятия 1: Обработка экспериментальных данных. Проведение и обработка прямых и косвенных измерений

#### **Элементы теории измерения и обработки экспериментальных данных**

В широком смысле слова эксперимент - это средство получения новых знаний об объектах реального мира, в какой-либо предметной области. Экспериментальные исследования дают критерии оценки обоснованности и приемлемости на практике любых теорий и теоретических предположений.

Одним из основных этапов любого эксперимента является обработка экспериментальных данных. Она необходима для получения ответа на вопрос: "достоверны ли полученные опытные данные в пределах требуемой точности или допусков?".

Применение различных методов обработки экспериментальных данных, критериев достоверности и адекватности моделей, изучаемым процессам или явлениям, оценка точности и надежности результатов эксперимента требует знания основных положений теории вероятностей и математической статистики.

В реальных условиях все измерения имеют погрешности, которые можно разделить на две группы: систематические и случайные.

**Систематические** погрешности возникают, в основном, из-за ограниченной точности измерительных приборов, а также вследствие закономерных воздействий на процесс измерений.

**Случайные** погрешности появляются вследствие случайного характера самой измеряемой величины и из-за незакономерных воздействий, искажающих результаты измерений.

Случайные погрешности приводят к получению разных результатов при повторных измерениях, проведенных в одинаковых условиях. При этом характерно примерно симметричное распределение данных около среднего значения измеряемой величины.

Измерения физических величин делятся на **прямые** и **косвенные**. При прямых измерениях значение величины определяют *непосредственно с помощью прибора*. При косвенных измерениях искомую величину *рассчитывают по формуле, в которую входят результаты прямых измерений* и заданные значения вспомогательных величин и констант.

#### **Абсолютная и относительная погрешности**

Из-за наличия погрешностей результаты измерений (как прямых, так и косвенных) всегда отличаются от истинного значения измеряемой величины. В качестве одной из характеристик серии измерений обычно используют *среднее арифметическое значение*

$$\bar{x}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (1)$$

где  $x_i$  — результат  $i$ -го измерения, а  $N$  — количество проведенных измерений.

**Абсолютная погрешность**  $\varepsilon$  показывает — на сколько среднее значение (1), рассчитанное по данным конкретной серии измерений, отличается от истинного значения (измеряется в тех же единицах, что и сама измеряемая величина).

Предназначение **относительной погрешности** показать — на сколько процентов мы ошиблись при проведении измерений. Поэтому за 100% следовало бы принять истинное значение измеряемой величины. Но истинное значение всегда неизвестно. Поэтому за 100% обычно принимают известную величину, которая наиболее близка к истинному значению: среднее арифметическое в серии (1). Таким образом, **относительная погрешность** находится по формуле

$$\eta = \frac{\varepsilon}{\bar{x}} \times 100\%. \quad (2)$$

Методы оценки абсолютной погрешности  $\varepsilon$  обсуждаются ниже.

#### **Систематическая погрешность при прямых измерениях**

В качестве систематической погрешности прямых измерений  $\varepsilon_{\text{сист}}$  будем рассматривать систематическую погрешность прибора. **Для приборов со шкалой** (кроме электроизмерительных) — линейек, штангенциркулей, секундомеров, оптических



измерительных приборов и т.п., **систематическая погрешность**  $\varepsilon_{\text{сист}}$  равна наименьшему делению шкалы прибора. **Для цифровых приборов**  $\varepsilon_{\text{сист}}$  совпадает с единицей наименьшего учитываемого разряда по индикатору прибора.

При отсутствии случайной погрешности (нет разброса значений в серии измерений)  $\varepsilon_{\text{сист}}$  ограничивает сверху разность между измеренным и истинным значениями, а значит, является **абсолютной погрешностью**  $\varepsilon$ .

Если значение физической величины не определяется путем измерений, а задано, то за систематическую погрешность примем погрешность округления, то есть половину единицы последнего заданного десятичного знака. Например, если дано, что  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ , то  $\varepsilon_{\text{сист}} = 0,05 \text{ м/с}^2$ ; если же  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ , то  $\varepsilon_{\text{сист}} = 0,005 \text{ м/с}^2$ .

### Вероятность случайного события

При рассмотрении случайных погрешностей нужно знать, что такое вероятность. Вероятностью случайного события называют долю опытов, которая приводит к желаемому результату, если общее число опытов является достаточно большим (строго говоря, стремится к бесконечности). Другими словами, если при общем достаточно большом числе опытов  $N$

интересующее нас событие наблюдалось в  $N_1$  случаях, то вероятность этого события  $P \approx \frac{N_1}{N}$ .

Предположим, мы бросаем монету и нас интересует выпадение «решки». Если монету бросить 10 раз, то «решка» в принципе может выпасть любое количество раз от 1 до 10. Если же монету бросить тысячу раз, то число выпадений «решки» будет близко к пятистам, то есть отношение  $N_1/N$  будет мало отличаться от 0,5. И чем больше  $N$  — тем ближе отношение  $N_1/N$  к 0,5. Именно это и означает, что вероятность выпадения «решки» равна 0,5.

### Случайная погрешность, доверительный интервал

Как уже отмечалось ранее, случайная погрешность приводит к тому, что результаты измерений физической величины, проведенных при одинаковых условиях, оказываются разными. Более того, средние арифметические значения, рассчитанные по данным разных серий, также не совпадают друг с другом.

Понятно, что чем длиннее серия, тем более достоверную информацию об измеряемой физической величине мы получаем. Поэтому под **истинным значением физической величины** при этих условиях **понимают предел, к которому стремится среднее арифметическое значение (1) при стремлении числа опытов в серии  $N$  к бесконечности**. Понятно, что в принципе невозможно провести столь длинную серию измерений, которая гарантировала бы совпадение среднего арифметического с истинным значением измеряемой величины.

Поэтому цель экспериментатора оценить — **на сколько среднее арифметическое, рассчитанное по результатам конкретной серии измерений, отличается от истинного значения**. Делается это путем расчета **доверительного интервала**, которым называется интервал, с заданной **вероятностью** содержащий истинное значение.

Приведем алгоритм расчета доверительного интервала по разработанному в математической статистике методу Стьюдента:

1. Для проведенной серии из  $N$  измерений по формуле (1) рассчитывается среднее арифметическое значение  $\bar{x}_N$ .
2. Вычисляется среднее квадратичное отклонение среднего арифметического

$$m_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_N)^2}{N(N-1)}}. \quad (3)$$

3. задается вероятность  $\beta$ , с которой истинное значение попадет в рассчитываемый доверительный интервал ( $\beta$  называют коэффициентом надежности).
4. По таблице 1 находится коэффициент Стьюдента  $t = f(N, \beta)$ , который зависит от количества измерений  $N$  в проведенной серии и от заданного значения коэффициента надежности  $\beta$ .
5. Рассчитывается полуширина доверительного интервала  $t \cdot m_{\bar{x}}$ , которая в обе стороны откладывается от среднего арифметического значения (на рис.1 доверительный интервал выделен жирной линией).

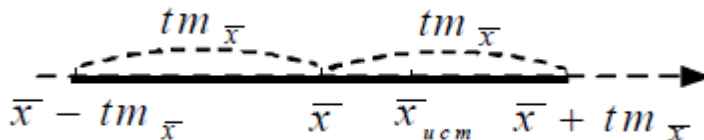


Рис.1

Коэффициент надежности  $\beta$  имеет следующий смысл: если провести  $K$  **однотипных серий** измерений и для каждой из них рассчитать доверительный интервал с одним и тем же значением  $\beta$ , то при достаточно большом значении  $K$  **примерно  $\beta K$  доверительных интервалов будет содержать истинное значение** (или число измерений попадет в доверительный интервал). Например, если серий 1000, а коэффициент надежности равен 0,98, то число доверительных интервалов, содержащих истинное значение, будет близко к 980.

При заданной надежности  $\beta$  полуширина доверительного интервала ограничивает сверху абсолютное значение разности среднего и истинного значений (рис. 1). Поэтому **абсолютная случайная погрешность — это полуширина доверительного интервала:**

$$\varepsilon_{случ} = t \cdot m_{\bar{x}}. \quad (4)$$

Если число опытов в серии  $N \gg 30$ , то при коэффициенте надежности  $\beta = 0,68$  коэффициент Стьюдента  $t \approx 1$ , то есть  $\varepsilon_{случ} \approx m_{\bar{x}}$ .

Таблица 1. Коэффициент Стьюдента находится на пересечении строки с заданным значением  $N$  и столбца с заданной величиной  $\beta$

$\beta \backslash N$	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
3	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,37	4,03	6,86
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,97
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88

## 2. Методика обработки результатов прямых измерений

1. Установить систематическую погрешность измерительного прибора  $\varepsilon_{\text{сист}}$  и записать ее.
2. Провести серию измерений. Если все показания прибора совпадают между собой, то случайной погрешности нет, и результат измерений следует представить в виде

$$x = x_{\text{пр}} \pm \varepsilon,$$

где  $x_{\text{пр}}$  — показание прибора, а  $\varepsilon = \varepsilon_{\text{сист}}$  — **абсолютная погрешность**.

3. Если не все результаты измерений совпадают между собой, то нужно рассчитать случайную погрешность, последовательно применяя формулы (1), (3) и (4). Используемое при этом значение коэффициента Стьюдента (таблица 1) должно соответствовать количеству измерений  $N$  в серии и выбранному значению коэффициента надежности, которое обычно превышает или равняется 0,95. Результат измерений следует представить в виде

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon, \quad (5)$$

где

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{сист}}^2 + \varepsilon_{\text{случ}}^2} \quad (6)$$

— **абсолютная погрешность** измерения величины  $x$ .

Если какая-либо из погрешностей ( $\varepsilon_{\text{сист}}$  или  $\varepsilon_{\text{случ}}$ ) превосходит другую более чем в два раза, то под квадратным корнем (6) следует оставить только большую из них. Тогда абсолютная погрешность  $\varepsilon$  будет равняться большей из  $\varepsilon_{\text{сист}}$  и  $\varepsilon_{\text{случ}}$ .

Отметим, что запись (5) означает, что истинное значение измеряемой величины с выбранной вероятностью  $\beta$  попадает в интервал с верхней границей  $x + \varepsilon$  и нижней границей  $x - \varepsilon$ .

## 3. Методика обработки результатов косвенных измерений

Пусть физическая величина  $Z$  является функцией аргументов  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , то есть  $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$

1. Следует провести серии измерений каждой из величин  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , а затем рассчитать их средние арифметические значения  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N$  (1) и средние квадратичные отклонения средних  $m_{\bar{x}_1}, m_{\bar{x}_2}, \dots, m_{\bar{x}_N}$  (3).

2. Середина доверительного интервала для величины  $Z$  находится подстановкой средних значений аргументов в функциональную зависимость  $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ :

$$\bar{Z} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N). \quad (7)$$

3. Среднее квадратичное отклонение среднего значения величины  $Z$  будем находить по формуле

$$m_{\bar{Z}} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)_0^2 m_{\bar{x}_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)_0^2 m_{\bar{x}_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_N}\right)_0^2 m_{\bar{x}_N}^2}, \quad (8)$$

в которой  $m_{\bar{x}_j}$  — средние квадратичные отклонения (3) средних значений  $\bar{x}_j$

непосредственно измеряемых величин  $x_j$ , а  $\left(\frac{\partial f}{\partial x_j}\right)_0$  — частные производные функции

$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  по аргументам  $x_j$ , вычисленные в точке  $\bar{Z} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N)$ .

4. Результат представим в виде доверительного интервала, имеющего коэффициент надежности 0,68

$$Z = \bar{Z} \pm m_{\bar{Z}}. \quad (9)$$

5. Согласно (9) **абсолютная погрешность** измерения величины  $Z$  равна  $m_{\bar{Z}}$ , то есть **относительную погрешность** следует находить по формуле

$$\eta = \frac{m_{\bar{Z}}}{\bar{Z}} \times 100\%. \quad (10)$$

$$\frac{m_{\bar{Z}}}{\bar{Z}} = \sqrt{\frac{1}{\bar{Z}^2} \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)_0^2 m_{\bar{x}_1}^2 + \dots + \frac{1}{\bar{Z}^2} \left(\frac{\partial f}{\partial x_N}\right)_0^2 m_{\bar{x}_N}^2}, \quad (11)$$

а уже затем, зная  $Z$ , вычисляют  $m_{\bar{Z}}/\bar{Z}$ . Этот прием будет использован при обработке результатов данной работы.

Отметим, что представленный здесь метод обработки результатов косвенных измерений обоснован в случае преобладания случайных погрешностей, если при этом

непосредственно измеряемые величины  $x_1, x_2, \dots, x_N$  находятся в сериях из достаточно большого количества опытов. Для таких серий  $m_{\bar{x}_j}$  — это абсолютные погрешности измерения величин  $x_j$ , поскольку при используемом значении коэффициента надежности ( $\beta = 0,68$ ) истинные значения этих величин принадлежат доверительным интервалам  $x_j = \bar{x}_j \pm m_{\bar{x}_j}$

В силу недостатка времени мы будем применять рассмотренный здесь метод оценки погрешностей косвенных измерений и при сравнительно небольшом количестве опытов.

## Порядок выполнения работы

### а) Прямые измерения

Измеряемым телом является кольцо. Непосредственными прямыми измерениями будем определять внешний диаметр  $d$  и высоту  $a$  кольца. Случайная погрешность здесь обусловлена погрешностью изготовления. Поэтому один и тот же параметр нужно измерять в разных местах кольца. Последовательность измерений и их обработки такова:

1. Провести семь измерений внешнего диаметра кольца и семь измерений высоты сначала штангенциркулем, а затем микрометром (всего четыре серии). Результаты измерений занести в таблицы 2. Таблица 2 для высоты  $a$  представлена ниже. Такую же таблицу нужно подготовить для  $d$ .
2. Занести в таблицы систематические погрешности штангенциркуля и микрометра (указаны на приборах).
3. Для каждой из четырех проведенных серий измерений рассчитать средние значения (1), средние квадратичные отклонения средних значений (3), случайные погрешности (4) с коэффициентом надежности  $\beta = 0,95$ , абсолютные погрешности  $\varepsilon$  (6) и относительные погрешности  $\eta$  (2). Результаты занести в таблицы 2.

	Штангенциркуль								Микрометр								
№	Высота $a$								Высота $a$								
	$a_i$	$\bar{a}$	$(a_i - \bar{a})^2$	$m_{\bar{a}}$	$\varepsilon_{сист}$	$\varepsilon_{случ}$	$\varepsilon$	$\eta$	$a_i$	$\bar{a}$	$(a_i - \bar{a})^2$	$m_{\bar{a}}$	$\varepsilon_{сист}$	$\varepsilon_{случ}$	$\varepsilon$	$\eta$	
	мм	мм	мм <sup>2</sup>	мм	мм	мм	мм	%	мм	мм	мм <sup>2</sup>	мм	мм	мм	мм	%	
1																	
...																	
7																	

Для высоты и диаметра результаты измерений каждым прибором (четыре случая) представить в виде:  $x = \bar{x} \pm \varepsilon$ , где  $\bar{x}$  — среднее значение, а  $\varepsilon$  — абсолютная погрешность.  
*Замечание:* При записи доверительного интервала в численном значении абсолютной погрешности следует оставлять одну или две значащие цифры, а у среднего значения точность представления не должна быть выше, чем у абсолютной погрешности. Пусть, например, в результате расчета на калькуляторе получено, что  $\bar{x} = 30,14256... \text{ мм}$ ,  $\varepsilon = 0,06278.. \text{ мм}$ , а измерения проводились с помощью микрометра. Поскольку использованный прибор не измеряет тысячные доли миллиметра, то численное значение  $\varepsilon$  следует округлить до сотых, то есть принять, что  $\varepsilon = 0,06 \text{ мм}$ . Ну а раз погрешность не содержит тысячных долей миллиметра, то и среднее значение не должно их содержать. Поэтому результат измерений следует представить в виде  $\check{x} = (30,14 \pm 0,06) \text{ мм}$ .

### б. Косвенные измерения

В этом разделе находятся площадь поперечного сечения и объем цилиндра, образованного внешней поверхностью кольца. Площадь и объем вычисляются по формулам

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{и} \quad V = aS = \frac{\pi a d^2}{4}$$

с использованием результатов прямых измерений высоты  $a$  и диаметра  $d$ . Приведем алгоритм обработки:

- Используя средние значения диаметра и высоты, рассчитать средние значения площади

$$\bar{S} = \frac{\pi \bar{d}^2}{4} \quad \text{и} \quad \bar{V} = \frac{\pi \bar{d}^2 \bar{a}}{4}$$

- Средние квадратичные отклонения средней площади  $m_{\bar{S}}$  и среднего объема  $m_{\bar{V}}$  найти с помощью формул

$$m_{\bar{S}} = \bar{S} \cdot \frac{2m_{\bar{d}}}{\bar{d}} \quad \text{и} \quad m_{\bar{V}} = \bar{V} \cdot \sqrt{\left(\frac{2m_{\bar{d}}}{\bar{d}}\right)^2 + \left(\frac{m_{\bar{a}}}{\bar{a}}\right)^2},$$

которые следуют из (11) после вычисления частных производных.

- Для площади и объема средние значения ( $\bar{S}$  и  $\bar{V}$ ), абсолютные ( $m_{\bar{S}}$  и  $m_{\bar{V}}$ ) и относительные (10) погрешности занести в таблицу 3 отдельно для штангенциркуля и отдельно для микрометра.

- Результаты представить в виде  $S = \bar{S} \pm m_{\bar{S}}$  и  $V = \bar{V} \pm m_{\bar{V}}$  (две пары выражений).

Таблица 3

Площадь сечения, S				Объем цилиндра, V				
$\bar{d}$	$\bar{S}$	$m_{\bar{S}}$	$\eta_s$	$\bar{a}$	$\bar{d}$	$\bar{V}$	$m_{\bar{V}}$	$\eta_V$
мм	мм <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>	%	мм	мм	мм <sup>3</sup>	мм <sup>3</sup>	%

### Контрольные вопросы

1. Как определяется систематическая погрешность при прямых измерениях?
2. Что такое доверительный интервал, коэффициент надежности?
3. Предположим, результаты одной и той же серии измерений обрабатываются с использованием разных значений коэффициента надежности  $b$ . Как и почему будет изменяться доверительный интервал при увеличении  $b$  ?
4. Что такое абсолютная погрешность?
5. Каким образом можно уменьшить абсолютную случайную погрешность?
6. Как рассчитать абсолютную погрешность прямых измерений при наличии систематической и случайной погрешностей?
7. Что такое относительная погрешность?
8. Что такое косвенные измерения? Как найти их абсолютную погрешность?

### 3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

#### Перечень вопросов для подготовки к экзамену по дисциплине «Основы научных исследований»

1. Математическое моделирование - как способ теоретического исследования сложных объектов, процессов, явлений на основе их математического описания.
2. Сущность метода математического моделирования.  
Этапы математического моделирования. Методы получения математических моделей.
3. Метод конечных разностей - универсальным методом приближенного решения дифференциальных уравнений математической модели.
4. Основные определения, связанные с методом конечных разностей: конечно-разностная сетка, сеточная функция, конечная разность, шаблон конечно-разностной схемы, явная конечно-разностная схема, неявная конечно-разностная схема, устойчивость конечно-разностной схемы.
5. Основные понятия, связанные с КР-схемами: аппроксимация, порядок аппроксимации, устойчивость условная и абсолютная, сходимость, порядок сходимости, консервативность.
6. Постановка задач математической физики. Основные определения конечно-разностных (КР) схем в задачах для УМФ.
7. Численное решение задач, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями. Задача с начальными условиями. Задача Коши. 8. Постановка задач Коши для ОДУ и систем ОДУ. Одношаговые методы: метод Эйлера, Эйлера-Коши численного решения задач Коши для ОДУ и систем ОДУ, их порядок точности.
9. Численное решение задач, описываемых уравнениями в частных производных. Типы дифференциальных уравнений в частных производных.
10. Разностные схемы решения задач для уравнений гиперболического типа. Явная, неявная схемы, исследование их аппроксимации и устойчивости.

11. Конечно-разностный метод решения задач для уравнений параболического типа. Схемы: явная и неявная. Исследование их аппроксимации и устойчивости.
12. Разностные методы решения задач для уравнений эллиптического типа. Итерационный алгоритм Либмана.
13. Разностные схемы для уравнения теплопроводности.
14. Конечно-разностного решения первой начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности.
15. Моделирование диффузии методом конечных разностей. Явная разностная схема.
16. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): Метод прогонки.

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URL:<http://www.aup.uisi.ru>.

#### **3.4. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Направляющие системы электросвязи». –URL: <https://aup.uisi.ru/4034183/>