

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**О. В. Агеев**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В  
ПИЩЕВОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 658.512.26

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, зам. директора института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ» по основной образовательной деятельности, доцент кафедры технологии продуктов питания  
М. Н. Альшевская

Агеев, О. В.

Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование / О. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 49 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения.

Табл. 7, список лит. – 16 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 октября 2022 г., протокол № 11

УДК 658.512.26

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.  
© Агеев О. В., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	34
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	43
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Измерения – один из важнейших путей познания природы человеком. Они играют огромную роль в современном обществе. Наука, техника и промышленность не могут существовать без них. Каждую секунду в мире производятся многие миллиарды измерительных операций, результаты которых используются для обеспечения надлежащего качества и технического уровня выпускаемой продукции, обеспечения безопасной и безаварийной работы транспорта, для медицинских и экологических диагнозов и других важных целей. Практически нет ни одной сферы деятельности человека, где бы интенсивно не использовались результаты измерений, испытаний и контроля.

Диапазон измеряемых величин и их количество постоянно растет. Так, например, длина измеряется в диапазоне от  $10^{-10}$  до  $10^{17}$  м, температура – от 0,5 до  $10^6$  К, электрическое сопротивление – от  $10^{-6}$  до  $10^{17}$  Ом, сила электрического тока – от  $10^{-16}$  до  $10^4$  А, мощность – от  $10^{-15}$  до  $10^9$  Вт. С ростом диапазона измеряемых величин возрастает и сложность измерений. Они, по сути дела, перестали быть одноактным действием и превратились в сложную процедуру подготовки и проведения измерительного эксперимента, обработки и интерпретации полученной информации. Поэтому следует говорить об измерительных технологиях, понимаемых как последовательность действий, направленных на получение измерительной информации требуемого качества.

Другой фактор, подтверждающий важность измерений, – их значимость. Основой любой формы управления, анализа, прогнозирования, планирования контроля или регулирования является достоверная исходная информация, которая может быть получена только путем измерения требуемых ФВ, параметров и показателей. Естественно, что только высокая и гарантированная точность результатов измерений обеспечивает правильность принимаемых решений.

Сотрудничество с зарубежными странами, совместная разработка научно-технических программ требуют взаимного доверия к измерительной информации. Ее высокое качество, точность и достоверность, единообразие принципов и способов оценки точности результатов измерений имеют первостепенное значение.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области технологических машин и оборудования.

Целью дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» формирование у студентов достаточных знаний в области основ метрологии, стандартизации и сертификации, позволяющих использовать современные измерительные технологии, которые представляют собой последовательность действий, направленных на получение измерительной информации требуемого качества.

Задачами изучения дисциплины являются следующие мероприятия:

- изучение основных принципов метрологического обеспечения, основ стандартизации, правила и порядок проведения сертификации;
- формирование представлений об организационных, научных и методических основах метрологического обеспечения, исторических и правовых основах стандартизации и сертификации;
- приобретение навыков основных методов измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений, правовой базой стандартизации и сертификации.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

«Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» - дисциплина образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

При реализации дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные понятия и определения в области метрологии, стандартизации и сертификации;
- работу метрологических служб, обеспечивающих единство измерений;
- основные положения и принципы добровольной и обязательной сертификации;
- принципы построения национальной, региональной и международной стандартизации;
- правила пользования стандартами и нормативной документацией, связанных с профессиональной деятельностью;
- способы выражения и определения качества продукции;

уметь:

- выполнять работу в области метрологического обеспечения;
- находить информацию о состоянии современного положения в стране и мире в области метрологии, стандартизации и сертификации и перспективы их развития с учетом профессиональной деятельности;
- уметь разрабатывать техническую документацию с учетом знаний стандартов, технических условий и других нормативных документов;
- уметь применять методы и способы контроля качества объектов, продукцию в сфере профессиональной деятельности;

владеть:

- готовностью выполнять работу по стандартизации, технической подготовки сертификации систем, процессов, оборудования и материалов;
- навыками организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием методов контроля выпускаемой продукции.

Для успешного освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические задания. Решение практических задач обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) относятся:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях;
- выполнение и защита лабораторных работ;
- выполнение и защита контрольной работы (заочная форма обучения).

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при выполнении контрольной работы (для заочной формы обучения).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- вопросы к экзамену по дисциплине.

Универсальная система оценивания результатов обучения приведена в таблице 1 и включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области методологии научно-исследовательской деятельности, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические и лабораторные занятия, консультирование по решению практических заданий, выполнение контрольной работы для заочной формы обучения.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по исследованию физико-механических свойств сырья и готовой продукции. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов

рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов. Важную роль играет привлечение студентов к научно-исследовательской деятельности.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствие преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий очной формы обучения

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ
1	Основные термины и определения метрологии. Системы физических величин и единиц	2
2	Основные понятия теории погрешностей	2
3	Систематические погрешности измерений	2
4	Случайные погрешности измерений	2
5	Обеспечение единства измерений	2
6	Средства измерений	2
7	Основы стандартизации	2
8	Основы сертификации	2
<b>Итого</b>		<b>16</b>

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий заочной формы обучения

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ
1	Основные термины и определения метрологии. Системы физических величин и единиц	0,5
2	Основные понятия теории погрешностей	0,5
3	Систематические погрешности измерений	0,5
4	Случайные погрешности измерений	0,5
5	Обеспечение единства измерений	1
6	Средства измерений	1
7	Основы стандартизации	1
8	Основы сертификации	1
<b>Итого</b>		<b>6</b>

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

### **Тема 1. Основные термины и определения метрологии. Системы физических величин и единиц**

*Ключевые вопросы темы*

1. Предмет метрологии.
2. Физические свойства и величины.
3. Качественная характеристика измеряемых величин.
4. Количественная характеристика измеряемых величин.
5. Измерительные шкалы.
6. Системы физических величин и единиц.
7. Международная система единиц (система СИ).

*Ключевые понятия:* метрология, физическая величина, измеряемая величина, измерительная шкала, система физических величин, система единиц, система СИ.

*Литература:* [1, с. 2–27]

*Методические рекомендации*

Первая тема курса дисциплины направлена на получение у обучающихся представления о базовых понятиях дисциплины, определении места дисциплины в структуре образовательной программы, планируемых результаты освоения дисциплины, возможных рисках освоения дисциплины, знакомит обучающихся с формами текущего и промежуточного контроля.

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Такое определение дано в Рекомендациях РМГ 29-99, устанавливающих основные термины и определения понятий в области метрологии. Рекомендации по межгосударственной стандартизации введены в действие в качестве Рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 января 2001 года взамен ГОСТ 16263-70.

Основное понятие метрологии – измерение. Получение количественной информации о характеристиках свойств объектов и явлений окружающего мира опытным путём (т.е. экспериментально) называется измерением. В отличие от количественной информации, получаемой теоретическим путём, т.е. посредством вычислений и расчётов, такая информация называется измерительной.

Во время измерений проявляются некоторые объективные законы природы. Кроме того, при получении измерительной информации должны соблюдаться определённые правила и нормы, устанавливаемые законодательным путём.

Предметом метрологии является извлечение измерительной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью. Средства метрологии – это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

В зависимости от предмета различают три раздела метрологии: теоретическая (фундаментальная), законодательная и практическая (прикладная) метрология.

Все объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами. Свойство – философская категория, выражающая такую сторону объекта (явления, процесса), которая обуславливает его различие или общность с другими объектами (явлениями, процессами) и обнаруживается в его отношениях к ним. Свойство – категория качественная. Для количественного описания различных свойств процессов и физических тел вводится понятие величины. Величина – это свойство чего-либо, которое может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно. Величина не существует сама по себе, имеет место лишь постольку, поскольку существует объект со свойствами, выраженными данной величиной.

Анализ величин позволяет разделить их на два вида: величины материального вида (реальные) и величины идеальных моделей реальности (идеальные), которые относятся главным образом к математике и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий.

Реальные величины, в свою очередь, делятся на физические и нефизические. Физическая величина в самом общем случае может быть определена как величина, свойственная материальным объектам (процессам, явлениям), изучаемым в естественных (физика, химия) и технических науках. К нефизическим величинам следует отнести величины, присущие общественным (нефизическим) наукам – философии, социологии, экономике и т.п.

Объектами измерений являются физические величины (ФВ). Документ РМГ 29-99 трактует физическую величину как одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. Индивидуальность в количественном отношении понимают в том смысле, что свойство может быть для одного объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого. Так, все тела обладают массой и температурой, но у каждого из них они различны в количественном отношении.

### *Вопросы для контроля*

1. Определите основное понятие и предмет метрологии.
2. Укажите три раздела метрологии. По какому признаку проводится классификация разделов метрологии?
3. Что отличает метрологию от других естественных наук (физики, химии)?
4. Дайте определение физической величины. Приведите примеры физических величин, относящихся к механике, оптике, электричеству, магнетизму.
5. Что является качественной характеристикой физической величины?
6. Что является количественной характеристикой физической величины?
7. Используя основное уравнение измерения, объясните, почему значение физической величины не зависит от выбора единиц измерений?
8. В чем заключается суть измерения?
9. Поясните суть и отличия возможных способов сравнения между собой двух размеров.
10. Является ли шкала наименований шкалой физических величин?
11. Объясните, почему на шкале порядка невозможно ввести единицу измерения.
12. Почему нельзя считать измерением определение значений величин с помощью шкал порядка?
13. Поясните, от каких величин зависит выбор начала отсчета на шкале интервалов.
14. Можно ли определить размер физической величины с помощью шкал порядка?
15. Каким образом устанавливаются единицы измерений в шкалах отношений?

## **Тема 2. Основные понятия теории погрешностей**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Классификация погрешностей.
2. Погрешность и неопределенность.
3. Правила округления результатов измерений.

*Ключевые понятия:* погрешность, неопределенность, результат измерения, приведенная погрешность, округленная погрешность.

*Литература:* [2, с. 23–48]

*Методические рекомендации*

Качество средств и результатов измерений принято характеризовать, указывая их погрешности. Введение понятия «погрешность» требует определения и четкого разграничения трех понятий: истинного и действительного значения измеряемой ФВ и результата измерения.

Истинным называется значение ФВ, идеальным образом характеризующее свойство данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Оно не зависит от средств нашего познания и является той абсолютной истиной, к которой мы стремимся, пытаясь выразить её в виде числовых значений. На практике это абстрактное понятие приходится заменять понятием «действительное значение».

Действительным называется значение ФВ, найденное экспериментально и настолько близкое к истинному, что в поставленной измерительной задаче оно может быть использовано вместо него.

Результат измерения представляет собой значение величины, полученное путем измерения. Погрешность результата измерения – это отклонение результата измерения от истинного (или действительного) значения измеряемой величины. Поскольку погрешности измерений определяют лишь зону неопределенности результатов, их не требуется знать очень точно. В окончательной записи погрешность измерения принято выражать числом с одним или двумя значащими цифрами.

Эмпирически были установлены следующие правила округления рассчитанного значения погрешности и полученного результата измерения.

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2, и одной – если первая есть 3 или более.

2. Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, который соответствует разряду числового значения погрешности.

3. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются. Если цифра старшего отбрасываемого разряда больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на единицу.

4. Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или являются нулями, то последнюю сохраняемую цифру числа не изменяют, если она четная, и увеличивают на единицу, если она нечетная.

5. Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним-двумя лишними знаками.

Если руководствоваться этими правилами округления, то количество значащих цифр в числовом значении результата измерений позволяет ориентировочно судить о точности измерения. Это связано с тем, что предельная погрешность, обусловленная округлением, равна половине единицы последнего разряда числового значения результата измерения.

#### *Вопросы для контроля*

1. Можно ли определить истинное значение измеряемой величины?
2. Запишите формулу для определения погрешности результата измерения.
3. Проведите классификацию погрешностей измерений в зависимости от характера проявления.
4. Отличаются ли признаки классификации погрешностей результатов измерений и погрешностей средств измерений?
5. Наблюдается ли какая-нибудь закономерность в появлении случайных погрешностей измерений?
6. Каким образом можно существенно уменьшить случайные погрешности измерений? Можно ли совсем устранить случайные погрешности?
7. Можно ли устранить систематические погрешности?
8. Может ли систематическая погрешность измерения изменяться при повторных измерениях одной и той же физической величины?
9. Может ли абсолютная погрешность измерений в полной мере служить показателем точности измерений?
10. Как изменяется относительная погрешность измерений с уменьшением действительного или измеренного значения измеряемой величины?
11. Укажите причины возникновения погрешности метода измерений.
12. Можно ли устранить прогрессирующие погрешности?
13. Погрешность метода измерений по характеру проявления относится к систематической или случайной погрешности?
14. Укажите причины возникновения дополнительной погрешности средства измерений.
15. Чем обусловлено наличие динамической погрешности средства измерения?

### **Тема 3. Систематические погрешности измерений**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Систематические погрешности и их классификация.
2. Способы обнаружения и предупреждения систематических погрешностей.
3. Методы исключения систематических погрешностей.

*Ключевые понятия:* систематическая погрешность, объект измерения, субъект измерения, метод измерения, условия измерения, метод противопоставления, метод компенсации.

*Литература:* [1, с. 46–58]

*Методические рекомендации*

Систематическая погрешность представляет собой определенную функцию влияющих факторов, состав которых зависит от физических, конструктивных и технологических особенностей СИ, условий их применения, а также от индивидуальных качеств наблюдателя. В метрологической практике при оценке систематических погрешностей должно учитываться влияние следующих основных составляющих процесса измерения:

1. Объект измерения – перед измерением он должен быть достаточно хорошо изучен с целью корректного выбора его модели. Чем полнее модель соответствует объекту, тем точнее могут быть получены результаты измерения.

2. Субъект измерения – его вклад в погрешность измерения необходимо уменьшать путем подбора операторов высокой квалификации и соблюдения требований эргономики при разработке СИ.

3. Метод и средство измерений – их правильный выбор чрезвычайно важен и производится на основе априорной информации об объекте измерения. Чем больше априорной информации, тем точнее может быть проведено измерение. Основным вклад в систематическую погрешность вносит, как правило, методическая погрешность.

4. Условия измерения – обеспечение и стабилизация нормальных условий являются необходимыми требованиями для минимизации дополнительной погрешности, которая по своей природе, как правило, является систематической.

Систематические погрешности принято классифицировать по двум признакам: по характеру измерения и по причинам возникновения погрешности.

В зависимости от характера измерения систематические погрешности измерения подразделяются на постоянные, прогрессивные, периодические и погрешности, изменяющиеся по сложному закону.

Постоянные погрешности – погрешности, которые длительное время сохраняют свое значение, например, в течение времени выполнения всего ряда измерений. Они встречаются наиболее часто. К постоянным относятся погрешности большинства мер (гирь, концевых мер длины), погрешности градуировки шкал измерительных приборов, погрешность от постоянного дополнительного веса на чашке весов и др.

Прогрессивные погрешности – непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся, например, погрешности вследствие износа измерительных наконечников, контактирующих с деталью при контроле ее прибором активного контроля, постепенный разряд батареи, питающей СИ и др.

Периодические погрешности – погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного

прибора. Обычно эти погрешности встречаются в угломерных приборах с круговой шкалой. Также примером может служить погрешность, обусловленная суточными колебаниями напряжения силовой питающей сети, температуры окружающей среды и др.

Погрешности, изменяющиеся по сложному закону, происходят вследствие совместного действия нескольких систематических погрешностей. В зависимости от причин возникновения систематические погрешности измерения делятся на инструментальные погрешности измерения, погрешности метода измерений, погрешности из-за изменения условий измерения и субъективные погрешности измерения.

Инструментальная погрешность измерения обусловлена погрешностью применяемого СИ. Иногда эту погрешность называют аппаратурной. Постоянные инструментальные систематические погрешности обычно выявляют посредством поверки СИ. Поверка средства измерений – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям. Поверка СИ производится путем сравнения показаний поверяемого прибора с показаниями образцового СИ. Обнаруженные постоянные инструментальные систематические погрешности исключаются из результата измерения с помощью введения поправки.

#### *Вопросы для контроля*

1. Дайте определение понятию «систематическая погрешность измерения».
2. Поясните особенности влияния систематических погрешностей на результат измерения.
3. Определите основные составляющие процесса измерения, влияющие на оценку систематических погрешностей.
4. По каким двум признакам принято классифицировать систематические погрешности?
5. Проведите классификацию систематических погрешностей измерения в зависимости от характера измерения.
6. Укажите отличия и приведите примеры следующих разновидностей систематических погрешностей: постоянных, прогрессивных, периодических и погрешностей, изменяющихся по сложному закону.
7. Проведите классификацию систематических погрешностей измерения в зависимости от причин возникновения.
8. Укажите отличия и приведите примеры следующих разновидностей систематических погрешностей: инструментальная, погрешность метода измерений, погрешность (измерения) из-за изменения условий измерения, субъективная (личная).

9. Назовите способ выявления постоянных инструментальных погрешностей СИ.

10. Чем обусловлена погрешность метода измерений.

11. Поясните, что такое «неисключенная систематическая погрешность» и определите правила определения её границ.

12. Определите пути исключения и учета влияния систематических погрешностей.

13. Определите методы устранения постоянных систематических погрешностей.

14. Приведите примеры применения метода измерений замещением для устранения постоянных систематических погрешностей.

15. Приведите примеры применения метода измерений противопоставлением для устранения постоянных систематических погрешностей.

#### **Тема 4. Случайные погрешности измерений**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Вероятностное описание результатов и погрешностей.

2. Числовые параметры законов распределения. Центр распределения. Моменты распределений.

3. Оценка результата измерения.

4. Характеристики нормального распределения.

5. Оценка случайных погрешностей. Доверительная вероятность и доверительный интервал.

6. Грубые погрешности и методы их исключения.

*Ключевые понятия:* случайная погрешность, закон распределения, центр распределения, момент распределения, результат измерения, нормальное распределение, доверительная вероятность, доверительный интервал, грубая погрешность.

*Литература:* [3, с. 48–62]

##### *Методические рекомендации*

Если при повторных измерениях одной и той же физической величины, проведенных с одинаковой тщательностью и в одинаковых условиях получаемые результаты, отличаются друг от друга, то это свидетельствует о наличии случайных погрешностей. Случайные погрешности являются результатом одновременного воздействия на измеряемую величину многих случайных возмущений. Предсказать результат наблюдения или исправить его введением поправки невозможно. Можно лишь с определенной долей уверенности утверждать, что истинное значение измеряемой величины находится в пределах разброса результатов наблюдений.

Для характеристики свойств случайной величины в теории вероятностей используют понятие закона распределения вероятностей случайной величины.

Различают две формы описания закона распределения: интегральную и дифференциальную. В метрологии преимущественно используется дифференциальная форма – закон распределения плотности вероятностей случайной величины.

Функция распределения является самым универсальным способом описания поведения результатов измерений и случайных погрешностей. Однако для их определения необходимо проведение весьма длительных и кропотливых исследований и вычислений. В большинстве случаев бывает достаточно охарактеризовать случайные величины специальными параметрами, основными из которых являются:

- центр распределения;
- начальные и центральные моменты и производные от них коэффициенты – математическое ожидание (МО), среднее квадратическое отклонение (СКО), эксцесс, контрэксцесс и коэффициент асимметрии.

Нормальное распределение плотности вероятности или распределение Гаусса характеризуется тем, что, согласно центральной предельной теореме теории вероятностей, такое распределение имеет сумма бесконечно большого числа бесконечно малых случайных возмущений с любыми распределениями.

Для количественной оценки случайных погрешностей и установления границ случайной погрешности результата измерения могут использоваться: предельная погрешность, интервальная оценка, числовые характеристики закона распределения. Выбор конкретной оценки определяется необходимой полнотой сведений о погрешности, назначением измерений и характером использования их результатов. Комплексы оценок показателей точности установлены стандартами.

Грубая погрешность, или промах, – это погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Источником грубых погрешностей нередко бывают ошибки, допущенные оператором во время измерений. К ним относятся:

- неправильный отсчет по шкале измерительного прибора, происходящий из-за неверного учета цены малых делений шкалы;
- неправильная запись результата наблюдений, значений отдельных мер использованного набора, например гирь.

Грубые погрешности, как правило, возникают при однократных измерениях и обычно устраняются путем повторных измерений. Их причинами могут быть внезапные и кратковременные изменения условий измерения или оставшиеся незамеченными неисправности в аппаратуре.

### *Вопросы для контроля*

1. Назовите наиболее универсальные способы описания случайных величин.

2. Опишите формирование закона распределения плотности вероятностей случайной величины.
3. Запишите условие нормирования дифференциального закона распределения случайной величины.
4. Запишите вероятность попадания случайной величины в интервал при известном дифференциальном законе распределения.
5. Дайте определение интегральной функции распределения, приведите ее график и перечислите основные свойства.
6. Поясните суть различных способов нахождения центра распределения случайной величины.
7. Какие способы нахождения центра распределения случайной величины наиболее чувствительны к наличию промахов.
8. Запишите формулы для начальных и центральных моментов распределений дискретных и непрерывных случайных величин.
9. Что характеризует дисперсия случайной величины?
10. Определите точечную оценку математического ожидания случайной величины.
11. Является ли точечная оценка дисперсии несмещенной и состоятельной. Приведите формулу для точечной оценки дисперсии.
12. Приведите формулу для оценки СКО. Как связаны СКО и рассеяние результатов наблюдений?
13. Определите характеристики нормального закона распределения, согласно центральной предельной теореме теории вероятностей. Приведите формулу для распределения Гаусса.
14. Перечислите виды распределений случайных величин, для числовых оценок которых можно использовать предельную погрешность.
15. Дайте определение квантильной оценки погрешности.

## **Тема 5. Обеспечение единства измерений**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров.
2. Единство измерений.
3. Эталоны единиц физических величин.
4. Основы техники измерений.

*Ключевые понятия:* единство измерений, эталон, поверка, институты-хранители, эталоны основных единиц, поверочная схема, виды измерений.

*Литература:* [4, с. 18–26]

*Методические рекомендации:*

При проведении измерений необходимо обеспечить их единство. Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных преде-

лах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Понятие «единство измерений» довольно емкое. Оно охватывает важнейшие задачи метрологии: унификацию единиц ФВ, разработку систем воспроизведения величин и передачи их размеров рабочим средствам измерений с установленной точностью и ряд других вопросов. Единство измерений должно обеспечиваться при любой точности, необходимой науке и технике. На достижение и поддержание на должном уровне единства измерений направлена деятельность государственных и ведомственных метрологических служб, проводимая в соответствии с установленными правилами, требованиями и нормами. На государственном уровне деятельность по обеспечению единства измерений регламентируется стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) или нормативными документами органов метрологической службы.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц ФВ и передачи их размеров применяемым СИ.

Воспроизведение единицы физической величины – совокупность операций по материализации единицы ФВ с помощью государственного эталона. Различают воспроизведение основной и производной единиц.

Воспроизведение основной единицы – это создание фиксированной по размеру ФВ в соответствии с определением единицы. Оно осуществляется с помощью государственных первичных эталонов. Например, единица массы – 1 кг (точно) воспроизведена в виде платиноиридиевой гири, хранимой в Международном бюро мер и весов в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг.

Воспроизведение производной единицы – это определение значения ФВ в указанных единицах на основании измерений других величин, функционально связанных с измеряемой величиной.

Передача размера единицы – приведение размера единицы ФВ, хранимой поверяемым средством измерения, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерения к менее точным.

Хранение единицы – совокупность операций, обеспечивающая неизменность во времени размера единицы, присущего данному средству измерения. Хранение эталона единицы ФВ предполагает проведение взаимосвязанных операций, позволяющих поддерживать метрологические характеристики эталона в установленных пределах. При хранении первичного эталона выполняются регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других

стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.

Технической основой обеспечения единства измерений является эталонная база.

Эталон – 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.

Перечень эталонов не повторяет перечня принятых ФВ. Для ряда единиц эталоны не создаются. Это происходит в том случае, когда нет возможности непосредственно сравнивать соответствующие ФВ. Например, нет необходимости в эталоне площади, так как она не поддается непосредственному сравнению.

Конструкция эталона, его физические свойства и способ воспроизведения единицы определяются природой данной ФВ и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений. Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя тесно связанными друг с другом признаками: неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

Неизменность – свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени, а все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация этих требований привела к идее создания «естественных эталонов» различных величин, основанных на естественных физических постоянных.

Воспроизводимость – возможность воспроизведения единицы ФВ (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для данного уровня развития измерительной техники. Это достигается путем постоянного исследования эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения введением соответствующих поправок.

Сличаемость – возможность обеспечения сличения с эталоном других средств измерения, нижестоящих по поверочной схеме, и в первую очередь вторичных эталонов с наивысшей точностью для данного уровня развития техники измерения. Это свойство предполагает, что эталоны по своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений при проведении сличений.

Поверка СИ – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Поверке подвергают средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору.

При поверке используют эталон. Поверку проводят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами по поверке. Поверку проводят специально обученные специалисты, аттестованные в качестве поверителей органами Государственной метрологической службы.

Результаты поверки средств измерений, признанных годными к применению, оформляют выдачей свидетельства о поверке, нанесением поверительного клейма или иными способами, установленными нормативными документами по поверке.

Другими официально уполномоченными органами, которым может быть предоставлено право проведения поверки, являются аккредитованные метрологические службы юридических лиц. Аккредитация на право поверки средств измерений проводится уполномоченным на то государственным органом управления.

Калибровка СИ – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений. Калибровке могут подвергаться средства измерений, не подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору.

Результаты калибровки позволяют определить действительные значения измеряемой величины, показываемые средством измерений, или поправки к его показаниям, или оценить погрешность этих средств. При калибровке могут быть определены и другие метрологические характеристики.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах. Сертификат о калибровке представляет собой документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

Различают следующие виды эталонов:

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Первичный эталон – обеспечивает воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

Государственный первичный эталон – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Эталон сравнения – эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Рабочий эталон – эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Рабочее средство измерений – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

Эталонная база страны – совокупность государственных первичных и вторичных эталонов, являющаяся основой обеспечения единства измерений в стране.

В международной практике государственные эталоны обычно называются национальными, а эталоны, хранимые в Международном бюро мер и весов, международными. Термин «национальный эталон» применяют в случаях проведения сличения эталонов, принадлежащих отдельным государствам, с международным эталоном или при проведении так называемых круговых сличений эталонов ряда стран.

#### *Вопросы для контроля*

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 градуированы 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?
11. Опишите современный эталон единицы длины – метр.
12. Что представляет собой эталон единицы массы – килограмм?
13. Приведите определение секунды.
14. Назовите основные виды измерений.
15. Всегда ли можно провести прямые измерения?

### **Тема 6. Средства измерений**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Понятие о средстве измерений.
2. Классификация средств измерений.
3. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.
4. Классы точности средств измерений.
5. Надежность средств измерений.

*Ключевые понятия:* средство измерений, измерительный преобразователь, устройство сравнения, функция преобразования, шкала, цена деления, класс точности, метрологический отказ.

*Литература:* [2, с. 118–144]

*Методические рекомендации*

Средство измерений – это техническое средство (или комплекс), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. Данное определение раскрывает метрологическую сущность СИ, заключающуюся в умении хранить (или воспроизводить) единицу ФВ и в неизменности размера хранимой единицы во времени. Первое обуславливает возможность выполнения измерения, суть которого, как известно, состоит в сравнении измеряемой величины с ее единицей. Второе принципиально необходимо, поскольку при изменении размера хранимой единицы ФВ с помощью данного СИ нельзя получить результат с требуемой точностью.

Средство измерения является обобщенным понятием, объединяющим разнообразнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из двух функций:

- воспроизводят величину заданного (известного) размера, например, гиря – заданную массу, магазин сопротивлений – ряд дискретных значений сопротивления;

- вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины. Показания СИ либо непосредственно воспринимаются органами чувств человека (например, показания стрелочного или цифрового приборов), либо они недоступны восприятию человеком и используются для преобразования другими СИ.

Последняя функция, являющаяся основной, может быть реализована только посредством измерения. Очевидно, что СИ должны содержать устройства (блоки, модули), которые выполняют эти элементарные операции. Такие устройства называются элементарными средствами измерений. В их число входят измерительные преобразователи, меры и устройства сравнения (компараторы).

Мера – это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного (однозначная мера) или нескольких (многозначная мера) размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Устройство сравнения – это техническое средство, дающее возможность выполнять сравнение выходных сигналов мер однородных величин или же показаний измерительных приборов.

Средства измерения, используемые в различных областях науки и техники, чрезвычайно многообразны. Однако для этого множества можно выделить некоторые общие признаки, присущие всем СИ независимо от области применения. Эти признаки положены в основу различных классификаций СИ, которые рассмотрены далее.

По роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений, СИ делятся на:

- метрологические, предназначенные для метрологических целей – воспроизведения единицы и (или) хранения или передачи размера единицы;
- рабочие, применяемые для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

По уровню автоматизации все СИ делятся на три группы:

- неавтоматические;
- автоматизированные, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительной операции;
- автоматические, производящие без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой их результатов (регистрацией), передачей данных или выработкой управляющих сигналов.

По уровню стандартизации средства измерений подразделяются на:

- стандартизованные, изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта;
- нестандартизованные (уникальные), предназначенные для решения специальной измерительной задачи, в стандартизации требований к которым нет необходимости.

По отношению к измеряемой физической величине средства измерения делятся на:

- основные – это СИ той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей;
- вспомогательные – это СИ той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерения необходимо учесть для получения результатов измерения требуемой точности.

При использовании средств измерений принципиально важно знать степень соответствия информации об измеряемой величине, содержащейся в выходном сигнале, ее истинному значению. С этой целью для каждого СИ вводятся и нормируются определенные метрологические характеристики (МХ). Метрологическими называются характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности. Характеристики, устанавливаемые нормативными документами, называются нормируемыми, а определяемые экспериментально – действительными. Номенклатура МХ, правила выбора комплексов нормируемых МХ для средств измерений и способы их нормирования определяются стандартом ГОСТ.

Метрологические характеристики СИ позволяют:

- определять результаты измерений и рассчитывать оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерения в реальных условиях применения СИ;
- рассчитывать МХ каналов измерительных систем, состоящих из ряда средств измерений с известными МХ;
- производить оптимальный выбор СИ, обеспечивающих требуемое качество измерений при известных условиях их применения;
- сравнивать СИ различных типов с учетом условий применения.

Классы точности СИ устанавливаются в стандартах или технических условиях. Средство измерения может иметь два и более класса точности. Например, при наличии у него двух или более диапазонов измерений одной и той же физической величины ему можно присваивать два или более класса точности. Приборы, предназначенные для измерения нескольких физических величин, также могут иметь различные классы точности для каждой измеряемой величины.

Пределы допускаемых основной и дополнительной погрешностей выражают в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей. Выбор формы представления зависит от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения СИ.

В процессе эксплуатации метрологические характеристики и параметры средства измерений претерпевают изменения. Эти изменения носят случайный монотонный или флуктуирующий характер и приводят к отказам, т.е. к невозможности СИ выполнять свои функции. Отказы делятся на неметрологические и метрологические.

Неметрологическим называется отказ, обусловленный причинами, не связанными с изменением МХ средства измерений. Они носят, главным образом, явный характер, проявляются внезапно и могут быть обнаружены без проведения поверки.

Метрологическим называется отказ, вызванный выходом МХ из установленных допустимых границ. Как правило, метрологические отказы происходят значительно чаще, чем неметрологические. Это обуславливает необходимость разработки специальных методов их прогнозирования и обнаружения. Метрологические отказы подразделяются на внезапные и постепенные.

Внезапным называется отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одной или нескольких МХ. Эти отказы в силу их случайности невозможно прогнозировать. Их последствия (сбой показаний, потеря чувствительности и т.п.) легко обнаруживаются в ходе эксплуатации прибора, т.е. по характеру проявления они являются явными. Особенность внезапных отказов – постоянство во времени их интенсивности. Это дает возможность применять для анализа данных отказов классическую теорию надежности.

Постепенным называется отказ, характеризующийся монотонным изменением одной или нескольких МХ. По характеру проявления постепенные отказы

являются скрытыми и могут быть выявлены только по результатам периодического контроля СИ.

#### *Вопросы для контроля*

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**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Цели и задачи стандартизации.
2. Методы и формы стандартизации.
3. Нормативные документы по стандартизации в РФ.
4. Международная стандартизация.

*Ключевые понятия:* стандарт, технические условия, регламент, симплификация, унификация, типизация, агрегатирование.

*Литература:* [4, с. 88-102].

*Методические рекомендации:*

Конкретные цели стандартизации относятся к определенной области деятельности, отрасли производства товаров и услуг, тому или другому виду продукции, предприятию и т.п. Стандартизация направлена на достижение

оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного применения в отношении реально существующих или потенциальных задач.

Международная стандартизация – участие в стандартизации открыто для соответствующих органов любой страны. Региональная стандартизация – деятельность открыта только для соответствующих органов государств одного географического, политического или экономического региона мира. Национальная стандартизация – стандартизация в одном конкретном государстве. При этом национальная стандартизация также может осуществляться на разных уровнях: на государственном, отраслевом уровне, в том или ином секторе экономики, на уровне ассоциаций, производственных фирм, предприятий и учреждений. Административно-территориальная стандартизация – стандартизация, которая проводится в административно-территориальной единице (области, крае и т.п.).

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, оформляемые в виде нормативного документа. Стандарт – нормативный документ, разработанный на основе соглашения большинства заинтересованных сторон и утвержденный признанным органом (или предприятием), в котором устанавливаются общие принципы, характеристики, требования и методы, касающиеся определенных объектов стандартизации, направленных на упорядочение и оптимизацию работы в определенной области.

Показателями стандартов являются характеристики объектов стандартизации, выраженные с помощью условных единиц, обозначений или понятий. Показатели могут быть даны в виде размеров, химического состава, физических свойств, весов, эксплуатационных качеств, экономичности, надежности, долговечности.

В стандартизации стандарт рассматривается как одна из разновидностей нормативных документов. Однако, в практике термин «стандарт» может употребляться и по отношению к эталону, образцу или описанию продукта, процесса (услуги). По существу это не является принципиальной ошибкой, хотя эталон правильнее относить к области метрологии, а термин «стандарт» использовать применительно к нормативному документу.

Предварительный стандарт – это временный документ, который применяется органом по стандартизации и доводится до широкого круга потенциальных потребителей, а также тех, кто может его применить. Информация, полученная в процессе использования предварительного стандарта, и отзывы об этом документе служат базой для решения вопроса о целесообразности принятия стандарта.

Документ технических условий - устанавливает технические требования к продукции, услуге, процессу. Обычно в документе технических условий должны быть указаны методы или процедуры, которые следует использовать для

проверки соблюдения требований данного нормативного документа в таких ситуациях, когда это необходимо.

Свод правил – как и предыдущий нормативный документ, может быть как самостоятельным документом, так и частью стандарта. Свод правил обычно разрабатывается для процессов проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов, конструкций, изделий. Технические правила, содержащиеся в документе, носят рекомендательный характер.

Регламент – это документ, в котором содержатся обязательные правовые нормы. Принимает регламент орган власти, а не орган по стандартизации, как в случае других нормативных документов. Разновидность регламентов – технический регламент – содержит технические требования к объекту стандартизации. Они могут быть представлены непосредственно в самом документе, либо путем ссылки на другой нормативный документ (стандарт, свод правил, документ технических условий) В отдельных случаях в технический регламент полностью включается нормативный документ. Технические регламенты обычно дополняются методическими документами, как правило, указаниями по методам контроля или проверок соответствия продукта (услуги, процесса) требованиям регламента.

Симплификация – форма стандартизации, заключающаяся в простом сокращении числа применяемых при разработке изделия или при его производстве марок полуфабрикатов, комплектующих изделий и т.п. до количества, технически и экономически целесообразного, достаточного для выпуска изделий с требуемыми показателями качества. Являясь простейшей формой и начальной стадией более сложных форм стандартизации, симплификация оказывается экономически выгодной, так как приводит к упрощению производства, облегчает материально-техническое снабжение, складирование, отчетность.

Унификация – рациональное уменьшение числа типов, видов и размеров объектов одинакового функционального назначения. Объектами унификации наиболее часто являются отдельные изделия, их составные части, детали, комплектующие изделия, марки материалов и т. п. Проводится унификация на основе анализа и изучения конструктивных вариантов изделий, их применимости путем сведения близких по назначению, конструкции и размерам изделий, их составных частей и деталей к единой типовой (унифицированной) конструкции.

В настоящее время унификация является наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации. Конструирование аппаратуры, машин и механизмов с применением унифицированных элементов позволяет не только сократить сроки разработки и уменьшить стоимость изделий, но и повысить их надежность, сократить сроки технологической подготовки и освоения производства.

Типизация – это разновидность стандартизации, заключающаяся в разработке и установлении типовых решений (конструктивных, технологических, организационных и т. п.) на основе наиболее прогрессивных методов и режимов работы. Применительно к конструкциям типизация состоит в том, что некоторое конструктивное решение (существующее или специально разработанное) принимается за основное – базовое для нескольких одинаковых или близких по функциональному назначению изделий. Требуемая же номенклатура и варианты изделий строятся на основе базовой конструкции путем внесения в нее ряда второстепенных изменений и дополнений.

Агрегатирование – метод создания новых машин, приборов и другого оборудования путем компоновки конечного изделия из ограниченного набора стандартных и унифицированных узлов и агрегатов, обладающих геометрической и функциональной взаимозаменяемостью.

Возможность многократного применения элементов набора в различных модификациях машин и приборов одного класса или близких по назначению обеспечивает конструктивную преемственность при создании новых изделий, позволяет использовать освоенные в производстве узлы и агрегаты, значительно сокращает трудоемкость проектирования, изготовления и ремонта изделий, повышает уровень взаимозаменяемости продукции, способствует специализации предприятий, механизации и автоматизации производственных процессов, улучшает качество продукции, а также облегчает перестройку производства при переходе предприятий на освоение новой продукции.

Технические условия (ТУ) – это технический документ, который разрабатывается по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя) продукции. ТУ могут быть разработаны на одно конкретное изделие, материал, вещество и т.п. или на несколько конкретных изделий, материалов, веществ и т.п. (групповые технические условия). Требования к продукции, устанавливаемые в технических условиях, не могут противоречить требованиям стандартов (государственных или межгосударственных) на данную продукцию, а также требованиям технических регламентов.

ТУ являются частью нормативной базы подтверждения соответствия при добровольной сертификации. Технические условия входят в комплект конструкторской или другой технической документации на продукцию. Если же такая документация отсутствует, то ТУ должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю и приемке.

#### *Вопросы для контроля*

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.
11. Что называется симплификацией?
12. Какую форму стандартизации используют для уменьшения числа типов, видов объектов?
13. Является ли типизация разновидностью стандартизации?
14. Перечислите разновидности нормативных документов по стандартизации.
15. Является ли ТУ нормативным документом по стандартизации?

## **Тема 8. Основы сертификации**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Цели и объекты сертификации.
2. Органы сертификации.
3. Системы сертификации.
4. Аккредитация испытательных лабораторий.

*Ключевые понятия:* сертификат соответствия, декларация о соответствии, система сертификации, аккредитация, испытательная лаборатория.

*Литература:* [2, с. 120–132]

### *Методические рекомендации*

Сертификация – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

Сертификация осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия продукции, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, сводам правил, условиям договоров;
- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Объектами сертификации являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами сертификации и договорами устанавливаются требования.

Сертификация бывает двух видов: добровольная и обязательная.

Добровольная сертификация осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольная сертификация может осуществляться для установления соответствия национальным стандартам, стандартам организаций, сводам правил, системам добровольной сертификации, условиям договоров, рецептур и других документов, определяемых заявителем. Система добровольной сертификации обычно вводится для повышения спроса на продукцию за счет информации о высоком качестве и безопасности продукции, обеспечения более высокого взаимного доверия поставщиков и потребителей, больших возможностей потребителей в выборе продукции.

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом. Обязательной сертификации подлежит большинство видов продукции и оборудования, как производимых в России, так и импортируемых из-за рубежа.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

Сертификат соответствия – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

Для удостоверения соответствия различной продукции, работ или иных объектов техническим регламентам или стандартам, для помощи потребителя в выборе продукции или услуг, для повышения конкурентоспособности, а так же для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации существует подтверждение соответствия.

Орган по сертификации – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом. Система добровольной сертификации может быть создана юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями.

Лицо или лица, создавшие систему добровольной сертификации, устанавливают перечень объектов, подлежащих сертификации, и их характеристик, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация, правила выполнения предусмотренных данной системой добровольной сертификации работ и порядок их оплаты, определяют участников данной системы добровольной сертификации. Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение знака соответствия.

Система добровольной сертификации может быть зарегистрирована федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию ведет единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации.

Аккредитация – официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной области оценки соответствия.

#### *Вопросы для контроля*

1. Дайте определение термину «сертификации».
2. Назовите цели сертификации.
3. Может ли СИ быть объектом сертификации?
4. Является ли добровольная сертификация составной частью обязательной?
5. Как называется документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, стандартов?
6. Верно ли утверждение: «сертификация на территории РФ является только обязательной»?
7. Приведите определение органа сертификации.
8. Что такое знак соответствия?
9. Как называется совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом?
10. Что вы понимаете под аккредитацией?
11. Какая наука занимается измерением и количественной оценки качества всевозможных предметов и процессов?
12. Из каких частей состоит квалиметрия?
13. Дайте определение качеству.
14. Что отражают эргономические показатели качества?
15. Какие показатели качества определяет надежность?

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков интерпретации и обработки результатов исследований физико-механических свойств различных материалов.

Практические занятия по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ очной формы обучения

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия	Кол-во часов ПЗ
1	Перевод внесистемных единиц в международную систему единиц	5
2	Расчет абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерений	5
3	Вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности средств измерений	5
4	Обнаружение грубых погрешностей средств измерений	5
5	Расчет погрешностей многократных равноточных измерений	5
6	Расчет погрешностей косвенных измерений	5
<b>Итого</b>		<b>30</b>

Таблица 5 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ заочной формы обучения

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия	Кол-во часов ПЗ
1	Перевод внесистемных единиц в международную систему единиц	1
2	Расчет абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерений	1
3	Вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности средств измерений	1
4	Обнаружение грубых погрешностей средств измерений	1
5	Расчет погрешностей многократных равноточных измерений	1
6	Расчет погрешностей косвенных измерений	1
<b>Итого</b>		<b>6</b>

## **Практическая работа № 1: Перевод внесистемных единиц в международную систему единиц**

*Цель:* овладеть навыками перевода внесистемных единиц измерения физических величин в единицы Международной системы (СИ). Ознакомиться с некоторыми национальными внесистемными единицами измерения, научиться пересчитывать внесистемные единицы в единицы СИ.

*Задание по практической работе:* решить задачи и ответить на контрольные вопросы.

### *Методические рекомендации*

*Задача 1.1.* При заключении договора купли-продажи на поставку партии импортных товаров сторонами не было оговорено, в каких единицах измерения будет определен размер товарной партии. Каждая из договорных сторон имела в виду свои национальные единицы измерения. Рассчитайте возможные убытки одной из договаривающихся сторон. Дайте рекомендации по предотвращению убытков одной из сторон. Объясните возможные причины допущенных ошибок при заключении договора.

Таблица 6 – Перечень товаров и единиц их измерения

№ п/п	Наименование товара	Размер партии	Единицы измерения		Цена за ед. измерения, у. е.
			импортера	экспортера	
1	Масло сливочное	2000	Килограмм	Торговый фунт	5
2	Пшеница	600	Центнер	Короткий центнер	15
3	Сахарный песок	1000	Центнер (англ.)	Короткий центнер	40
4	Мясо	100	Тонна	Тонна (англ.)	1600
5	Мука	200	Тонна (англ.)	Короткая тонна	200
6	Медикаменты	10000 шт.	2 аптекарских унции (масса 1-й упаковки)	2 торговых унции (масса 1-й упаковки)	1
7	Нефть	200	Сухой баррель	Нефтяной баррель	200
8	Пиво	10000	Бушель англ.	Бушель США	300
9	Ткани х/б	100000	Метр	Ярд	2
10	Ткани шерстяные	200000	Метр	Фут	15

*Задача 1.2.* Три транснациональные компании предлагают услуги по морским перевозкам грузов. С какой фирмой выгоднее заключить договор на перевозку, если цены на транспортные услуги у всех компаний одинаковы, но упервой компании стоимость перевозки груза указана за 1 км, у второй – за 1 милю сухопутную, у третьей – за 1 милю морскую. Рассчитайте стоимость транспортных услуг каждой компании, если груз нужно перевезти на расстояние 1000 км, а стоимость перевозки на единицу расстояния составляет 5 у.е. Проранжируйте стоимость транспортных услуг по шкале отношений в возрастающем порядке.

*Задача 1.3.* При заключении контракта на поставку мороженого мяса в особых условиях было указано, что температура его хранения должна быть не выше минус 100 F (градус Фаренгейта). Фактически мясо хранилось при минус 60°C. Может ли фирма-получатель предъявить претензии поставщику, если при хранении в течение сроков годности качество мяса ухудшилось и оно признано непригодным для пищевых целей?

*Контрольные вопросы:*

1. Какие единицы измерения входят в Международную систему (СИ)?
2. Какие последствия могут быть при отсутствии или неправильномуказании единиц измерения при заключении контрактов?
3. Что такое физическая величина?
4. Какие физические величины вам известны?
5. Какие свойства и характеристики определяют физические величины?

## **Практическая работа № 2: Расчет абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерений**

*Цель:* получить практические навыки решения задач на вычисление абсолютных, относительных, приведённых погрешностей средств измерений.

*Задание по практической работе:* решить задачи и ответить на контрольные вопросы.

*Методические рекомендации*

*Задача 3.1.* Омметром со шкалой (0...1000) Ом измерены значения 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведённая погрешность равна 0,5. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.2.* Амперметром со шкалой (0...50) А, имеющим относительную погрешность  $\delta I = 2 \%$ , измерены значения силы тока 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.3.* Вольтметром со шкалой (0...50) В, имеющим приведённую погрешность  $\gamma V = 2 \%$ , измерены значения напряжения 0; 5; 10; 20; 40; 50 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.4.* Кислородомером со шкалой (0...25) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 12,5; 15; 20; 25 %. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведённая погрешность равна 2 %. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.5.* Расходомером со шкалой (0...150) м<sup>3</sup>/ч, имеющим относительную погрешность  $\delta Q = 2\%$ , измерены значения расхода 0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120; 135; 150 м<sup>3</sup>/ч. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.6.* Уровнемером со шкалой (5...10) м, имеющим приведенную погрешность  $\gamma_H = 1\%$ , измерены значения уровня 5; 6; 7; 8; 9; 10 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.7.* Омметром со шкалой (0...20) кОм измерены значения 0; 1; 4; 5; 10; 12; 17; 20 кОм. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведённая погрешность  $\gamma_R$  равна 1 %. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.8.* Амперметром со шкалой (0...150) А, имеющим относительную погрешность  $\delta I = 4\%$ , измерены значения силы тока 0; 20; 50; 70; 100; 120; 140; 150 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.9.* Вольтметром со шкалой (0...100) мВ, имеющим приведённую погрешность  $\gamma_V = 2\%$ , измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 70; 90; 100 мВ. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.10.* Кислородомером со шкалой (0...50) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50 %. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведённая погрешность равна 0,5 %. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Контрольные вопросы:*

1. Дайте определение следующих терминов: измерение, единство измерений; физическая величина, единица измерения физической величины; погрешность, абсолютная, относительная, приведённая.

2. Какие значения может принимать физическая величина?

3. Что называется «нормирующим значением»?

4. Поясните на примере, как находится нормирующее значение, в случае если шкала средства измерения содержит нулевую отметку.

5. Поясните на примере, как находится нормирующее значение, в случае если шкала средства измерения не содержит нулевую отметку.

6. Как находится вариация средств измерений?

7. Поясните на примере, как определяется абсолютная, относительная и приведённая вариация средства измерения.

### **Практическая работа № 3: Вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности средств измерений**

*Цель:* получить практические навыки решения задач на вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности приборов.

*Задание по практической работе:* решить задачи и ответить на контрольные вопросы.

#### *Методические рекомендации*

*Задача 3.1.* Цифровым омметром класса точности 1.0/0.5 со шкалой (0...1000) Ом измерены значения сопротивления 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.2.* Вольтметром класса точности 0.5 со шкалой (0...100) В измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

*Задача 3.3.* Амперметром класса точности 2.0 со шкалой (0...50) А измерены значения тока 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведённой основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

#### *Контрольные вопросы:*

1. Что называется классом точности средства измерения?
2. Какие существуют способы обозначения классов точности?
3. Каким образом обозначается класс точности у средств измерений с преобладающей аддитивной составляющей погрешности?
4. Каким образом обозначается класс точности у средств измерений с преобладающей мультипликативной составляющей погрешности?
5. Каким образом обозначается класс точности у средств измерений с соизмеримыми аддитивной и мультипликативной составляющими погрешности?
6. Каким образом обозначается класс точности у средств измерений с неравномерной шкалой?
7. Что называется мажорантами и минорантами?
8. По какой формуле рассчитывается класс точности у средств измерений с соизмеримыми аддитивной и мультипликативной составляющими погрешности?

## **Практическая работа № 4: Обнаружение грубых погрешностей средств измерений**

*Цель:* получить практические навыки обработки результатов измерений по обнаружению грубых погрешностей с использованием критерия Романовского.

*Задание по практической работе:* Решить задачу и ответить на контрольные вопросы.

### *Методические рекомендации*

Грубой погрешностью (промахом) называется погрешность, существенно превышающая значение ожидаемой погрешности при данных условиях проведения измерительного эксперимента. Обычно грубая погрешность является следствием значительного внезапного изменения условий эксперимента:

- скачок тока источника электропитания;
- не учтённое экспериментатором изменение температуры окружающей среды (при длительном эксперименте);
- неправильный отсчёт показаний из-за отвлечения внимания экспериментатора и др.

Наличие грубых погрешностей в выборке результатов измерений могут сильно исказить среднее значение выборки и как следствие доверительный интервал. Поэтому выявление и исключение результатов, содержащих промах, обязательно.

Обычно результат измерения, содержащий грубую погрешность, сразу виден в ряду измеренных значений, но в каждом конкретном случае это необходимо доказать. Одним из критериев для оценки промаха является критерий Романовского.

*Задача 4.1.* При многократном измерении напряжения электрического тока с помощью цифрового вольтметра получены значения в В: 10,38; 10,37; 10,39; 10,38; 10,39; 10,44; 10,41; 10,5; 10,45; 10,39; 11,1; 10,45. Проверить полученные результаты измерений на наличие грубой погрешности с вероятностью  $P = 0,95$ .

### *Контрольные вопросы:*

1. Что называется погрешностью?
2. Назовите виды погрешностей.
3. Какая погрешность называется грубой (промахом)?
4. Каковы причины возникновения грубой погрешности?
5. Приведите методику определения грубой погрешности?
6. Какой критерий используется для определения грубой погрешности?
7. Как влияет неисключённая грубая погрешность на ряд измеренных значений?
8. Как необходимо поступить с измеренным значением, содержащим промах, после его определения?

## **Практическая работа № 5: Расчет погрешностей многократных равноточных измерений**

*Цель:* получить практические навыки обработки результатов многократных равноточных измерений и нахождения доверительных границ погрешности результата измерений.

*Задание по практической работе:* Решить задачи и ответить на контрольные вопросы.

### *Методические рекомендации*

Результаты многократных наблюдений, получаемые при прямых измерениях величины, называются равноточными (равнорассеянными), если они являются независимыми, одинаково распределёнными случайными величинами. Измерения проводятся одним наблюдателем в одинаковых условиях внешней среды и с помощью одного и того же средства измерения.

*Задача 5.1.* При многократном изменении температуры  $T$  в производственном помещении получены значения в градусах Цельсия: 20,4; 20,2; 20,0; 20,5; 19,7; 20,3; 20,4; 20,1. Укажите доверительные границы истинного значения температуры в помещении с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Задача 5.2.* При многократном измерении силы  $F$  получены значения в Н: 403; 408; 410; 405; 406; 398; 496; 404. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Задача 5.3.* При многократном измерении силы электрического тока получены значения в А: 0,8; 0,85; 0,8; 0,79; 0,82; 0,78; 0,79; 0,8; 0,84. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью  $P = 0,99$ .

*Задача 5.4.* При многократном измерении длины балки  $L$  получены значения в мм: 90,3; 90; 89,8; 89,9; 90,4; 90; 90,3; 89,1; 90,5; 90,4; 90. Укажите доверительные границы истинного значения длины с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Задача 5.5.* При многократном измерении температуры объекта получены значения в °С: 40,4; 41,0; 40,2; 40,0; 43,5; 42,7; 40,3; 40,4; 40,8 °С. Укажите доверительные границы истинного значения температуры с вероятностью  $P = 0,99$ .

*Задача 5.6.* При многократном измерении напряжения электрического тока получены значения в В: 263; 268; 273; 265; 267; 261; 266; 264; 267 В. Укажите доверительные границы истинного значения напряжения с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Задача 5.7.* При многократном измерении силы  $F$  получены значения в Н: 403; 408; 405; 399; 410; 405; 406; 398; 406. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью  $P = 0,99$ .

*Задача 5.8.* При многократном измерении силы электрического тока получены значения в мА: 22,4; 22,1; 22,3; 22,2; 21,5; 21,7; 22,3; 21,4; 22,1. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Задача 5.9.* При многократном измерении уровня жидкости  $L$  в технологическом резервуаре получены значения в м: 64; 64,25; 64,3; 64,4; 65; 64,5; 64,9; 63,7; 64,8. Укажите доверительные границы истинного значения уровня с вероятностью  $P = 0,99$ .

*Задача 5.10.* При многократном измерении объёма тела получены следующие значения: 0,3; 0,35; 0,3; 0,29; 0,32; 0,28; 0,29; 0,3; 0,34 м<sup>3</sup>. Укажите доверительные границы истинного значения объёма с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Контрольные вопросы:*

1. Какие измерения называются равноточными (равнорассеянными)?
2. Дайте определение терминам: доверительные границы, доверительный интервал, доверительная вероятность.
3. Расскажите, в какой последовательности осуществляется статистическая обработка группы равноточных измерений.
4. Каким образом находится среднее основного нормального распределения?
5. Запишите формулу для расчёта среднего квадратического отклонения среднего арифметического.
6. Запишите формулу для расчёта доверительного интервала.
7. В каком виде записывается результат измерения величины?
8. Как изменятся границы доверительного интервала (увеличатся или уменьшатся) при увеличении доверительной вероятности?

### **Практическая работа № 6: Расчет погрешностей косвенных измерений**

*Цель:* получить практические навыки нахождения погрешностей косвенных измерений.

*Задание по практической работе:* Самостоятельно решить задачи в соответствии с исходными данными, приведенными в табл. 7, согласно полученному от преподавателя варианту. Ответить на контрольные вопросы.

*Методические рекомендации:*

Косвенное измерение это определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

По известной расчётной зависимости косвенного метода измерения и по известным результатам и погрешностям прямых измерений в соответствии с полученным вариантом рассчитать предельные и среднеквадратические оценки абсолютной и относительной погрешностей косвенного измерения.

Таблица 7 – Исходные данные

№ задачи	Расчётная зависимость	Погрешности и результаты прямых измерений				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
1	$y = 2(a + b) c^2 / (d - e)$	$\Delta a = 1$ $a = 50$	$\Delta b = 3$ $b = 90$	$\Delta c = 2$ $c = 60$	$\Delta d = 2$ $d = 70$	$\Delta e = 1$ $e = 40$
2	$y = a^3 (b + c) / [2 (d - e)]$					
3	$y = (b - a) (c + d) / [3e^2]$					
4	$y = 3(a + b) / [c^2 (d - e)]$					
5	$y = a^2 / [3(b - c) (d + e)]$					
6	$y = 2(a + b - c) / [d^3 e]$	$\Delta a = 3$ $a = 100$	$\Delta b = 1$ $b = 70$	$\Delta c = 2$ $c = 80$	$\Delta d = 1$ $d = 60$	$\Delta e = 2$ $e = 90$
7	$y = ab^2 / [2 (c - d + e)]$					
8	$y = 2(a - b) / [cd^2 e^3]$					
9	$y = 0,5 / [(a + b) (c - d)e^2]$					
10	$y = a(b + c - d) / [3e^3]$					
11	$y = 3ab^2 / (c - d + e)$	$\Delta a = 1$ $a = 100$	$\Delta b = 2$ $b = 80$	$\Delta c = 1$ $c = 60$	$\Delta d = 2$ $d = 40$	$\Delta e = 1$ $e = 20$
12	$y = a^3 b / [3 (c - d) e]$					
13	$y = 2ab^3 / [(c + d - e)]$					
14	$y = 3(a - b) c^2 / [2(d + e)]$					
15	$y = 1 / [a (b - c) d^2 e]$					
16	$y = (a - b - c) d^2 / [2e]$	$\Delta a = 5$ $a = 200$	$\Delta b = 3$ $b = 90$	$\Delta c = 2$ $c = 70$	$\Delta d = 2$ $d = 60$	$\Delta e = 1$ $e = 30$
17	$y = 0,4a / [b^2 (c - d) e^3]$					
18	$y = a^2 (b + c) / [0,5 (d - e)]$					
19	$y = a^3 (b - c) (d + e) / 2$					
20	$y = (a + b) c^2 (d - e) / 3$					
21	$y = 4ab^2 c^3 / (d - e)$	$\Delta a = 0,5$ $a = 40$	$\Delta b = 1$ $b = 30$	$\Delta c = 0,5$ $c = 50$	$\Delta d = 1,4$ $d = 70$	$\Delta e = 2$ $e = 60$
22	$y = 2 / [(a + b) c^3 (d - e)]$					
23	$y = (a - b) / [3 (c + d) e^2]$					
24	$y = 0,1(a - b + c) / [d^3 e]$					
25	$y = 2a / [(3bc^2 (d - e)]$					

*Контрольные вопросы:*

1. Какие виды измерений Вы знаете?
2. Что называется косвенными измерениями?
3. Поясните порядок получения предельных и среднеквадратичных погрешностей в случае зависимости вида  $y = a + b - c + d - e \dots$ .
4. Какие свойства дифференциала Вы знаете? Поясните на примере.
5. Чему равен дифференциал  $\ln(x)$ , если  $x = \text{const}$ ?
7. Поясните смысл замены знаков « $\rightarrow$ » на знаки « $+$ » при расчете погрешности косвенного измерения.
8. Чем объясняется возможность замены дифференциала на абсолютную погрешность  $\Delta$ . В каких случаях этого делать нельзя?

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в пищевом машиностроении» направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

При выполнении контрольной работы студенты письменно отвечают на два вопроса. Перечень вопросов для выполнения контрольной работы представлен ниже. Первый вопрос контрольной работы выбирается по последней цифре номера зачетной книжки. Второй вопрос по предпоследней. Например: номер 9031 означает: первый вопрос 1, второй 30. Номер 0100 первый вопрос 0, второй 100.

Ответы на рассматриваемые вопросы должны излагаться по существу, быть четкими, полными и ясными.

При ответе на вопросы студент должен использовать не только учебную литературу, но и статьи, публикуемые в периодической печати, указывая в работе источники информации. Текстовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, диаграммами, чертежами, таблицами. В конце приводится список использованных источников.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), вид шрифта – Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое 3 см, правое 1,5 см, верхнее и нижнее 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

*Структура контрольной работы:*

- титульный лист (Приложение А)
- введение
- содержание
- текстовая часть (каждый вопрос начинать с нового листа)
- выводы
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018, ГОСТ 7.82-2001.

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 15 листов формата А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;

- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

### **Вопросы для контрольной работы**

1. Измерение, физические величины. Основные единицы физических величин. Размер, размерность. Производные единицы физических величин Кратные и дольные единицы физических величин. Шкалы измерений

2. Виды измерений. Косвенные и совместные. Прямые и совокупные. Мера. Классификация мер.

3. Погрешности измерений. Систематические и случайные погрешности. Способы исключения систематических погрешностей. Грубые погрешности. Критерии исключения грубых погрешностей. Классы точности.

4. Нормативно-правовые основы метрологии. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственный метрологический контроль и надзор. Метрологические службы и организации.

5. Основные виды метрологической деятельности. Поверка и калибровка средств измерений.

6. Поверочные схемы. Методы передачи размера единицы физической величины.

7. Определение и понятия стандартизации. Объекты и органы по стандартизации Краткая история развития стандартизации. Методы стандартизации.

8. Закон РФ «О техническом регулировании». ГСС (Государственная Система Стандартизации), ГОСТ Р 1.0-2004. Система нормативных документов в строительстве. (СНиП, СН, РДС, ГОСТ). Дать определение «нормативный документ». Права и функции Госстандарта России (Ростехрегулирование).

9. Виды стандартов применяются в РФ. Лицензия на применение знака соответствия.

0. Применение международных и национальных стандартов на территории РФ.

10. Органы государственного управления осуществляющие государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов. Состав и обязательность требований нормативных документов.

20. Определение стандарта. Понятия нормы и правила. Категории и виды стандартов, ТУ и регламенты.

30. Общетехнические комплексы стандартов (ЕСКД, ЕСТД, ГС И и т.п.). Международная организация по стандартизации ИСО, ее структура и функции.

40. Типовые этапы жизненного цикла продукции и стандартизация Стандарты и система качества. (ИСО серии 9000).

50. Показатели унификации и стандартизации. Виды стандартов. основополагающий стандарт. Общероссийские классификаторы ТЭИ (ОКП, ОКО и т.д.)

60. Деятельность ИСО и МЭК по международной стандартизации

70. Основные понятия сертификации. Нормативно правовая база сертификации. Основные цели и принципы сертификации Орган по сертификации

80. Закон и качество. Обязательная и добровольная сертификация. Закон РФ « О защите прав потребителей» и его европейский аналог.

90. Системы сертификации. Система ГОСТ Р. Порядок проведения сертификации продукции. Схемы сертификации продукции.

100. Государственная регистрация объектов и участников сертификации. Структура номеров Госреестра. Схемы сертификации услуг. Участники сертификации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: в 2 ч.: учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – Ч. 1: Метрология. – 324 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: в 2 ч.: учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – Ч. 2. Стандартизация и сертификация. – 325 с.
3. Жуков, В. К. Метрология. Теория измерений: учеб. пособие для вузов / В. К. Жуков. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 414 с.
4. Атрошенко, Ю. К. Метрология, стандартизация и сертификация. Сборник лабораторных и практических работ: учеб. пособие для вузов / Ю. К. Атрошенко, Е. В. Кравченко. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 176 с.
5. Бессонова, Л. П. Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия продуктов животного происхождения : учебник и практикум для вузов / Л. П. Бессонова, Л. В. Антипова; под ред. Л. П. Бессоновой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 636 с.
6. Метрология. Теория измерений: учебник для вузов / В. А. Мещеряков, Е. А. Бадеева, Е. В. Шалобаев; под общ. ред. Т. И. Мурашкиной. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 167 с.
7. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник и практикум для вузов / И. М. Лифиц. – 14-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 423 с.
8. Волегов, А. С. Метрология и измерительная техника: электронные средства измерений электрических величин: учеб. пособие для вузов / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 103 с.
9. Винокуров, Б. Б. Метрология и измерительная техника. Уровнеметрия жидких сред: учеб. пособие для вузов / Б. Б. Винокуров. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 187 с.
10. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника. Лабораторный практикум: учеб. пособие для вузов / К. П. Латышенко, С. А. Гарелина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 186 с.
11. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника. Микропроцессорные анализаторы жидкости: учеб. пособие для вузов / К. П. Латышенко, Б. С. Первухин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 203 с.
12. Степанова, Е. А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебное пособие для вузов / Е. А. Степанова,

Н. А. Скулкина, А. С. Волегов; под общ. ред. Е. А. Степановой. – Москва: Издательство Юрайт, 2022; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 95 с.

13. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, подтверждение соответствия, метрология: учебник и практикум для вузов / Е. Ю. Райкова. – 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 382 с.

14. Сергеев, А. Г. Сертификация: учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 195 с.

15. Горленко, О. А. Дисперсионный анализ экспериментальных данных: учеб. пособие для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можаяева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 132 с.

16. Основы теории эксперимента: учеб. пособие для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можаяева, А. С. Проскурин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 180 с.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа

по дисциплине  
**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ  
В ПИЩЕВОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

Шифр студента \_\_\_\_\_

Вариант № \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Локальный электронный методический материал

Олег Вячеславович Агеев

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ПИЩЕВОМ  
МАШИНОСТРОЕНИИ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 3,7. Печ. л. 3,1

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1