



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕТРОЛОГИЯ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Направление подготовки (специальность)
27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	3

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления
25.01.2023, протокол № 7

Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры АСУ,

_____ А.Р. Бондарева

Рецензент:

зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук
_____ Ю.Н. Волшуков



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Формирование знаний и умений, необходимых для выбора, создания, внедрения и эксплуатации автоматизированных средств технологических измерений, информационное и метрологическое обеспечение систем автоматизации; изучение основ метрологического обеспечения современной науки и техники; обладание знаниями в стандартизации, стандартах и успешном их использовании в практической деятельности; получение теоретических знаний в области сертификации

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Метрология и средства измерений входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Учебная - ознакомительная практика

Введение в направление

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Программирование и основы алгоритмизации

Философия

Продвижение научной продукции

Производственная - технологическая (производственно-технологическая) практика

Электрические измерения

Производственная - проектная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Теория эксперимента и наука о данных

Электроника в управляющих устройствах

Технические измерения и приборы

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Метрология и средства измерений» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК-1.1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки
УК-1.2	Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; осуществляет поиск информации по различным типам запросов
УК-1.3	При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения
ОПК-9	Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

ОПК-9.1	Выполняет экспериментальные исследования характеристик систем и объектов автоматизации по заданным методикам
ОПК-9.2	Выбирает современные способы и средства обработки результатов эксперимента
ОПК-9.3	Производит обработку результатов эксперимента с применением современных информационных технологий и технических средств

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 8,7 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,7 акад. часов;
- самостоятельная работа – 131,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы метрологии								
1.1 Основные понятия. Правовые основы. Метрологическое обеспечение. Единство измерений. Метрологические службы	3				8	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	УК-1.2
1.2 Измеряемые величины. Виды, методы измерений. Основные положения теории погрешностей					20	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий Контрольная работа	ОПК-9.2, ОПК-9.3
1.3 Средства измерения. Структурные схемы СИ. Выбор СИ		0,5	1/0,4И		16	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос. Лабораторные работы	ОПК-9.2, ОПК-9.3
1.4 Измерение электрических величин		0,5	1/0,4И		16	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос. Лабораторные работы	ОПК-9.2, ОПК-9.3
1.5 Измерение магнитных величин		0,5	1/0,4И		16,4	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос. Лабораторные работы	ОПК-9.2, ОПК-9.3

1.6	Измерение неэлектрических величин		0,5	1/0,4И		16	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос. Лабораторные работы	ОПК-9.2, ОПК-9.3
1.7	Измерительные информационные системы					15	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	УК-1.2, ОПК-9.2, ОПК-9.3
Итого по разделу			2	4/1,6И		107,4			
2. Основы стандартизации									
2.1	Основные понятия. Цели стандартизации. История развития	3	0,5			6	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	УК-1.2
2.2	Задачи, органы и службы стандартизации. Виды стандартов. Нормативные документы		0,5			4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос. Проверка индивидуального заданий	УК-1.2
2.3	Методические основы стандартизации. Принципы и методы		1			4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	УК-1.2
Итого по разделу			2			14			
3. Основы сертификации									
3.1	Основные понятия, цели и объекты сертификации. История развития. Правовое обеспечение	3				4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
3.2	Обязательная и добровольная сертификация. Схемы сертификации. Органы сертификации					6	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка индивидуальных заданий	УК-1.2, ОПК-9.2, ОПК-9.3
Итого по разделу						10			
Итого за семестр			4	4/1,6И		131,4		зао	
Итого по дисциплине			4	4/1,6И		131,4		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Метрология и средства измерений» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;

- использование электронных учебников по отдельным темам занятий;

- встречи с представителями проектных и обслуживающих предприятий: ООО «ОСК», ООО «Информсервис ММК», ЗАО «КонсОМ»; предполагаемые темы встреч: «Инновации в области контрольно-измерительной техники», «Интеллектуальные мехатронные системы», «Диагностика и поверка средств измерений»;

- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, контрольная работа, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Самарина, И. Г. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / И. Г. Самарина, Т. Г. Сухонослова ; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2872.pdf&show=dcatalogues/1/1134039/2872.pdf&view=true> (дата обращения: 14.07.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Гребенникова, В. В. Технические измерения и приборы: учебное пособие / В. В. Гребенникова, М. В. Вечеркин ; МГТУ, [каф. ЭиЭС]. - Магнитогорск, 2014. - 150 с. : ил., схемы. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=817.pdf&show=dcatalogues/1/1116327/817.pdf&view=true> (дата обращения: 14.07.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0543-6. - Имеется печатный аналог

б) Дополнительная литература:

1. Пелевин, В. Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. — Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. — 273 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006769-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?pid=988250> (дата обращения: 14.07.2022). – Режим доступа: по подписке

2. Корнилова, И. Г. Технические измерения и приборы : лабораторный практикум / И. Г. Корнилова, В. В. Гребенникова, А. И. Сергеев ; МГТУ, каф. ПКисУ. - Магнитогорск, 2010. - 129 с. : ил. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=331.pdf&show=dcatalogues/1/1071836/331.pdf&view=true> (дата обращения: 14.07.2022). - Макрообъект. - Текст: электронный. - Имеется печатный аналог.

3. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 256 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013964-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1190667> (дата обращения: 14.07.2022). – Режим доступа: по подписке

4. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / В.Е. Эрастов. - Москва : Форум, 2017. - 208 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-91134-193-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/636241> (дата обращения: 14.07.2022). – Режим доступа: по подписке

5. Раннев, Г. Г. Интеллектуальные средства измерений : учебник / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. — 280 с. - ISBN 978-5-906818-66-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1054205> (дата обращения: 14.07.2022). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Гребенникова, В.В. Технические измерения и приборы. Лабораторный практикум: учеб. пособие / В.В.Гребенникова, И.Г. Самарина. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2016. – 102 с. Текст: непосредственный

2. Самарина, И.Г. Метрология и технические измерения: практикум / Самарина И.Г., Мухина Е.Ю., Бондарева А.Р. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2021. – 57 с. Текст: непосредственный

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
----------------	--------

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации а.448

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета а.448

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций: Доска, мультимедийный проектор, экран а.448

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи для хранения учебно-методической документации а.445

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ (Лаборатория метрологии и технологических измерений) а.452: Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ: лабораторный стенд «Измерение расхода газа»; лабораторный стенд «Поверка термомпар»; лабораторный стенд «Поверка прибора Диск-250, логометра Ш-4540/1 и прибора А-566»; лабораторный стенд «Испытание и поверка КСП-3, вольтметра Ш-4540, прибора Диск-250»; лабораторный стенд «Измерение уровня жидкостей»; лабораторный стенд «Измерение уровня сыпучих материалов»; лабораторный стенд «Преобразователи давления Метран»; лабораторный стенд «Статические и динамические характеристики объекта управления»

Электронные плакаты по курсу "Основы метрологии и технические измерения" (136), ключ на 2 ПК.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Метрология и средства измерений» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных работ, решение контрольных задач.

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
Поверка термопар	<ol style="list-style-type: none"> 1. На каких явлениях основано действие термоэлектрических термометров? 2. Почему при подсоединении термопары к измерительному прибору, пользуются компенсационными проводами? 3. Как вводится поправка на температуру свободных концов термопары в автоматических и переносных потенциометрах, милливольтметрах? 4. Для каких термопар невозможно применение компенсационных проводов для введения поправки? 5. Пределы измерений стандартных термоэлектрических термометров? 6. При измерении температуры в печи с помощью хромель-алюмелевой термопары (тип К) вольтметр показал 7,418 мВ. Температура холодного спая была стабилизирована на уровне 30°С. Пользуясь градуировочной таблицей для данной термопары, определить температуру T_x в печи
Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термоэлектрическим преобразователем	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы особенности методики проведения вторичного прибора Диск-250М? 2. Что такое основная и дополнительная погрешность прибора? 3. Какие погрешности необходимо рассчитать для того, чтобы сделать вывод о результатах поверки? 4. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора? 5. Какие существуют виды поверок? 6. Перечислить метрологические характеристики средств измерений. 7. Что относится к неметрологическим характеристикам СИ? 8. Отчет по шкале прибора с пределами измерений 0 – 10 А и равномерной шкалой составил 2,5 А. Оценить пределы допустимой абсолютной погрешности этого отсчета при использовании различных СИ с КТ: 0,02/0,01; $\textcircled{0,5}$ и 0,5
Термометры сопротивления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какой принцип действия у термометров сопротивления? 2. От чего зависит электрическое сопротивление проводника? 3. Влияет ли на электрическое сопротивление проводника электрический ток, проходящий по проводнику? 4. Что является термометрическим параметром в термометре

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	<p>сопротивления?</p> <p>5. Почему термопреобразователи изготавливают, как правило, из металлов, а не из сплавов?</p> <p>6. Какие преимущества у медного и у платинового термопреобразователей сопротивления?</p> <p>7. Какое значение при измерении температуры имеет показатель тепловой инерции?</p> <p>8. Каким параметром характеризуется чистота материала, идущего на изготовление термометра сопротивления?</p> <p>9. Что такое трёхпроводная схема включения термопреобразователя сопротивления?</p>
<p>Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термометрами сопротивления</p>	<p>1. Какие существуют методы измерения температуры?</p> <p>2. На чём основано действие термометров сопротивления?</p> <p>3. Какие материалы используют для изготовления термометров сопротивления?</p> <p>4. Какие приборы применяют в комплекте с термометрами сопротивления?</p> <p>5. Схемы подключения термометров сопротивления ко вторичному прибору</p> <p>6. Достоинства и недостатки неуравновешенных мостов.</p> <p>7. Как работает уравновешенный мост?</p> <p>8. В чём заключается условие равновесия мостов?</p> <p>9. Принцип действия работы логометрических схем</p> <p>10. Какие виды погрешностей вы знаете?</p> <p>11. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора?</p>
<p>Пирометры</p>	<p>1. Какая температура называется яркостной температурой?</p> <p>2. Как определить действительную температуру тела, зная яркостную температуру?</p> <p>3. Устройство пирометров частичного излучения</p> <p>4. Что такое цветовая температура?</p> <p>5. Как смещается максимум кривой распределения спектральной энергетической яркости с увеличением температуры абсолютно чёрного тела?</p> <p>6. Почему цветовая температура наиболее близка к действительной температуре?</p> <p>7. Устройство пирометров спектрального отношения</p> <p>8. Оцените систематическую погрешность измерения температуры радиационным методом. Радиационная температура $t_p = 1527$ °С, коэффициент теплового излучения $\epsilon_r = 0,38$.</p> <p>9. Пирометр полного излучения (радиационный) имеет показатель визирования $n = 1/7$, диаметр калильной трубки, на которую визируется пирометр, 30 мм.</p> <p>10. Можно ли пирометром полного излучения измерить температуру слитка в нагревательном колодце, если сторона слитка имеет размеры 1800x400 мм, расстояние от слитка до пирометра 1400 мм, показатель визирования $n = 1/7$?</p> <p>11. Каким образом в пирометрическом преобразователе ППТ-142</p>

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	исключается влияние температуры корпуса телескопа? 12. Какие существуют способы исключения влияния температуры корпуса телескопа на результат измерения?

Пример варианта контрольной работы №1

1. Оцените относительную погрешность простых бытовых часов с суточным ходом в 20 с (суточный ход – поправка к показаниям часов за 1 сутки).
2. При измерении температуры термометр показал 20°C, СКП 0,3°C. Систематическая погрешность $\pm 0,5$ °C. Указать доверительные границы истинного значения температуры с $P_{\text{ДОВ}} = 0,9973$.
3. Измерение силы тока дало следующие результаты: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,2; 10,4 А. Необходимо проверить, не является ли промахом значение 10,4 А
4. Энергия определяется уравнением $E = m \cdot c^2$, где m – масса, c – скорость света. Определить размерность энергии в системе ЛМТ.

Пример варианта контрольной работы №2

1. Введите поправку в показания термопары и определите температуру рабочего конца, если термо-ЭДС термометра S равна 3,75 мВ, а температура свободных концов 32 °C.
2. Одинаковы ли значения коэффициентов преобразования у медных термометров сопротивления градуировки 50М и 100М в интервале 0 – 150 °C?
3. Температура измеряется пирометром частичного излучения. Вторичный прибор показывает температуру 1100 °C. Определить действительную температуру и систематическую погрешность ($T_{\text{а.ч.т.}} - T_{\text{д}}$), если коэффициент теплового излучения 0,75 и длина волны 0,65 мкм.
4. Что означает аббревиатура ПП, ХК?
5. Есть возможность измерить температуру термопарой и пирометром. Чему отдадите предпочтение и почему?

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач		
УК 1.2	<p>Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; осуществляет поиск информации по различным типам запросов</p>	<p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метрология. Основные понятия и определения 2. Государственная система приборов (ГСП) 3. Единство измерений 4. Основные понятия. Цели стандартизации 5. Задачи, органы и службы стандартизации 6. Виды стандартов. Нормативные документы 7. Методические основы стандартизации. Принципы и методы 8. Основные понятия, цели и объекты сертификации 9. Схемы сертификации 10. Правила и порядок проведения сертификации 11. Методы сертификации <p><i>Примеры практических заданий для зачета:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Заполнить сертификат соответствия на заданный продукт 2. Определение подлинности товара по штрих-коду 3. Выбор и обоснование схемы сертификации услуги 4. Изучение порядка проведения сертификации услуг

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		5. Использование ГОСТов для составления схем приборов, технологических 1. Использование контрольных карт по количественным признакам для контроля качества технологического процесса 2. Использование контрольных карт по качественным признакам для контроля качества технологического процесса 6. Использование диаграммы разброса для контроля качества технологического процесса
ОПК-9: Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств		
ОПК-9.2	Выбирает современные способы и средства обработки результатов эксперимента	1. Измеряемые величины. Виды измерений 2. Методы измерений. Методика выполнения измерений 3. Средства измерения, виды. Сигналя измерительной информации 4. Метрологические характеристики. Неметрологические характеристики 5. Структурные схемы и свойства средств измерения 6. Измерение магнитных величин. Параметры, характеристик, схемы измерения 7. Измерение неэлектрических величин. Классификация 8. Измерение температуры термометрами сопротивления (пределы измерения, градуировки). Требования, предъявляемые к материалу 9. Преобразователи неэлектрических величин. Металлические термометры сопротивления 10. Преобразователи неэлектрических величин. Полупроводниковые термометры сопротивления 11. Преобразователи неэлектрических величин. Эффекты Томсона, Зеебека и Пельтье 12. Преобразователи неэлектрических величин. Термоэлектрические преобразователи 13. Стандартные термоэлектрические преобразователи (пределы измерения, градуировки, материал электродов) 14. Способы исключения влияния температуры свободных концов термопар. Требования, предъявляемые к материалам, термопар

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>15. Преобразователи неэлектрических величин. Законы излучения 16. Преобразователи неэлектрических величин. Пирометры 17. Уравновешенные мосты. Достоинства, недостатки. Способы подключения термометров сопротивления 18. Неуравновешенные мосты. Достоинства, недостатки 19. Прибор 250М 20. Логометрические схемы 21. Милливольтметр. Принцип действия. Устройство. Достоинства, недостатки 22. Измерительные информационные системы</p> <p>Перечень лабораторных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поверка термопар 2. Испытание и поверка ВП, работающих в комплекте с термопарами 3. Термометры сопротивления 4. Испытание и поверка ВП, работающих в комплекте с термометрами сопротивления 5. Пирометры <p>Примеры практических заданий для зачета:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Медный термометр сопротивления имеет сопротивление $R_{20} = 1,75 \text{ Ом}$. Определить его сопротивление при 100 и 150 °С ($\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$) 2. Введите поправку в показания термопары и определите температуру рабочего конца, если термо-ЭДС термометра типа S = 3,75 мВ, температура свободных концов 32 °С
ОПК-9.3	Производит обработку результатов эксперимента с	Перечень теоретических вопросов к зачету:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>применением современных информационных технологий и технических средств</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные положения теории погрешностей. Классификация погрешностей 2. Вероятностные оценки погрешностей измерения 3. Обработка результатов измерения <p><i>Примеры практических заданий для зачета:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Амперметр с пределом измерения 10 А показал при измерениях ток 5,3 А при его действительном значении 5,23 А. Определите абсолютную, относительную и относительную приведенную погрешности 2. Имеются два амперметра: один КТ 0,5 имеет верхний предел измерения 20 А, другой КТ 1,5 имеет верхний предел измерения 5 А. Определите, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности при измерении тока 3 А

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Метрология и средства измерений» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет проводится в устной форме по теоретическим вопросам и задачам.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

– на оценку *«отлично»* (5 баллов) – обучающийся должен полно раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, чётко и правильно дать определения, привести доказательства на основе математических и логических выкладок, показать навыки исследовательской деятельности. Ответ должен быть самостоятельным, при ответе использованы знания, приобретённые ранее;

– на оценку *«хорошо»* (4 балла) – обучающийся должен раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, в основном правильно дать основные определения и понятия предмета. При ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения, допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов, практические навыки нетвёрдые;

– на оценку *«удовлетворительно»* (3 балла) – обучающийся должен усвоить основное содержание материала. При ответе определения и понятия даны не чётко, допущены ошибки при промежуточных математических выкладках в выводах, практические навыки слабые;

– на оценку *«неудовлетворительно»* (2 баллов) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач. При ответе допущены грубые ошибки в определениях, доказательства теорем не проведено, не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя, отсутствуют навыки исследовательской деятельности;

– на оценку *«неудовлетворительно»* (1 балл) – не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, основное содержание учебного материала не раскрыто.

Методические указания по выполнению контрольной работы

По дисциплине «Метрология и средства измерения»
предусмотрена контрольная работа обучающихся.

Примеры вариантов заданий на контрольную работу

Задание №1 определение класса точности прибора

Определить, годен прибор к работе или нет, если он работает на диапазоне X_B , X_H (указанны в таблице). Отчет делений по прибору, производится через 10, начиная с X_H , до X_B . Класс точности прибора задан в таблице. Для получения результата определить: абсолютную, относительную, приведенную погрешности и вариацию. Построить зависимость для определения вариации.

Вариант	X_H	X_B	КТ
1	-10	30	0,5
2	-20	20	1,0
3	0	50	1,5
4	10	60	2
5	20	70	0,5
6	-5	25	1,0
7	0	50	1,5
8	5	55	2
9	15	65	0,5
10	-15	35	1,0
11	-10	30	1,5
12	-20	20	2
13	0	50	0,5
Вариант	X_H	X_B	КТ
14	10	60	1,0
15	20	70	1,5
16	-5	25	2
17	0	50	0,5

18	5	55	1,0
19	15	65	1,5
20	-15	35	2
21	-10	30	0,5
22	-20	20	1,0
23	0	50	1,5
24	10	60	2
25	20	70	0,5

Задание №2 (задачи по вариантам)

В-1

1. Амперметр с пределом измерения 10 А показал при измерениях ток 5,3 А при его действительном значении 5,23 А. Определите абсолютную, относительную и относительную приведенную погрешности.
2. При поверке омметра с пределом измерения 1000 Ом в точках 200,400,600,800,1000 Ом получили соответственно следующие показания образцового прибора: 199,5; 400,7; 601,8; 800,6; 999,93. Определить класс точности поверяемого омметра.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Скорость
 - б) Сила $\mathbf{F}=\mathbf{m}\cdot\mathbf{a}$
 - в) Электрическая мощность $\mathbf{P} = \mathbf{U}\cdot\mathbf{I}$
 - г) Объемный расход $\mathbf{Q} = \mathbf{S}\cdot\mathbf{V}$

В-2

1. Имеются следующие результаты измерений: $(0,47 \pm 0,05)$ мм; $(53,6 \pm 0,5)$ мм и $(2538,44 \pm 0,27)$ мм. Сравните эти результаты по точности. Какой из них самый точный? Во сколько раз точность лучшего результата больше точности самого грубого?
2. В наличии имеются четыре омметра для измерения сопротивления. Первый омметр класса точности 0,5 с пределом измерения 200 Ом; второй – класса точности 1,0 с пределом измерения 1000 Ом; третий – класса точности 2,0 с пределом измерения 400 Ом; четвертый – класса точности 0,6/0,4 с поддиапазонами измерения 50, 500, 1000 Ом. Указать омметр, который покажет наибольшую точность измерения сопротивления 150 Ом.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Ускорение
 - б) Работа и энергия $\mathbf{A} = \mathbf{F}\cdot\mathbf{S}$
 - в) Емкость $\mathbf{C} = \mathbf{q}/\mathbf{U}$
 - г) Динамическое давление $\mathbf{P}_д = 0,5\cdot\rho\cdot\mathbf{V}^2$

В-3

1. Для измерения напряжения $U = 3300$ В вольтметр типа Д566/8 с конечными значениями шкалы U_k , равными 75 и 150 В, включен через измерительный трансформатор напряжения типа И510. Шкала вольтметра имеет 150 делений. Определите цену деления вольтметра C_v на всех пределах измерения, если коэффициент трансформации $K = 6000/100$.
2. Вольтметр имеет диапазон измерения от 0 до 250 В. Определить, какой он должен иметь класс точности при измерении напряжения 220 В с гарантированной погрешностью, не превышающей $\pm 2\%$.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Частота
 - б) Мощность $\mathbf{N} = \mathbf{A}/\mathbf{t}$
 - в) Электрическое сопротивление $\mathbf{R} = \mathbf{U}/\mathbf{I}$
 - г) Статическое давление $\mathbf{P}_{ст} = \rho\cdot\mathbf{g}\cdot\mathbf{h}$

B-4

1. Сопротивление магнитоэлектрического амперметра без шунта $R_0 = 1$ Ом. Прибор имеет 100 делений, цена деления 0,001 А/дел. Определите предел измерения прибора при подключении шунта с сопротивлением $R = 52,6 \cdot 10^{-3}$ Ом и цену деления.
2. При измерении электрического тока амперметром класса точности 1,5 с диапазоном измерения от 0 до 10 А температура окружающего воздуха составляла 10°C. Определить предельную допускаемую абсолютную погрешность.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Количество электрического заряда $q = I \cdot t$
 - б) Эл. напряжение $U = A/q$
 - в) Давление $P = F/S$
 - г) Плотность $\rho = m/V$

B-5

1. Определите абсолютную погрешность измерения постоянного тока амперметром, если он в цепи с образцовым сопротивлением 5 Ом показал ток 5 А, а при замене прибора образцовым амперметром для получения тех же показаний пришлось уменьшить напряжение на 1 В.
2. При проверке вольтметра с пределом измерения 500 В в точках 100,200,300,400,500 В получили соответственно следующие показания образцового прибора: 99,4; 200,7; 301,5; 400,8; 499,95. Определить класс точности поверяемого вольтметра.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Скорость
 - б) Сила $F = m \cdot a$
 - в) Электрическая мощность $P = U \cdot I$
 - г) Объемный расход $Q = S \cdot V$

B-6

1. Сравните погрешности измерений давления в 100 кПа пружинными манометрами классов точности 0,2 и 1,0 с пределами измерений на 600 и 100 кПа, соответственно.
2. Для измерения тока используются четыре амперметра. Первый амперметр класса точности 0,1 с пределом измерения 15 мА; второй – класса точности 0,1 с пределом измерения 100 мА; третий – класса точности 0,5 с пределом измерения 15 мА; четвертый – класса точности 0,5 с пределом измерения 30 мА. Указать амперметр, который покажет наибольшую точность измерения тока 10 мА.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Ускорение
 - б) Работа и энергия $A = F \cdot S$
 - в) Емкость $C = q/U$
 - г) Динамическое давление $P_d = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2$

B-7

1. Вольтметр класса точности 0,5 имеет верхний предел измерения 10 В и внутреннее сопротивление $R_v = 1500$ Ом. Этот вольтметр включили в цепь с сопротивлением $R = 200$ Ом для измерения ЭДС E . Определите относительную методическую погрешность измерения ЭДС.

2. Амперметр имеет предел измерения 10 А. Определить, какой он должен иметь класс точности при измерении силы тока 7 А с погрешностью не более 1,2%.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Частота
 - б) Мощность $N = A/t$
 - в) Электрическое сопротивление $R = U/I$
 - г) Статическое давление $P_{ст} = \rho \cdot g \cdot h$

В-8

1. Прибор класса точности 1,5 имеет шкалу 200 делений. Необходимо для этого прибора определить относительную погрешность измерения в начале шкалы (для 125 делений). Насколько эта погрешность больше погрешности на последнем – 200 делении шкалы прибора?
2. Электрическое напряжение измеряется вольтметром класса точности 1,5 с диапазоном измерения от 0 до 100 В. Определить, как должен быть записан результат измерения, если показание прибора равно 75 В, а погрешность градуировки шкалы составляет +2 В.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Количество электрического заряда $q = I \cdot t$
 - б) Эл. напряжение $U = A/q$
 - в) Давление $P = F/S$
 - г) Плотность $\rho = m/V$

В-9

1. Выполнено однократное измерение напряжения на участке электрической цепи сопротивлением $R=(10 \pm 0.1)$ Ом с помощью вольтметра класса 0,5 по ГОСТ 8711-77 (верхний предел диапазона 1,5 В, приведенная погрешность 0,5%). Показания вольтметра 0,975 В. Измерение выполнено при температуре 25°C при возможном магнитном поле, имеющем напряженность до 300 А/м. Рассчитать погрешности.
2. Проведены 11 равноточных измерений мощности. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 Вт. Результаты распределены нормально, дисперсия неизвестна. Оценить доверительный интервал истинного значения для вероятности 0,99 ($t_p=3,169$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Скорость
 - б) Сила $F=m \cdot a$
 - в) Электрическая мощность $P = U \cdot I$
 - г) Объемный расход $Q = S \cdot V$

В-10

1. В последней камере компрессора двумя пружинными манометрами на 800 кПа измерено давление воздуха. Один манометр имеет погрешность 2% от верхнего предела измерений, другой 6%. Первый показал 800 кПа, второй 790 кПа. Назовите действительное значение давления в камере, оцените возможное истинное значение давления, а также погрешность измерения давления вторым манометром.
2. При многократном измерении длины L получены значения в мм: 30,2; 30,0; 30,4; 29,7; 30,3; 29,9; 30,2. Укажите доверительные границы истинного значения длины с вероятностью $P=0,98$ ($t_p = 3,143$)

3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
- а) Ускорение в) Емкость $C = q/U$
- б) Работа и энергия $A = F \cdot S$ г) Динамическое давление $P_d = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2$

В-11

1. Сопротивление магнитоэлектрического амперметра без шунта $R_0 = 1$ Ом. Прибор имеет 100 делений, цена деления 0,001 А/дел. Определите предел измерения прибора при подключении шунта с сопротивлением $R = 52,6 \cdot 10^{-3}$ Ом и цену деления.
2. Омметр имеет предел измерения 1000 Ом. Определить, какой он должен иметь класс точности при измерении сопротивления 500 Ом с погрешностью не более 5%.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ

а) Частота в) Электрическое сопротивление $R = U/I$

б) Мощность $N = A/t$ г) Статическое давление $P_{ст} = \rho \cdot g \cdot h$

В-12

1. Микроамперметр на 100 мкА имеет шкалу в 200 делений. Определите цену деления и возможную погрешность в делениях шкалы, если на шкале прибора имеется обозначение класса точности 1,0.
2. При многократном измерении 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 $P=0,95$ ($t_p=2,365$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ

а) Количество электрического заряда $q = I \cdot t$ в) Давление $P = F/S$

б) Эл. напряжение $U = A/q$ г) Плотность $\rho = m/V$

В-13

1. Определите сопротивление шунта к магнитоэлектрическому милливольтметру, имеющему сопротивление $R_0 = 2,78$ Ом и ток полного отклонения $I_0 = 26$ мА, для получения амперметра на 25 А.
2. Приведены 11 равнозначных результатов измерения напряжения. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 В. Результаты распределены нормально, дисперсия неизвестна. Оценить доверительный интервал истинного значения для вероятности 0,95 ($t_p=2,228$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ

а) Скорость в) Электрическая мощность $P = U \cdot I$

б) Сила $F = m \cdot a$ г) Объемный расход $Q = S \cdot V$

В-14

1. В наличии имеется два амперметра с различными характеристиками: один имеет класс точности 1 и верхний предел измерения 40 А; другой амперметр имеет класс точности 2,5 с верхним пределом измерения 15 А. Необходимо определить, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности и какой прибор лучше использовать для измерения тока $I = 4$ А.
2. При многократном измерении влажности воздуха получены значения: 65, 64, 66, 65, 63, 64, 66, 67. Укажите доверительные границы для истинного значения влажности в % с вероятностью $P = 0,928$ ($t_p = 2,16$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Ускорение
 - б) Работа и энергия $A = F \cdot S$
 - в) Емкость $C = q/U$
 - г) Динамическое давление $P_d = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2$

В-15

1. Потенциометр постоянного тока в диапазоне 0 – 50 мВ имеет основную погрешность $\delta = \pm [0,05 + (2,5 / A)]$, где А – показания потенциометра, мВ. Определите предел допускаемой погрешности в конце и середине диапазона измерений ($A_k = 50$ мВ). Сравните их и класс точности 0,05 потенциометра.
2. При многократном взвешивании массы m получены значения в кг: 102; 97; 105; 100; 98; 102; 97; 99. Укажите доверительные границы истинного значения массы с вероятностью $P=0,98$ ($t_p = 2,998$)
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Частота
 - б) Мощность $N = A/t$
 - в) Электрическое сопротивление $R = U/I$
 - г) Статическое давление $P_{ст} = \rho \cdot g \cdot h$

В-16

1. Верхний предел измерения микроамперметра 100 мкА, внутреннее сопротивление 15 Ом. Чему должно быть равно сопротивление шунта, чтобы верхний предел измерения увеличился в 10 раз?
2. Вольтметр показывает 230 В. Среднее квадратическое отклонение показаний $U=2$ В. Погрешность от подключения вольтметра в цепь (изменение напряжения) равна -1 В. Определить истинное значение напряжения с вероятностью $P=0,9544$ ($t_p=2$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Количество электрического заряда $q = I \cdot t$
 - б) Эл. напряжение $U = A/q$
 - в) Давление $P = F/S$
 - г) Плотность $\rho = m/V$

В-17

1. К вольтметру, сопротивление которого $R_v = 30$ кОм, подключен резистор с сопротивлением $R_d = 90$ кОм. При этом верхний предел измерения прибора составляет 600 В. Определите, какое напряжение можно измерять прибором без добавочного резистора R_d ?

2. В наличии имеются четыре омметра для измерения сопротивления. Первый омметр класса точности 0,5 с пределом измерения 200 Ом; второй – класса точности 1,0 с пределом измерения 1000 Ом; третий – класса точности 2,0 с пределом измерения 400 Ом; четвертый – класса точности 0,6/0,4 с поддиапазонами измерения 50, 500, 1000 Ом. Указать омметр, который покажет наибольшую точность измерения сопротивления 150 Ом.
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Скорость
 - б) Сила **$F=m \cdot a$**
 - в) Электрическая мощность **$P = U \cdot I$**
 - г) Объемный расход **$Q = S \cdot V$**

В-18

1. Вольтметр, имеющий верхний предел измерения 3 В, имеет внутреннее сопротивление $R_{\text{вн}} = 400$ Ом. Определите сопротивление добавочных резисторов, которые нужно подключить к вольтметру, чтобы расширить диапазон измерений до 15 и 75 В.
2. При многократном измерении 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 $P=0,95$ ($t_p=2,365$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Ускорение
 - б) Работа и энергия **$A = F \cdot S$**
 - в) Емкость **$C = q/U$**
 - г) Динамическое давление **$P_{\text{д}} = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2$**

В-19

1. Для измерения тока $I = 0,1 - 0,5$ мА необходимо определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением шкалы $I_{\text{к}} = 0,5$ мА, чтобы относительная погрешность измерения тока δ не превышала 1%.
2. Приведены 11 равноточных результатов измерения напряжения. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 В. Результаты распределены нормально, дисперсия неизвестна. Оценить доверительный интервал истинного значения для вероятности 0,95 ($t_p=2,228$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Частота
 - б) Мощность **$N = A/t$**
 - в) Электрическое сопротивление **$R = U/I$**
 - г) Статическое давление **$P_{\text{ст}} = \rho \cdot g \cdot h$**

В-20

1. Поправка к показанию прибора в середине его шкалы $C = + 1$ ед. Определите абсолютную погрешность и возможный класс точности прибора, если его шкала имеет 100 делений = 100 ед.
2. Проведены 11 равноточных измерений мощности. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 Вт. Результаты распределены

1. Микроамперметр на 100 мкА имеет шкалу в 400 делений. Определите цену деления и возможную погрешность в делениях шкалы, если на шкале прибора имеется обозначение класса точности 1,5.
2. При многократном взвешивании массы m получены значения в кг: 103; 96; 106; 102; 99; 102; 96; 100. Укажите доверительные границы истинного значения массы с вероятностью $P=0,98$ ($t_p=2,998$)
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Количество электрического заряда $q = I \cdot t$
 - б) Эл. напряжение $U = A/q$
 - в) Давление $P = F/S$
 - г) Плотность $\rho = m/V$

В-25

1. Прибор класса точности 1,5 имеет шкалу 400 делений. Необходимо для этого прибора определить относительную погрешность измерения в начале шкалы (для 150 делений). Насколько эта погрешность больше погрешности на последнем – 400 делении шкалы прибора?
2. Проведены 11 равноточных измерений мощности. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 Вт. Результаты распределены нормально, дисперсия неизвестна. Оценить доверительный интервал истинного значения для вероятности 0,99 ($t_p=3,169$).
3. Производные единицы системы СИ выразить через основные символы LVTIQNJ
 - а) Скорость
 - б) Сила $F = m \cdot a$
 - в) Электрическая мощность $P = U \cdot I$
 - г) Объемный расход $Q = S \cdot V$