

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра метрологии

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

Направления и специальности подготовки дипломированного специалиста:

Факультет энергетический

650900, 650800, 654500, 654100

100400 – электроснабжение

100500 – тепловые электрические станции

100700 – промышленная теплоэнергетика

180100 – электромеханика

180200 – электрические и электронные аппараты

200400 – промышленная электроника

Факультет информатики и систем управления

651900, 654600

210100 – управление и информатика в технических системах

220100 – вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Направления подготовки бакалавра:

551700, 550900, 551300, 550700, 550200, 552800

**Санкт-Петербург
2005**

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 531.7(06)

Метрология, стандартизация и сертификация: Рабочая программа, методические указания к изучению дисциплины, задания на контрольную работу. – СПб.: СЗТУ, 2005 - 56 с.

Рабочая программа соответствует требованиям государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по перечисленным направлениям и специальностям подготовки дипломированного специалиста и направлениям подготовки бакалавра.

Методический сборник содержит рабочую программу, методические указания к изучению дисциплины, тематический план лекций, перечень основной и дополнительной литературы, задания на контрольную работу и методические указания к ее выполнению.

Рассмотрено на заседании кафедры метрологии 11. 02. 2005 г., одобрено методической комиссией факультета радиоэлектроники 23.04. 2005г.

Рецензенты: кафедра метрологии СЗТУ (зам. зав. кафедрой И. Е. Ушаков, д-р техн. наук, проф.); Г. П. Телитченко, канд. техн. наук, доц., ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Разработка, изготовление и эксплуатация всевозможных измерительных приборов и систем неизбежно связаны с выполнением большого числа измерений. Перед специалистами встают задачи правильного выбора и применения методов и средств измерений; организации и проведения измерительного эксперимента; обработки, получения и представления результатов измерений в соответствии с действующими нормативными документами.

В период перехода к рыночной экономике все большую значимость приобретают понятия: качество продукции и услуг, сертификация, стандартизация и метрология. Подтверждением этого являются принятые в последнее время законы Российской Федерации: «О защите прав потребителя» (07. 02. 1993 г.); «Об обеспечении единства измерений» (27. 04. 1993 г.); «О техническом регулировании» (27. 12. 2002 г.).

Требования рынка и принятые законы нашли отражение в новых образовательных стандартах. Практически во все инженерные специальности включены общепрофессиональные дисциплины, охватывающие вопросы метрологии, стандартизации, сертификации, взаимозаменяемости и технических измерений.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» включена в учебный план специальностей 100400, 100500, 100700, 180100, 180200, 200400, 210100, 220100.

Целью дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является формирование у студентов знаний, умений и навыков для решения научных, технических, правовых и организационных задач в области метрологии, стандартизации и сертификации.

Основная задача дисциплины состоит в освоении основ метрологии; методов и средств измерений типовых физических величин, а также принципов и методов стандартизации и сертификации.

В результате изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» студент должен:

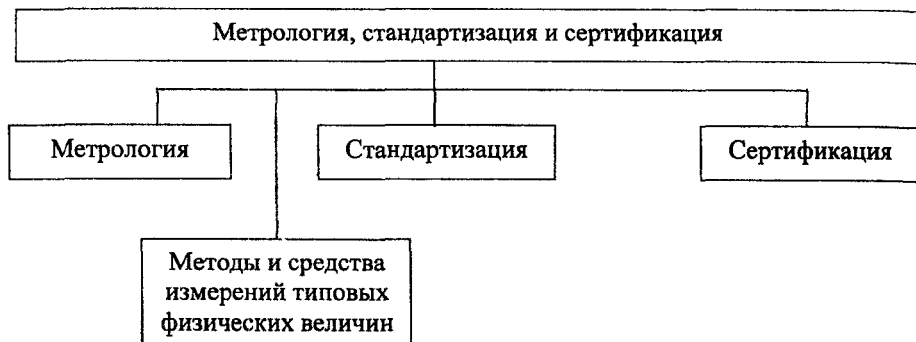
знать основы метрологии, стандартизации и сертификации;

уметь применять полученные знания, умения и навыки для решения производственных задач, повышения качества выпускаемой продукции.

Изучение дисциплины основывается на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: “Высшая математика”, “Вычислительная техника и программирование”, “Физика”, “Теоретическая механика” (“Прикладная механика”), “Теоретические основы электротехники”, “Промышленная электроника” (“Основы электроники”), “Электронные и ионные приборы”, “Промышленная электроника и микропроцессорная техника”, “Электроника и микросхемотехника”, “Программирование и вычислительные методы” (“Основы разработки алгоритмов и языки программирования для управляющих систем”, “Основы цифровой техники”).

Итогом изучения дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация» является сдача студентами экзамена.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ



В табл. 1 приведено содержание дисциплины по разделам рабочей программы в часах, согласно стандартам соответствующих специальностей (по очной форме обучения).

Таблица 1

Наименование дисциплин	Специальности	Общее количество часов по очной форме обучения	Название разделов					
			Метрология			Методы и средства измерений типовых физических величин	Стандартизация	Сертификация
			пр.	л/р				
Метрология, стандартизация и сертификация	100400	72	10	8	12	20	12	10
	100500	72	10	8	12	20	12	10
	100700	72	10	8	12	20	12	10
	180100	70	10	8	12	18	12	10
	180200	70	10	8	12	18	12	10
	200400	130	40	8	12	32	22	16
	210100	130	40	4	12	28	22	16
	220100	110	30	4	12	26	22	16

В табл. 2 указаны схемы изучения дисциплины по разделам и подразделам для разных специальностей по очно-заочной форме обучения.

Таблица 2

№№ п/п	Наименование дисциплины	Специаль- ность	Наименование разделов *			
			Метроло- гия	Методы и сред- ства измерений типовых физи- ческих величин	Стандарти- зация	Сертифи- кация
1	Метрология, стандартизация и сертифика- ция	100500 100700 180100 180200 200400 210100 220100	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.1.4

* - Наименования разделов и подразделов указаны в рабочей программе

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи. Основные этапы развития метрологии, стандартизации и сертификации, их роль в научных исследованиях, промышленном производстве и управлении качеством продукции. Вклад отечественных ученых в развитие метрологии. Метрология, стандартизация и сертификация в условиях рыночной экономики. Основные законодательные акты в области стандартизации, обеспечения единства измерений, сертификации продукции и услуг.

Структура дисциплины, ее связь с другими дисциплинами.

3.1.1. МЕТРОЛОГИЯ

3.1.1.1. ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ МЕРЫ

Свойства окружающего мира и меры этих свойств. Измеряемые физические и нефизические величины. Основные и производные величины.

Качественная характеристика измеряемых величин – размерность. Алгебра размерностей. Выражение размерностей производных физических величин через размерности основных. Применение теории размерностей для проверки правильности формул и определения неизвестной зависимости между физическими величинами.

Количественная характеристика измеряемых величин – размер. Измерительные шкалы. Размер и значение измеряемых величин. Числовое значение и единицы измерений. Конвенционный характер выбора единиц измерений. Основные и производные единицы. Системы единиц. Международная система единиц (SI).

3.1.1.2. РАЗНОВИДНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Определяющая роль сравнения при измерениях любого вида. Классификация измерений по различным классификационным признакам.

Обнаружение и измерение физических величин; индикаторы и средства измерений. Классификация средств измерений. Понятие об измерительной цепи. Единство измерений и единообразие средств измерений. Метрологические характеристики (МХ) средств измерений, их нормирование. Понятие о метрологической надежности. Поверка средств измерений.

3.1.1.3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Основное уравнение измерения, случайный характер отсчета, описание отсчета эмпирическими законами распределения вероятности. Математические модели (теоретические функции) законов распределения вероятности и их свойства. Приближенное описание функций распределения вероятности их числовыми характеристиками (моментами). Свойства начальных и центральных моментов первого и второго порядка.

Факторы, влияющие на результаты измерений. Исключение влияющих факторов на этапе подготовки к измерениям. Компенсация влияющих факторов в процессе измерений. Учет влияющих факторов после измерений при обработке их результатов. Показания средств измерений. Внесение в показания аддитивных и мультипликативных поправок. Учет дефицита измерительной информации.

Ошибки при измерениях; источники ошибок и причины их появления. Профилактика ошибок при измерениях. Обнаружение и исключение ошибок. Правило трех сигм.

Априорная и апостериорная измерительная информация. Измерение как уточнение значения измеряемой величины. Количество измерительной информации. Точность измерений.

Однократное измерение. Порядок действий при однократном измерении. Профилактика ошибок. Использование априорной информации. Внесение поправки. Учет дефицита информации.

Многократное измерение. Организация и проведение многократного измерения. Внесение поправок в показания средств измерений. Случайный характер результата многократного измерения. Оценки числовых характеристик закона распределения вероятности результата многократного измерения и их свойства. Обнаружение и исключение ошибок при многократном измерении. Проверка гипотезы о нормальном законе распределения вероятности результата измерений по различным критериям согласия. Вероятности ошибок первого и второго рода при проверке гипотез. Особенности обработки экспериментальных данных в зависимости от их объема. Обработка результатов измерений, не

подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности; использование неравенства П. Л. Чебышева и стандартных аппроксимаций законов распределения вероятности. Обеспечение при многократном измерении предварительно заданной и максимально достижимой точности.

Обработка результатов нескольких серий измерений. Сходимость и воспроизводимость измерений; однородные и неоднородные серии. Проверка однородности серии. Обработка экспериментальных данных, входящих в однородные серии. Обработка экспериментальных данных, входящих в неоднородные серии.

3.1.1.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Единство измерений и система метрологического обеспечения. Цели метрологического обеспечения, его составляющие. Метрологическое обеспечение – основной элемент системы управления качеством продукции.

Классификация эталонов. Централизованное и децентрализованное воспроизведение единиц. Система государственных первичных и специальных эталонов основных и производных единиц международной системы. Условия хранения и использования эталонов.

Система передачи информации о размерах единиц от эталонов средствам измерений. Методы и средства передачи. Государственные и локальные поверочные схемы.

Система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение средств измерений.

3.1.1.5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ НАД РЕЗУЛЬТАТАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

Особенности математических действий над результатами измерений как случайными величинами.

Алгебраическое сложение результатов измерений. Композиция законов распределения вероятности. Приближенные вычисления на уровне оценок числовых характеристик законов распределения.

Умножение результатов измерений. Возведение результата измерений в степень.

Функциональные преобразования результатов измерений. Решение системы линейных уравнений методом наименьших квадратов.

3.1.1.6. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Нормативно-правовая регламентация метрологической деятельности. Нормативные документы разных уровней и областей распространения. Международное сотрудничество в области метрологии.

3.1.1.7. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (ГСИ)

Основополагающие (базовые) документы ГСИ. Рабочие нормативные документы ГСИ.

Государственная метрологическая служба и метрологические службы государственных органов управления; взаимодействие этих служб.

Основные виды метрологической деятельности: анализ состояния измерений; метрологическое обеспечение подготовки производства; метрологическая экспертиза нормативной документации; стандартизация и аттестация методов выполнения измерений; испытания с целью утверждения типа средств измерений; поверка средств измерений; калибровка средств измерений.

Государственный метрологический контроль и надзор.

3.1.2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ТИПОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

3.1.2.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методы измерений: непосредственного сравнения и опосредованного сравнения с мерой. Разновидности метода непосредственного сравнения с мерой: нулевой, дифференциальный, замещения, совпадений, противопоставления. Типовые структурные (функциональные) схемы средств измерений: прямого преобразования и с компенсацией. Элементы структурных схем средств измерений: первичные и вторичные измерительные преобразователи; компараторы; устройства обработки, представления и регистрации; каналы связи, вспомогательные устройства.

Технические и метрологические характеристики средств измерений (примеры).

Меры электрических и неэлектрических величин (примеры).

Измерительные преобразователи: масштабные (шунты, добавочные сопротивления, делители напряжения, усилители, трансформаторы тока и напряжения); электромеханические измерительные преобразователи; аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи; измерительные преобразователи типовых неэлектрических величин в электрические величины.

Ввод аналоговой информации в устройства цифровой вычислительной техники. Приборный интерфейс. Примеры применения средств вычислительной техники в цифровых вольтметрах, осциллографах и частотомерах.

Обработка информации в информационно-измерительных системах. Информационно-измерительные системы на основе агрегатных комплексов государственной системы приборов (ГСП) и средств автоматизации.

Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК). Особенности применения ИВК в рассматриваемых областях техники (примеры).

Работа средств измерений в статическом и динамическом режимах. Выражение инерционных свойств средств измерений в виде динамических метрологических характеристик. Примеры учета динамических метрологических характеристик.

3.1.2.2. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Измеряемые электрические величины: ток, напряжение, количество электричества, энергия, мощность, емкость, индуктивность, сопротивление, фазовый сдвиг, частотно-временные параметры сигнала.

Диапазоны измеряемых величин, требования к точности измерений.

Принципы действия, структурные (функциональные) схемы средств измерений (электромеханических и электронных; аналоговых и цифровых): вольтметров, амперметров, ваттметров, фазометров, мостов постоянного и переменного токов, частотомеров, осциллографов.

Регистрация изменяющихся во времени величин.

Примеры ИВК на основе агрегатных комплексов ГСП.

Метрологическое обеспечение измерений: технический, организационный и нормативный аспекты.

3.1.2.3. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

Измеряемые магнитные величины: магнитный поток, индукция, напряженность магнитного поля. Области применения средств измерений.

Диапазоны измеряемых величин, требования к точности измерений.

Принципы действия, структурные (функциональные) схемы средств измерений.

Метрологическое обеспечение измерений: технический организационный и нормативный аспекты.

3.1.2.4. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Измеряемые величины: температура, динамические величины (масса, давление, работа, механические деформации), кинематические величины (ли-

нейная и угловая скорость, частота механических колебаний и вращений), пространственно-временные величины (длина, угол, время).

Диапазоны измеряемых величин, требования к точности измерений.

Принципы действия, структурные (функциональные) схемы средств измерений.

Метрологическое обеспечение измерений: технический, организационный и нормативный аспекты.

3.1.3. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

3.1.3.1. РЯДЫ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Математические закономерности, применяемые в работах по стандартизации. Ряды предпочтительных чисел как теоретическая база стандартизации, общие предпосылки образования рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84. Свойства основных рядов. Выборочные, производные и другие ряды предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84 и их условные обозначения.

Особенности выбора линейных размеров в технике. ГОСТ 6636-69 на нормальные линейные размеры и его значение. Ряды нормальных линейных размеров основного применения. Дополнительные размеры. Обозначение рядов. ГОСТ 6636-69 как ограничительный стандарт.

Ряды Е, особенности их образования и области применения.

3.1.3.2. МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Основные цели систематизации и классификации. Объекты, категории, методы классификации и методы кодирования, применяемые в стандартизации. Иерархический и фасетный методы классификации, их преимущества и недостатки, области использования. Классификаторы продукции: конструкторские и технологические. Структуры кодов классификаторов.

Унификация, ее цели и задачи. Разновидности унификации, объекты унификации. Показатели, характеризующие уровень унификации. Унификация

заимствованием, отбором, построением узлов, ограничительная. Уровни унификации и особенности унификации на межотраслевом, отраслевом уровнях и на уровне предприятия. Полная и частичная унификация. Горизонтальная и диагональная унификация. Основные этапы проведения работ по унификации. Принципы выбора изделий, подлежащих унификации. Сбор и анализ данных применяемости изделий. Обоснование применяемости уровня унификации изделий.

Основные положения агрегатирования. Агрегатирование как наиболее прогрессивный метод создания машин, аппаратов, оборудования, приборов на базе унифицированных изделий. Преимущество агрегатированного оборудования. Оптимизация номенклатуры унифицированных составных частей, используемых для агрегатированного оборудования. Модулирование и секционирование.

Сущность типизации как метода стандартизации. Основные направления развития типизации. Типизация и стандартизация технологических процессов. Уровни типизации. Оптимизация типовых объектов.

3.1.3.3. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Цели и задачи параметрической стандартизации. Классификация параметров. Выбор взаимосвязанных параметрических рядов. Основные этапы разработки параметрических стандартов. Оптимизация параметрических рядов.

Сущность и основные принципы комплексной стандартизации. Комплексность как проявление системного подхода, обеспечивающего согласование и увязку показателей продукции и ее элементов при разработке стандартов.

Программы комплексной стандартизации - одно из условий, способствующих повышению качества промышленной продукции, их взаимосвязь с целевыми государственными программами.

Требования к промышленной продукции, подлежащей комплексной стандартизации.

Сущность опережающей стандартизации. Прогнозирование в науке и технике и опережающая стандартизация. Требования к показателям и нормам, закладываемым в опережающие стандарты.

Ступенчатое освоение опережающих стандартов в промышленности. Роль опережающих стандартов в сокращении сроков внедрения достижений науки и техники в производство, разработку и выпуск продукции, соответствующей лучшим мировым достижениям.

3.1.3.4. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Основные стандарты системы. Категории стандартов. Объекты стандартизации. Виды стандартов. Характеристика, содержание и построение основных видов стандартов. Порядок разработки, согласования и утверждения проектов стандартов. Регистрация, оформление и издание стандартов. Внедрение стандартов. Основные требования к построению, содержанию и изложению стандартов. Внесение изменений в стандарты. Отмена стандартов. Технические условия и их правовой статус.

Органы и службы стандартизации. Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии (Госстандарт России). Научно-исследовательские институты Госстандарта России, их основные задачи и направления работы. Технические комитеты по стандартизации. Службы стандартизации государственных органов управления и субъектов хозяйственной деятельности.

Правовые основы стандартизации. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов.

Система информационного обеспечения в области стандартизации, метрологии и сертификации.

3.1.3.5. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Основные цели и задачи создания межотраслевых систем стандартов. Обзор и общая характеристика систем, их структура и обозначение стандартов. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Назначение, область применения, классификация и обозначение стандартов ЕСКД. Обзор классификационных групп стандартов ЕСКД.

Единая система технологической документации (ЕСТД). Назначение, классификация и обозначение стандартов ЕСТД. Основные стандарты ЕСТД. Внедрение ЕСТД. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Задачи ЕСТПП. Классификация и обозначение стандартов. Основные стандарты ЕСТПП. Внедрение ЕСТПП. Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК). Система разработки и постановки продукции на производство (СПП).

3.1.3.6. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Правительственные и неправительственные международные организации по стандартизации и метрологии. Деятельность по стандартизации и метрологии в ИСО, МЭК, МОМВ, МОЗМ, ЕОК, ООН. Структура, цели и задачи, основные направления деятельности этих организаций.

Международные стандарты и их применение.

Межгосударственная стандартизация.

3.1.4. СЕРТИФИКАЦИЯ

3.1.4.1. ПОНЯТИЯ И ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ СЕРТИФИКАЦИИ

Термины и определения: соответствие, заявление, удостоверение, сертификация соответствия, система сертификации, орган по сертификации. Структурные элементы сертификации: цели и задачи, принципы, объекты, субъекты, уровни, средства, формы, методы, база, стратегия.

Процесс сертификации и его основные этапы. Схемы сертификации. Основные функции организаций, участвующих в работах по сертификации.

Нормативно-правовая основа сертификации. Виды нормативно-технических документов, устанавливающих показатели технического уровня сертифицируемой продукции.

Требования к содержанию НТД на продукцию, подлежащую сертификации. Аттестация производства сертифицируемой продукции.

Аккредитация испытательных лабораторий. Сертификационные испытания. Оформление результатов сертификации. Национальные и международные системы сертификации.

Российская система сертификации (система сертификации ГОСТ Р).
Международные стандарты и руководства в области сертификации.

3.1.4.2. СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

Системы сертификации, их типовая организационная структура. Функции органов, участвующих в системах сертификации. Схемы сертификации, рекомендованные ИСО, отличительные признаки каждой схемы.

Российская система сертификации (РОСС). Основные документы и правила РОСС, порядок проведения сертификации продукции.

Сертификация импортных товаров. Сертификация товаров за рубежом.
Система сертификации МЭК изделий электронной техники.

3.1.4.3. СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВ

Принципы и общие правила организации работ по сертификации систем качества в РФ: ГОСТ Р 40.001 – 95 - стандарт гармонизированный с международными стандартами (МС) серии 9000 и 10011, руководствами ИСО/МЭК 40, 48, 53, 56, 61, 62, европейским стандартом EN 45012.

Регистр систем качества, его организационная структура и нормативная база. Процедура сертификации систем качества. Основные этапы сертификации производства. Процедура инспекционного контроля за сертифицированной системой качества (производством). Аудит – проверка качества.

Международная практика сертификации систем качества.

3.2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНО-ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

(16 часов)

Темы лекций	Объем, час
1. Объекты измерений и их меры	2
2. Основы теории измерений	6
3. Основные сведения о методах и средствах измерений	4
4. Стандартизация	2
5. Сертификация	2

3.3. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

(12 часов)

Темы лабораторных занятий	Объем, час	Описание деятельности студента
Однократное измерение:		
1. Внесение поправок	2	При выполнении работы студент приобретает практические навыки внесения детерминированной поправки в показания средств измерений
2. Измерение частотно-временных параметров сигналов	2	При выполнении работы студент приобретает практические навыки работы с типовыми средствами измерений
3. Измерение напряжений	2	
4. Измерение мощности	2	
Многократное измерение	4	При выполнении работы студент приобретает практические навыки обработки результата многократного измерения

3.4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

(8 часов)

1. Обработка результата однократного измерения (2 ч).
2. Обработка результата многократного измерения (2 ч).
3. Достижение заданной точности при многократном измерении (2 ч).
4. Ряды предпочтительных чисел (2 ч).

3.5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной:

1. Шишкин И. Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для вузов.- М.: Изд-во стандартов, 1990.
2. Электрические измерения /Под ред. В. Н. Малиновского.- М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Алексеев Г. А. Стандартизация в технических системах: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2001.
4. Алексеев Г. А. Методические и организационные вопросы стандартизации: Учеб. пособие. – СПб.: СЗПИ, 1994.
5. Сергеев А. Г., Латышев М. В. Сертификация: Учеб. пособие для вузов. - М.: Логос, 2001.
6. Жежеленко И. В. Показатели качества энергии и их контроль на промышленных предприятиях.- М.: Энергоатомиздат, 1986.

Дополнительный:

7. Медведев А. М., Ряполов А. Ф. Международная стандартизация и сертификация продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
8. Основы метрологии и электрические измерения/ Под ред. Е. М. Душина.- Л.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Мелик-Шахназаров А. М. и др. Измерительные приборы со встроенными микропроцессорами.- М.: Энергоатомиздат, 1985.

10. Федоров А. М. и др. Метрологическое обеспечение электронных средств измерений.- Л.: Энергоатомиздат, 1988.
11. Федеральный закон «О техническом регулировании».

3.6. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение науки «метрология».
2. Перечислите основные этапы развития метрологии.
3. Перечислите основные этапы развития радиоизмерений.
4. Приведите примеры измеряемых физических и нефизических величин.
5. Поясните характеристики измеряемых физических величин – размер и размерность.
6. Перечислите основные единицы Международной системы единиц (SI).
7. Приведите классификацию измерений по различным классификационным признакам и классификацию средств измерений.
8. Что такое поверка средств измерений?
9. Приведите основное уравнение измерений.
10. Какие математические модели законов распределения вероятности Вам известны?
11. Приведите примеры факторов, влияющих на результаты измерений.
12. Приведите примеры внесения поправок в показания средств измерений.
13. Поясните порядок действий при однократном измерении.
14. Поясните организацию и проведение многократного измерения.
15. Каковы свойства оценок числовых характеристик законов распределения вероятности?
16. Как проверяется гипотеза о нормальности закона распределения вероятности результата измерений по различным критериям?
17. Поясните смысл использования неравенства П. Л. Чебышева.
18. Как при многократном измерении обеспечивается заданная точность?
19. Что такое единство измерений?
20. Какой документ регламентирует передачу информации о размере единицы от эталона средствам измерений?

21. Поясните назначение государственных и локальных поверочных схем.
22. Каковы особенности математических действий над результатами измерений как случайными величинами?
23. Поясните нормативно-правовую регламентацию метрологической деятельности.
24. Перечислите основные виды метрологической деятельности.
25. Дайте определение понятию «метод измерений».
26. Перечислите методы измерений.
27. Назовите типовые элементы измерительной цепи.
28. Перечислите основные метрологические характеристики средств измерений (мер, измерительных преобразователей и приборов).
29. Приведите примеры применения средств вычислительной техники в средствах измерений.
30. Приведите примеры средств измерений электрических, неэлектрических и магнитных величин.
31. Каковы особенности применения вольтметров переменного тока при исследовании сигналов сложных форм?
32. Поясните области применения электронно-лучевых осциллографов?
33. Каковы достоинства цифровых измерительных приборов?
34. Приведите примеры информационно-вычислительных комплексов.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» относится к числу общетехнических дисциплин в учебном плане специальностей 100400; 100500; 100700; 180100; 180200; 2004; 210100.

Дисциплина охватывает основные вопросы метрологии и метрологического обеспечения, особенности построения и использования типовых средств измерений основных электрических, магнитных и неэлектрических величин, а также вопросы стандартизации и сертификации.

Основной формой освоения студентами дисциплины является самостоятельная работа с рекомендуемыми основными и дополнительными учебными материалами.

Учебном планом обучения студентов очно-заочной формы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 16 часов, выполнение контрольной работы, лабораторных работ (12 часов) и практических занятий (8 часов).

ВВЕДЕНИЕ

[1], с. 5 ... 15

Предметом дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является изучение основ метрологии, метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации в рассматриваемой области техники, а также вопросов построения и использования типовых средств измерений электрических, магнитных и неэлектрических величин.

Цель дисциплины – подготовка будущего инженера к решению производственных задач на базе знания метрологии, стандартизации, сертификации и измерительной техники с тем, чтобы, используя полученные знания и навыки, он мог бы грамотно решать организационные, научные и технические задачи при проведении измерений.

4.1. МЕТРОЛОГИЯ

4.1.1. ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ МЕРЫ

[1], с. 16 ... 30

При изучении этого вопроса следует знать, что количественная информация получается только посредством измерений, а измерения входят в процесс познания. Поэтому процедура получения измерительной информации является познавательной процедурой.

Предметом познания являются объекты, свойства и явления окружающего мира. Следует особое внимание уделить понятию «физическая величина», качественной и количественной характеристикам измеряемых величин (размерности и размеру), а также различным шкалам (порядка, интервалов и отношений).

Далее следует повторить систему единиц SI, включающую 7 основных единиц и правила образования производных единиц.

4.1.2. РАЗНОВИДНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

[1], с. 32 ... 49

При изучении этого вопроса следует уяснить, что любое измерение по шкале отношений состоит в сравнении неизвестного размера с известным и выражении первого через второй в кратном или дольном отношении. Результат же измерения, выполненного человеком, зависит от множества обстоятельств, не поддающихся строгому учету. Следует обратить внимание на понятия: инструментальные и автоматические измерения.

Знание классификации средств измерений (меры, измерительные преобразователи и приборы, установки и системы) позволит инженеру технически грамотно обосновать выбор средств измерений для решения той или иной практической задачи. При этом непременно возникает вопрос обоснования выбора средств измерений с теми или иными нормируемыми метрологическими характеристиками. Следовательно, инженер должен знать, какие метрологические характеристики (выбираемые из состава технических характеристик) данного типа средств измерений могут обеспечить требуемое качество измерений.

При изучении этих вопросов важным является понимание условий применения средств измерений (нормальные и рабочие условия применения), а также понятие «класс точности» средств измерений. При этом необходимо знать, что классом точности называется обобщенная характеристика всех средств измерений данного типа, обеспечивающая правильность их показаний и устанавливающая оценку снизу точности показаний, а классы точности присваиваются типам средств измерений с учетом результатов испытаний с целью утверждения типа.

Важными являются понятия «поверка средств измерений» и «метрологическая надежность средств измерений».

4.1.3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

[1], с. 50 ... 122

В этом разделе изучаются основные теоретические вопросы метрологии.

Внимание следует уделить основному постулату метрологии, утверждающему, что любой отсчет является случайным числом.

Необходимо знать, что в метрологии широко используется математический аппарат теории вероятностей, что определяет знание свойств законов распределения вероятностей, являющихся моделями эмпирических законов распределения, получаемых из экспериментальных данных методами математической статистики.

Следует уяснить, что во многих случаях описание отсчета или результата измерений с помощью законов распределения вероятности является хотя и наиболее полным, но неудобным. Поэтому во многих случаях ограничиваются приближенным описанием закона распределения вероятности с помощью его числовых характеристик. Все они представляют собой некоторые средние значения (математическое ожидание отсчета, дисперсия, третий и четвертый центральные моменты).

Далее следует понять, что при получении отсчета во внимание должно приниматься множество факторов, учет которых представляет иногда довольно сложную задачу. Исключение влияющих факторов производится с помощью различных способов (замещения, компенсации, противопоставления и др.).

Если же измерение не удастся организовать так, что исключить или скомпенсировать влияющие факторы, то в показание средств измерений следует вносить поправки.

Часто в метрологии встречаются ситуации, когда по какой-либо причине не хватает нужной количественной информации. Для математического описания таких ситуаций используются ситуационные модели.

При многократном измерении одной и той же величины постоянного размера ошибки проявляются в том, что результаты отдельных измерений заметно отличаются от остальных. Рассеяние результата измерений в подобном случае нередко бывает следствием множества причин. Студент должен понимать центральную предельную теорему теории вероятности. Если условия этой теоремы выполняются, то весь массив экспериментальных данных при многократном измерении одной и той же величины постоянного размера должен группироваться около некоторого среднего значения.

Следует вспомнить понятия «дифференциальная» и «интегральная» функции нормального закона распределения вероятности, «доверительная вероятность» и «доверительный интервал».

Необходимо уяснить порядок выполнения однократного измерения при точно известном значении аддитивной поправки. В случае, если значение поправки неизвестно, то следует анализировать априорную информацию.

При повышенных требованиях к точности измерений производится многократное измерение одной и той же величины постоянного размера. Следует уяснить порядок выполнения многократного измерения и знать точечные оценки числовых характеристик законов распределения вероятности.

Одним из важнейших теоретических вопросов метрологии является проверка нормальности закона распределения вероятности результата измерений. Существует несколько критериев согласия, по которым проверяются гипотезы о соответствии экспериментальных данных тому или иному закону распределения вероятности результата измерения. Наиболее распространенным из них является критерий К. Пирсона, часто применяемый в практической деятельности.

Особое внимание следует уделить обработке экспериментальных данных, подчиняющихся нормальному закону распределения вероятности. Следует

уяснить, что многократное измерение одной и той же величины постоянного размера позволяет обеспечить требуемую точность.

4.1.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

[1], с. 130 ... 143

Следует знать, что под единством измерений понимается такое их состояние, при котором обеспечивается достоверность измерений, а значения измеряемых величин выражаются в узаконенных единицах.

Размеры единиц могут воспроизводиться там же, где выполняются измерения, либо информация о них должна передаваться с места их централизованного хранения и воспроизведения (децентрализованное и централизованное воспроизведение единиц).

Далее необходимо понять назначение эталонов и их классификацию, а также методы передачи информации о размерах единиц (непосредственного сличения, сличение при помощи компаратора и др.), и назначение поверочных схем (государственных и локальных).

4.1.5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ НАД РЕЗУЛЬТАТАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

[1], с. 144 ... 163

При математических действиях над результатами измерений необходимо учитывать то обстоятельство, что последние являются случайными значениями измеренных величин.

Следует рассмотреть математические действия с одним результатом измерения (умножение результата измерения на постоянный множитель и возведение результата измерения в квадрат), а также математические действия с несколькими результатами измерений (сложение и умножение результатов измерений).

4.1.6. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

[1], с. 223 ... 234

Следует уяснить, что любая несогласованность в решении, например, вопросов воспроизведения и передачи информации о размере единиц, выборе нормируемых характеристик средств измерений и ряда других, влекут за собой нарушение единства измерений и дезорганизацию хозяйственной деятельности. Поэтому все решения, принимаемые по соглашению (например, выбор основных физических величин и нормируемых метрологических характеристик) должны быть строго регламентированы, т. е. облечены в форму юридических актов, имеющих четкую правовую основу. Эти вопросы и являются объектом законодательной метрологии – комплекса юридических и нормативных документов, регламентирующих метрологические положения, правила и нормы, устанавливаемые по соглашению.

С помощью нормативных документов (стандартов, технических условий, положений, методических указаний, инструкций, правил и др.) законодательная метрология охватывает все уровни управления: от государственного до уровня руководства отдельными предприятиями и организациями.

Международное сотрудничество в области метрологии определяется необходимостью развития научного, культурного и торгового обмена между странами.

4.1.7. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (ГСИ)

[1], с. 281 ... 315

Стандарты ГСИ являются нормативной базой метрологического обеспечения, под которым понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Необходимо знать основные задачи стандартизации в области метрологического обеспечения, структуру нормативных документов ГСИ и ее связь с другими системами стандартов, а также сеть государственных метрологических органов и их деятельность.

Необходимо иметь представление о государственном метрологическом контроле и надзоре.

4.2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ТИПОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

4.2.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

[1], с. 18 ... 23; 173 ... 181; [2], с. 371 ... 390; [9], с. 8 ... 161

Следует уяснить, что в настоящее время понятие «метод измерений» трактуется достаточно широко. Это алгоритм использования операций воспроизведения, сравнения, измерительного преобразования, масштабирования и запоминания с целью получения значения величины – результата измерения.

Практически все методы измерений могут быть разделены на две группы: непосредственного сравнения с мерой (нулевой, дифференциальный, замещения, совпадений, противопоставления) и опосредованного сравнения с мерой, когда значение меры учитывается при градуировке шкалы.

Следует уяснить, что типовые структурные схемы средств измерений могут быть построены по схеме прямого преобразования и с компенсацией (с цепью обратной связи). Любая измерительная цепь может включать типовые элементы (первичные и промежуточные измерительные преобразователи, компараторы, устройства обработки, представления и регистрации, каналы связи, вспомогательные устройства).

Одним из современных перспективных направлений в приборостроении является использование ЭВМ. В настоящее время микропроцессорные устройства применяются в ряде средств измерений: осциллографах, цифровых частотомерах, вольтметрах. Современные информационные вычислительные комплексы также включают в свой состав ЭВМ.

Следует понимать сущность выбора метрологических характеристик средств измерений из состава технических и иметь представление о метрологических характеристиках мер, измерительных преобразователей и приборов.

Инерционные свойства средств измерений выражаются в виде динамических метрологических характеристик (переходная и импульсная характеристики, передаточная характеристика). Следует знать примеры учета статических и динамических характеристик средств измерений.

4.2.2. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

[2], с. 84 ... 243; 263 ... 286; 323 ... 366; 369 ... 388; [10], с. 5 ... 40

Следует представлять круг электрических величин, с необходимостью измерения которых приходится встречаться инженеру по выбранной специальности. При решении той или иной задачи измерения типовой электрической величины следует представлять размер этой величины, а также знать требования к точности измерений.

В настоящее время для измерений электрических величин применяются как электромеханические, так и электронные средства измерений (аналоговые и цифровые). Особые затруднения возникают при исследовании напряжений переменного тока в случае, когда сигнал имеет форму, отличную от синусоидальной. Тогда требуется учитывать особенности и сигнала, и применяемого вольтметра.

Необходимо знать достоинства цифровых вольтметров при автоматизации измерительных процессов (переключение пределов, установка нуля, обработка информации и др.).

4.2.3. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

[2], с. 286 ... 323

Следует знать, что типовой принцип измерения магнитных величин заключается в преобразовании магнитной величины в электрическую. Выпускаемые средства измерений типовых магнитных величин (магнитного потока и индукции, напряженности магнитного поля и т. д.) реализуют этот принцип преобразования.

4.2.4. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

[8], с. 284 ... 328

Следует представлять, какие неэлектрические величины измеряются в производственной деятельности, каковы диапазоны этих величин и требования к точности измерений.

Принципы действия подобных средств измерений разнообразны. В настоящее время широко используются принципы преобразования неэлектрических величин в электрические с последующим использованием вторичного измерительного преобразователя, например, вольтметра.

4.3. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

[1], с. 3 ... 157; с. 259 ... 268; с. 321 ... 330; [4], с. 4 ... 11; 31 ... 62; 64 ... 104;

[7], с. 3 ... 86

Следует знать, что стандартизация – это область знаний, посвященная исследованию проблем упорядочения различных видов человеческой деятельности, а на современном этапе научно-технического развития стандартизация определяет закономерности, принципы, методы и формы целесообразного, коллективного и оптимального упорядочения всех видов деятельности.

Следует знать основные этапы развития стандартизации в нашей стране, основные понятия и термины в области стандартизации: объект стандартизации, нормативный документ, стандарт, регламент и др., а также научно-методические основы стандартизации.

Необходимо уметь пользоваться системами ЕСКД и ЕСТД в своей практической деятельности, знать основные положения Государственной системы стандартизации Российской Федерации.

4.4. СЕРТИФИКАЦИЯ

[3], с. 176 ... 187; [5], с. 9 ... 60; 94 ... 116; 147 ... 150

Следует уяснить, что сертификация – процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию того, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям.

Следует знать организацию процессов сертификации, законодательную базу, области ее применения, системы и схемы.

Важными являются вопросы научно-технического обеспечения сертификации.

5. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Целью выполнения контрольной работы является проверка умения студента применять полученные теоретические знания для решения типовых измерительных задач. В табл. 3 приведены номера выполняемых задач для каждой специальности.

Контрольную работу следует выполнять на стандартных сброшюрованных листах размером 297x210 мм или в ученической тетради, оставляя на страницах поля шириной 20 мм. Титульный лист должен быть оформлен по установленным правилам, остальной материал – в соответствии с требованиями ЕСКД. Работу необходимо датировать и подписать. Исправлять проверенную работу следует так, чтобы рецензент мог сопоставить первоначальный и новый текст. Переработки большого объема следует приводить на отдельных листах.

Таблица 3

№№ п/п	Наименование дисциплины	Специальность	Номера заданий
1	Метрология, стандартизация и сертификация	100400	1, 2, 3, 9, 10
		100500	-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10
		100700	
		180100	
		180200	
		200400	
		210100	
		220100	

Задание 1

При многократном измерении длины с помощью измерительной линейки получен массив данных (в метрах). Свои исходные данные студент находит из табл. 4, начиная с цифры, расположенной на пересечении столбца, соответствующего последней цифре шифра, и строки, соответствующей предпоследней цифре шифра, с переходом на следующий столбец. Объем массива должен составлять *n* значений (табл. 5).

Таблица 4

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	8,577	8,588	8,580	8,601	8,556	8,558	8,596	8,554	8,590	8,597
1	8,562	8,588	8,592	8,628	8,606	8,555	8,596	8,608	8,602	8,577
2	8,580	8,601	8,557	8,577	8,596	8,555	8,591	8,579	8,606	8,592
3	8,582	8,578	8,606	8,555	8,596	8,608	8,591	8,562	8,597	8,603
4	8,586	8,588	8,597	8,555	8,592	8,617	8,588	8,582	8,607	8,593
5	8,587	8,585	8,577	8,609	8,591	8,592	8,601	8,602	8,592	8,588
6	8,597	8,585	8,592	8,607	8,588	8,580	8,588	8,606	8,593	8,588
7	8,587	8,608	8,593	8,602	8,588	8,607	8,605	8,597	8,588	8,597
8	8,592	8,597	8,588	8,541	8,601	8,597	8,558	8,607	8,588	8,603
9	8,593	8,592	8,588	8,612	8,605	8,602	8,555	8,602	8,590	8,601

Таблица 5

Данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	40			50			60			

На основании экспериментальных данных построить гистограмму. По виду гистограммы выдвинуть гипотезу о том, что результат измерений подчиняется одному из типовых законов распределения вероятности.

Указание

Поскольку разброс полученных экспериментальных данных свидетельствует о том, что результат измерений длины является случайной величиной, то более полное представление о результате измерений может дать гистограмма.

Для построения гистограммы следует знать материал [1], с. 104.

Задание 2

В табл. 6 приведено 100 независимых числовых значений результата измерений электрического сопротивления на постоянном токе цифровым омметром с равноточными значениями отсчета (поправки внесены). Определить результат измерения электрического сопротивления.

Экспериментальные данные формируются из пяти серий по десять значений в каждой (с первое по десятое). Первую серию студент формирует, начиная со строки, соответствующей предпоследней цифре шифра, далее переходя на три последующие строки. Пятая серия формируется из столбца, соответствующего последней цифре шифра. Например, шифру студента 12-345 соответствуют серии, первая из которых приведена в строке 4, три последующие – в строках 5, 6, 7. Пятая серия берется из столбца 5. Шифру 12-890 – серии в строках 9, 0, 1, 2 и в столбце 0.

Таблица 6

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	122	125	121	119	125	119	121	126	121	125
1	121	121	122	126	125	126	122	120	122	124
2	125	123	125	119	119	124	122	121	122	119
3	125	121	121	119	126	121	121	123	121	126
4	119	124	123	123	119	123	124	124	124	119
5	126	122	121	124	119	125	123	121	123	119
6	119	122	124	121	123	121	119	122	119	123
7	119	121	122	122	124	122	120	122	119	124
8	123	125	122	122	121	124	126	121	126	121
9	124	125	121	121	122	122	119	123	119	122

Указание

Обработку экспериментальных данных (50 значений) следует осуществлять по алгоритму, представленному на рис. 40 [1], начиная с оценки среднего значения результата измерения. Обнаружение и исключение ошибок производится по «правилу трех сигм».

Поскольку число значений результата измерения больше 40, то дальнейшую обработку следует осуществлять для условия, что число измерений $n=40 \dots 50$.

Проверку нормальности закона распределения вероятности результата измерения произвести в соответствии с п. 3.6.2. [1]. При построении гистограммы учесть следующие рекомендации:

- интервалы, на которые разбивается ось абсцисс, следует выбирать по возможности одинаковыми;
- число интервалов выбирается от 7 до 9;
- масштаб гистограммы выбирается таким, чтобы ее высота относилась к основанию, примерно, как 5 к 8.

Пример расчета. В первой и второй графе табл. 7 приведены 100 независимых числовых значений результата измерения напряжения постоянного тока цифровым вольтметром, каждое из которых повторилось m раз. Записать результат измерения.

Таблица 7

$U, В$	m	$mU, В$	$U - \hat{U}, В$	$\left(U - \hat{U}\right)^2, В^2$	$m\left(U - \hat{U}\right)^2, В^2$
8,30	1	8,30	- 0,33	0,1089	0,1089
8,35	2	16,70	- 0,28	0,0784	0,1568
8,40	4	33,60	- 0,23	0,0529	0,2116
8,45	5	42,25	- 0,18	0,0324	0,1620
8,50	8	68,00	- 0,13	0,0169	0,1352
8,55	10	85,50	- 0,08	0,0064	0,0640
8,60	18	154,80	- 0,03	0,0009	0,0162

Продолжение табл. 7

$U, \text{В}$	m	$mU, \text{В}$	$U - \hat{U}, \text{В}$	$\left(U - \hat{U}\right)^2, \text{В}^2$	$m\left(U - \hat{U}\right)^2, \text{В}^2$
8,65	17	147,05	0,02	0,0004	0,0068
8,70	12	104,40	0,07	0,0049	0,0588
8,75	9	78,75	0,12	0,0144	0,1296
8,80	7	61,60	0,17	0,0289	0,2023
8,85	6	53,10	0,22	0,0484	0,2904
8,90	0	-	-	-	-
8,95	1	8,95	0,32	0,1024	0,1024

Решение. 1. Используя результаты вспомогательных вычислений, сведения в третью графу табл. 7, рассчитываем среднее арифметическое значение результата измерения:

$$\hat{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{100} U_i = 8,63 \text{ В.}$$

2. Используя вспомогательные вычисления в четвертой, пятой и шестой графах табл. 7, рассчитаем оценку среднего квадратического отклонения отдельного наблюдения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{100} \left(U_i - \hat{U}\right)^2} = 0,127 \text{ В.}$$

3. Проверка массива экспериментальных данных на наличие промахов по «правилу трех сигм». Больше чем на $3S=0,381 \text{ В}$ от среднего арифметического значения не отличается ни одно из числовых значений результата измерения. Следовательно, можно считать, что массив экспериментальных данных промахов не содержит.

4. Строим гистограмму, откладывая по оси абсцисс значение напряжения от U_{\min} до U_{\max} , разбив его на необходимое количество интервалов, а по оси ординат – отношение m/n . Вид построенной гистограммы может свидетельствовать о том, что возможной теоретической моделью данного распределения может служить нормальный закон распределения вероятности, который и примем с целью идентификации.

Существует несколько так называемых критериев согласия, по которым проверяются гипотезы о соответствии экспериментальных данных тому или иному закону распределения вероятности результата измерения. Наиболее распространенным из них является критерий К. Пирсона. При использовании этого критерия за меру расхождения экспериментальных данных с теоретическим законом распределения вероятности результата измерения принимается сумма квадратов отклонения частостей m_i/n от теоретической вероятности P_i попадания отдельного значения результата измерения в i -й интервал, причем каждое слагаемое берется с коэффициентом n/P_i :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n}{P_i} \left(\frac{m_i}{n} - P_i \right)^2.$$

Если расхождение случайно, то χ^2 подчиняется χ^2 -распределению (хи-квадрат распределению К. Пирсона). В таблице приложения 2 приведены значения χ_0^2 при разной доверительной вероятности и разных значениях числа интервалов k . Задавшись значением доверительной вероятности и числом интервалов, можно проверить, больше или меньше χ_0^2 вычисленное значение χ^2 . Если меньше, то с выбранной вероятностью χ^2 можно считать случайным числом, подчиняющимся χ^2 -распределению К. Пирсона, т. е. признать случайным расхождение между эмпирической и теоретической плотностью распределения вероятности результата измерения. Если же окажется, что $\chi^2 > \chi_0^2$, то с той же вероятностью придется признать, что χ^2 не подчиняется χ^2 -распределению К. Пирсона, т. е. гипотеза о соответствии эмпирического закона распределения вероятности теоретическому не подтверждается.

5. При использовании критерия К. Пирсона в каждом интервале должно быть не меньше пяти независимых значений результата измерения. В соответствии с этим образуем интервалы так, как это представлено во второй графе табл. 8.

Таблица 8

i	Интервалы		m_i	t_i	$L(t_i)$	P_i	$m_i - nP_i$	$\frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}$
	$(U_{i-1};$	$U_i)$						
1	$(-\infty$	8,425)	7	-1,614	-0,4467	0,0533	1,67	0,523
2	(8,425;	8,475)	5	-1,220	-0,3888	0,0579	-0,79	0,108
3	(8,475;	8,525)	8	-0,827	-0,2959	0,0929	-1,29	0,179
4	(8,525;	8,575)	10	-0,433	-0,1676	0,1283	-2,83	0,624
5	(8,575;	8,625)	18	-0,039	-0,0156	0,1520	2,80	0,516
6	(8,625;	8,675)	17	0,354	0,1383	0,1539	1,61	0,168
7	(8,675;	8,725)	12	0,748	0,2728	0,1345	-1,45	0,157
8	(8,725;	8,775)	9	1,142	0,3733	0,1005	-1,05	0,110
9	(8,775;	8,825)	7	1,536	0,4377	0,0644	0,56	0,048
10	(8,825;	$+\infty)$	7	$+\infty$	0,5000	0,0623	0,77	0,095

6. Определяем, на сколько S отстоит от среднего арифметического значения правая граница U_i каждого интервала:

$$t_i = \frac{U_i - \hat{U}}{S} = \frac{U_i - 8,63}{0,127}.$$

Полученные значения внесем в четвертую графу табл. 8.

7. По значению параметра t_i можно определить, с какой вероятностью отдельное значение результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности, попадает в интервал $\hat{U} \pm U_i$. Эта вероятность определяется интегралом вероятности – функцией Лапласа $L(t_i)$, представленной в приложении 1. Полученные значения $L(t_i)$ занесены в пятую графу табл. 8.

8. Теоретическая вероятность P_i попадания в i -й интервал отдельного значения результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности, равна

$$P_i = L(t_i) - L(t_{i-1}).$$

Принимая во внимание, что $L(-\infty) = -0,5$, а $L(\infty) = 0,5$, полученные расчетные значения P_i сведены в шестую графу табл. 8.

9. В седьмой и восьмой графах табл. 8 приведены результаты остальных вспомогательных вычислений. Суммирование чисел в восьмой графе дает $\chi^2=2,528$.

10. Из таблицы приложения 2 видно, что рассчитанное значение $\chi^2 < \chi_0^2$, соответствующего, например, вероятности 0,95. Следовательно, можно принять гипотезу о том, что результат измерения подчиняется нормальному закону.

11. Рассчитываем оценку среднего квадратического отклонения результата измерения:

$$S_{\hat{U}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0,0127 \text{ В.}$$

12. Из таблицы приложения 3 определяем параметр t при выбранной доверительной вероятности 0,95. Рассчитываем половину доверительного интервала, в котором находится результат измерения:

$$\varepsilon = t S_{\hat{U}} = 2,0 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ В.}$$

13. Определяем пределы, в которых находится значение измеренной величины и записываем результат измерения:

$$\hat{U} - \varepsilon \leq U \leq \hat{U} + \varepsilon.$$

$$U = (8,61 \dots 8,65) \text{ В; } P = 0,95; \quad n = 50.$$

Задание 3

Напряжение постоянного тока измеряется двумя вольтметрами – класса точности клт1 (используется предел измерений $U_{\text{пред } 1}$) и класса точности клт2 (используется предел измерений $U_{\text{пред } 2}$).

Показания вольтметров составляют соответственно $U_{\text{пок } 1}$ и $U_{\text{пок } 2}$.

Определить, какой вольтметр предпочтительнее применять для обеспечения большей точности измерений. Указать пределы, в которых находится измеряемое напряжение.

Значения клт1, клт2, $U_{\text{пред } 1}$, $U_{\text{пред } 2}$, $U_{\text{пок } 1}$ и $U_{\text{пок } 2}$ приведены в табл. 9 и 10.

Влиянием входного сопротивления вольтметра пренебречь.

Таблица 9

Последняя цифра шифра	0 1	2 3	4 5	6 7	8 9
клт1	2,5	1,5/1,0	1,5	4,0	4,0
клт2	2,5	2,5	1,0/0,5	2,5 /1,5	2,5/1,5

Таблица 10

Предпоследняя цифра шифра	0 1		2 3		4 5		6 7		8 9	
$U_{\text{пред 1, В}}$	500		300		150		100		50	
$U_{\text{пок 1, В}}$	285	439	117	203	142	100	90,3	24,5	36,3	23,4
$U_{\text{пред 2, В}}$	1000		500		300		150		100	
$U_{\text{пок 2, В}}$	287	427	119	208	140	103	91,4	26,7	37,1	24,1

Указание

Пользуясь обозначениями классов точности вольтметров, с учетом используемых пределов измерений и полученных показаний вольтметров, определить максимально допустимые относительные δ отклонения показаний обоих вольтметров от измеряемого напряжения согласно [1], с 41...45, что позволит сделать необходимый вывод.

Пределы, в которых находится измеряемое напряжение, определяются зависимостью:

$$U_{\text{пок 1(2)}} - \epsilon_{1(2)} \leq U \leq U_{\text{пок 1(2)}} + \epsilon_{1(2)},$$

где $\pm \epsilon_{1(2)}$ — максимально допускаемое абсолютное отклонение показаний вольтметров от измеряемого напряжения.

В табл. 11 приведены формулы для расчета величин $\pm \epsilon$ и $\pm \delta$ для вольтметров различных классов точности.

Таблица 11

Характеристики	Условное обозначение класса точности вольтметра		
	p	\textcircled{p}	c/d
$\pm \delta, \%$	$p \frac{U_{\text{пред}}}{U_{\text{пок}}}$	p	$p = c + d \left(\frac{U_{\text{пред}}}{U_{\text{пок}}} - 1 \right)$
$\pm \epsilon$	$U_{\text{пред}} \cdot p \cdot 10^{-2}$	$U_{\text{пок}} \cdot p \cdot 10^{-2}$	

Задание 4

Постоянный ток измеряется миллиамперметром, имеющим следующие метрологические характеристики: клт – класс точности; r_A – внутреннее активное сопротивление, указанные в табл. 12.

Таблица 12

Предпоследняя цифра шифра	0 1 2			3 4 5			6 7 8 9			
клт	2,5/1,5			4,0			$\textcircled{4,0}$	2,5		
$r_A, \text{ Ом}$	50	100	70	40	70	50	100	20	70	40

За показание $I_{\text{пок}}$ миллиамперметра принять расчетное значение тока (с учетом влияния r_A). Миллиамперметр имеет пределы измерений: 1; 2; 5; 10; 20 мА.

Указать пределы, в которых находится измеряемый ток, если на входе цепи действует напряжение E , а сопротивление нагрузки равно R_n . Значения E и R_n указаны в табл. 13.

Таблица 13

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$E, \text{ В}$	10			5			20			
$R_n, \text{ кОм}$	1,5	5,0	2,5	1,5	7,3	2,6	2,5	1,5	3,4	4,5

Напряжение сети $U_c=30$ В; ток сети $I_c=0,1$ А. Получено показание n делений при максимальном значении $n_{max}=150$ делений (табл. 15).

Предельные значения по току и напряжению обмоток ваттметра составляют соответственно $I_{пред}=0,15$ А и $U_{пред}=75$ В.

Таблица 15

Данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	100		120		86		53		140	

Указание

Измеряемая активная мощность находится в пределах:

$$(P_{\text{пок}} + \Theta) - \varepsilon \leq P \leq (P_{\text{пок}} + \Theta) + \varepsilon,$$

где $P_{\text{пок}}$ — показание ваттметра;

Θ — абсолютная детерминированная поправка к показанию ваттметра, определяемая активными потерями в последовательной и параллельной обмотках ваттметра;

$\pm \varepsilon$ — максимально допускаемое абсолютное отклонение показаний ваттметра от измеряемой активной мощности.

Показание ваттметра может быть определено с учетом числа делений n и n_{max} , а также предельного значения шкалы ваттметра:

$$P_{\text{пок}} = P_{\text{пред}} \frac{n}{n_{max}},$$

где $P_{\text{пред}} = I_{\text{пред}} U_{\text{пред}}$.

Абсолютная поправка к показаниям ваттметра может быть определена по формуле:

$$\Theta = I_c^2 r_{\text{посл}} + U_c I_{\text{пар}}.$$

Задание 6

Для измерения толщины бумажной ленты применен емкостной принцип преобразования.

Чувствительный элемент имеет размеры (табл. 16):

- площадь пластин конденсатора S ;
- зазор между пластинами δ .

Рассчитать и построить функцию преобразования емкостного преобразователя. Определить по этой характеристике пределы изменений емкости преобразователя, если толщина ленты, протягиваемой между пластинами, изменяется от $b_{л1}$ до $b_{л2}$ (табл. 17).

Диэлектрическая постоянная воздуха $\epsilon_{\text{возд}} = 8,85$ пФ/м, диэлектрическая постоянная бумаги $\epsilon_{\text{бум}} = 17,70$ пФ/м.

Таблица 16

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$S \cdot 10^3, \text{м}^2$	60				40				90	
$\delta, \text{мм}$	8		10		6		8		12	

Таблица 17

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b_{л1}, \text{мм}$	0,4		0,7		0,5		0,9		1,5	
$b_{л2}, \text{мм}$	0,1		0,2		0,3		0,4		1,0	

Указание

Функция преобразования емкостного преобразователя данного типа определяется аналитической зависимостью:

$$C = \frac{S}{\frac{\delta - b_{л}}{\epsilon_{\text{возд}}} + \frac{b_{л}}{\epsilon_{\text{бум}}}},$$

где C – емкость чувствительного элемента.

Построив эту характеристику в координатах $C = f(b_n)$, можно на ней отметить пределы изменений емкости при изменении толщины ленты от b_{n1} до b_{n2} .

Задание 7

Для измерения амплитудного значения, периода и частоты следования сигнала синусоидальной формы использовался электронно-лучевой осциллограф, причем были выбраны положения органов управления (коэффициент отклонения $K_{откл}$, коэффициент развертки $K_{разв}$), приведенные в табл. 18.

Отклонения луча на экране осциллографа, соответствующие измеряемым параметрам: по вертикали l_y , по горизонтали l_x , а также максимально допустимое относительное отклонение β показаний от измеряемого параметра приведены в табл. 19. Определить пределы, в которых находятся амплитуда, период и частота следования сигнала.

Таблица 18

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$K_{откл}$, В/дел	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02
$K_{разв}$, мс/дел	0,05	0,1	0,2	0,5	50	20	10	5	2	1

Таблица 19

Данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_y , дел	9,2	6,8	5,3	10,3	4,1	7,8	8,3	1,5	2,7	3,4
l_x , дел	1,8	2,3	3,7	4,2	7,5	1,9	5,4	9,3	8,7	5,3
$\pm\beta$, %	5					10				

Указание

Необходимо вспомнить, как измеряют характерные параметры сигналов с помощью электронно-лучевого осциллографа ([8], с. 182).

Амплитудное значение, период и частота сигнала определяются с учетом положений соответствующих переключателей, отклонений луча по вертикали и горизонтали, а также характеристик точности средства измерений.

Форма записи результата измерений приведена в [1], с. 42...44.

Задание 8

Необходимо измерить частоту или период сигнала переменного тока синусоидальной формы при помощи типового цифрового частотомера (мультиметра), основные технические характеристики которого приведены в табл. 20 ($F_{\text{пок}}$ и $T_{\text{пок}}$ – показания мультиметра).

Таблица 20

Диапазон измеряемых частот, Гц	$10 \dots 10^7$
Максимально допустимое относительное отклонение δ_f показания от измеряемой частоты, не более	$\pm \sqrt{\delta_0^2 + \left(\frac{1}{F_{\text{пок}} \cdot \tau_{\text{сч}}}\right)^2}$
Время счета, $\tau_{\text{сч}}$, мс	1; 10; 100; 10^2 ; 10^3 ; 10^4
Диапазон измеряемых периодов, с	$10^{-7} \dots 100$
Максимально допустимое относительное отклонение показания δ_T от измеряемого периода, не более	$\pm \sqrt{\delta_0^2 + \left(\frac{0,003}{n}\right)^2 + \left(\frac{T_{\text{м}}}{nT_{\text{пок}}}\right)^2}$
Цена метки времени, $T_{\text{м}}$, мкс	0,01; 0,1; 1,0; 10; 100; 1000
Максимально допустимая относительная нестабильность частоты образцового источника δ_0 (за год), не более	$\pm 10^{-7}$
Множитель периода, n	1; 10; 100

Определить для значения частоты, приведенного в табл. 21, какой параметр (частоту или период) рационально измерить, исходя из требований наибольшей точности измерений.

Таблица 21

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F , кГц	50	0,01	1,0	500	0,1	10	0,5	100	10^3	0,02

Задание 9

а) зависимость, определяющая связь параметров, имеет вид

$$A = C \cdot B^n,$$

б) параметр A задан рядом, определяемым из табл. 22 по предпоследней цифре шифра студента;

в) результаты расчетов внести в соответствующие графы формы 1.

Таблица 22

Вариант										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Последняя цифра шифра										
C	1	2	4	0,1	16	2	0,25	1,4	0,25	1
n	2	1/2	2	1/2	2	1/2	2	1/2	2	1/2
Предпоследняя цифра шифра										
A	R5(1...16)	R10(1,6...6,3)	R20(2...4)	R40/2(1,25...2,5)	R5/2(1...250)	R10/3(2...125)	R20/3(1,4...11,2)	R40/3(2,8...8)	R5/3(2,5...10000)	R10/2(1,6...25)

Обозначение параметров	Обозначение ряда	Знаменатель ряда	Номера параметров членов ряда						
			1	2	3	4	5	6	7
A									
			Порядковые номера членов ряда						
B									
			Порядковые номера членов ряда						

Указание

Задача 10 выполняется в следующей последовательности:

1. На основе системы предпочтительных чисел находим ряд параметров A и определяем его знаменатель Φ_A .
2. Находим приближенное значение параметра B_1 , соответствующее первому члену A_1 ряда A .

3. Определяем знаменатель Φ_B ряда B , исходя из соотношения:

$$\Phi_A = \Phi_B^n.$$

4. Определяем ряд параметра B , его обозначение и порядковые номера членов ряда.

5. Результаты вносим в соответствующие графы формы 1.

Пример расчета.

Дано: $C=0,5$; $n=2$; параметрический ряд A задан рядом $R40/3$ (1,18...3,35). Выбрать члены рядов взаимосвязанных параметров A и B и определить их порядковые номера.

1. Определяем по табл. приложения 4 ряд параметров A , его знаменатель и порядковые номера членов: $R40/3$ (1,18; 1,40; 1,70; 2,00; 2,36; 2,80; 3,35).

$$\varphi_A = \frac{1,40}{1,18} = 1,18;$$

$$N_1=3; N_2=6; N_3=9; N_4=12; N_5=15; N_6=18; N_7=21.$$

2. Находим приближенное значение параметра B_1 , соответствующее первому члену A_1 :

$$A_1 = C \cdot (B_1)^2. \quad A_1=1,18; \quad C=0,5; \quad B_1 = \left(\frac{1,18}{0,5} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 1,5.$$

3. Определяем знаменатель ряда B :

$$\varphi_A = \varphi_B^2; \quad \varphi_B = \varphi_A^{\frac{1}{2}} = (1,18)^{\frac{1}{2}} = 1,08 \approx 1,06.$$

4. Определяем ряд параметра B , его обозначение и порядковые номера членов:

Ряд B : $R40$ (1,50; 1,60; 1,70; 1,80; 1,90; 2,00; 2,12); $N = N_{40} + K \cdot 40$; $K=0$; $N_1=7$; $N_2=8$; $N_3=9$; $N_4=10$; $N_5=11$; $N_6=12$; $N_7=13$.

Результаты расчета вносим в соответствующие графы формы 2.

Форма 2

Обозначение параметров	Обозначение ряда	Знаменатель ряда	Номера параметров членов ряда						
			1	2	3	4	5	6	7
A	$R\ 40/3$ (1,18 ... 3,35)	1,18	1,18	1,40	1,70	2,00	2,36	2,80	3,35
			Порядковые номера членов ряда						
			3	6	9	12	15	18	21
B	$R\ 40$ (1,50 ... 2,12)	1,06	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,12
			Порядковые номера членов ряда						
			7	8	9	10	11	12	13

Задание 10

Ознакомиться с указателем «Государственные стандарты Российской Федерации» и изучить 1-2 стандарта (на выбор) из класса, указанного для соот-

ветствующей специальности в табл. 23. Дать характеристику каждого из перечисленных видов документов: МС ИСО, ГОСТ, Технический регламент, ГОСТ Р, ОКТЭИ, ОСТ, СТО, СТП, ТУ, ПР, Р.

Таблица 23

Специальность	Класс стандартов по указателю
100400, 100500, 100700	Е25, Е29
180100, 180200	Т84, Т88
200400	Э29
210100, 220100	П85

Указание

Выполняя задание 10, студент должен раскрыть его в следующей последовательности:

а) выбрать по указателю стандарт, кратко изложить его содержание, указав категорию и вид стандарта, его наименование, утверждающую организацию, сроки утверждения и введения в действие, краткое содержание разделов;

б) охарактеризовать для каждого из указанных видов документов объекты стандартизации; аспекты (виды требований); сферу действия; орган (организацию), принимающий (утверждающий) документ; правовой статус; обозначение документа; источник официальной информации о документе; источник официальной информации об изменениях, внесенных в документ. Привести примеры действующих документов каждого вида.

Значения нормированной функции Лапласа

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{y^2}{2}} dy$$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,00000	0,00399	0,00798	0,01197	0,01595	0,01994	0,02392	0,02790	0,03188	0,03586
0,1	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06749	07142	07535
0,2	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0,3	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0,4	15542	15910	16276	16640	17003	17364	17724	18082	18439	18793
0,5	19146	19497	19847	20194	20540	20884	21226	21566	21904	22240
0,6	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0,7	25804	26115	26424	26730	27035	27337	27637	27935	28230	28524
0,8	28814	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0,9	31594	31859	32121	32381	32639	32894	33147	33398	33646	33891
1,0	34134	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36214
1,1	36433	36650	36864	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1,2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40147
1,3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1,4	41924	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43056	43189
1,5	43319	43448	43574	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44408
1,6	44520	44630	44738	44845	44950	45053	45154	45254	45352	45449
1,7	45543	45637	45728	45818	45907	45994	46080	46164	46246	46327
1,8	46407	46485	46562	46638	46712	46784	46856	46926	46995	47062
1,9	47128	47193	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47670
2,0	47725	47778	47831	47882	47932	47982	48030	48077	48124	48169
2,1	48214	48257	48300	48341	48382	48422	48461	48500	48537	48574
2,2	48610	48645	48679	48713	48745	48778	48809	48840	48870	48899
2,3	48928	48956	48983	49010	49036	49061	49086	49111	49134	49158
2,4	49180	49202	49224	49245	49266	49286	49305	49324	49343	49361
2,5	49379	49396	49413	49430	49446	49461	49477	49492	49506	49520
2,6	49534	49547	49560	49573	49585	49598	49609	49621	49632	49643
2,7	49653	49664	49674	49683	49693	49702	49711	49720	49728	49736
2,8	49744	49752	49760	49767	49774	49781	49788	49795	49801	49807
2,9	49813	49819	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861

Число ин- тервалов	Значения χ_0^2 при доверительной вероятности								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	0,97	0,99
5	1,15	1,35	2,12	2,88	3,65	4,62	6,35	6,92	9,23
10	6,35	7,12	8,08	9,62	10,58	12,12	14,23	15,38	18,46
15	11,54	12,88	14,23	15,96	16,92	18,46	20,77	22,69	25,77
20	16,53	18,27	20,01	21,73	23,08	24,81	27,31	29,04	31,54
25	21,92	23,85	25,96	29,81	29,23	30,96	33,65	35,77	39,98
30	26,92	29,23	31,35	33,65	35,02	36,92	40,03	42,31	46,92

Функция $P=2L(t)$

t	P	t	P	t	P	t	P
0,6	0,45	1,5	0,87	2,4	0,984	3,3	0,9990
0,7	0,51	1,6	0,89	2,5	0,988	3,4	0,9993
0,8	0,57	1,7	0,91	2,6	0,990	3,5	0,9995
0,9	0,63	1,8	0,93	2,7	0,993	3,6	0,9997
1,0	0,68	1,9	0,94	2,8	0,995	3,7	0,9998
1,1	0,73	2,0	0,95	2,9	0,996	3,8	0,99986
1,2	0,77	2,1	0,964	3,0	0,997	3,9	0,99990
1,3	0,80	2,2	0,972	3,1	0,9981	4,0	0,99993
1,4	0,84	2,3	0,978	3,2	0,9986		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основные ряды предпочтительных чисел в соответствии с ГОСТ 8032-84

Основные ряды				№ предпочтительного числа	Мантиссы логарифм.	Расчетные величины чисел	Разность между числами осн. ряда и расч. величинами, %
R5	R10	R20	R40				
1,00	1,00	1,00	1,00	0	000	1,0000	0
			1,06	1	023	1,0593	+0,07
			1,12	2	050	1,1220	-0,18
			1,18	3	075	1,1885	-0,71
	1,25	1,25	1,25	4	100	1,2589	-0,71
			1,32	5	125	1,3335	-1,01
			1,40	6	150	1,4125	-0,88
			1,50	7	175	1,4962	+0,25
1,60	1,60	1,60	1,60	8	200	1,5849	+0,95
			1,70	9	225	1,6788	+1,26
			1,80	10	250	1,7783	+1,22
			1,90	11	275	1,8836	-0,87
	2,00	2,00	2,00	12	300	1,9953	+0,24
			2,12	13	325	2,1135	+0,31
			2,24	14	350	2,2387	+0,06
			2,36	15	375	2,3714	-0,48
2,50	2,50	2,50	2,50	16	400	2,5119	-0,47
			2,65	17	425	2,6607	-0,40
			2,80	18	450	2,8184	-0,65
			3,00	19	475	2,9854	+0,49
	3,15	3,15	3,15	20	500	3,1623	-0,39
			3,35	21	525	3,3497	+0,01
			3,55	22	550	3,5481	+0,05
			3,75	23	575	3,7584	-0,22
4,00	4,00	4,00	4,00	24	600	3,9811	+0,47
			4,25	25	625	4,2170	+0,78
			4,50	26	650	4,4668	+0,74
			4,75	27	675	4,7315	+0,39
	5,00	5,00	5,00	28	700	5,0119	-0,24
			5,30	29	725	5,3088	-0,17
			5,60	30	750	5,6234	-0,42
			6,00	31	775	5,9566	+0,73
6,30	6,30	6,30	6,30	32	800	6,3096	-0,15
			6,70	33	825	6,6834	+0,25
			7,10	34	850	7,0795	+0,29
			7,50	35	875	7,4989	+0,01
	8,00	8,00	8,00	36	900	7,9433	+0,71
			8,50	37	925	8,4140	+1,02
			9,00	38	950	9,9125	+0,98
			9,50	39	975	9,4406	+0,63
10,00	10,00	10,00	10,00	40	000	10,000	0

Содержание

1.	Цели и задачи изучения дисциплины	3
2.	Структура дисциплины	5
3.	Содержание дисциплины	6
3.1.	Рабочая программа	6
3.2.	Тематический план лекций	18
3.3.	Темы лабораторных занятий	18
3.4.	Перечень тем практических занятий	19
3.5.	Библиографический список	19
3.6.	Тестовые задания	20
4.	Методические указания к изучению дисциплины	22
5.	Задания на контрольную работу	32
	Приложения	51

Редактор М.Ю. Комарова

Сводный темплан 2005 г.

Лицензия ЛР № 020308 от 14.02.97

Санитарно-эпидемиологическое заключение №78.01.07.953.П.005641.11.03 от 21.11.2003г.

Подписано в печать *28.04,2005.*

Формат 60х84 1/16

Б. кн. – журн.

П. л. *3,5*

Б. л. *1,75*

РТП РИО СЗТУ

Тираж *300*

Заказ *1171*

Северо-Западный государственный заочный технический университет
РИО СЗТУ, член издательско-полиграфической ассоциации
университетов России

191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, 5