

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Программа вступительного испытания**  
для абитуриентов, поступающих в БНТУ,  
для освоения содержания образовательной программы  
высшего образования II степени,  
**2017 год**

**Специальность**  
**1-54 80 02 «Метрология и метрологическое обеспечение»**

Минск 2017 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного испытания составлена в соответствии с действующими типовыми учебными программами для реализации содержания образовательных программ высшего образования I степени.

В программу вступительного испытания включены темы, отражающие данные о:

- физические величины, единицы и системы единиц физических величин
- шкалы, применение шкал для оценивания свойств;
- виды и методы измерений, качество измерений;
- погрешности измерений;
- общие методы выявления и оценивания погрешностей;
- выявление и исключение систематических погрешностей;
- математическая обработка результатов измерений;
- неопределённость измерений;
- виды средств измерений физических величин, структура средств измерений;
- нормируемые метрологические характеристики средств измерений;
- эталоны и эталонные средства измерений;
- воспроизведение и передача единиц физических величин, поверка, калибровка и метрологическая аттестация;
- метрологические службы и их функции;
- законодательство в области обеспечения единства измерений;
- сфера законодательной метрологии;
- метрологическая служба, государственная метрологическая служба, межотраслевые комиссии;
- система эталонов Республики Беларусь
- полномочия органов, осуществляющих государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений, их компетенция;
- права и обязанности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и физических лиц в области обеспечении единства измерений;
- международное сотрудничество в области метрологии;
- метрологический контроль, виды и объекты метрологического контроля, осуществление метрологического контроля;
- утверждение типа, государственный реестр средств измерений, государственные испытания средств измерений;
- метрологическая аттестация средств измерений;
- поверка средств измерений;
- калибровка средств измерений;
- метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений;
- особенности метрологического контроля в областях измерений геометрических, механических, теплотехнических, физико-химических,

акустических, электрических, радиотехнических величин, ионизирующих излучений;

- обеспечение качества измерений, метрология в системе менеджмента качества, компетентность лабораторий, межлабораторные сличения;

- государственный метрологический надзор, его основные цели и задачи, объекты государственного метрологического надзора; виды, формы и методы проведения государственного метрологического надзора;

- государственный метрологический надзор за средствами измерений, за методиками выполнения измерений, за деятельностью субъектов хозяйствования в области обеспечения единства измерений, за фасованными товарами;

- виды моделирования, математическое моделирование имитационное моделирование;

- моделирование и оптимизация изделий и технологических процессов в машино- и приборостроении;

- оптимизация структуры изделий и технологических процессов;

- оптимизация параметров изделий и технологических процессов;

Цель вступительного испытания является определение у абитуриентов уровня знаний по основным разделам:

- теоретическая метрология;

- погрешности и неопределённость измерений;

- средства измерений, метрологические характеристики средств измерений;

- метрологическое обеспечение производства

- законодательная метрология

- прикладная метрология;

- законодательная метрология, надзорные функции;

- основы моделирования и макетирования изделий и процессов

# СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

## Тема 1. Теоретическая метрология

### 1.1. Физические величины, единицы и системы единиц физических величин

Физическая величина (ФВ), свойства и характеристики ФВ, системы ФВ, их структура и принципы построения. Размерность ФВ, формула размерности производной ФВ. Единицы ФВ, установление единицы ФВ и ее воспроизведение и передача. Системы единиц ФВ, основные и производные единицы, механизмы образования производных, кратных и дольных единиц. Внесистемные единицы, относительные и логарифмические единицы. Международная система единиц ФВ (SI), ее достоинства и недостатки. Основные единицы, производные, кратные и дольные единицы SI. Стандартизация единиц ФВ на базе SI. Единицы, допускаемые к применению наряду с единицами SI.

### 1.2. Шкалы, применение шкал для оценивания свойств

Свойства объектов, возможности оценивания свойств, инструментальное и экспертное оценивание, физические и нефизические величины. Методы оценивания (измерения) свойств. Оценка свойства, шкалы свойств. Виды шкал: шкалы наименований, порядка, интервалов и отношений. Абсолютная шкала. Отношения свойств объектов, определяющие вид шкалы. Соответствие отношений свойств аксиоматике числа. Математические операции с оценками на разных шкалах. Применение шкал в метрологии.

### 1.3. Виды и методы измерений. Качество измерений

Измерение ФВ как определение соответствия ее размера числу. Основное уравнение измерений. Физические принципы измерительного преобразования (принципы измерений). Виды измерений. Прямые, косвенные, абсолютные, относительные, совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные, технические и метрологические измерения. Статические и динамические измерения. Методы измерений. Метод непосредственной оценки, метод сравнения с мерой, его разновидности. Качество измерений. Точность, правильность, прецизионность измерений, сходимости и воспроизводимость измерений. Равноточные и неравноточные, равнорассеянные и неравнорассеянные измерения. Представительность измерений.

## Тема 2. Погрешности и неопределённость измерений

### 2.1. Погрешности измерений

Погрешности, как неустранимый атрибут измерений. Причины образования погрешностей. Источники погрешностей. Классификации

погрешностей. Систематические, случайные и грубые погрешности. Погрешности измерений и ошибки (промахи) при измерениях, методы ликвидации ошибок. Цензурирование и статистическое отбраковывание результатов с грубыми погрешностями. Виды систематических погрешностей. Постоянные и переменные погрешности, элементарные и сложные переменные систематические погрешности. Неисключенные остатки систематических погрешностей.

Механизмы возникновения случайных погрешностей, возможности рассмотрения случайной погрешности как случайной величины. Законы распределения случайных величин, используемые для описания погрешностей измерений. Возможности прогнозирования вида распределения погрешностей. Качественные и количественные характеристики, используемые для представления погрешностей.

Интегральные и составляющие погрешности. Значимые и пренебрежимо малые погрешности. Статические и динамические погрешности.

Оценки погрешностей и формы представления погрешностей.

## **2.2. Общие методы выявления и оценивания погрешностей**

Аналитические и экспериментальные методы выявления погрешностей. Уровни оценивания погрешностей (оценивание наличия, порядка, пределов и конкретных значений). Нахождение погрешностей в информационных источниках. Функциональный анализ методики выполнения измерений (МВИ). Выявление и оценивание составляющих погрешностей, получение интегральной оценки погрешности измерений. Экспериментальные методы оценивания погрешностей. Измерение «точной» ФВ, использование «точной» МВИ. Анализ массивов результатов многократных наблюдений (аналитический и графо-аналитический методы). Выявление тенденций изменения результатов, их аппроксимация. Профилактика погрешностей, исправление результата измерения, исправление сигнала измерительной информации.

## **2.3. Выявление и исключение систематических погрешностей**

Экспериментальные методы нахождения погрешностей: методы симметричных наблюдений, образцовых сигналов, тестовый метод, метод обратного преобразования, метод «поверки СИ в рабочих условиях». Возможности использования статистического подхода для выявления систематических погрешностей. Рандомизация систематических погрешностей. Исключение погрешностей: введение поправок, компенсация по знаку, наблюдение четное число раз через полупериоды. Неисключенные остатки систематических погрешностей.

## **2.4. Математическая обработка результатов измерений**

Подготовка результатов измерений к статистической обработке («исправление результатов измерений»). Статистическая обработка результатов прямых равнорассеянных наблюдений. Построение гистограмм и полигонов распределения, оценка вида распределения, аппроксимация,

проверка сходимости эмпирического и теоретического распределений по критериям согласия. Статистическое отбраковывание результатов с грубыми погрешностями. Особенности обработки результатов с неисключенными остатками систематических погрешностей. Виды оценок случайных и неисключенных систематических составляющих погрешностей измерений. Математическая обработка данных для получения результата косвенного измерения. Статистическая обработка результатов косвенных измерений. Оценивание интегральных погрешностей косвенных измерений при отсутствии и при наличии корреляции частных погрешностей. Показатели точности и нормированные формы представления результатов измерений. Округление точечных оценок результатов измерений и оценок погрешностей.

## **2.5. Неопределённость измерений**

Сущность понятия «неопределённость измерений». Систематические эффекты и исключение систематических эффектов из результатов многократных измерений. Стандартная неопределённость, суммарная стандартная неопределённость, расширенная неопределённость. Модель образования неопределённости измерений и её построение. Соотношение понятий «неопределённость измерений» и «погрешность измерений». Сравнительный анализ двух подходов к выражению характеристик точности измерений.

Оценивание стандартной неопределённости по типу А. Оценивание стандартной неопределённости по типу В. Вычисление суммарной стандартной неопределённости и расширенной неопределённости. Вычисление неопределённости косвенных измерений и суммарной неопределённости по составляющим. Учет ковариационных связей. Соответствие между формами представления результатов измерений, используемыми в НД ГСИ по метрологии и формой, используемой в Руководстве по выражению неопределённости измерений.

## **Тема 3. Средства измерений, метрологические характеристики средств измерений**

### **3.1. Виды средств измерений физических величин. Структура средств измерений**

Виды средств измерений (СИ). Меры, измерительные преобразователи, приборы, установки, системы. Индикаторы и индикация ФВ. Структурные и функциональные схемы средства измерений, элементы схем. Чувствительный элемент, первичный измерительный преобразователь, промежуточный измерительный преобразователь, устройство отображения измерительной информации, измерительный канал. Основные метрологические характеристики СИ. Номинальное значение меры. Интегральные (статические) характеристики преобразующих СИ. Частные метрологические характеристики: цена деления, пределы и диапазон преобразования, пределы и диапазон показаний, пределы и диапазон

измерений, выходной код, число разрядов кода, номинальная цена единицы наименьшего разряда кода, номинальная ступень квантования. Погрешности СИ.

### **3.2. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений**

Группы нормируемых метрологических характеристик. Номинальные характеристики, характеристики погрешностей, динамические характеристики, неинформативные параметры сигнала измерительной информации. Номинальная статическая характеристика измерительного преобразователя (измерительного прибора) и градуировочная характеристика. Градуировочные характеристики приборов с систематическими погрешностями (аддитивные, мультипликативные и гистерезисные). Нормирование характеристик погрешности средств измерений, методы нормирования. Характеристики интегральной погрешности, характеристики систематической составляющей, характеристики случайной составляющей, порог чувствительности, вариация показаний. Характеристики погрешности средств измерений в интервале влияющей величины. Полные и частные динамические характеристики СИ. Нормирование комплексов метрологических характеристик СИ. Методы определения метрологических характеристик СИ. Экспериментальное получение реальных статических характеристик СИ.

### **3.3. Эталоны и эталонные средства измерений**

Воспроизведение и хранение единиц физических величин. Классификация эталонов. Международные и национальные (государственные) эталоны. Вторичные эталоны. Одиночный эталон, групповой эталон, эталонный набор. Эталоны основных единиц СИ. Рабочие эталоны первого, второго и более низких разрядов (образцовые средства измерений).

## **Раздел 4. Метрологическое обеспечение производства**

### **4.1. Воспроизведение и передача единиц физических величин. Поверка, калибровка и метрологическая аттестация**

Воспроизведение и передача единиц физических величин от эталонов рабочим средствам измерений. Поверочная схема, государственные и локальные схемы. Структура поверочной схемы. Поверка средств измерений, виды и методы поверки. Содержание методик поверки СИ, требования к методикам поверки. Результаты поверки, признание СИ метрологически исправным, регулировка, юстировка, ремонт СИ. Калибровка СИ, виды, методы, результаты. Градуировка СИ, испытания типа СИ. Метрологическая аттестация СИ. Метрологическая аттестация МВИ.

Методика выполнения измерений как описание измерительной процедуры. Требования к методике выполнения измерений. Точность, экономичность и безопасность измерений, представительность результатов измерений. Структура МВИ. Типовые задачи измерений, выбор и назначение допустимой погрешности

при решении корректно поставленных задач. Некорректно поставленные задачи измерений. Измерения в научных исследованиях, точность и достоверность результатов эксперимента. Оформление МВИ.

#### **4.2. Метрологические службы и их функции**

Обеспечение единства измерений на международном уровне. Международные метрологические организации. Государственная система обеспечения единства измерений Республики Беларусь (СОЕИ). Государственный надзор и контроль. Государственная и ведомственные метрологические службы, их назначение и структура, выполняемые работы. Осуществление метрологических мероприятий: измерительный контроль, поверка, калибровка, градуировка СИ. Разработка методик метрологической аттестации, поверки, калибровки нестандартизованных средств измерений. Разработка методик аттестации и проведение аттестации СИ и МВИ. Метрологическая ревизия и метрологическая экспертиза СИ и МВИ. Метрологическая экспертиза технической документации. Метрологическая обеспечение производства.

### **Раздел 5. Законодательная метрология**

#### **5.1. Законодательство в области обеспечения единства измерений**

Структура и организация Системы обеспечения единства измерений. Технические нормативные правовые акты. Правовые основы государственного обеспечения единства измерений. Законодательство Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений. Система обеспечения единства измерений (СОЕИ) Республики Беларусь как совокупность законодательных, теоретических, технических и организационных основ, взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом. Цели и принципы СОЕИ. Функциональная и организационная структуры СОЕИ, их основное содержание. Объекты СОЕИ.

#### **5.2. Сфера законодательной метрологии**

Технические нормативные правовые акты (технические регламенты; технические кодексы установившейся практики; стандарты, в том числе государственные стандарты, стандарты организаций; технические условия) и другие документы Системы обеспечения единства измерений. Документы по метрологии, разрабатываемые международными организациями, их правовой статус. Гармонизация национальных документов Системы обеспечения единства измерений с международными и региональными.

#### **5.3. Метрологическая служба. Государственная метрологическая служба. Структура, состав, функции. Межотраслевые комиссии**

Принципы построения метрологической службы Республики Беларусь. Государственная метрологическая служба (ГМС). Положение о государственной метрологической службе. Состав, структура, основные

задачи ГМС. Основные задачи Национального метрологического института и других юридических лиц, входящих в государственную метрологическую службу. Метрологические службы республиканских органов государственного управления, местных исполнительных, распорядительных органов и юридических лиц. Задачи, структура, формы деятельности метрологических служб.

Функции и типовая структура метрологической службы юридического лица (предприятия, организации). Нормативные основы. Основные направления деятельности. Примерные структурные схемы организации метрологической службы предприятия. Виды деятельности и ответственность отдельных подразделений метрологической службы. Взаимодействие ГМС и метрологических служб юридических лиц.

Межотраслевые комиссии, действующие в Республике Беларусь в области обеспечения единства измерений. Положение о межотраслевых комиссиях в области обеспечения единства измерений и их состав.

#### **5.4. Система эталонов Республики Беларусь**

Основные цели, задачи и принципы создания эталонной базы. Деятельность национальных метрологических институтов по созданию, хранению, исследованию и применению эталонов. Порядок разработки и утверждения эталонов. Классификация эталонов. Государственный реестр национальных эталонов Республики Беларусь.

Сущность и особенности воспроизведения, хранения и передачи размера единицы измерений. Сличение эталонов. Прослеживаемость к национальным и международным эталонам.

#### **5.5. Полномочия органов, осуществляющих государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений, их компетенция**

Полномочия Президента Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений.

Полномочия Совета Министров Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений.

Полномочия Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений.

Полномочия иных государственных органов в области обеспечения единства измерений.

#### **5.6. Права и обязанности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и физических лиц в области обеспечении единства измерений**

Права и обязанности национального метрологического института и других юридических лиц, входящих в государственную метрологическую службу, в области обеспечения единства измерений, подчиненных Государственному комитету по стандартизации Республики Беларусь.

Права и обязанности иных юридических лиц в области обеспечения единства измерений, не входящих в ГМС.

Права и обязанности индивидуальных предпринимателей и иных физических лиц в области обеспечения единства измерений.

### **5.7 Международное сотрудничество в области метрологии**

Международное и межгосударственное сотрудничество в области метрологии. Формы и методы сотрудничества. Международные и региональные метрологические организации. Международные соглашения. Участие Республики Беларусь в работе межгосударственных и региональных метрологических организаций. Перспективы развития международного сотрудничества.

## **Раздел 6. Прикладная метрология**

### **6.1. Метрологический контроль. Виды и объекты метрологического контроля. Осуществление метрологического контроля**

Виды метрологического контроля: утверждение типа средств измерений, метрологическая аттестация средств измерений, поверка средств измерений, калибровка, метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений. Критерии отнесения средств измерений к сфере законодательной метрологии. Объекты метрологического контроля. Организация и порядок осуществления метрологического контроля.

### **6.2. Утверждение типа. Государственный реестр средств измерений. Государственные испытания средств измерений**

Утверждение типа средств измерений как составная часть метрологического контроля. Средства измерений, подлежащие утверждению типа. Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь. Знак утверждения типа средств измерений. Организация и порядок проведения утверждения типа средств измерений. Порядок оформления, выдачи, продления и аннулирования Сертификата об утверждении типа средств измерений. Порядок оформления, содержания и изложения Описания типа и внесения изменений. Порядок ведения и использования Государственного реестра средств измерений Республики Беларусь.

Государственные испытания средств измерений. Организации, осуществляющие государственные испытания. Предъявление средств измерений на государственные испытания. Государственные приемочные испытания. Государственные контрольные испытания.

Организация и порядок проведения государственных испытаний. Программа испытаний, порядок ее разработки и согласования. Состав документации, представляемой на испытания, ее содержание. Условия и порядок проведения испытаний, оформление и анализ результатов испытаний и т.п.

Признание результатов государственных испытаний средств измерений для целей утверждения типа. Деятельность по признанию результатов государственных испытаний, проведенных в других государствах. Международные соглашения по признанию результатов испытаний и утверждения типа.

### **6.3. Метрологическая аттестация средств измерений**

Метрологическая аттестация средств измерений. Средства измерений, подлежащие метрологической аттестации. Основные задачи, решаемые в процессе метрологической аттестации. Организации, осуществляющие метрологическую аттестацию средств измерений.

Основные этапы проведения метрологической аттестации и их содержание.

Взаимодействие сторон в процессе проведения метрологической аттестации, права и обязанности сторон. Содержание свидетельства о метрологической аттестации. Основные отличия метрологической аттестации от государственных испытаний, поверки и калибровки.

### **6.4. Поверка средств измерений**

Поверка. Виды поверки: первичная, периодическая, внеочередная, инспекционная и экспертная, их отличия по содержанию и форме проведения.

Взаимодействие сторон при проведении поверки: определение места проведения поверки, обязанности и ответственности сторон. Понятие о межповерочном интервале и особенностях его установления. Графики поверки средств измерений.

Оформление результатов поверки при соответствии/несоответствии средств измерений установленным требованиям. Особенности оформления результатов инспекционной и экспертной поверки.

Методики поверки. ТНПА, определяющие содержание и структуру построения. Принципы построения методики поверки. Основные разделы методики поверки и их содержание. Состав обязательных и справочных приложений.

### **6.5. Калибровка средств измерений**

Калибровка средств измерений. Назначение, область распространения. Основные ТНПА, содержащие требования по калибровке.

Порядок проведения калибровки: рассмотрение заявки, разработка методики калибровки, проведение калибровки, обработка результатов измерений и оформление результатов калибровки. Содержание свидетельства о калибровке. Оформление процедуры калибровки при отрицательных результатах.

Сравнительный анализ особенностей проведения процедур поверки и калибровки средств измерений.

## **6.6. Метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений**

Метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений, предназначенных для применения в сфере и вне сферы законодательной метрологии измерений.

Методика выполнения измерений. Сферы применения методик выполнения измерений. ТНПА, определяющие требования к методикам выполнения измерений. Виды и назначение методик выполнения измерений. Содержание основных разделов методик выполнения измерений.

Цель и методы метрологического подтверждения пригодности методик выполнения измерений (аттестация, метрологическая экспертиза, сравнение с другими более точными методами), используемые в зависимости от области применения и вида документа. Валидация методик выполнения измерений.

Представление методик выполнения измерений на метрологическое подтверждение пригодности. Организация и порядок проведения метрологического подтверждения пригодности. Оформление результатов метрологического подтверждения пригодности.

Признание результатов аттестации методик выполнения измерений, осуществляемое в соответствии с соглашениями, заключенными Госстандартом с национальными органами по метрологии других стран.

## **6.7. Особенности метрологического контроля в областях измерений геометрических, механических, теплотехнических, физико-химических, акустических, электрических, радиотехнических величин, ионизирующих излучений**

Специфика нормирования метрологических характеристик средств измерений, выбора метода и средств метрологического контроля, определения условий, проведения операций для различных видов метрологического контроля, обработки результатов измерений и т.п. при проведении измерений в областях геометрических, механических, теплотехнических, физико-химических, акустических, электрических, радиотехнических величин, ионизирующих излучений.

## **6.8. Обеспечение качества измерений. Метрология в системе менеджмента качества. Компетентность лабораторий. Межлабораторные сличения**

Метрологическое обеспечение производства на всех этапах жизненного цикла: проектирование, производство, эксплуатация. Метрологическое обеспечение производства в сфере законодательной метрологии и вне этой сферы.

Контроль, испытания, измерения как элементы метрологического обеспечения производства.

Метрология в системе менеджмента качества, действующей на предприятиях. Факторы, влияющие на качество измерений и условия,

обеспечивающие их качество. Основные требования к процессам измерений и измерительному оборудованию.

Подтверждение качества и достоверности измерений. Программы межлабораторных сличений.

## **Раздел 7. Законодательная метрология. Надзорные функции**

### **7.1 Государственный метрологический надзор, его основные цели и задачи. Объекты государственного метрологического надзора. Виды, формы и методы проведения государственного метрологического надзора**

Государственный метрологический надзор (ГМН). Цели и задачи ГМН. Объекты ГМН в сфере законодательной метрологии.

Функции Госстандарта в части организации и проведения ГМН. Права и обязанности уполномоченных должностных лиц Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. Полномочия Главного государственного инспектора Республики Беларусь по государственному метрологическому надзору.

Основные виды работ по ГМН. Перечень контролируемых видов метрологической деятельности. Классификация процедур ГМН. Содержание работ в рамках каждой классифицируемой процедуры.

Подготовка и проведение ГМН. Реализация материалов проверки, произведенной в ходе ГМН. Основные разделы и содержание акта проверки в ходе ГМН. Формы воздействия на нарушителей метрологических норм и правил. Меры предупреждения и пресечения нарушений законодательства по качеству продукции и метрологии. Ответственность должностных лиц за отступление от требований ТНПА, в том числе метрологических правил и норм.

### **7.2 Государственный метрологический надзор за средствами измерений, за методиками выполнения измерений, за деятельностью субъектов хозяйствования в области обеспечения единства измерений, за фасованными товарами**

Особенности проведения ГМН за средствами измерений при их производстве, ремонте, прокате, реализации и эксплуатации, а также надзор за государственными испытаниями, метрологической аттестации, поверкой и калибровкой средств измерений.

Особенности проведения метрологического надзора за методиками выполнения измерений: надзирающие органы и сферы их деятельности; содержание надзорных процедур.

Особенности ГМН при контроле предприятий по производству, ремонту, прокату, продаже и импорту средств измерений, а также при контроле за выпуском и применением стандартных образцов, веществ и материалов. Задачи и объекты ГМН на этих предприятиях.

Особенности государственного надзора за фасованными товарами: надзирающие органы и сферы их деятельности; содержание надзорных процедур.

## **Раздел 8. Основы моделирования и макетирования изделий и процессов**

### **8.1. Виды моделирования. Математическое моделирование Имитационное моделирование**

Виды моделирования: физическое и математическое. Методика построения математических моделей. Основные виды математических моделей. Сущность метода статистических испытаний и задач, решаемых с его помощью. Имитационная модель процесса.

### **8.2. Моделирование и оптимизация изделий и технологических процессов в машино- и приборостроении**

Априорное ранжирование факторов (метод экспертных оценок). Моделирование равновесного состояния. Стратегия поиска оптимальных решений.

Быстрое макетирование, цифровое макетирование, виртуальная реальность, дизайн-ревью, натурная демонстрация.

### **8.3. Оптимизация структуры изделий и технологических процессов**

Особенности структурной оптимизации. Выбор изделия и методов его изготовления. Структурный анализ выбора типового маршрута обработки деталей. Выбор припусков и операционных размеров. Выбор технологических операций. Выбор количества и последовательности переходов в операции. Выбор рациональной системы станочных приспособлений. Конструкторско-технологическое обеспечение параметров изделий. Поиск методы оптимизации: метод случайного поиска, метод регулярного поиска, метод направленного поиска. Типизация технологических решений, стратегия поиска оптимальных решений.

### **8.4. Оптимизация параметров изделий и технологических процессов**

Выбор параметров оптимизируемых изделий и технологических процессов. Постановка задачи расчета оптимальных параметров. Расчет оптимальных параметров изделий и технологических процессов методом линейного программирования. Компромиссные целевые функции для оптимизации параметров изделий и технологических процессов. Оптимизация изделий и технологических процессов по параметрам дискретных и непрерывных значений. Оптимизация параметров технологических процессов при обеспечении заданных эксплуатационных характеристик изделий. Определение технологических режимов вероятностной модели. Программирование многокритериальной оптимизации технологических режимов.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основаная

1. Корешков В.Н., Жагора Н.А., Астафьева Л.Е. Развитие метрологической службы в Республике Беларусь. Российская метрологическая энциклопедия. СПб.: Лики России, 2011.
2. Корешков В.Н., Клименков А.С., Ивлев С.А., Жагора Н.А., Гордеев А.М., Лобко В.П., Астафьева Л.Е. Национальные и исходные эталоны Беларуси. Каталог - Мн.: БелГИМ, 2014. - 28 с.
8. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2006 г. № 163-3 О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».
4. Основные термины метрологии: русско-белорусский словарь-справочник. Ю.М. Плескачевский, Н.А. Жагора, В.И. Селькин, А.А. Лукашанец, Р.И. Гракович. Минск: БелГИМ, 2007.
5. Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства. - М.: Изд-во стандартов, 2007 - 248 с.
6. Кузнецов В.А., Исаев Л.К., Шайко И.А. Метрология. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2012. - 300 с.
7. Балалаев В.А., Слаев В.А., Синяков А.И. Теория систем воспроизведения единиц и передачи их размеров: Науч. издание - Уч. пособие/ Под. ред. В.А. Слаева. - **СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2012.** - 160 с.
8. Прикладная и законодательная метрология: Учебно-методическое пособие для студ. спец. Т.13.01 - «Метрология, стандартизация и сертификация»/ В.Л. Соломахо, А.В. Кусяк, Н.А. Кусякин и др. - Мн.: БГПА, 2002. - 159 с.

### Дополнительная

9. Астафьева Л.Е., Ефремова Н.Ю., Ленко Е.М. Единицы измерений. Методическое пособие. Под общ. редакцией Н.А. Жагоры. - Минск: БелГИМ, 2008.-64с.
10. Астафьева Л.Е. и др. Методические рекомендации по разработке системы качества испытательных лабораторий/ Под общей редакцией Жагоры Н.А. - Минск БелГИМ, 2003. - 95 с.

## Критерии оценки вступительного испытания

<b>10 (десять) баллов</b>	<p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;</p> <p>точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;</p> <p>безупречное владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;</p> <p>выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;</p> <p>полное и глубокое усвоение основной, и дополнительной литературы программы;</p> <p>умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;</p> <p>высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<b>9 (девять) баллов</b>	<p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания;</p> <p>точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;</p> <p>владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;</p> <p>способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках программы вступительного испытания;</p> <p>полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;</p> <p>умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им аналитическую оценку;</p> <p>высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<b>8 (восемь) баллов</b>	<p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания;</p> <p>использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения;</p> <p>владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;</p> <p>способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках программы вступительного испытания;</p> <p>усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;</p> <p>умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им аналитическую оценку;</p> <p>высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>

<p><b>7 (семь) баллов</b></p>	<p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках программы вступительного испытания; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им аналитическую оценку; высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<p><b>6 (шесть) баллов</b></p>	<p>достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы вступительного испытания; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его использовать в решении профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания; усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им сравнительную оценку; высокий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<p><b>5 (пять) баллов</b></p>	<p>достаточные знания в объеме программы вступительного испытания; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его использовать в решении профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания; усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им сравнительную оценку; достаточный уровень культуры исполнения заданий.</p>

<p><b>4 (четыре) балла</b></p>	<p>достаточный объем знаний в рамках программы вступительного испытания;  усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;  использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;  владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;  умение решать стандартные ( типовые) задачи;  умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин и давать им оценку;  допустимый уровень культуры исполнения заданий.</p>
<p><b>3 (три) балла</b></p>	<p>недостаточно полный объем знаний в рамках программы вступительного испытания;  знание части основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;  использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными, логическими ошибками;  слабое владение инструментарием общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, некомпетентность в решении стандартных ( типовых) задач;  неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин;  низкий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<p><b>2 (два) балла</b></p>	<p>фрагментарные знания в рамках программы вступительного испытания;  знания отдельных литературных источников, рекомендованных программой вступительного испытания;  неумение использовать научную терминологию программы, наличие в ответе грубых, логических ошибок;  низкий уровень культуры исполнения заданий.</p>
<p><b>1 (один) балл</b></p>	<p>отсутствие знаний и (компетенций) в рамках программы вступительного испытания, отказ от ответа.</p>