

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 16.09.2023 15:50:13  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский политехнический университет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета машиностроения



Е. В. Сафонов /  
11.09.2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Планирование и организация эксперимента**  
Направление подготовки  
**27.03.01 «Стандартизация и метрология»**

Профиль подготовки (образовательная программа)  
**«Метрологическое обеспечение производств»**

Квалификация (степень) выпускника  
**бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Москва 2020

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО  
и учебным планом по направлению подготовки  
27.03.01 «Стандартизация и метрология», профиль подготовки  
«Метрологическое обеспечение производств»

Программу составили:




доц., к.т.н. Петухов С.Л.

Программа дисциплины «Планирование и организация эксперимента» по  
направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология»  
утверждена на заседании кафедры «Стандартизация, метрология и  
сертификация»

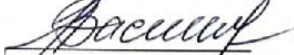
«19» 06 2020 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой  /Бавыкин О.Б./

Программа согласована с руководителем образовательной программы

 /Бавыкин О.Б./  
«19» 06 2020 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии  
факультета машиностроения

Председатель комиссии  /Васильев А.Н./

«25» 06 2020 г. Протокол: 8-20

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины являются приобретение обучающимися по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять профессиональную производственно-технологическую деятельность.

Для достижения этой цели при обучении студентов дисциплине «Планирование и организация эксперимента» изучаются современные проблемы и перспективы повышения эффективности статистического управления качеством технологических процессов на основе теории планирования эксперимента и выпускник, освоивший программу бакалавриата готов решать следующие профессиональные задачи:

- участвовать в разработке планов, программ и методик выполнения измерений, испытаний и контроля;
- участвовать в разработке текстовых документов, входящих в состав конструкторской и технологической документации;
- организацию и планирование работ, используя математические методы теории планирования эксперимента;
- формировать планы эксперимента и обрабатывать полученные результаты, используя методы статистической обработки информации;
- построение статистических моделей управления качеством, позволяющих исследовать стабильность достижения формируемых параметров качества изделий;
- управление технологическими процессами на основе статистического анализа процессов формирования параметров качества изделий;
- проводить мониторинг процесса формирования рассматриваемого параметра качества, анализ причин возникновения брака и участвовать в разработке технико-технологических мероприятий по его устранению и предупреждению;
- формирование умений и навыков по данному направлению;
- участие в проведении практических занятий.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата. Связь дисциплины с другими модулями (дисциплинами) учебного плана)**

Дисциплина относится к вариативной части блока 1.

Для успешного изучения данной дисциплины, обучающиеся должны предварительно изучить предметы, относящиеся к блокам Б.1.1 «Базовая часть»: «Математика и математический анализ», «Теория вероятности и математическая статистика», «Основы технологии машиностроительного производства», «Информатика»; Б.1.2 «Вариативная часть»: «Общая теория измерений», «Организация, технология и метрологическое обеспечение

испытаний», «Управление качеством», «Взаимозаменяемость и нормирование точности», «Инженерные методы обеспечения качества», «Автоматизация измерений, контроля и испытаний», «Основы метрологии», «Статистические методы контроля и измерения качества», «Метрологическое обеспечение машиностроительного производства»; Б.3.1 «Предметы по выбору: «Методы и средства измерений и контроля качества продукции», «Квалиметрия и управление качеством».

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Планирование и организация эксперимента», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Приобретение студентами знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять профессиональную деятельность по разработке планов и методик измерений и контроля, статистическому управлению качеством технологических операций и процессов в машиностроении с использованием современных технологий проведения исследований на базе математического аппарата планирования эксперимента.

В результате освоения дисциплины «Планирование и организация эксперимента» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- способность участвовать в разработке планов, программ и методик выполнения измерений, испытаний и контроля, инструкций по эксплуатации оборудования и других текстовых документов, входящих в состав конструкторско-технологической документации (ПК-8).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине:

#### **ПК-8**

##### **Знать:**

роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства;

методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований;

систему организации мероприятий по улучшению качества продукции;

методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа.

##### **Уметь:**

применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения;

обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований;

формулировать рекомендации по практическому использованию

результатов экспериментальных исследований;

прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению.

### **Владеть:**

методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента;

навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и разработке технической документации;

методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля;

методами и средства проведения факторных экспериментальных исследования для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Структура дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет четыре зачетных единицы – 144 часа, из них 72 часа аудиторные, а именно: лекции - 36 часов, семинарские и практические занятия – 36 часов и самостоятельная работа студентов – 72 часа.

Изучение дисциплины предусматривается учебным планом на третьем курсе в шестом семестре и на четвертом курсе в седьмом семестре с формой отчетности в виде зачета в шестом семестре и в виде экзамена в седьмом семестре.

### **4.2 Содержание дисциплины**

#### **Шестой семестр**

##### **1.1. Введение. Основные термины и определения.**

Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах промежуточного контроля.

Анализ понятий: научный и промышленный эксперимент, простые сравнительные эксперименты, многофакторные эксперименты, опыт, наблюдение, отсчет, измерение.

Основные принципы планирования: повторяемость, сбалансированность,

рандомизация, чувствительность, однородность.

Понятие метрологического обеспечения качества

## 1.2. Основные понятия планирования эксперимента.

Понятие параметра оптимизации. Виды параметров оптимизации и предъявляемые к ним требования. Задачи с несколькими выходными параметрами. Виды математических моделей. Понятие о статистическом моделировании.

## 1.3. Введение в факторные эксперименты.

Типы случайных величин. Генеральная совокупность и выборка из нее. Выборочные характеристики. Выборочные распределения. Пассивный и активный эксперимент. Факторные эксперименты с взаимодействием и без взаимодействия. Преимущества факторных экспериментов.

## 1.4. Методика предварительной обработки экспериментальных данных.

Основные аксиомы теории вероятности. Вычисление характеристик эмпирических распределений. Отсев грубых погрешностей.

## 1.5. Факторы и предъявляемые к ним требования.

Классификация факторов. Требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента. Требования к совокупности факторов. Примеры факторов.

## 1.6. Методология выбора модели.

Проверка текущих знаний студентов.

Математическая модель. Предпосылки выбора модели. Требования, предъявляемые к модели. Допущения относительно свойств модели. Геометрическая интерпретация модели.

## 1.7. Планы для подбора моделей первого порядка.

Ортогональные планы первого порядка. Оценка ошибки эксперимента. Симплексный план для двух переменных.

1.8. Классификация экспериментальных планов. Критерии оптимальности планов.

Планы дисперсионного анализа, многофакторного анализа, изучения поверхности отклика, отсеивающего эксперимента.

Статистические теории оптимальности планов. Критерии, характеризующие взаимонезависимость и точность оценок параметров: ортогональность, Д-, А-, Е- оптимальность. Критерии, связанные с ошибкой оценки модели: G-, Q- оптимальность.

## 1.9. Выделение существенных факторов.

Метод экспертных оценок. Насыщенные дробные факторные планы. Насыщенные экспериментальные планы Плакетта-Бермана. Метод случайного баланса.

## 1.10. Методика проведения эксперимента.

Основные этапы проведения эксперимента. Реализация плана эксперимента.

Рандомизация. Ошибки параллельных опытов. Дисперсия параметра оптимизации.

1.11. Построение математической модели на основе полного факторного эксперимента.

Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ . Выбор основного уровня. Выбор интервалов варьирования. Полный факторный эксперимент и математическая модель.

1.12. Расчет коэффициентов регрессионной модели.

Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Расчет коэффициентов модели на базе матрицы планирования и методом Йетса. Проверка значимости коэффициентов модели.

1.13. Свойства матриц факторного эксперимента.

Симметричность относительно центра эксперимента. Условие нормировки. Ортогональность матрицы планирования. Ротатабельность матрицы планирования.

1.14. Принятие решения после построения модели.

Проверка текущих знаний студентов.

Интерпретация результатов. Линейная модель адекватна. Линейная модель неадекватна.

1.15. Дробный факторный эксперимент.

Понятие дробного факторного эксперимента. Теоретическая база использования дробных реплик. Минимизация числа опытов. Эффективность применения при планировании экспериментальных исследований. Дробные реплики. Генерирующее соотношение и определяющие контрасты. Реплики большой дробности. Планы для квадратичных моделей.

1.16. Дробные реплики факторного плана типа  $2^k$ .

Дробные реплики. Условное обозначение дробных реплик. Генерирующее соотношение и определяющие контрасты. Реплики большой дробности.

1.17. Экспериментальная оптимизация в случае одной переменной.

Постановка задачи оптимизации объектов исследования. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Метод Гаусса-Зейделя. Метод крутого восхождения.

1.18. Обзорная лекция.

Роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства на базе статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа.

## **Седьмой семестр**

2.1. Центральные композиционные планы.

Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах промежуточного контроля.

Методика построения центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов. Матрицы планирования для двух и для трех факторов. Выбор величины «звездного» плеча и числа опытов в центре плана.

2.2. Анализ точности формирования отклонений формы поверхности.

Полигон и гистограмма частот распределения. Предпосылки выбора теоретической кривой распределения и ее построение. Подготовка рекомендаций по корректировке технологической операции на базе статистического анализа точности обработки.

2.3. Применение центральных композиционных планов второго порядка.

Преимущества центрального композиционного планирования и его использование при решении инженерных задач

2.4. Анализ точности формирования отклонений взаимного положения поверхностей.

Утверждение темы реферата.

Оценка точности обработки с использованием закона существенно положительных величин.

2.5. Ротатабельное планирование второго порядка.

Методика построения ротатабельного центрального композиционного плана второго порядка. Построение матрицы планирования. Расчет коэффициентов регрессии.

2.6. Применение ротатабельного планирования второго порядка.

Проверка текущих знаний студентов.

Преимущества ротатабельного планирования и его использование при решении инженерных задач.

2.7. Рандомизированные блоки, латинские и греко-латинские квадраты.

Рандомизированное полноблочное планирование. Форма записи данных. Статистический анализ применительно к рандомизированным полноблочным планам. Таблица дисперсионного анализа. Латинские и греко-латинские квадраты.

2.8. Пример рандомизированного полноблочного планирования.

Дисперсионный анализ на базе рандомизированного полноблочного планирования на примере эксперимента по проверке твердости.

2.9. Проверка статистических гипотез.

Понятие статистической гипотезы. Нулевая и альтернативная гипотезы. Статистический критерий. Ошибки первого и второго рода. Уровень значимости.

2.10. Проверка гипотезы случайности выборки.

Способ последовательных разностей. Способ длины и числа серий. Примеры проверки гипотезы рассматриваемыми способами.

2.11. Проверка гипотезы относительно средних и дисперсий.

Постановка задачи. Линейная статистическая модель. Модель постоянных эффектов. Модель случайных эффектов. Допущения, лежащие в основе дисперсионного анализа. Критерий Бартлетта. Условие принятия нулевой или альтернативной гипотезы.



2.12. Проверка гипотезы о принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности.

Алгоритм проверки гипотезы. Критерий Вилькоксона. Пример проверки рассматриваемой гипотезы.

2.13. Проверка адекватности модели.

Анализ разброса значений в экспериментальных точках. Дисперсия воспроизводимости. Проверка гипотезы об адекватности модели с использованием  $F$  – критерия.

2.14. Анализ чувствительности математической модели.

Проверка текущих знаний студентов.

Пути достижения корректности модели. Проверка качества подбора модели. Понятия «чистой» ошибки и ошибки неадекватности. Методика анализа качества подбора модели.

2.15. Применение методов планирования эксперимента в технологии машиностроения.

Планирование эксперимента как основа статистического моделирования технологической операции и процесса в целом.

2.16. Примеры использования методов планирования эксперимента в инженерной практике.

Получение модели зависимости температуры резания от основных факторов процесса резания.

2.17. Обзорная лекция.

Направления, перспективы развития и внедрения методов планирования эксперимента.

2.18. Обзорное практическое занятие.

Актуальность методов планирования эксперимента на примере исследования влияния основных факторов процесса хонингования на шероховатость обработанной поверхности.

Структура и содержание дисциплины «Планирование и организация эксперимента» приведены в приложении А.

Практические (семинарские) занятия по разделам дисциплины и их методическое обеспечение - приложение Б.

Аннотация рабочей программы дисциплины – приложение В.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При проведении практических занятий предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в виде разбора конкретных ситуаций, просмотра видеоматериалов по определенным темам, их последующий анализ и обсуждение и пр. Наиболее широко эти формы обучения используются при проведении практических занятий с привязкой темы занятий к решению конкретных задач освоения дисциплины. В рамках учебного курса

предусматривается посещение международных выставок: «Машиностроение», «Сборка», «Станкостроение» и т.д.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 20% аудиторных занятий. В раздел «Самостоятельная работа студентов» включается работа по написанию студентами рефератов по изучаемым темам и их последующая защита. Примерные темы рефератов приведены в приложении Г.

#### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные средства текущего контроля успеваемости, самостоятельной работы студентов и промежуточных аттестаций:

##### **В шестом семестре**

- ознакомление с материалами по теме: «Планирование и организация эксперимента».

##### **Во седьмом семестре**

- ознакомление с материалами по теме: «Планирование и организация эксперимента»;

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Статистические методы в управлении качеством» (индивидуально для каждого обучающегося).

Проверка текущего контроля знаний студентов осуществляется с помощью контрольных вопросов, приведенных в приложении Г.

Проверка текущих знаний студентов проводится на шестой и четырнадцатой неделях семестра. Студент письменно отвечает на один из вопросов по пройденному материалу, приведенных в приложении Г, заданный преподавателем. Время для ответа на вопрос не должно превышать 15 мин. Оценка выставляется преподавателем согласно шкале оценивания «зачет», «незачет» и доводится до сведения студентов на следующем занятии.

#### **Шкала оценивания текущих знаний студентов и ее описание**

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Зачет	Студент правильно ответил на заданный вопрос.

Незачет	Студент привел менее 30% материалов, предполагающих правильный ответ на вопрос или не ответил на вопрос.
---------	--

Студентам, получившим оценку «незачет» или пропустившим текущий контроль, предлагается пройти проверку текущего контроля заново до промежуточной аттестации.

В период проведения практических занятий рабочей программой предусмотрено представление студентами письменных отчетов и защита следующих работ:

Практические работы:

**В шестом семестре:**

- Методика предварительной обработки экспериментальных данных
- Методика проведения эксперимента. Расчет коэффициентов регрессионной модели.

**В седьмом семестре:**

- Анализ точности формирования отклонений формы поверхностей. Анализ точности формирования отклонений взаимного положения поверхностей.

Работы должны быть оформлены и защищены в ходе проведения практических занятий до промежуточной аттестации соответствующего семестра. Оценка выставляется преподавателем согласно шкале оценивания «зачет», «незачет» и доводится до сведения студентов. При получении оценки «незачет» работа защищается заново до промежуточной аттестации.

### **Шкала оценивания отчетов по практическим работам и ее описание**

Шкала оценивания	Описание
Зачет	Студент представил письменные отчеты по каждой из правильно выполненных практических работ.
Незачет	Студент не представил письменные отчеты по каждой из правильно выполненных практических работ.

Рабочей программой дисциплины предусмотрена подготовка реферата,

примерные темы которых приведены в приложении Г. Тема реферата утверждается на второй неделе седьмого семестра. Студент может подготовить реферат по другой теме, при условии соответствия тематике изучаемого курса, предварительно согласовав ее с преподавателем. Прямое копирование из литературных источников не допускается. Объем реферата должен быть не менее 15 страниц и представлен на бумажном и электронном носителях до промежуточной аттестации.

### **Шкала оценивания реферата и ее описание**

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Зачет	Студент представил реферат и при собеседовании коротко охарактеризовал суть проблемы, методы и средства ее решения, а также собственные взгляды на проблему.
Незачет	Студент не представил реферат или при собеседовании не смог пояснить суть рассматриваемой проблемы.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-8	Способность участвовать в разработке планов, программ и методик выполнения измерений, испытаний и контроля, инструкций по эксплуатации оборудования и других текстовых документов, входящих в состав конструкторско-технологической документации

В процессе освоения образовательной программы данная компетенция, в том числе ее отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля),**

### описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ПК-8</b> Способность участвовать в разработке планов, программ и методик выполнения измерений, испытаний и контроля, инструкций по эксплуатации оборудования и других текстовых документов, входящих в состав конструкторско-технологической документации				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства; методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства; методологию производства; методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства; методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства; методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства; методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию статистического управления качеством технологических операций и

	регрессионного анализа.	Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	анализа, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа. Свободно оперирует приобретенным и знаниями.
<b>уметь:</b> применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов экспериментальных исследований; прогнозировать причины	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять теоретические знания для решения инженерных задач с применением математического аппарата теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения; обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов экспериментальных исследований; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения; обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов экспериментальных исследований; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения; обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов экспериментальных исследований; прогнозировать причины возникнове-	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения; обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований; формулировать рекомендации

<p>возникнове-ния брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их преду-преждению.</p>	<p>продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению.</p>	<p>мероприятий по их предупреждению. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>мероприятий по их предупреждению. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>по практическому использованию результатов экспериментальных исследований; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их преду-преждению. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента; навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и разработке технической</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет эффективно пользоваться методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента; навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и разработке</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: эффективно пользоваться методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента; навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: эффективно пользоваться методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента; навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента; навыками участия в разработке планов и методик проведения</p>

<p>документации; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследований для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p>	<p>технической документации; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследований для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p>	<p>разработке технической документации; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследований для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>технической документации; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследований для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p> <p>Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>экспериментов и разработке технической документации; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследований для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p> <p>Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
---	---	--	---	--

### **Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:**

#### **Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине



методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». В приложении Г приведены вопросы для промежуточной аттестации в виде зачета.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Планирование и организация эксперимента», а именно – прошли промежуточный контроль, выполнили и защитили практические работы, предусмотренных рабочей программой в шестом семестре.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

#### **Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) по экзаменационным билетам методом экспертной оценки. В приложении Г приведены примеры экзаменационных билетов по дисциплине. По итогам промежуточной

аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Планирование и организация эксперимента», а именно показавшие удовлетворительное владение лекционным материалом, выполнившие и защитившие практические работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины в седьмом семестре, выступившие с докладом и представившие реферат.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
---------------------	--

Фонды оценочных средств представлены в приложении Г к рабочей программе.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Берикашвили В.Ш., Оськин С.П. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и математическое описание случайных процессов. М.: МГОУ. 2013
2. Брюховец А.А., Вячеславова О.Ф., Грибанов Д.Д. и др. под общ. Ред. С.А. Зайцева. Метрология. Учебник.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2011. – 464 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт,2013.

### **б) дополнительная литература:**

1. Мурашенко Д.Д. Планирование и организация эксперимента. – М.: МГУЛ, 2009.
2. Степнов М.Н., Шаврин А.В. Статистические методы обработки результатов статистических испытаний. М.: Машиностроение, 2005 – 400с.
3. Петухов С.Л., Бухтеева И.В., Холодкова А.Г., Аббясов В.М. Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049. М.: Университет машиностроения. 2014 –46 с.

### **в) методические указания к практическим работам:**

- Балашов В.Н. Анализ точности обработки с помощью законов распределения МУ №739
- Петухов С.Л., Дмитриев Ю.М., Кравец Е.В. Проверка гипотез о законе распределения. Критерий Пирсона. МУ № 2693

### **г) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

- ЭБС «Издательства Лань» - (e.lanbook.com)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях и лабораториях кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация», оснащенных компьютерной и мультимедийной техникой, позволяющей демонстрировать материалы видео материалы; современным оборудованием и контрольно-измерительной техникой; используются раздаточные материалы, иллюстрирующие конструкции рассматриваемых сборочных единиц.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов планирования и организации эксперимента в машиностроении, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

### **Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету и экзамену.

### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;
- составление и оформление докладов и рефератов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, студенческих конференциях.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;

- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

### **Вопросы, выносимые на самостоятельную работу**

Преимущества факторных экспериментов

Тактическое планирование

Эмпирические функции распределения

Критерии оптимальности планов

Методика выделения существенных факторов

Подготовка к решению инженерных задач на базе проверки гипотез случайности выборки и нормальности распределения

Основы теории статистических выводов

Проверка равенства нескольких дисперсий

Планы для подбора математических моделей

Греко-латинские квадраты

Неполноблочные планы. Квадраты Юдена

Неполноблочные планы. Решетчатые планы

Множественная линейная регрессия

Крутое восхождение по поверхности отклика

### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Планирование и организация эксперимента» следует уделять изучению основных понятий в области статистического управления качеством технологических операций и процессов на базе математического аппарата планирования и организации эксперимента.

При подготовке и проведении практических занятий необходимо акцентировать внимание на теоретических основах моделирования систем, подробно рассмотреть алгоритм статистического моделирования.

При проведении практических занятий необходимо обращать внимание студентов на теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины

эффективно применение презентаций по различным темам практических занятий. Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения практических работ.

## **11. Приложения**

А. Структура и содержание дисциплины

Б. Тематика практических (семинарских) занятий

В. Аннотация рабочей программы дисциплины

Г. Фонд оценочных средств

Приложение А

Структура и содержание дисциплины «Планирование и организация эксперимента»  
по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	<b>Шестой семестр</b>														
1.1	Введение. Основные термины и определения.	6	1	2											
1.2	Основные понятия планирования эксперимента	6	2	2	2										
1.3	Введение в факторные эксперименты	6	3	2											
1.4	Методика предварительной обработки экспериментальных данных	6	4	2	2		2								
1.5	Факторы и предъявляемые к ним требования	6	5	2											
1.6	Методология выбора модели	6	6	2	2		4								
1.7	Планы для подбора моделей первого порядка	6	7	2			2								
1.8	Классификация экспериментальных планов. Критерии оптимальности планов	6	8	2	2		6								
1.9	Выделение существенных факторов	6	9	2			4								
1.10	Методика проведения эксперимента	6	10	2	2		6								
1.11	Построение математической модели на основе полного факторного эксперимента	6	11	2											
1.12	Расчет коэффициентов регрессионной модели	6	12	2	2		2								

1.13	Свойства матриц факторного эксперимента	6	13	2											
1.14	Принятие решений после построения модели	6	14	2	2		4								
1.15	Дробный факторный эксперимент	6	15	2											
1.16	Дробные реплики факторного плана типа $2^k$	6	16	2	2		6								
1.17	Экспериментальная оптимизация в случае одной переменной	6	17	2											
1.18	Обзорное занятие	6	18	2	2										
	Форма аттестации		19-21												3
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			36	18		54								
	<b>Седьмой семестр</b>														
2.1	Центральные композиционные планы	7	1	2			2								
2.2	Анализ точности формирования отклонений формы поверхности	7	2		2		2					+			
2.3	Применение центральных композиционных планов второго порядка	7	3	2			2					+			
2.4	Анализ точности формирования отклонений взаимного положения поверхностей	7	4		2		4					+			
2.5	Ротатабельное планирование второго порядка	7	5	2								+			
2.6	Применение ротатабельного планирования второго порядка	7	6		2		4					+			
2.7	Рандомизированные блоки, латинские и греко-латинские квадраты	7	7	2			4					+			
2.8	Пример рандомизированного полноблочного планирования	7	8		2		4					+			
2.9	Проверка статистических гипотез	7	9	2								+			
2.10	Проверка гипотезы случайности выборки	7	10		2		4					+			
2.11	Проверка гипотезы относительно средних и	7	11	2			2					+			



	дисперсий														
2.12	Проверка гипотезы о принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности	7	12		2		2						+		
2.13	Проверка адекватности модели	7	13	2			4						+		
2.14	Анализ чувствительности математической модели	7	14		2		2						+		
2.15	Применение методов планирования эксперимента в технологии машиностроения	7	15	2									+		
2.16	Примеры использования методов планирования эксперимента в инженерной практике	7	16		2								+		
2.17	Обзорная лекция	7	17	2									+		
2.18	Обзорное практическое занятие	7	18		2										
	Форма аттестации		19-21										Один реферат		Э
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестре			18	18		36								
	Всего часов по дисциплине в шестом и седьмом семестрах			54	36		90								

Заведующий кафедрой  
«Стандартизация, метрология и сертификация»  
доцент, к.т.н.

Бавыкин О.Б.

## Практические (семинарские) занятия

№ <sup>п/п</sup>	Раздел дисциплины	Методическое обеспечение занятий	Количество часов
<b>Шестой семестр</b>			
1	Основные понятия планирования эксперимента. Методика предварительной обработки экспериментальных данных	Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах промежуточного контроля. Обзор тем практических занятий в шестом семестре. Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049	4
2	Методология выбора модели. Критерии оптимальности планов	Пример геометрической интерпретации модели. Анализ критериев оптимальности планов	4
3	Методика проведения эксперимента. Расчет коэффициентов регрессионной модели. Принятие решений после построения модели	Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049	6
4	Дробные реплики факторного плана $2^k$ . Обзорное занятие	Примеры построения дробных реплик факторного эксперимента	4
<b>Седьмой семестр</b>			
1	Анализ точности формирования отклонений	Обзор тем практических занятий в седьмом семестре.	

	<p>формы поверхности. Анализ точности формирования отклонений взаимного положения поверхностей</p>	<p>Анализ точности обработки с помощью законов распределения МУ № 739</p>	<p>4</p>
2	<p>Применение ротатабельного планирования второго порядка. Пример рандомизированного полноблочного планирования</p>	<p>Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049</p>	<p>4</p>
3	<p>Проверка гипотезы случайности распределения. Проверка гипотезы о принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности.</p>	<p>Проверка гипотез о законе распределения. МУ №2693. Исходные данные для решения примеров</p>	<p>4</p>
4	<p>Анализ чувствительности математической модели</p>	<p>Исходные данные для решения задачи</p>	<p>2</p>
5	<p>Примеры использования методов планирования эксперимента в инженерной практике. Обзорное практическое занятие</p>	<p>Построение математической модели технологической операции</p>	<p>4</p>

## Аннотация рабочей программы дисциплины

### 1. Название, назначение, структура, содержание дисциплины

1	Наименование дисциплины по учебному плану	Планирование и организация эксперимента
2	Направление подготовки	27.03.01 «Стандартизация и метрология» (бакалавр)
3	Образовательная программа (профиль подготовки)	«Метрологическое обеспечение производств»
4	Уровень и форма обучения	Бакалавр, очная
5	Семестр обучения	6, 7
6	Трудоёмкость по уч. плану (з.е.) Всего зачётных единиц Всего часов, из них: Аудиторные занятия, в том числе: - лекции - семинары и практические занятия(П/С)	4 144 часа  72 часа 36 часа 36 часов
7	Виды самостоятельной работы студентов: курсовой проект (КП), курсовая работа (КР), расчётно-графическая работа (РГР), реферат (РФ).	РФ
8	Формы аттестации: экзамен (Э), зачёт (З), другие	З, Э
9	<p>Основные разделы дисциплины:</p> <p><b>Шестой семестр</b></p> <p>Вводная лекция.</p> <p>Основные понятия планирования эксперимента</p> <p>Введение в факторные эксперименты</p> <p>Методика предварительной обработки экспериментальных данных</p> <p>Факторы и предъявляемые к ним требования</p> <p>Методология выбора модели</p> <p>Планы для подбора модели первого порядка</p> <p>Критерии оптимальности планов</p> <p>Выделение существенных факторов</p> <p>Методика проведения эксперимента</p> <p>Построение математической модели на основе полного факторного эксперимента</p>	

<p>Расчет коэффициентов регрессионной модели  Свойства матриц факторного эксперимента  Принятие решения после построения модели  Дробный факторный эксперимент  Дробные реплики факторного плана типа <math>2^k</math>  Экспериментальная оптимизация в случае одной переменной</p> <p><b>Седьмой семестр</b></p> <p>Центральные композиционные планы  Анализ точности формирования отклонений формы поверхности  Применение центральных композиционных планов второго порядка  Анализ точности формирования отклонений взаимного положения поверхностей  Ротатабельное планирование второго порядка  Применение ротатабельного планирования второго порядка  Рандомизированные блоки, латинские и греко-латинские квадраты  Пример рандомизированного полноблочного планирования  Проверка статистических гипотез  Проверка гипотезы случайности выборки  Проверка гипотезы относительно средних и дисперсий  Проверка гипотезы о принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности  Проверка адекватности модели  Анализ чувствительности математической модели  Применение методов планирования экспериментов в технологии машиностроения</p>
--

## 2. Требования к начальной подготовке и результатам освоения дисциплины

1	Требования к уровню подготовки к изучению дисциплины:	Уровень знаний бакалавра
1.1	Наличие специальных компетенций	Не требуется
1.2	Должен знать	основы теоретико-вероятностного математического аппарата; основы математического аппарата регрессионного анализа; способы сбора и обработки статистической информации; основные мероприятия по улучшению качества

		<p>продукции;</p> <p>роль экспериментальных исследований в повышении качества продукции машиностроения;</p> <p>методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин.</p>
1.3	Должен уметь	<p>проводить мониторинг процесса формирования параметров качества и участвовать в работе по подготовке мероприятий по стабилизации и улучшению качества продукции;</p> <p>использовать методы регрессионного анализа при решении инженерных задач;</p> <p>применять математический аппарат планирования эксперимента для статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении;</p> <p>организовывать сбор и предварительную обработку статистической информации о процессе формирования рассматриваемого параметра качества изделия.</p>
1.4	Должен владеть	<p>навыками анализа технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента;</p> <p>способами и средствами сбора статистической</p>

		<p>информации;  методами управления  точностью обработки и  осуществления технического  контроля;  методами анализа  причин возникновения  дефектов и брака  выпускаемой продукции.</p>
2	Результаты освоения дисциплины	<p>эффективное применение  теории планирования и  организации  экспериментальных  исследований для повышения  эффективности  машиностроительного  производства с  использованием  современных технологий  проведения научных  исследований;  применение  математический аппарат  регрессионного анализа для  управления качеством  продукции машиностроения;  участие в разработке планов,  программ и методик  выполнения измерений,  испытаний и контроля;  участие в разработке  текстовых документов,  входящих в состав  конструкторской и  технологической  документации;  организация и  планирование работ, используя  математические методы  теории планирования</p>

		<p>эксперимента;</p> <p>формирование планы эксперимента и обрабатывать полученные результаты, используя методы статистической обработки информации;</p> <p>построение статистических моделей управления качеством, позволяющих исследовать стабильность достижения формируемых параметров качества изделий;</p> <p>управление технологическими процессами на основе статистического анализа процессов формирования параметров качества изделий;</p> <p>проведение мониторинга процесса формирования рассматриваемого параметра качества, анализ причин возникновения брака и участвовать в разработке технико-технологических мероприятий по его устранению и предупреждению;</p> <p>участие в проведении практических занятий.</p>
2.1.	Будут сформированы компетенции в соответствии с ФГОС и учебным планом	ПК-8
2.2.	Учащийся приобретёт знания и умения:	роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении эффективности машиностроительного производства;



		<p>методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований;</p> <p>систему организации мероприятий по улучшению качества продукции;</p> <p>методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа;</p> <p>применение математического аппарата теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения;</p> <p>способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий;</p> <p>формулировать рекомендации по практическому использованию результатов исследований.</p>
2.3.	Учащийся овладеет навыками:	<p>теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента;</p> <p>навыками участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и разработке технической</p>

		<p>документации;  методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля;  сбора и обработки статистической информации о ходе протекания рассматриваемого процесса;  проведения однофакторных и многофакторных экспериментов с последующей подготовкой рекомендаций по совершенствованию процесса изготовления деталей машин;  методами и средствами проведения факторных экспериментальных исследования для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p>
--	--	---

В результате освоения дисциплины «Планирование и организация эксперимента» будут сформированы компетенции ПК-8 в соответствии с ФГОС и учебным планом.

3. Составитель(и) программы: доц., к.т.н. Петухов С.Л.

4. Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии машиностроительного факультета " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 года

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московский политехнический университет

Направление подготовки

**27.03.01 «Стандартизация и метрология»**

ОП (профиль): **«Метрологическое обеспечение производств»**

Кафедра: **«Стандартизация, метрология и сертификация»**

**ФОНД**

**ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Планирование и организация эксперимента**

**Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств**

**2. Описание оценочных средств:**

**Приложение 1 ФОС Контрольные вопросы**

**Приложение 2 ФОС Примерные темы рефератов**

**Приложение 3 ФОС Вопросы для промежуточной аттестации в виде зачета**

**Приложение 4 ФОС Примеры экзаменационных билетов**

**Составитель:**

**к.т.н., доц. Петухов С.Л.**

Москва 2020

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология		ОП (профиль): Метрологическое обеспечение производств													
Код компетенции	Описание компетенции	Название дисциплины по учебному плану	Семестры изучения дисциплин												
1	2	3	4												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
ПК-8	- способность участвовать в разработке планов, программ и методик выполнения измерений, испытаний и контроля, инструкций по эксплуатации оборудования и других текстовых документов, входящих в состав конструкторско-технологической документации	Планирование и организация эксперимента						*	*						

Таблица 3 Паспорт ФОС по дисциплине «Планирование и организация эксперимента»

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Периодичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
	<b>Знания:</b> роль теории планирования экспериментальных исследований в повышении	Все разделы	ТЕК  Шестая и четырнадцатая недели семестра	Письменные ответы на вопросы для контроля текущих	П	Контрольные вопросы

ПК-8	<p>эффективности машиностроительного производства;</p> <p>методологию разработки планов и методик экспериментальных исследований;</p> <p>систему организации мероприятий по улучшению качества продукции;</p> <p>методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов на основе использования математического аппарата регрессионного анализа.</p>		На каждом занятии	<p>знаний</p> <p>Отчеты по практическим работам</p> <p>Рефераты</p>	<p>П</p> <p>Р</p>	<p>Отчеты</p> <p>Реферат</p>
	<p><b>Умения:</b></p> <p>применять математический аппарат теории планирования эксперимента при разработке методик проведения контроля показателей качества продукции машиностроения;</p> <p>обосновывать целесообразность решения вопросов повышения качества продукции на базе использования факторных экспериментальных исследований;</p> <p>формулировать рекомендации по практическому использованию результатов экспериментальных исследований;</p> <p>прогнозировать</p>	Все разделы	<p>Шестая и четырнадцатая недели семестра</p> <p>На каждом занятии</p>	<p>Письменные ответы на вопросы для контроля текущих знаний</p> <p>Отчеты по практическим работам</p> <p>Рефераты</p>	<p>П</p> <p>П</p> <p>Р</p>	<p>Отчеты</p> <p>Отчеты</p> <p>Реферат</p>

	<p>причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению.</p>					
	<p><b>Навыки:</b>  теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов, используя математический аппарат теории планирования эксперимента;  участия в разработке планов и методик проведения экспериментов и разработке технической документации;  статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля;  проведения факторных экспериментальных исследования для обеспечения эффективного функционирования технологических систем.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>На каждом занятии</p>	<p>Отчеты по практическим работам</p>	<p>П</p>	<p>Отчеты</p>

Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Отчеты по практическим работам	Средство проверки знаний и умений, необходимых для решения расчетных задач	Темы практических работ представлены в приложении Б.  Шкала оценивания и процедура применения в п. 6 РП
2.	Контрольные вопросы	Средство контроля знаний, получаемых в ходе освоения дисциплины	Контрольные вопросы представленные в приложении 1 ФОС
3.	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа рассматриваемой темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Примерные темы рефератов представлены в приложении 2 ФОС
4.	Вопросы для промежуточной аттестации в виде зачета	Средство проверки знаний, умений навыков	Вопросы для промежуточной аттестации в виде зачета представлены в приложении 3 ФОС
5.	Примеры экзаменационных билетов	Средство проверки знаний, умений навыков	Примеры экзаменационных билетов представлены в приложении 4 ФОС

Перечень контрольных вопросов для проверки текущих знаний студентов по освоению дисциплины «Планирование и организация эксперимента»:

### Шестой семестр

1. Основные принципы планирования эксперимента
2. Преимущества факторных экспериментов
3. Основные этапы проведения эксперимента
4. Понятие метрологического обеспечения качества
5. Научный и промышленный эксперимент
6. Многофакторные эксперименты
7. Простые сравнительные эксперименты
8. Виды параметров оптимизации
9. Требования, предъявляемые к параметрам оптимизации
10. Генеральная совокупность и выборка
11. Реализация случайности выборки
12. Дифференциальная функция закона нормального распределения и ее свойства
13. Интегральная функция закона нормального распределения и ее свойства
14. Погрешности. Виды погрешностей
15. Определение объема выборки
16. Методика построения эмпирической кривой распределения
17. Допущения, принимаемые при построении модели
18. Вероятностные характеристики случайной величины
19. Пассивный и активный эксперимент
20. Виды математических моделей
21. Требования, предъявляемые к факторам
22. Предпосылки выбора модели
23. Допущения относительно свойств модели
24. Требования, предъявляемые к модели
25. Регрессионный анализ. Уравнение регрессии
26. Приемы построения матриц планирования эксперимента
27. Отсев грубых погрешностей
28. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента
29. Преимущества и недостатки статистического моделирования
30. Ортогональные планы первого порядка
31. Оценка ошибки эксперимента
32. Классификация экспериментальных планов



33. Планы дисперсионного анализа
34. Планы многофакторного анализа
35. Планы изучения поверхности отклика
36. Планы отсеивающего эксперимента
37. Понятие D-оптимальности плана
38. Понятие A-оптимальности плана
39. Понятие E-оптимальности плана
40. Понятие G-оптимальности плана
41. Понятие Q-оптимальности плана
42. Метод экспертных оценок
43. Насыщенные дробные факторные планы
44. Насыщенные экспериментальные планы Плакетта-Бермана
45. Метод случайного баланса
46. Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ)
47. Выбор основного уровня фактора
48. Выбор интервалов варьирования факторов
49. Расчет коэффициентов регрессионной модели
50. Проверка значимости коэффициентов модели
51. Свойства матриц ПФЭ. Условие нормировки
52. Свойства матриц ПФЭ. Симметричность
53. Свойства матриц ПФЭ. Ортогональность
54. Свойства матриц ПФЭ. Ротатабельность
55. Дробные реплики
56. Правило минимизации числа опытов
57. Генерирующее отношение
58. Определяющий контраст
59. Поиск оптимальных условий эксперимента. Метод Гаусса-Зейделя
60. Поиск оптимальных условий эксперимента. Метод крутого восхождения

### **Седьмой семестр**

1. Методика построения центрального композиционного плана
2. Выбор «звездного» плеча центрального композиционного плана
3. Выбор числа опытов в центре центрального композиционного плана
4. Преимущества центрального композиционного планирования
5. Ротатабельное планирование второго порядка
6. Преимущества ротатабельного планирования
7. Методика построения ротатабельного центрального композиционного плана второго порядка
8. Виды погрешностей формы поверхностей
9. Виды отклонений взаимного положения поверхностей
10. Полигон и гистограмма частот распределения
11. Построение теоретической кривой распределения

12. Теоретические предпосылки выбора кривой распределения
13. Алгоритм проверки гипотезы принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности
14. Нормализация случайной величин
15. Способы проверки гипотезы случайности выборки
16. Логарифмически-нормальное распределение.
17. Меры положения
18. Точечные оценки математического ожидания
19. Точечные оценки дисперсии
20. Статистические оценки: состоятельные, смещенные (несмещенные), эффективные.
21. Меры рассеяния
22. Ошибки первого и второго рода.
23. Уровень значимости
24. Латинские квадраты
25. Греко-латинские квадраты
26. Таблица однофакторного дисперсионного анализа
27. Проверка случайности выборки. Способ длины и числа серий
28. Рандомизированное полноблочное планирование
29. Проверка случайности выборки. Способ последовательных разностей
30. Модель постоянных эффектов
31. Модель случайных эффектов
32. Допущения, лежащие в основе дисперсионного анализа
33. Критерий Бартлетта
34. Критерий Вилькоксона
35. Проверка адекватности модели
36. Понятие «чистой» ошибки эксперимента
37. Понятие ошибки неадекватности эксперимента
38. Понятие дисперсии воспроизводимости
39. Интерпретация результатов моделирования
40. Пример исследования влияния основных факторов на функцию отклика

Примерные темы рефератов по дисциплине «Планирование и организация эксперимента»:

- Статистическое моделирование – основа непрерывного улучшения качества продукции
- Основные принципы планирования эксперимента
- Основные этапы моделирования технологических систем
- Тактическое планирование
- Преимущества факторных экспериментов
- Проверка статистических гипотез
- Теоретические основы использования статистических методов в инженерной практике
- Пути повышения достоверности прогноза точности обработки (ОК-6)
- Регрессионный анализ как инструмент построения математической модели процесса
- Оценивание недостающих данных
- Дисперсионный анализ – основополагающий метод теории статистических выводов
- Чувствительность математических моделей
- Моделирование показателей точности технологического процесса
- Анализ факторного плана типа  $3^k$
- Методика проверки адекватности модели
- Критерии оптимальности планов
- Дисперсионный анализ. Модели постоянных и случайных эффектов
- Неполноблочные планы
- Использование рандомизированного полноблочного планирования в инженерной практике
- Ротатабельное планирование второго порядка

- Центральные композиционные планы
- Методология поверхности отклика второго порядка

## Приложение 3 ФОС

### Вопросы для промежуточной аттестации в виде зачета

1. Основные принципы планирования эксперимента
2. Преимущества факторных экспериментов
3. Основные этапы проведения эксперимента
4. Понятие метрологического обеспечения качества
5. Основные понятия планирования эксперимента
6. Виды экспериментов (научные и промышленные, многофакторные)
7. Алгоритм статистического моделирования
8. Виды параметров оптимизации
9. Требования, предъявляемые к параметрам оптимизации
10. Генеральная совокупность и выборка
11. Алгоритм предварительной обработки исходных данных
12. Дифференциальная функция закона нормального распределения и ее свойства
13. Интегральная функция закона нормального распределения и ее свойства
14. Погрешности. Виды погрешностей
15. Определение объема выборки
16. Методика построения эмпирической кривой распределения
17. Допущения, принимаемые при построении модели
18. Вероятностные характеристики случайной величины
19. Отсев грубых погрешностей
20. Виды математических моделей
21. Требования, предъявляемые к факторам
22. Предпосылки выбора модели
23. Допущения относительно свойств модели
24. Требования, предъявляемые к модели
25. Регрессионный анализ. Уравнение регрессии
26. Приемы построения матриц планирования эксперимента
27. Методология выбора модели
28. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента
29. Преимущества и недостатки статистического моделирования
30. Планы для подбора модели первого порядка
31. Оценка ошибки эксперимента
32. Классификация экспериментальных планов

33. Планы дисперсионного анализа
34. Планы многофакторного анализа
35. Планы изучения поверхности отклика
36. Планы отсеивающего эксперимента
37. Понятие D-оптимальности плана
38. Понятие A-оптимальности плана
39. Понятие E-оптимальности плана
40. Понятие G-оптимальности плана
41. Понятие Q-оптимальности плана
42. Выделение существенных факторов
43. Насыщенные дробные факторные планы
44. Насыщенные экспериментальные планы Плакетта-Бермана
45. Метод случайного баланса
46. Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ)
47. Выбор основного уровня фактора
48. Выбор интервалов варьирования факторов
49. Расчет коэффициентов регрессионной модели
50. Проверка значимости коэффициентов модели
51. Свойства матриц полного факторного эксперимента
52. Правило минимизации числа опытов
53. Генерирующее отношение и определяющий контраст
54. Классификация экспериментальных планов
55. Критерии оптимальности планов
56. Поиск оптимальных условий эксперимента. Метод Гаусса-Зейделя
57. Поиск оптимальных условий эксперимента. Метод крутого восхождения
58. Дробные реплики факторного плана  $2^k$
59. Методика проведения эксперимента
60. Построение математической модели на основе полного факторного эксперимента

Приложение 4 ФОС

Примеры экзаменационных билетов  
(в качестве примера приведены шесть билетов из тридцати)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»  
Дисциплина «Планирование и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 1

1. Факторные эксперименты
2. Расчет коэффициентов модели

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»  
Дисциплина «Планирование и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 2

1. Интегральная функция закона нормального распределения и ее свойства
2. Проверка качества подбора модели

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

Дисциплина «Планирования и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 3

1. Дискретные и непрерывные случайные величины
2. Проверка гипотезы случайности выборки

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

Дисциплина «Планирования и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 4

1. Дробный факторный эксперимент
2. Числовые характеристики случайной величины

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

Дисциплина «Планирования и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 5

1. Методика сбора и оценки статистических данных
2. Латинские квадраты

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин/



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 27.03.01 Стандартизация и метрология  
Программа бакалавриата (профиль): Метрологическое обеспечение производств  
Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

Дисциплина «Планирование и организация эксперимента»  
Экзамен, 7 семестр

БИЛЕТ № 6

1. Полный факторный эксперимент
2. Модель постоянных эффектов

Заведующий кафедрой:

/ О.Б. Бавыкин/