

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

Научно-исследовательская работа

направление подготовки:

15.03.01 Машиностроение

Направленность образовательной программы:

Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

Заочная

**Институт:** Технологического оборудования и машиностроения

**Выпускающая кафедра:** Технологии машиностроения

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 15.03.01 «Машиностроение», утвержденное приказом Министерства образования и науки РФ от 09 августа 2021 г. № 727


▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2022 году.

Составитель: ассистент  (К.В. Чуев)

д.т.н., доцент  (Т.А. Дуюн)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«22» апреля 2022 г. прот. № 9

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, доцент  (Т.А. Дуюн)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«28» апреля 2022 г. прот. № 8

Председатель  (Горшков П.С.)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-1. Способен разрабатывать технологические процессы механосборочных производств по изготовлению машиностроительных изделий низкой сложности серийного производства	ПК-1.1. Выполняет технологический контроль рабочей конструкторской документации и анализ технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям..	<p><b>Знать:</b> -общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента; -принципы и законы различных дисциплин при решении задач планирования и организации эксперимента;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать данные и характеристики явлений и процессов для построения математических моделей, делать теоретические выводы</p> <p><b>Владеть:</b> техникой лабораторного эксперимента для проверки теоретических выводов и математических моделей</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-3

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Технология машиностроения
2	Технология изготовления деталей
3	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации: зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	2	106
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	12	2	8
лекции	4	2	2
лабораторные			
практические	8	0	8
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации			
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	96		96
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задание			
Индивидуальное домашнее задание	9		9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	87		87
Зачет	зачет		зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Введение. Основные понятия и определения.					
	Понятие о дисциплине «Планирование и организация эксперимента». Основные понятия и определения в экспериментальных исследованиях.	0,5			
2. Полный факторный эксперимент.					
	Выбор уровней и интервалов варьирования факторов. Кодирование уровней факторов. Планы первого порядка. Построение матрицы планирования эксперимента.	1			
3. Дробный факторный эксперимент.					
	Построение матрицы планирования эксперимента. Дробная реплика :определение ,типы, обозначение.	0,5			

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4. Проведение эксперимента.					
	Отсевивание несущественных факторов. Компенсация влияния систематических погрешностей. Проведение и статистическая обработка параллельных (повторных) опытов. Сравнение двух выборок.	0,5	2		21
5. Обработка результатов факторного эксперимента					
	Регрессивный анализ. Метод наименьших квадратов. Варианты проведения эксперимента и обработки и результатов опытов. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов.	0,5	2		21

	Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов. Раскодирование уровней регрессии.				
<b>6. Организация эксперимента</b>					
	Виды экспериментов и их организационно-техническая подготовка. Программа и методика эксперимента. Журнал ведения эксперимента.	0,5			20
<b>7. Отыскание оптимума в экстремальных экспериментах методом крутого восхождения по поверхности отклика.</b>					
	Схема движения к оптимуму в направлении градиента функции отклика. Расчет координат точек движения к оптимуму. Расчет шагов движения по градиенту.	0,5			20
	<b>ВСЕГО</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>100</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №7				
1	Проведение эксперимента.	Сравнение двух выборок	4	20
2	Обработка результатов факторного эксперимента	Оценка тесноты парной корреляционной связи	4	20
<b>ВСЕГО:</b>			<b>8</b>	<b>40</b>

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

Проведение лабораторных занятий не предусмотрено.

## 4.4. Содержание курсового проекта/работы<sup>1</sup>

Не предусмотрено учебным планом

## 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий<sup>2</sup>

Учебным планом предусмотрено ИДЗ с объемом самостоятельной работы студента (СРС) – 18 часов.

Тема РГЗ– «Рототабельное планирование второго порядка с разработкой математических моделей и оптимизацией двухфакторного процесса с двумя выходными параметрами».

Варианты в количестве 21 представлены в пособии [2]. Возможно кратное увеличение количества вариантов путём изменения в исходных условиях всех вариантов доверительной вероятности расчётов в пределах 90-99% и ограничительного параметра по износу электрода-инструмента.

<sup>1</sup> Если выполнение курсового проекта/курсовой работы нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

<sup>2</sup> Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

ИДЗ включает в себя:

1. Введение.

1.1. Описание эксперимента.

1.2. Исходные данные и результаты измерений в эксперименте.

1.3. Задачи эксперимента и работы.

2. Обработка результатов эксперимента первого порядка.

3. Обработка результатов опытов центрального композиционного рототабельного униформ-планирования второго порядка.

3.1. Вычисления для выходного параметра оптимизации - производительность процесса.

3.2. Вычисления для ограничительного выходного параметра - относительного линейного износа электрода-инструмента.

4. Поиск и исследование области оптимума с помощью графоаналитического метода двумерных совмещенных сечений поверхности отклика.

5. Построение и анализ графиков.

Список литературы.

РГЗ включает семь рисунков:

Рис. 1 Двумерное факторное пространство.

Рис.2 Трёхмерный график функции производительности:

а - объёмный график;

б - график с видом по оси энергии;

в – график с видом по оси частоты;

Рис. 3 Трёхмерный график функции износа электрода-инструмента:

а – объёмный график;

б - график с видом по оси энергии;

в – график с видом по оси частоты;

Объем ИДЗ 25-30 стр.

В процессе выполнения расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ, ТЕКУЩЕГО КТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ПК-3. Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения низкой сложности.**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.4. Выбирает средства контроля технических требований, предъявляемых к деталям машиностроения низкой сложности.	Собеседование в ходе практических занятий и при защите РГЗ, зачет.
ПК-3.11. Выбирает стандартную контрольно-измерительную оснастку, необходимую для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения низкой сложности	Собеседование в ходе практических занятий и при защите РГЗ, зачет.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

#### для экзамена / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение. Основные понятия и определения. Понятие о дисциплине «Планирование и организация эксперимента». Основные понятия и определения в экспериментальных исследованиях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о дисциплине «Планирование и организация эксперимента», об эксперименте и экспериментальных исследованиях.</li> <li>2. Этапы научно-исследовательской работы и содержание этапа «экспериментальные исследования».</li> <li>3. Понятие о планировании эксперимента, его цели и методы. Классические методы постановки эксперимента.</li> <li>4. Понятие о статистическом методе планирования эксперимента, его достоинства.</li> <li>5. Понятие об объекте исследования, его разновидности и предъявляемые к нему требования.</li> <li>6. Понятие о параметре оптимизации, его разновидности и предъявляемые к нему требования.</li> <li>7. Понятие о факторе, его области определения. Требования, предъявляемые к факторам.</li> <li>8. Понятие о математической модели объекта, решаемые ею задачи. Понятие о поверхности отклика и факторном пространстве. Уравнение регрессии.</li> </ol>
2.	Полный факторный эксперимент. Выбор уровней и интервалов варьирования факторов. Кодирование уровней факторов. Планы первого порядка. Построение матрицы планирования эксперимента.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о математической модели объекта, решаемые ею задачи. Понятие о поверхности отклика и факторном пространстве. Уравнение регрессии.</li> <li>2. Выбор вида математической модели. Примеры полиномов.</li> <li>3. Выбор уровней и интервалов варьирования факторов</li> <li>4. Кодирование уровней факторов. Понятие о плане первого порядка и полном факторном эксперименте</li> <li>5. Построение матрицы планирования двухфакторного эксперимента с искомой моделью в виде нелинейного полинома первой степени. Понятие о линейном эффекте взаимодействия.</li> <li>6. Свойства матрицы планирования эксперимента.</li> <li>7. Два приема построения матриц планирования многофакторных экспериментов для линейных моделей.</li> <li>8. Достоинства и построение матрицы планирования дробного факторного эксперимента на примере трехфакторного эксперимента.</li> <li>9. Дробная реплика: определение, типы, обозначение</li> </ol>
3	Дробный факторный эксперимент. Построение матрицы планирования эксперимента. Дробная реплика: определение, типы, обозначение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Правила смешивания линейных эффектов с эффектами взаимодействия и генерирующее соотношение в дробных репликах.</li> <li>2. Построить матрицу плана дробной реплики типа <math>2^{5-2}</math>. Показать достоинства плана.</li> <li>3. Определение предельного значения числа <math>P</math>, характеризующего дробность реплики.</li> <li>4. Методы отсеивания несущественных факторов. метод парной корреляции.</li> <li>5. Рандомизация опытов во времени: назначение, пример рандомизации трехмерного эксперимента.</li> </ol>
4.	Проведение эксперимента. Отсеивание несущественных факторов. Компенсация влияния систематических погрешностей. Проведение и статистическая обработка параллельных (повторных) опытов. Сравнение двух выборок.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разбиение матрицы плана типа <math>2^k</math> на блоки: назначение, пример разбиения матрицы типа <math>2^3</math>.</li> <li>2. Понятие о параллельных опытах и их статистическая обработка: определение среднего значения измеренной величины, дисперсии и ошибки опыта.</li> <li>3. Выявление и исключение из результатов эксперимента сомнительных параллельных опытов</li> <li>4. Определение необходимого количества параллельных опытов.</li> <li>5. Сравнение двух выборок.</li> <li>6. Регрессивный анализ, его положения.</li> <li>7. Понятие линии регрессии, уравнение регрессии, методе наименьших квадратов. Задачи регрессивного анализа.</li> <li>8. Метод наименьших квадратов: назначение, вывод формул коэффициентов уравнения регрессии.</li> </ol>



		9. Три варианта проведения эксперимента и их отличительная особенность.
5.	Обработка результатов факторного эксперимента. Регрессивный анализ. Метод наименьших квадратов. Варианты проведения эксперимента и обработки и результатов опытов. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов. Раскодирование уровней регрессии.	1. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов: определение среднего значения параметра, дисперсии и ошибки опыта, выявление и исключение из результатов эксперимента сомнительных параллельных опытов. 2. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов: определение достаточности числа параллельных опытов, однородности дисперсий и дисперсии воспроизводимости всего эксперимента.
6.	Организация эксперимента. Виды экспериментов и организационно-техническая подготовка. Программа и методика эксперимента. Журнал ведения эксперимента	1. Вычисление коэффициентов модели и проверка их значимости в экспериментах без дублирования основных опытов. 2. Проверка адекватности модели в экспериментах без дублирования основных опытов. Оценка точности модели в насыщенных планах эксперимента. 3. Раскодирование уравнения регрессии для моделей в виде полинома 4. Раскодирование уравнения регрессии для моделей в виде степенной функции. 5. Виды экспериментов и организационно-техническая подготовка. 6. Программа и методика эксперимента. 7. Метрологическое обеспечение эксперимента 8. Журнал ведения эксперимента.
7.	Отыскание оптимума в экстремальных экспериментах методом крутого восхождения по поверхности отклика.	1. Отыскание оптимума методом «крутого восхождения» по поверхности отклика: сущность принципа движения к оптимуму по градиенту функции отклика. 2. Отыскание оптимума методом «крутого восхождения» по поверхности отклика: сущность шагового принципа движения к оптимуму, расчет координат точек при движении на примере однофакторного эксперимента. 3. Выбор и расчет шагов движения по градиенту при отыскании оптимума методом «крутого восхождения». Понятие о «мысленных опытах». Порядок окончания «крутого восхождения» .

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме допуска к выполнению и защиты практических работ; контроля выполнения разделов РГЗ. Итоговым контрольным этапом является зачет.

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области основ надежности и диагностики технологических систем
	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы
	Знание методики анализа надежности и диагностики технологических систем
	Знание основных методик диагностики технологических систем
Умения	Анализировать показатели надежности конструкции изделий низкой сложности.
	Выполнять мероприятия по разработке планов испытаний, определять достоверность оценок показателей надежности применительно к деталям низкой сложности
Навыки	Анализировать показатели конструкции изделий низкой сложности и выработать предложения по повышению надежности конструкций изделий машиностроения низкой сложности.
	Выполнять диагностику изделий машиностроения низкой сложности.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Знание методики анализа надежности и диагностики технологических систем	Не знает методики анализа надежности и диагностики технологических систем	Знает методику анализа надежности и диагностики технологических систем
Знание основных методик диагностики технологических систем	Не знает основных методик диагностики технологических систем	Знает основные методики диагностики технологических систем

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	2	5
Анализировать показатели надежности конструкции изделий низкой сложности.	Не умеет анализировать показатели надежности конструкции изделий низкой сложности.	Умеет анализировать показатели надежности конструкции изделий низкой сложности.
Выполнять мероприятия по разработке планов испытаний, определять достоверность оценок показателей надежности применительно к деталям низкой сложности	Не умеет выполнять мероприятия по разработке планов испытаний, определять достоверность оценок показателей надежности применительно к деталям низкой сложности	Умеет выполнять мероприятия по разработке планов испытаний, определять достоверность оценок показателей надежности применительно к деталям низкой сложности

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	2	5
Анализировать показатели конструкции изделий низкой сложности и вырабатывать предложения по повышению надежности конструкций изделий машиностроения низкой сложности.	Не может анализировать показатели конструкции изделий низкой сложности и вырабатывать предложения по повышению надежности конструкций изделий машиностроения низкой сложности.	Может анализировать показатели конструкции изделий низкой сложности и вырабатывать предложения по повышению надежности конструкций изделий машиностроения низкой сложности.
Выполнять диагностику изделий машиностроения низкой сложности.	Не может выполнять диагностику изделий машиностроения низкой сложности.	Может выполнять диагностику изделий машиностроения низкой сложности.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1. Материально-техническое обеспечение**

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий УК4 305, УК7 17	Специализированная мебель мультимедийная установка и интерактивная доска
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий УК4 312, УК7 17	Специализированная мебель, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
3	Специализированная лаборатория САПР для курсового проектирования. УК4 313, УК4 308	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы.	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### **6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение**

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Office Professional 2013	Лицензионный договор № 31401445414 от 25.09.2014.
2	Google Chrome.	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
3	Mozilla Firefox. Свободно распространяемое	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
4	Учебный комплект КОМПАС-3D V15 на 50 мест,	Лицензионное соглашение МЦ-11-00610 от 06.12.2011.
5	Перечень лицензий SIEMENS для БГТУ им. Шухова	Соглашение №1114/16 от 24.11.2016

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

#### **6.3.1. Перечень основной литературы**

1. Бойко А.Ф. Теория планирования многофакторных экспериментов: учебное пособие/А.Ф.Бойко, М.Н.Воронкова.-Изд-во БГТУ им.В.Г.Шухова, Белгород, 2014. 102с.
2. Бойко А.Ф. Теория планирования и организация многофакторных экспериментов: [электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направлений бакалавриата 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.01 –

Машиностроение, специальности 15.05.01 – Проектирование технол. машин и комплексов и магистратуры 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / А.Ф.Бойко, М.Н.Воронкова; БГТУ им.В.Г.Шухова.- Электрон.текстовые данные. – Белгород: Изд-во БГТУ им.В.Г.Шухова. 2014.- Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/201504221631309070000658858>

3. Бойко А.Ф. Планирования и организация эксперимента:[электронный ресурс]:лаб.практикум:учеб.пособие для студентов направления бакалавриата 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств/ А.Ф.Бойко,Т.А.Блинова;Мин-во образования и науки РФ, БГТУ им.В.Г.Шухова.- Электрон.текстовые данные.-Белгород:изд-во БГТУ им.В.Г.Шухова,2015.- Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015122515225109200000658701>

### **6.3.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Плешаков В.В. Планирование технологических экспериментов и обработка их результатов:учебное пособие/В.В.Плешаков,А.Г.Схиртладзе.–:Станкин, 2006. – 229с.

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. <http://elibrary.rsl.ru> – электронная библиотека РГБ;
2. <http://lib.walla/> – публичная электронная библиотека;
3. <http://techlibrary.ru> – техническая библиотека;
4. <http://window.edu.ru/window/library> – электронная библиотека научно-технической литературы;
6. <http://www.techlit.ru> – библиотека нормативно-технической литературы;
7. <http://e.lanbook.com> – электронная библиотечная система издательства «Лань»;
8. <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib> – библиотека СПбГТУ.