


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

СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры

И.В.Ярмоленко
« 20 » МAY 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

С.С.Латышев
« 20 » МAY 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

**ТЕОРИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МНОГОФАКТОРНЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Направление подготовки:

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Направленность образовательной программы:

Технология машиностроения

Квалификация:

Магистр

Форма обучения

Очно-заочная



Институт: Технологического оборудования и машиностроения

Кафедра: Технологии машиностроения

Белгород 2021

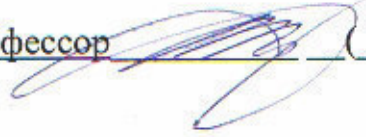
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «17» августа 2020 г. № 1046
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (А.Ф.Бойко)
ассист.  (К.В.Чуев)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 11/1

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (Т.А.Дуюн)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » Мая 20 21 г., протокол № 6/1

Председатель: доцент  (В.Б.Герасименко)

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	ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2-1 Применяет современные методы исследования, исследует, оценивает и представляет результаты выполненной работы.	Знать: – Общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента; – Проблемы и задачи организации научного и промышленного эксперимента; Уметь: – Выбирать план эксперимента; – Организовывать, планировать и проводить экспериментальные работы; – Применять современные математические программные пакеты MathCad, Maple, Matlab; Владеть: – Практическими навыками решения задач дисперсионного, регрессионного, корреляционного, факторного анализа, рассмотренных в течении курса

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Методология научных исследований в машиностроении
2	Теория планирования многофакторных экспериментов
3	Учебная научно-исследовательская работа

¹ В таблице должны быть представлены все дисциплины и(или) практики, которые формируют компетенцию в соответствии с компетентностным планом. Дисциплины и(или) практики указывать в порядке их изучения по учебному плану.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки²:

Форма промежуточной аттестации зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы ³	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	36	36
лекции	17	17
лабораторные	–	–
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ⁴	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	72	72
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	54	54
Экзамен, зачет	зачет	зачет

² если дисциплина не реализуется в рамках практической подготовки – предложение убрать

³ в соответствии с ЛНА предусматривать

- не менее 0,5 академического часа самостоятельной работы на 1 час лекций,
- не менее 1 академического часа самостоятельной работы на 1 час лабораторных и практических занятий,
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 экзамен
- 54 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовой проект, включая подготовку проекта, индивидуальные консультации и защиту
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 18 академических часов самостоятельной работы на 1 расчетно-графическую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 9 академических часов самостоятельной работы на 1 индивидуальное домашнее задание, включая подготовку задания, индивидуальные консультации и защиту
- не менее 2 академических часов самостоятельной работы на консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации

⁴ включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс__ Семестр __

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ⁵
1. Полный и дробный факторный эксперимент					
	Выбор локальной области эксперимента: выбор основного уровня и интервалов варьирования факторов. Формулы кодирования факторов. Понятие о планах первого порядка и полном факторном эксперименте. Порядок построения матрицы планирования эксперимента. Правила построения матрицы дробного многофакторного эксперимента. Понятие о дробной реплике, эффекте взаимодействия. Условные обозначения и характеристика дробных реплик.	2	2		7
2. Проведение эксперимента.					
	Методики отсеивания несущественных факторов. метод парной корреляции. Методы уменьшения влияния систематических погрешностей: рандомизация. разбиение матрицы плана на блоки. Порядок проведения и обработки параллельных опытов. Методика сравнения	2	2		7
3. Обработка результатов факторного эксперимента					
	Положения о регрессивном анализе. Назначение метода наименьших квадратов. Три варианта дублирования опытов в точках факторного пространства и обработки результатов эксперимента. Два метода раскодирования уравнений регрессии.	2	2		7
4. Отыскание оптимума в экстремальных экспериментах методом крутого восхождения по поверхности отклика.					
	Схема движения к оптимуму. Принципы движения к оптимуму: движение по градиенту функции и отклика, шаговый принцип движения. Расчёт координат точек движения к оптимуму.	2	2		7
5. Центральные композиционные планы (ЦКП) второго порядка для экстремальных экспериментов					
	Общий вид уравнения регрессии ЦКП. Схемы факторных пространств и матриц ЦКП для двух- и трехфакторных экспериментов. Особенности ортогональных и рототабельных ЦКП: область	3	3		9

⁵ Указать объем часов самостоятельной работы для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям

	применения, построение матриц планирования эксперимента, обработка результатов эксперимента.				
6. Поиск и исследование области оптимума.					
	Сущность методов поиска условного оптимума при исследовании многофакторных процессов. Особенности графоаналитического метода поиска оптимума квадратной функции: каноническое преобразование функции отклика, геометрическая интерпретация функции для двухфакторного эксперимента, анализ поверхности отклика с помощью метода двухмерных сечений	2	3		8
7. Оптимизация многофакторного процесса с несколькими выходными параметрами					
	Сущность оптимизации графоаналитическим методом с помощью совмещенных двухмерных сечений нескольких поверхностей отклика. Пример оптимизации двухфакторного технологического процесса путем решения компромиссной задачи: нахождение условного оптимума для одного выходного параметра при ограничении по второму параметру.	2	2		7
8. Планирование промышленных экспериментов.					
	Особенности планирования и реализации экспериментальных исследований в промышленных условиях. Сущность методов эволюционного планирования (ЭВОП) эксперимента и последовательного симплекс планирования. Схемы движения к оптимуму в двухфакторном пространстве. Построение матриц планирования эксперимента. Особенности обработки результатов эксперимента.	2	1		2
	ВСЕГО	17	17	–	54

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 ⁶
семестр № 2				
1	Полный и дробный факторный эксперимент	Для двух-, трёх-, четырех- и пятифакторных экспериментов построение матриц планирования эксперимента и исходных уравнений регрессии первого порядка. Анализ четырёх свойств матрицы планирования. Построение матриц дробного эксперимента типа: полуреплика, 1/4 реплика, 1/8 реплика и т.д. Правила смешивания линейных эффектов для получения дробных реплик	2	7
2	Проведение эксперимента	Проведение и статистическая обработка параллельных (повторных) опытов. Новый метод определения необходимого количества параллельных опытов.	2	7
3	Обработка результатов факторного эксперимента	Обработка результатов многофакторного эксперимента при равномерном, неравномерном дублировании опытов и без дублирования опытов. Раскодирование уравнений регрессии с исходной моделью в виде полинома m в виде степенной функции.	2	7
4	Отыскание оптимума в экстремальных экспериментах методом крутого восхождения по поверхности отклика	Принцип крутого восхождения – движение в направлении градиента функции отклика, практическое решение задачи отыскание оптимума функции стойкости инструмента.	2	7
5	Центральные композиционные планы второго плана для экстремальных экспериментов	Для двух- и трёхфакторных экспериментов построение матриц ортогональных и рототабельных ЦКП второго порядка и исходных квадратных уравнений регрессии. Порядок обработки результатов ЦКП.	3	9
6	Поиск и исследование области оптимума	Графоаналитический метод поиска и исследование области оптимума, представленной полиномом второй степени на примере двухфакторного технологического процесса и использование метода двумерных сечений.	3	8
7	Оптимизация	Решение задачи оптимизации	2	7

⁶ Количество часов самостоятельной работы для подготовки к практическим занятиям

	многофакторного процесса с несколькими параметрами	технологического процесса с несколькими выходными параметрами при взаимных ограничениях параметров на конкретном примере двухфакторного процесса электроэрозионной прошивки отверстий		
8	Планирование промышленных экспериментов	Решение задачи отыскания оптимума методом ЭВОП - эволюционного планирования эксперимента последовательного симплекс-планирования на примере двухфакторного процесса	1	2
9				
ИТОГО:			17	54

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁷

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁸

Учебным планом предусмотрено РГЗ 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.

РГЗ 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.

⁷ Если выполнение курсового проекта/курсовой работы нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

⁸ Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

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 РГЗ 25-30 стр.

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

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-2. Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности.⁹

(код и формулировка компетенции)

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
Применяет современные методы исследования, исследует, оценивает и представляет результаты выполненной работы.	Зачет, защита РГЗ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Полный факторный эксперимент	Выбор уровней и интервалов варьирования факторов. Кодирование уровней факторов. Понятие о плане первого порядка и полном факторном эксперименте. Построение матрицы планирования двухфакторного эксперимента с искомой линейной моделью.

⁹ Повторить пункт 1 для каждой компетенции, закрепленной в разделе 1.

		<p>Построение матрицы планирования двухфакторного эксперимента с искомой моделью в виде нелинейного полинома первой степени. Понятие о линейном эффекте и эффекте взаимодействия. Два приема построения матриц планирования многофакторных экспериментов для нелинейных моделей. Свойства матрицы планирования эксперимента.</p>
2	Дробный факторный эксперимент	<p>Достоинства и построение матрицы планирования дробного факторного эксперимента на примере трехфакторного эксперимента. Дробная реплика: определение, типы, обозначение Правила смешивания линейных эффектов с эффектами взаимодействия и генерирующее соотношение в дробных репликах. Построить матрицу плана дробной реплики типа 2^{5-2}. Показать достоинства плана. Определение предельного значения числа P, характеризующего дробность реплики</p>
3	Проведение эксперимента	<p>Методы отсеивания несущественных факторов. Метод парной корреляции. Рандомизация опытов во времени: назначение, пример рандомизации трехфакторного эксперимента. Разбиение матрицы плана типа 2^k на блоки: назначение, пример разбиения матрицы типа 2^3. Понятие о параллельных опытах и их статистическая обработка: определение среднего значения измеренной величины, дисперсии и ошибки опыта. Выявление и исключение из результатов эксперимента сомнительных параллельных опытов. Определение необходимого количества параллельных опытов. Сравнение двух выборок</p>
4	Обработка результатов факторного эксперимента	<p>Регрессивный анализ, его положения. Понятия о линии регрессии, уравнении регрессии, методе наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов: назначение, вывод формул коэффициентов уравнения регрессии. Три варианта проведения эксперимента и их отличительная особенность. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов. Вычисление коэффициентов модели и проверка их значимости в экспериментах с равномерным дублированием опытов. Проверка адекватности модели в экспериментах с равномерным дублированием опытов. Нормальный закон распределения измерений в параллельных опытах: математическая модель закона Гаусса и его геометрическое изображение. Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов. Проверка адекватности модели в экспериментах с равномерным дублированием опытов. Причины неадекватности и меры по обеспечению адекватности модели. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов. Вычисление коэффициентов модели и проверка их значимости в экспериментах без дублирования основных опытов. Проверка адекватности модели в экспериментах без дублирования основных опытов. Оценка точности модели в насыщенных планах эксперимента. Раскодирование уравнения регрессии для моделей в виде полинома. Раскодирование уравнения регрессии для моделей в виде степенной функции.</p>
5	Отыскание оптимума в экстремальных экспериментах методом крутого восхождения по	<p>Отыскание оптимума методом «крутого восхождения» по поверхности отклика: сущность принципа движения к оптимуму по градиенту функции отклика. Отыскание оптимума методом «крутого восхождения» по поверхности отклика: сущность шагового принципа движения к оптимуму, расчет координат точек при движении на примере однофакторного эксперимента. Выбор и</p>

	поверхности отклика	расчет шагов движения по градиенту при отыскании оптимума методом «крутого восхождения». Понятие о «мысленных» опытах. Порядок окончания «крутого восхождения».
6	Центральные композиционные планы второго плана для экстремальных экспериментов	Построение центральных композиционных планов 2го порядка. Построение центрального композиционного плана 2го порядка на примере трехфакторного эксперимента. Ортогональные центральные композиционные планы 2го порядка: преимущества, выбор «Звездного» плеча a и параметра ортогонизации Z . Матрица ортогонального ЦКП 2го порядка для двухфакторного эксперимента. Математическая модель для ортогонального ЦКП 2го порядка, общая формула для определения коэффициентов модели, проверка значимости коэффициентов и адекватности модели. Рототабельные центральные композиционные планы 2го порядка, их преимущество. Определение величины «Звездного» плеча, числа опытов плана. Пример построения матрицы рототабельного ЦКП 2го порядка для двухфакторного эксперимента. Математическая модель для рототабельного ЦКП 2го порядка, определение коэффициентов модели, проверка их значимости. Порядок пересчета коэффициентов квадратичной модели при отсеивании незначительных коэффициентов при квадратичных членах для рототабельного ЦКП 2го порядка на примере двухфакторного эксперимента Проверка адекватности модели для рототабельных ЦКП 2го порядка.
7	Поиск и исследование области оптимума	Методы поиска условного оптимума при исследовании многофакторных процессов. Каноническое преобразование квадратичной модели: определение центра поверхности отклика, параллельный перенос координатных осей в центр поверхности, поворот координатных осей. Каноническое преобразование квадратичной модели. Анализ поверхности отклика, представленной каноническим уравнением регрессии. Анализ поверхности отклика, представленной линейным уравнением регрессии.
8	Оптимизация многофакторного процесса с несколькими параметрами	Оптимизация многофакторного процесса с несколькими выходными параметрами (общие принципы)
9	Планирование промышленных экспериментов	Планирование промышленных экспериментов: особенности их проведения и требования к методам их планирования Эволюционное планирование эксперимента: область применения, терминология, схема ЭВоП, общее число опытов. Методика ЭВоП на примере двухфакторного двухуровневого плана Последовательное симплекс-планирование. Симплекс-планирование экстремальных экспериментов: выбор уровней факторов и схемы исходного симплекса. Симплекс-планирования экспериментальных экспериментов: определение коэффициентов в линейной модели и их значимости, оценка адекватности модели

**5.2.2. Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта/ курсовой работы**
Не предусмотрено учебным планом

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
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение организовывать, планировать и проводить экспериментальные работы
	Умение применять современные математические программные пакеты MathCad, Maple, Matlab
	Умение проверять решения и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять выполнение заданий
Навыки	Навык решения задач дисперсионного, регрессионного, корреляционного, факторного анализа

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
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает материал дисциплины в достаточном объеме
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы,
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно

	примерами	
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Грамотно и по существу излагает знания

Оценка сформированности компетенций по показателю «Умения»

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умение организовывать, планировать и проводить экспериментальные работы	Допускает грубые ошибки при организации, планирования и проведении эксперимента	Не допускает ошибки при организации, планирования и проведении эксперимента
Умение применять современные математические программные пакеты MathCad, Mapple, Matlab	Не применяет современных математических программные пакеты	В полном объеме применяет современных математические программные пакеты
Умение проверять решения и анализировать результаты	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий и решении практических задач. Не способен сформулировать и обосновать выводы по работе.	Не допускает ошибок при решении задач и выполнении заданий. Формулирует, обосновывает и делает выводы по работам
Умение качественно оформлять выполнение заданий	Не способен качественно оформлять (презентовать) выполнение заданий	Понятно и корректно оформляет (презентует) выполнение заданий

Оценка сформированности компетенций по показателю «Навыки»

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Навык решения задач дисперсионного, регрессионного, корреляционного, факторного анализа	Не владеет навыками решения задач дисперсионного, регрессионного, корреляционного, факторного анализа, рассмотренных в течении курса	Владеет в полном объеме навыками решения задач дисперсионного, регрессионного, корреляционного, факторного анализа, рассмотренных в течении курса

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	Специализированная аудитория для проведения лекционных занятий УК4 305, УК4 312, УК4 315, УК7 17, УК7 20.	Специализированная мебель, мультимедийный проектор с интерактивной доской, ПК.
2	Специализированная лаборатория САПР для курсового и дипломного проектирования УК4 313, УК4 308, УК7 17	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Windows 10 Pro	Подписка Microsoft Imagine Premiumid: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c. Срок действия до 01.05.2019.
2	Microsoft Office 2016	Соглашение №V6328633. Срок действия до 31.10.2020
3	Учебный комплект КОМПАС-3D V20	Лицензионное соглашение МЦ-11-00610 от 06.12.2011;

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

Перечень основной литературы

1. Бойко А. Ф., Воронкова М. Н. Теория планирования и организация многофакторных экспериментов [Электронный ресурс]: учебное пособие направлений магистратуры. – Белгород: изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015042216313090700000658858>
- 2.

Перечень дополнительной литературы

Отсутствует

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

1. <https://elib.bstu.ru> - электронная библиотека БГТУ им В.Г. Шухова
2. <http://e.lanbook.com> – электронная библиотечная система издательства «Лань»;
3. <http://www.iprbookshop.ru> - электронная библиотечная система издательства «IPR-books»
4. <http://elibrary.rsl.ru> – электронная библиотека РГБ;
5. <http://lib.walla/> – публичная электронная библиотека;
6. <http://techlibrary.ru> – техническая библиотека;