

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

*В.А. Уваров*  
В.А. Уваров

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Моделирование биотехнологических процессов**

направление подготовки (специальность):

19.03.01 «Биотехнология»

Направленность программы (профиль, специализация):

«Биотехнология»

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования бакалавриат по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10 августа 2021 № 736.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: д-р техн. наук, проф.  О.А. Аверкова

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ТГВ

« 15 » 04 2022 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  В.А. Уваров

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:

Промышленной экологии

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  С.В. Свергузова

«28» апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« \_\_\_\_\_ » мая 2022 г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А.Ю. Феоктистов

## 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
Общепрофессиональные	<p>ОПК-2</p> <p>Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>ОПК-2.1.</p> <p>Использует информационные, компьютерные и сетевые технологии, включая проведение расчетов и моделирование, при осуществлении поиска, хранения, обработки, анализа информации из различных источников и баз данных, с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p><b>Знание:</b> основы поиска, хранения и обработки информации; основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики</p> <p><b>Умение:</b> представлять профессиональную информацию в требуемом формате, с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование</p> <p><b>Навыки:</b> построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов</p>
	<p>ОПК-3</p> <p>Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК -3.1.</p> <p>Участвует в разработке алгоритмов функционирования биотехнологических процессов и программ управления, как их отдельными стадиями, так и всей технологической цепочкой</p>	<p><b>Знание:</b> алгоритмов функционирования биотехнологических процессов и программ управления ; математических моделей биопроцессов</p> <p><b>Умение:</b> использовать базы данных, программные продукты и ресурсы Интернета для решения профессиональных задач</p> <p><b>Навыки:</b> разработки алгоритмов и программ, пригодных для практического</p>

			применения в сфере своей профессиональной деятельности
		ОПК-3.2. Участвует в контроле и регулировании режимов работы оборудования и научных приборов в сфере профессиональной деятельности	<b>Знание</b> основы контроля и регулировании режимов работы оборудования и научных приборов в сфере биотехнологии <b>Умение:</b> планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления <b>Навыки:</b> определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция** ОПК-2 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>1</sup>
1	Информатика
2	Основы научных исследований
3	Математические методы в биотехнологии
4	Моделирование биотехнологических процессов
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**1. Компетенция** ОПК-3 Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>2</sup>
1	Электротехника и электроника
2	Моделирование биотехнологических процессов
3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины 4 зач. единицы, 144 часа

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	58	58
лекции	18	18
лабораторные		
практические	36	36
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	86	86
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	86	86
Экзамен	Экзамен	Экзамен

**1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 4 Семестр 8**

№ 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
<b>1. Элементы теории вероятности и математической статистики</b>					
	Обработка результатов эксперимента статистическими методами. Понятие случайной величины, вероятности появления события, функции распределения и плотности распределения вероятности. Основные числовые характеристики случайной величины: математическое ожидание, дисперсия и их свойства. Законы распределения случайных величин. Стохастическая связь. Понятие генеральной совокупности, выборки. Выборочные статистические характеристики: среднее арифметическое, выборочная дисперсия, выборочный коэффициент корреляции.	4	4		8
<b>2. Моделирование кинетики ферментативных реакций.</b>					
	Определение кинетических параметров ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.	2	2		4
<b>3. Моделирование процесса периодического культивирования микроорганизмов</b>					
	Моделирование, расчет и анализ периодических процессов культивирования микроорганизмов, протекающих в биотехнологических процессах	6	2		6
<b>4. Моделирование процесса культивирования микроорганизмов в хемостате</b>					
	Моделирование, расчет и анализ процесса непрерывного культивирования микроорганизмов	4	4		8

5. Анализ результатов биотехнологического эксперимента					
	Вывод основных расчетных соотношений. Вычислительный алгоритм. Описание эмпирической зависимости выходного параметра от входного. Поисковый эксперимент.	6	2		8
6. Задачи оптимизации					
	Постановка задачи оптимизации. Общие приемы поиска оптимального значения критерия оптимизации. Практические расчеты. Уравнение регрессии. Способы решения задач оптимизации: схема Зайделя – Гаусса, схема поиска экстремума. Метод Бокса.	10	2		6
7. Методы обработки экспериментальных данных					
	Критерии Стюдента, Пирсона, Кохрена, Фишера	4	2		10
	ВСЕГО	36	18		86

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 8				
1	Моделирование кинетики ферментативных реакций	Моделирование, расчет и анализ кинетики ферментативных реакций, протекающих в биотехнологических процессах	4	2
2	Моделирование процесса периодического культивирования микроорганизмов	Моделирование, расчет и анализ периодических процессов культивирования микроорганизмов, протекающих в биотехнологических процессах	6	2
3	Моделирование процесса культивирования	Моделирование, расчет и анализ процесса непрерывного	6	2

	микроорганизмов в хемостате	культивирования микроорганизмов		
4	Анализ результатов биотехнологического эксперимента	Описание эмпирической зависимости выходного параметра от входного. Поисковый эксперимент.	2	2
5	Задачи оптимизации	Способы решения задач оптимизации: схема Зайделя – Гаусса, схема поиска экстремума. Метод Бокса.	3	3
6	Методы обработки экспериментальных данных	Определение критериев Стюдента, Пирсона, Кохрена, Фишера	3	3
ВСЕГО:			18	18

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрены

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы<sup>3</sup>

Не предусмотрено учебным планом

### 4.5. Перечень индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

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

### 5.1. Реализация компетенций

- 1. Компетенция ОПК-2** Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности

Наименование индикатора достижения	Используемые средства оценивания
------------------------------------	----------------------------------

компетенции	
ОПК-2.1. Использует информационные, компьютерные и сетевые технологии, включая проведение расчетов и моделирование, при осуществлении поиска, хранения, обработки, анализа информации из различных источников и баз данных, с учетом основных требований информационной безопасности	Тестовый контроль, собеседование, устный опрос, экзамен.

**2. Компетенция ОПК-3** Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК -3.1. Участствует в разработке алгоритмов функционирования биотехнологических процессов и программ управления, как их отдельными стадиями, так и всей технологической цепочкой	Тестовый контроль, собеседование, устный опрос, экзамен.
ОПК-3.2. Участствует в контроле и регулировании режимов работы оборудования и научных приборов в сфере профессиональной деятельности	Тестовый контроль, собеседование, устный опрос, экзамен.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

Компетенции	Содержание вопросов (типовых заданий)	
ОПК – 2	1.	Методы научных исследований (теоретические, эмпирические)
	2.	Определение терминов (Наблюдение, эксперимент, измерение и др.)
	3.	Погрешности измерений
	4.	Критерий Стьюдента
	5.	Критерий Фишера
	6.	Критерий Кохрена. Воспроизводимость опытов.
	7.	Планирование эксперимента
	8.	"Черный ящик", факторы, отклик, число состояний (определения).
	9.	Параметры оптимизации, требования к параметрам оптимизации
	10.	Факторы. Определение фактора, требования предъявляемые к факторам
	11.	Выбор модели. Шаговый принцип.
	12.	Полный факторный эксперимент. Принятие решений перед планированием эксперимента.
	13.	Проведение эксперимента. Сбор информации (априорная информация, выбор факторов, число опытов)
	14.	Обработка результатов эксперимента. Метод наименьших квадратов
ОПК-3	15.	Погрешности средств измерений и результатов измерений.

	16.	Методы вероятностного описания результатов измерений и их погрешностей.
	17.	Математическая обработка исправленных результатов измерений.

### **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**

#### ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ.

1. Какие виды моделирования существуют?

- а) математическое, имитационное, физическое
- б) систематическое, физическое, математическое
- в) имитационное, биологическое, математическое
- г) физическое, биологическое, систематическое

2. Какой принцип лежит в основе физического моделирования?

- а) симметрия
- б) подобия
- в) асимметрия
- г) равенства

3. Какой принцип лежит в основе математического моделирования?

- а) подобия
- б) равенства
- в) соответствия
- г) симметрии

4. Какого вида моделирования не существует?

- а) поляризационно-оптический,
- б) приближённый
- в) специальные устройства
- г) физические устройства

5. На основе каких методик осуществляется наблюдения за выходами X и Y объекта?

- а) пассивного или активного эксперимента
- б) случайного или выборочного эксперимента
- в) связующего или фактического эксперимента
- г) виртуального или натурального эксперимента

6. Какой формулой пользуются при проверке адекватности модели, если в каждом эксперименте осуществляется только один замер Y?

- а) дифференциальное уравнение

- б) уравнение регрессии
- в) уравнение математического ожидания
- г) уравнение дисперсии

7. Какие исходные данные необходимы для определения коэффициентов регрессии?

- а) среднее арифметическое, коэффициент Фишера
- б) коэффициент корреляции, среднеквадратическое отклонение
- в) коэффициент Стьюдента, среднее геометрическое
- г) коэффициент Фишера, коэффициент Стьюдента

8. Область применения метода Брандона?

- а) построение нелинейной математической модели
- б) построение имитационной модели
- в) построение физической модели
- г) построение виртуальной модели

9. Какой критерий используется для проверки: значимости оценок коэффициентов регрессии?

- а) коэффициент Стьюдента
- б) коэффициент Фишера
- в) коэффициент корреляции
- г) остаточная дисперсия

10. Какой критерий используется для проверки адекватности математической модели?

- а) коэффициент Стьюдента
- б) коэффициент Фишера
- в) коэффициент корреляции
- г) взаимная корреляция

11. Какие элементы совместно рассматривают в рамках единой в биотехнических системах (БТС)?

- а) технические и физические
- б) соматические и математические
- в) технические и биологические
- г) соматические и биологические

12. Какие режимы функционирования должна обеспечивать изучение модели БТС?

- а) физический и биологический
- б) статический и динамический
- в) математический и статический
- г) физический и динамический

13. Для чего используются критерии Стьюдента?

- а) оценка значимости коэффициентов регрессии
- б) оценка взаимной корреляции
- в) проверка адекватности математической модели
- г) проверка адекватности физической модели

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично<sup>4</sup>.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
<p><b>ОПК-2</b> Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности</p> <p><b>ОПК-2.1.</b> Использует информационные, компьютерные и сетевые технологии, включая проведение расчетов и моделирование, при осуществлении поиска, хранения, обработки, анализа информации из различных источников и баз данных, с учетом основных требований информационной безопасности</p>	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	представлять профессиональную информацию в требуемом формате, с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование
Навыки	Имеет навыки построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов
<p><b>ОПК-3</b> Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК -3.1.</b> Участвует в разработке алгоритмов функционирования биотехнологических процессов и программ управления, как их отдельными стадиями, так и всей технологической цепочкой</p> <p><b>ОПК-3.2.</b> Участвует в контроле и регулировании режимов работы оборудования и научных приборов в сфере профессиональной деятельности</p>	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	использовать базы данных, программные продукты и ресурсы Интернета для решения профессиональных задач

<sup>4</sup> В ходе текущей аттестации могут быть использованы балльно-рейтинговые шкалы.

	планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления
Навыки	определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования разработки алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности

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

Оценка сформированности компетенции ОПК-2, ОПК-3 по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные

		знаний		выводы
--	--	--------	--	--------

Оценка сформированности компетенции ОПК-2, ОПК-3 по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенции ОПК-2, ОПК-3 по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их

				самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

## 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	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313	Специализированная мебель. Компьютерный класс, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023.
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор №102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) №27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022 г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

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

1. Аверкова, О.А. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции / О. А. Аверкова ; БГТУ им. В. Г. Шухова . - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. - 109 с.

Электронный вариант издания: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246>

2. Математическое моделирование процессов в системах аспирации [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Ч. I ; Ч. II / О. А. Аверкова, К. И. Логачёв. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.

Электронный вариант издания: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918051481673700006545>

3. Логачев, К.И. Математические модели и численные методы САПР систем ТГВ / К. И. Логачев, О. А. Аверкова ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. - 154 с.

4. Срочко, В. А. Численные методы : курс лекций / В. А. Срочко. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 203 с.

5. 1. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : учеб. / В. С.

- Зарубин; ред.: В. С. Зарубин, А. П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 495 с.
6. 2. Самарский, А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Наука, 1989. - 432 с.
7. 3. Пирумов, У. Г. Численные методы : учебное пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Дрофа, 2003. - 221 с.
8. 4. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - Изд. 2-е, стер. - М.: Высш. шк., 2006. - 480 с. - (Прикладная математика для вузов).
9. 5. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Аверченков — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>
10. 6. Янилкин Ю.В., Стаценко В.П., Козлов В.И. Математическое моделирование турбулентного перемешивания в сжимаемых средах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Янилкин, В. П. Стаценко, В.И. Козлов — Саратов: Российский федеральный ядерный центр, 2009. — 508с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18438>
11. 7. Саталкина Л.В., Пеньков В.Б. Математическое моделирование: задачи и методы механики. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Л.В. Саталкина, В.Б. Пеньков В.Б. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2013. — 97с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22880>
12. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для бакалавров : [базовый курс] / В. Е. Гмурман. - 11-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2013. - 403, [1] с. : ил.

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

1. EqWorld Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/>
2. Открытая Научная Интернет Библиотека <http://lib.e-science.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
4. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>
5. Сайт НеХудожественная Литература NeHudLit: <http://www.nehudlit.ru/books/subcat352.html>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО