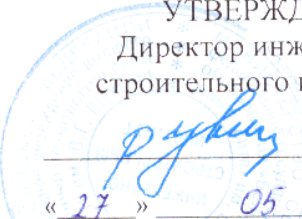


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО  
Директор института магистратуры  
  
И.В. Ярмоленко  
« 27 » 05 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор инженерно-  
строительного института  
  
В.А. Уваров  
« 27 » 05 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Численные методы решения задач теплогазоснабжения

направление подготовки (специальность):

08.04.01 «Строительство»

Направленность программы:

Теплогазоснабжение населенных мест и промышленных предприятий

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

**Институт:** инженерно-строительный

**Кафедра:** теплогазоснабжение и вентиляции

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», утвержденного приказом Минобрнауки России № 482 от 31.05.2017 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители):

канд. техн. наук, ст. преп.  
(ученая степень и звание, подпись)

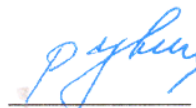


(И.В. Крюков)  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
«Теплогасоснабжение и вентиляция»

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, профессор  
(ученая степень и звание, подпись)



(В.А. Уваров)  
(инициалы, фамилия)

«14» 05 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«14» мая 2021 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, профессор  
(ученая степень и звание, подпись)



(В.А. Уваров)  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«27» мая 2021 г., протокол № 10

Председатель:

канд. техн. наук, доцент  
(ученая степень и звание, подпись)



(А.Ю. Феоктистов)  
(инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения при прохождении практики
Проектный	ПК-3 Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения	<p>ПК-3.1. Выбирает данные для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> порядок выбора исходных данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать данные для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа и сбора данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p>
		<p>ПК-3.2. Выбирает метод и методику выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять расчётное обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора методов и методик выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.</p>
		<p>ПК-3.3. Выполняет и контролирует проведение расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> порядок и правила проведения расчётного обоснования технологических,</p>

		<p>систем теплогазоснабжения, документирование результатов расчётного обоснования</p>	<p>технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.  <b>Уметь:</b> выполнять и производить контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, составлять отчет.  <b>Владеть:</b> навыками контроля проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, документирования результатов расчётного обоснования.</p>
		<p>ПК-3.4. Выбирает вариант технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения на основе технико-экономического сравнения вариантов</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> типовые варианты технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.  <b>Уметь:</b> проводить выбор проектных решений систем теплогазоснабжения на основе технико-экономического сравнения вариантов.  <b>Владеть:</b> навыками выбора технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения на основе технико-экономического сравнения вариантов.</p>
<p>Научно-исследовательский</p>	<p>ПК-7 Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения</p>	<p>ПК-7.1. Формулирует цели, ставит задачи исследования в сфере теплогазоснабжения</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> порядок постановки целей и задачи исследования.  <b>Уметь:</b> формулировать цели и ставить задачи исследования в сфере теплогазоснабжения.  <b>Владеть:</b> навыками формулирования целей и постановки задач в сфере теплогазоснабжения.</p>
		<p>ПК-7.2. Выбирает метод и/или методику проведения исследований в сфере теплогазоснабжения</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> методы и/или методики проведения исследования</p>

			<p>ний в сфере теплогазоснабжения.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить исследования в сфере теплогазоснабжения.</p> <p><b>Владеть:</b> методами и/или методиками проведения исследований в сфере теплогазоснабжения.</p>
		ПК-7.3. Составляет план исследований в сфере теплогазоснабжения	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> порядок составления плана исследований.</p> <p><b>Уметь:</b> составлять план исследований в сфере теплогазоснабжения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками составления плана исследований в сфере теплогазоснабжения.</p>
		ПР-7.4. Определяет перечень ресурсов, необходимых для проведения исследования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> виды и принцип работы оборудования для проведения исследований.</p> <p><b>Уметь:</b> подбирать и определять необходимый перечень ресурсов для проведения исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> правилами составления перечня ресурсов для проведения исследования.</p>
		ПК-7.5. Составляет аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> источники научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения, порядок и требования по проведению аналитического обзора.</p> <p><b>Уметь:</b> составлять и проводить аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками составления аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения.</p>
		ПК-7.6. Разрабатывает физические и/или математические модели исследуемых объектов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> алгоритмы разработки физических и/или математических моделей исследуемых</p>

			<p>объектов, основные уравнения.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать физические и/или математические модели исследуемых объектов.</p> <p><b>Владеть:</b> методами и алгоритмами разработки физических и/или математических моделей исследуемых объектов, навыками работы в специализированных программных продуктах по моделированию.</p>
		<p>ПК-7.7. Осуществляет математическое моделирование в сфере теплогаснабжения</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> основы математического моделирования в сфере теплогаснабжения, основные уравнения, способы решения уравнений, численные метода решения уравнений.</p> <p><b>Уметь:</b> строить математические модели и проводить их исследование.</p> <p><b>Владеть:</b> основами математического моделирования для проведения исследований в сфере теплогаснабжения, навыками работы в специализированных программных продуктах по моделированию.</p>
		<p>ПК-7.8. Обрабатывает и систематизирует результаты исследования и получает экспериментально-статистические модели, описывающие поведение исследуемого объекта</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы обработки и систематизации результатов исследования и получения экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта</p> <p><b>Уметь:</b> проводить обработку и систематизацию результатов исследования</p> <p><b>Владеть:</b> методами обработки и систематизации результатов исследования и получения экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта</p>
		<p>ПК-7.9. Оформляет анали-</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p>

		<p>тические научно-технические отчеты по результатам исследования</p>	<p><b>Знать:</b> порядок и требования по оформлению научно-технического отчета.  <b>Уметь:</b> оформлять научно-технические отчеты по результатам исследования.  <b>Владеть:</b> навыками оформления научно-технического отчета по результатам исследования</p>
		<p>ПК-7.10. Представляет и защищает результаты проведенных научных исследований, подготавливает публикации на основе принципов научной этики</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> порядок написания научной публикации, порядок представления и защиты результатов научных исследований.  <b>Уметь:</b> представлять и защищать результаты проведения научных исследований, подготавливать материал для публикации.  <b>Владеть:</b> научными терминами, понятиями, этикой при представлении и защите результатов научных исследований.</p>
		<p>ПК-7.11. Контролирует соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> требования охраны труда при выполнении исследований, нормативные документы по охране труда.  <b>Уметь:</b> контролировать соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований.  <b>Владеть:</b> навыками контроля при соблюдении требований охраны труда при выполнении исследований</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ПК-3** Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Проектирование теплогенерирующих и теплонасосных установок
2	Проектирование газораспределительных систем
3	Теплогидродинамические процессы в технологическом оборудовании систем теплогазоснабжения
4	Проектирование энергосберегающих систем теплоснабжения
5	Численные методы решения задач теплогазоснабжения
6	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
7	Процессы горения и горелочные устройства
8	Сжигание топлива и контроль процессов горения
9	Автоматизированное проектирование систем теплогазоснабжения
10	Автоматизированное проектирование оборудования теплогазоснабжения
11	Проектное обучение
12	Производственная преддипломная практика
13	Производственная научно-исследовательская работа
14	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
15	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**Компетенция ПК-7** Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Математическое моделирование процессов теплогазоснабжения
2	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
3	Производственная научно-исследовательская работа
4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы



### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Форма промежуточной аттестации зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	53	53
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические	-	-
консультации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	55	55
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	46	46
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 1 Семестр №2

№ 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
1	2	3	4	5	6
1	<b>Численные методы решения нелинейных уравнений, системы линейных алгебраических уравнений.</b> Метод деления отрезка пополам. Метод Ньютона. Метод простой итерации. Метод Гаусса. Метод обратной матрицы.	2	-	4	6
2	<b>Численные методы интегрирования, решения обыкновенных дифференциальных уравнений.</b> Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод парабол. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты.	2	-	4	6
3	<b>Численное моделирование при решении задач аэро-, гидродинамики, теплообмена.</b> Метод конечных элементов. Метод конечных разностей. Метод контрольных объемов. Программные продукты, используемые для численного моделирования (ANSYS, SolidWorks Flow Simulation, COMSOL).	2	-	4	6
4	<b>Основы численных исследований в SolidWorks Flow Simulation.</b> Построение расчетной модели. Понятие эскиза. Создание и редактирование эскиза. Построение вспомогательных точек, отрезков, плоскостей. Построение различных элементов из эскиза. Построение отверстий и вырезов. Понятие сборки.	5	-	10	13
5	<b>Настройка решателя SolidWorks Flow Simulation</b> Общие настройки. Понятие внешней и внутренней задачи. Стационарное и нестационарное условия. Задание начальных условий. Задание граничных условий. Типы граничных условий. Построение расчетной сетки.	5	-	10	13
6	<b>Обработка результатов численного исследования</b>	1	-	2	2
<b>ВСЕГО</b>		<b>17</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>46</b>

### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 2				
1	1	Методы решения нелинейных уравнений, системы линейных алгебраических уравнений	4	4
2	2	Методы интегрирования, решения обыкновенных дифференциальных уравнений	4	4
3	3,4	Построение численной модели теплообменного аппарата	14	14
4	5	Численное моделирование процессов теплообмена аппарата	10	10
5	6	Обработка результатов численного моделирования	2	2
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>34</b>

### 4.4. Содержание курсового проекта

Не предусмотрено учебным планом

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуального домашнего задания

Учебным планом предусмотрено выполнение студентом индивидуального домашнего задания. На основании лабораторных занятий студент выполняет построение трехмерной модели и проводит ее численное исследование и моделирование процессов теплообмена или течения жидкости/газа в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation.

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

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция ПК-3** Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.1. Выбирает данные для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет

систем теплогазоснабжения	
ПК-3.2. Выбирает метод и методику выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-3.3. Выполняет и контролирует проведение расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, документирование результатов расчётного обоснования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-3.4. Выбирает вариант технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения на основе технико-экономического сравнения вариантов	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет

**Компетенция ПК-7** Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-7.1. Формулирует цели, ставит задачи исследования в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.2. Выбирает метод и/или методику проведения исследований в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.3. Составляет план исследований в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПР-7.4. Определяет перечень ресурсов, необходимых для проведения исследования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.5. Составляет аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.6. Разрабатывает физические и/или математические модели исследуемых объектов	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.7. Осуществляет математическое моделирование в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.8. Обрабатывает и систематизирует результаты исследования и получает экспериментально-статистические модели, описывающие поведение исследуемого объекта	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.9. Оформляет аналитические научно-технические отчеты по результатам исследования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
ПК-7.10. Представляет и защищает результаты проведённых научных исследований, подготавливает публикации на основе принципов научной этики	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет

ПК-7.11. Контролирует соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, выполнение лабораторных работ, зачет
--	---

## 5.2 Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Численные методы решения нелинейных уравнений, системы линейных алгебраических уравнений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод деления отрезка пополам.</li> <li>2. Метод Ньютона.</li> <li>3. Метод простой итерации.</li> <li>4. Метод Гаусса.</li> <li>5. Метод обратной матрицы.</li> </ol>
2	Численные методы интегрирования, решения обыкновенных дифференциальных уравнений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод прямоугольников.</li> <li>2. Метод трапеций.</li> <li>3. Метод парабол.</li> <li>4. Метод Эйлера.</li> <li>5. Метод Рунге-Кутты.</li> </ol>
3	Численные моделирование при решении задач аэро-, гидродинамики, теплообмена	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод конечных элементов.</li> <li>2. Метод конечных разностей.</li> <li>3. Метод конечных объемов.</li> <li>4. Программные продукты, используемые для численного моделирования.</li> </ol>
4	Основы численных исследований в SolidWorks Flow Simulation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение расчетной модели.</li> <li>2. Понятие эскиза.</li> <li>3. Создание и редактирование эскиза.</li> <li>4. Построение вспомогательных точек, отрезков, плоскостей. Построение различных элементов.</li> <li>5. Построение отверстий и вырезов.</li> <li>6. Понятие сборки.</li> </ol>
5	Настройка решателя SolidWorks Flow Simulation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие настройки.</li> <li>2. Понятие внешней и внутренней задачи.</li> <li>3. Стационарное и нестационарное условия.</li> <li>4. Задание начальных условий.</li> <li>5. Задание граничных условий.</li> <li>6. Типы граничных условий.</li> <li>7. Построение расчетной сетки.</li> </ol>
6	Обработка результатов численного исследования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вывод результатов моделирования.</li> <li>2. Вывод поверхностных и объемных параметров.</li> <li>3. Построение траектории потока.</li> <li>4. Построение результатов на поверхности и в сечении.</li> <li>5. Построение графиков.</li> </ol>

### 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 выполнения индивидуального домашнего задания.

**Цель задания.** Целью задания является проведение студентом численного моделирования в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation элемента системы теплоснабжения или газоснабжения согласно теме магистерской работы по согласованию с преподавателем.

**Оформление индивидуального домашнего задания.** ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в виде отчета на листах формата А4. Отчет индивидуального домашнего задания должен иметь следующую структуру: титульный лист; содержание, практическая часть в виде результатов численных вычислений, выполненных в программном комплексе «SolidWorks» в пакете «Flow Simulation», графиков, построенных в вычислительном редакторе «Microsoft Excel», список используемой литературы. Выполнение практической части ИДЗ должно сопровождаться необходимыми комментариями, т.е. все основные моменты последовательности выполнения полученного задания должны быть раскрыты и обоснованы. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

#### Перечень вопросов для самоконтроля

1. Метод деления отрезка пополам.
2. Метод Ньютона.
3. Метод простой итерации.
4. Метод Гаусса.
5. Метод обратной матрицы.
6. Метод прямоугольников.
7. Метод трапеций.
8. Метод парабол.
9. Метод Эйлера.
10. Метод Рунге-Кутты.
11. Метод конечных элементов.
12. Метод конечных разностей.
13. Метод конечных объемов.
14. Программные продукты, используемые для численного моделирования.
15. Построение расчетной модели.
16. Понятие эскиза.
17. Создание и редактирование эскиза.
18. Построение вспомогательных точек, отрезков, плоскостей. Построение различных элементов.
19. Построение отверстий и вырезов.
20. Понятие сборки.
21. Общие настройки.
22. Понятие внешней и внутренней задачи.
23. Стационарное и нестационарное условия.
24. Задание начальных условий.

25. Задание граничных условий.
26. Типы граничных условий.
27. Построение расчетной сетки.
28. Вывод результатов моделирования.
29. Вывод поверхностных и объемных параметров.
30. Построение траектории потока.
31. Построение результатов на поверхности и в сечении.
32. Построение графиков.

#### 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 практике	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умение	Умение использовать термины, определения, понятия
	Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы
Владение	Объем освоенного материала
	Способность полностью отвечать на вопросы
	Способность четко излагать и интерпретировать знания
	Способность использовать термины, определения, понятия
Владение	Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов
	Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
<b>Знание терминов, определений, понятий</b>	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
<b>Знание основных закономерностей, соотношений, принципов</b>	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретации	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать

			претирует и использует	
<b>Объем освоенного материала</b>	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
<b>Полнота ответов на вопросы</b>	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
<b>Четкость изложения и интерпретации знаний</b>	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 компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
<b>Умение использовать термины, определения, понятия</b>	Не умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, но допускает неточности формулировок	Умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
<b>Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы</b>	Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
<b>Объем освоенного материала</b>	Не способен к освоению значительной части материала дисциплины	Способен к освоению только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Способен к освоению материала дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями



<b>Способность полностью отвечать на вопросы</b>	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
<b>Способность четко излагать и интерпретировать знания</b>	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 способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять 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 компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
<b>Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями</b>	Не владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, но допускает неточности формулировок	Владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, может корректно сформулировать их самостоятельно
<b>Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов</b>	Не владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, их интерпретирует и использует	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
<b>Объем освоенного материала</b>	Не владеет значительной частью материала дисциплины	Владеет только основным материалом дисциплины, не усвоил его деталей	Владеет материалом дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
<b>Полнота ответов на вопросы</b>	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
<b>Четкость изложения и интерпретации знаний</b>	Владеет знаниями без логической последовательности	Владеет знаниями с нарушениями в логической последовательности	Владеет знаниями без нарушений в логической последовательности	Владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя

	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью 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**

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе кафедры.

Предусматривается использование сертифицированного программного обеспечения для математического моделирования.

Каждый магистр разрабатывает математическую модель для своей выпускной квалификационной работы – магистерской диссертации.

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

Программные комплексы «SolidWorks Flow Simulation» (учебная версия).

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

1. 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.

2. Логачев, К.И. Математическое моделирование и математическое обеспечение систем теплогазоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс] <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920344837515700001801>

3. Волков, Е. А. Численные методы: учеб. пособия / Е. А. Волков. - СПб. : Лань, 2004, 2008 - 248 с.

4. Киреев, В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2008. – 480с.

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

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.

2. Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Математические модели тепломассопереноса в высокотемпературных установках: монография Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова,

2017. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017112816464969400000655211>

3. Рубанов В.Г., Величко Д.В. Численные методы и оптимизация: учеб. пособие для студентов технических специальностей вузов. Издательство:Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017020713440928400000651054>

4. Пирумо, У.Г. Численные методы: учебное пособие / У.Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Дрофа, 2003. - 221 с.

5 Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Аверченков Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. 271 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>

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. 508 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18438>

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. 97 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22880>

8. Электронно-библиотечная система "IPRbooks", <http://www.iprbookshop.ru>.

9. Научная электронная библиотека Elibrary, <https://elibrary.ru>.

10. Электронно-библиотечная система "Book On Lime", <https://bookonlime.ru>.