


**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/  
« 31 » 05 20 19 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
  
\_\_\_\_\_/Уваров В.А./  
« 31 » 05 20 19 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Математическое моделирование процессов теплогазоснабжения

направление подготовки:  
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 по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» (уровень магистратура), утвержденного приказом № 482 от 31.05.2017 г.
- учебного плана БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2019 году.

Составитель (составители): асс., к.т.н.



(И.В. Крюков)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Теплогазоснабжение и вентиляция

Заведующий кафедрой: профессор, д.т.н.



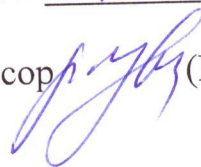
(В.А. Уваров)

« 14 » 05 2019 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2019 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор



(В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент



(А.Ю. Феокистов)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения при прохождении практики
	ОПК-6 Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства	ОПК-6.1 Формулирование целей, постановка задачи исследований	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> как осуществляется формулировка цели исследования и какие задачи в рамках этой цели должны ставиться перед исследователем</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать цели ставить задачи научного исследования</p> <p><b>Владеть:</b> требуемым объемом знаний по постановке целей и задач исследования</p>
		ОПК-6.2 Выбор способов и методик выполнения исследований	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> способы и методики выполнения исследования</p> <p><b>Уметь:</b> грамотно выбирать способы и методики для проведения исследований</p> <p><b>Владеть:</b> способами и методиками проведения исследования</p>
		ОПК-6.3 Составление программы для проведения исследований, определение потребности в ресурсах	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> правила составления программы исследования, способы определения потребности в тех или иных ресурсах для проведения исследований</p> <p><b>Уметь:</b> составлять программу научного исследования</p> <p><b>Владеть:</b> требуемым набором правил и способов для составления программы исследования</p>
		ОПК-6.4 Составление плана исследования с помощью методов факторного анализа	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы факторного анализа, как составляется</p>

			<p>план исследований</p> <p><b>Уметь:</b> составлять план исследования с помощью методов факторного анализа</p> <p><b>Владеть:</b> методами факторного анализа</p>
		<p>ОПК-6.5 Выполнение и контроль выполнения эмпирических исследований объекта профессиональной деятельности</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы контроля и проведения эмпирических исследований</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять эмпирические исследования и осуществлять их контроль в рамках объекта профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> методами контроля и проведения эмпирических исследований</p>
		<p>ОПК-6.6 Обработка результатов эмпирических исследований с помощью методов математической статистики и теории вероятностей</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы математической статистики и теории вероятности для обработки результатов</p> <p><b>Уметь:</b> обрабатывать результаты эмпирических исследований с помощью различных методов</p> <p><b>Владеть:</b> методами математической статистики и теории вероятности</p>
<p>Проектный</p>	<p>ПКО-3 Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции</p>	<p>ПКО-3.1 Выбор данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> нормативные документы и необходимые методы для выполнения проектных расчетов систем теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать данные для проведения расчетов различных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Владеть:</b> необходимыми методами для выполнения проектных расчетов систем теплогазоснабжения и вентиляции</p>

		<p>ПКО-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> методы и методики необходимые для выполнения требуемых расчетов  <b>Уметь:</b> проводить расчетное обоснование предлагаемых им конструктивных и технических решений  <b>Владеть:</b> методиками для проведения требуемых расчетов</p>
		<p>ПКО-3.3 Выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, документирование результатов расчётного обоснования</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> нормативные методы и способы, направленные на выполнение и контроль проведения расчетного обоснования различных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Уметь:</b> составлять документацию результатов расчетного обоснования различных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Владеть:</b> необходимой информацией для проведения и контроля выполнения расчетного обоснования различных решений систем теплогазоснабжения</p>
<p>Научно-исследовательский</p>	<p>ПКР-1 Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>ПКР-1.1 Формулирование целей, постановка задач исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> как правильно осуществляется постановка задач исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Уметь:</b> формулировать цель и ставить перед собой в</p>

			<p>рамках цели задачи исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Владеть:</b> методами формулирования целей и постановки задач в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>
		<p>ПКР-1.2 Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> методы и методики проведения исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать методики проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Владеть:</b> методами и методиками проведения исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>
		<p>ПКР-1.3 Составление плана исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> правила и методики составления плана исследований</p> <p><b>Уметь:</b> составлять план исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p> <p><b>Владеть:</b> правилами и методиками составления плана исследований</p>
		<p>ПКР-1.4 Определение перечня ресурсов, необходимых для проведения исследования</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> правила составления перечня ресурсов для проведения исследования</p> <p><b>Уметь:</b> определять и составлять необходимый перечень ресурсов для проведения исследований</p> <p><b>Владеть:</b> правилами составления перечня ресурсов для проведения исследования</p>
		<p>ПКР-1.5 Составление аналитического обзора</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся</p>

		<p>научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>должен:  <b>Знать:</b> требования и правила для составления аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Уметь:</b> составлять и проводить аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Владеть:</b> требованиями и правилами для составления аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>
		<p>ПКР-1.6 Разработка физических и/или математических моделей исследуемых объектов</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> методы и алгоритмы разработки физических и/или математических моделей исследуемых объектов  <b>Уметь:</b> разрабатывать физические и/или математические модели исследуемых объектов  <b>Владеть:</b> методами и алгоритмами разработки физических и/или математических моделей исследуемых объектов</p>
		<p>ПКР-1.7 Проведение математического моделирования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:  <b>Знать:</b> основы математического моделирования для проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции  <b>Уметь:</b> строить математические модели и проводить их исследование  <b>Владеть:</b> основами математического моделирования для проведения исследований в</p>

			сфере теплогазоснабжения и вентиляции
		ПКР-1.8 Обработка и систематизация результатов исследования и получение экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта	<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>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ОПК-6** Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>1</sup>
1	Прикладная математика
2	Основы научных исследований
3	Организация проектно-исследовательской деятельности

**Компетенция ПКО-3** Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>2</sup>
1	Проектирование энергосберегающих систем теплоснабжения
2	Проектирование теплогенерирующих и теплонасосных установок
3	Проектирование газораспределительных систем
4	Теплогидродинамические процессы в технологическом оборудовании систем

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.



	теплогазоснабжения
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	Основы автоматизированного проектирования систем теплогазоснабжения
10	Основы автоматизированного проектирования оборудования теплогазоснабжения
11	Производственная научно-исследовательская работа
12	Производственная преддипломная практика (4)

**Компетенция ПКР 1** Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>3</sup>
1	Численные методы решения задач теплогазоснабжения
2	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
3	Производственная научно-исследовательская работа

### 3.ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации – зачет, экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	<b>93</b>	<b>93</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное	9	9

<sup>3</sup> 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.

домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	48	48
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

#### 4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

##### Курс 1 Семестр 1

п/п	Наименование раздела (модуля)	К-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Практические и др. занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1	<b>Моделирование процессов ТГС: основные понятия и уравнения</b> Виды моделей. Математическая модель (допущения начальные и граничные условия, система дифференциальных уравнений, методы решения – аналитический; и численный – Рунге-Кутта, Эйлера; алгоритм решения, проверка адекватности). Дифференциальные уравнения теплопроводности и теплообмена Моделирование процессов конвективного теплообмена. Безразмерные переменные и уравнения подобия. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме.	4	-	6	20
2	<b>Моделирование процессов ТГС с помощью САПР</b> Основы построение программ для компьютерного моделирования. Исходные допущения, базовые уравнения. Разработка программного продукта с удобным интерфейсом. Специализированные программы- Solid Works, ANSYS.	2	-	8	18
3	<b>Численное моделирование теплообменных аппаратов.</b> Типы теплообменных аппаратов. Постановка задачи моделирования. Условия моделирования. Построение расчетной модели. Задание начальных и граничных условий. Обработка результатов моделирования.	2	-	8	18
4	<b>Общие положения эксперимента</b> Выбор объекта и цель исследования. Постановка научно технической проблемы.	4		4	17

	Выбор метода проведения исследований. Программа исследований, наблюдение исследований. Разработка рабочей гипотезы. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований. Основы теории случайных ошибок. Оценка погрешностей измерений (абсолютная относительная, промахи). Анализ и обобщение результатов исследований.				
5	<b>Экспериментальные исследования, планирование эксперимента и его информационное обеспечение</b> Виды эксперимента (лабораторный, промышленный, натурный, вычислительный, имитационное моделирование). Активный и пассивный эксперимент. Гидравлический расчет систем газоснабжения района. ЦКРП ПФЭ центральный композиционный рототабельный полнофакторный эксперимент. Эксперимент с дробной репликой. Параметр оптимизации, факторы, уровни варьирования факторов, рандомизация, критерии Стьюдента, уравнение регрессии. Анализ уравнения регрессии. Литературный обзор. Информационный продукт (база данных, библиографическая база данных, информационные сети).	5		8	20
	<b>ВСЕГО</b>	17	-	34	93
	<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>93</b>

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

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>Семестр № 6</b>				
1	1, 2	Моделирование процесса передачи теплоты теплопроводностью при стационарном режиме	6	6
2	1, 2	Моделирование процессов конвективного теплообмена.	8	8
3	3	Изучение математической модели кожухотрубного теплообменного аппарата	8	8

4	4	Методы измерения теплотехнических величин и математическая обработка полученных результатов	4	4
5	5	Математическое моделирование и матричное планирование многофакторного эксперимента	8	8
ИТОГО			34	34

#### 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. Студент выполняет построение трехмерной модели кожухотрубного теплообменного аппарата и проводит его численное исследование, а также разрабатывает математическую модель процесса, протекающего в системах теплогазоснабжения, по тематике его выпускной квалификационной работы.

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

**Компетенция ОПК-6** Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-6.1 Формулирование целей, постановка задачи исследований	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ОПК-6.2 Выбор способов и методик выполнения исследований	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ОПК-6.3 Составление программы для проведения исследований, определение потребности в ресурсах	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ОПК-6.4 Составление плана исследования с помощью методов факторного анализа	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ОПК-6.5 Выполнение и контроль выполнения эмпирических исследований объекта профессиональной деятельности	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ОПК-6.6 Обработка результатов эмпирических исследований с помощью методов математической статистики и теории вероятностей	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен

**Компетенция ПКО-3** Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции

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

компетенции	
ПКО-3.1 Выбор данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогасоснабжения, вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКО-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогасоснабжения, вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКО-3.3 Выполнение и контроль проведения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогасоснабжения, вентиляции, документирование результатов расчётного обоснования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен

### **Компетенция ПКР 1** Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогасоснабжения и вентиляции

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПКР-1.1 Формулирование целей, постановка задач исследования в сфере теплогасоснабжения и вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.2 Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере теплогасоснабжения и вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.3 Составление плана исследований в сфере теплогасоснабжения и вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.4 Определение перечня ресурсов, необходимых для проведения исследования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.5 Составление аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогасоснабжения и вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.6 Разработка физических и/или математических моделей исследуемых объектов	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.7 Проведение математического моделирования в сфере теплогасоснабжения и вентиляции	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПКР-1.8 Обработка и систематизация результатов исследования и получение экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен

## **5.2 Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

### **5.2.1 Перечень контрольных вопросов**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Моделирование процессов ТГС.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое модель и моделирование?</li> <li>2. Перечислите основные виды моделей.</li> <li>3. Математическая модель: определение, начальные и</li> </ol>

		<p>граничные условия, система дифференциальных уравнений.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Аналитический и численный методы решения дифференциальных уравнений математической модели.</li> <li>5. Алгоритм решения дифференциальных уравнений математической модели, проверка адекватности.</li> <li>6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме.</li> <li>7. Основной закон теплопроводности.</li> <li>8. Коэффициент теплопроводности.</li> <li>9. Теплообмен при свободном движении жидкости.</li> <li>10. Конвективный теплообмен. Основные теории.</li> <li>11. Режимы течения и пограничный слой.</li> <li>12. Коэффициент теплоотдачи.</li> <li>13. Теплообмен излучением. Общие сведения.</li> <li>14. Основной закон поглощения.</li> <li>15. Основные законы теплового излучения.</li> <li>16. Излучение газов.</li> <li>17. Сложный теплообмен.</li> </ol>
2	Моделирование процессов ТГС с помощью САПР	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите общие положения системы автоматизированного проектирования.</li> <li>2. Расскажите о специализированных программах для моделирования систем ТГС («Zulu», «Ansys»).</li> <li>3. Численные методы решения дифференциальных уравнений, применяемые в программах для моделирования.</li> </ol>
3	Численное моделирование теплообменных аппаратов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типы теплообменных аппаратов.</li> <li>2. Основные положения теплового расчета.</li> <li>3. Средний температурный напор.</li> <li>4. Определение конечных температур теплоносителей.</li> </ol>
4	Общие положения эксперимента.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы общие положения эксперимента</li> <li>2. Что такое программа исследований и из чего она состоит?</li> <li>3. В чем заключается рабочая гипотеза?</li> <li>4. Материальное обеспечение эксперимента и выбор оборудования</li> <li>5. Метрологическое обеспечение и выбор измерительных приборов?</li> <li>6. Расскажите основы теории случайных ошибок</li> <li>7. Как производится оценка погрешностей измерений</li> </ol>
5	Экспериментальные исследования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие вы знаете виды эксперимента?</li> <li>2. В чем заключается активный и пассивный эксперимент?</li> <li>3. Расскажите о матричном планировании эксперимента</li> <li>4. В чем заключается центральный композиционный рототабельный полнофакторный эксперимент?</li> <li>5. Эксперимент с дробной репликой</li> <li>6. Что такое параметры оптимизации и уровни варьирования факторов?</li> <li>7. В чем состоит рандомизация опытов?</li> <li>8. Для чего нужны критерии Стьюдента и Фишера при обработке результатов эксперимента?</li> <li>9. Анализ уравнения регрессии</li> </ol>

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

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения индивидуального домашнего задания.

На выполнение ИДЗ предусмотрено 9 часов самостоятельной работы студента

**Цель задания:** Целью задания является построение математической модели кожухотрубного теплообменного аппарата для систем теплоснабжения ЖКХ.

**Структура работы.** Практическое задание – построение математической модели процесса, протекающего в системах теплогазоснабжения, по тематике его выпускной квалификационной работы, согласованной с выпускающей и численное моделирование кожухотрубного теплообменного аппарата. ИДЗ включает выбор параметра оптимизации, факторов и уровней их варьирования, рандомизацию опытов. Выбор матрицы опытов. Оценка погрешностей приборов, получения уравнения регрессии, оценку значимости факторов и эффектов взаимодействия. Проверка адекватности. Анализ уравнения регрессии.

**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.

#### Примеры практических заданий

Для кожухотрубного теплообменного аппарата системы теплоснабжения ЖКХ заданы исходные теплотехнические параметры:

Параметры аппарата	Вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход греющего теплоносителя, м <sup>3</sup> /ч	2,5	3,0	2,7	2,0	1,5	1,9	1,4	2,4	3,1	2,2	2,3	2,6
Температура теплоносителя на входе в горячий контур, °С, (Т <sub>1</sub> )	80	75	70	65	85	90	90	85	65	75	70	85
Расход нагреваемого теплоносителя, м <sup>3</sup> /ч	1,67	2,00	1,80	2,67	1,50	1,90	1,40	2,40	4,13	2,20	1,84	3,47
Температура теплоносителя на	40	35	30	40	55	60	55	55	40	45	35	60

входе в нагреваемый контур, °C ( $t_1$ )												
Количество пучков труб, по которым течет теплоноситель	10	12	14	16	18	20	10	12	14	16	20	10

Путем проведения численных исследований необходимо определить температуры на выходе горячего и нагреваемого контура для кохухотрубного теплообменного аппарата с учетом заданного количества пучков труб, предложить пути повышения эффективности данного типа теплообменного аппарата.

Геометрические размеры теплообменного аппарата, материал корпуса и пучков труб выдается преподавателем индивидуально для каждого студента.

### Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№ п/п	Компетенция	Содержание вопросов (типовых заданий)
	ОПК-6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Информационное обеспечение экспериментов</li> <li>2. Информационный продукт, информационные сети</li> <li>3. Каковы общие положения эксперимента</li> <li>4. Что такое программа исследований и из чего она состоит?</li> <li>5. В чем заключается рабочая гипотеза?</li> <li>6. Материальное обеспечение эксперимента и выбор оборудования</li> <li>7. Метрологическое обеспечение и выбор измерительных приборов?</li> <li>8. Расскажите основы теории случайных ошибок</li> <li>9. Как производится оценка погрешностей измерений</li> <li>10. Какие вы знаете виды эксперимента?</li> <li>11. В чем заключается активный и пассивный эксперимент?</li> <li>12. Расскажите о матричном планирование эксперимента</li> <li>13. В чем заключается центральный композиционный рототабельный полнофакторный эксперимент?</li> <li>14. Эксперимент с дробной репликой.</li> <li>15. Что такое параметры оптимизации и уровни варьирования факторов?</li> <li>16. В чем состоит рандомизация опытов?</li> <li>17. Для чего нужны критерии Стьюдента и Фишера при обработке результатов эксперимента?</li> <li>18. Анализ уравнения регрессии.</li> </ol>
1	ПКО-3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типы теплообменных аппаратов.</li> <li>2. Основные положение теплового расчета.</li> <li>3. Средний температурный напор.</li> <li>4. Определение конечных температур теплоносителей</li> </ol>
2	ПКР-1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое модель и моделирование?</li> <li>2. Перечислите основные виды моделей.</li> <li>3. Математическая модель: определение, начальные и граничные условия, система дифференциальных уравнений.</li> <li>4. Аналитический и численный методы решения</li> </ol>



	<p>дифференциальных уравнений математической модели.</p> <p>5. Алгоритм решения дифференциальных уравнений математической модели, проверка адекватности.</p> <p>6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме.</p> <p>7. Основной закон теплопроводности.</p> <p>8. Коэффициент теплопроводности.</p> <p>9. Теплообмен при свободном движении жидкости.</p> <p>10. Конвективный теплообмен. Основные теории.</p> <p>11. Режимы течения и пограничный слой.</p> <p>12. Коэффициент теплоотдачи.</p> <p>13. Теплообмен излучением. Общие сведения.</p> <p>14. Основной закон поглощения.</p> <p>15. Основные законы теплового излучения.</p> <p>16. Излучение газов.</p> <p>17. Сложный теплообмен.</p>
--	--

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

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

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
	Объем освоенного материала
	Способность полностью отвечать на вопросы
	Способность четко излагать и интерпретировать знания
Владение	Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями
	Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

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

*Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений,	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может

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

### *Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.*

<i>Критерий</i>	<i>Уровень освоения и оценка</i>			
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Умение использовать термины, определения, понятия</i>	<i>Не умеет использовать термины и определения</i>	<i>Умеет использовать термины и определения, но допускает неточности формулировок</i>	<i>Умеет использовать термины и определения</i>	<i>Умеет использовать термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно</i>
<i>Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы</i>	<i>Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать</i>
<i>Объем</i>	<i>Не способен к</i>	<i>Способен к</i>	<i>Способен к</i>	<i>Обладает твердым и</i>

освоенного материала	<i>освоению значительной части материала дисциплины</i>	<i>освоению только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей</i>	<i>освоению материала дисциплины в достаточном объеме</i>	<i>полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями</i>
Способность полностью отвечать на вопросы	<i>Не дает ответы на большинство вопросов</i>	<i>Дает неполные ответы на все вопросы</i>	<i>Дает ответы на вопросы, но не все - полные</i>	<i>Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы</i>
Способность четко излагать и интерпретировать знания	<i>Излагает знания без логической последовательности</i>	<i>Излагает знания с нарушениями в логической последовательности</i>	<i>Излагает знания без нарушений в логической последовательности</i>	<i>Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя</i>
	<i>Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами</i>	<i>Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками</i>	<i>Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно</i>	<i>Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний</i>
	<i>Неверно излагает и интерпретирует знания</i>	<i>Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний</i>	<i>Грамотно и по существу излагает знания</i>	<i>Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы</i>

### Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

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

интерпретации знаний	<i>ности</i>	<i>последовательности</i>	<i>последовательности</i>	<i>самостоятельно их интерпретируя и анализируя</i>
	<i>Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами</i>	<i>Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками</i>	<i>Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно</i>	<i>Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний</i>
	<i>Неверно излагает и интерпретирует знания</i>	<i>Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний</i>	<i>Грамотно и по существу излагает знания</i>	<i>Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы</i>

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

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

Учебные занятия при изучении курса «Математическое моделирование процессов ТГС» проводятся в компьютерном классе кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».

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. Дивин А.Г., Пономарев С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. – М.: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. - Ч. 1. - 104 с.

2. Основы научных исследований: методические указания к выполнению лабораторных работ/Л.А. Кущев, К.А. Чуев, Д.Ю. Суслов. – Белгород.: Изд-во БГТУ, 2009 – 55с.

3. Боголюбов Н.А. Основы математического моделирования. М.: МГУ им. Ломоносова, 2013 г. - 137с.1.

4. Подпоринов Б.Ф., Кущев Л.А. Техническая термодинамика: Лекторный практикум. – М.: Изд-во АСВ; Белгород: Изд-во БелгТАСМ, 2002. – 96 с.

5. Физические основы математического моделирования [текст]: учеб. пособие для студ. физико-матем. спец. вузов / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М.: Академия, 2005. – 320 с.

6. Основы научных исследований: Учебник для технических вузов / В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др.; Под ред. В. И. Крутова, В. И. Попова. – М.: Высшая школа, 2000. – 400 с.

7. Коробко В.И. Лекции по курсу «Основы научных исследований». – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2000 – 218с.

8. Математические методы планирования эксперимента/ Под общ. Ред.В.В. Пененко.- Новосибирск: «Наука» СОАН СССР,1981- 256с.

9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. / Ю.П. Адлер–М.: Наука, 1976, -279 с.

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

1. Сидоров В.Н., Ахметов А.К. Математическое моделирование в строительстве. 2007. <https://books.academic.ru/book.nsf/60805940>

2. Научно-образовательный интернет-ресурс НИВЦ МГУ по численному анализу [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. портал. / Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005-2016 ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика", 28.01.2016 – режим доступа к порталу.: <http://num-anal.srcc.msu.ru/>

3. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. 2001. <http://lib.sibnet.ru/book/9595/>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 20 20 /20 21 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от « 21 » 05 20 20 г.

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

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