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

Математическое моделирование процессов 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: теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород 2021

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. _____ (И.В. Крюков)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Заведующий кафедрой:
д-р техн. наук, профессор _____ (В.А. Уваров)
(ученая степень и звание, подпись) (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 _____ (В.А. Уваров)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«27» мая 2021 г., протокол № 10

Председатель:
канд. техн. наук, доцент _____ (А.Ю. Феоктистов)
(ученая степень и звание, подпись) (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	ПК-3.1. Выбирает данные для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок выбора исходных данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения. **Уметь:** выбирать данные для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения. **Владеть:** навыками анализа и сбора данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.
		ПК-3.2. Выбирает метод и методику выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** методы и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения. **Уметь:** выполнять расчётное обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения. **Владеть:** навыками выбора методов и методик выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения.
		ПК-3.3. Выполняет и контролирует проведение расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок и правила проведения расчетного обоснования технологических,

		систем теплогазоснабжения, документирование результатов расчётного обоснования	технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения. **Уметь:** выполнять и производить контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, составлять отчет. **Владеть:** навыками контроля проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, документирования результатов расчётного обоснования.
Научно-исследовательский	ПК-7 Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения	ПК-7.1. Формулирует цели, ставит задачи исследования в сфере теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок постановки целей и задачи исследования. **Уметь:** формулировать цели и ставить задачи исследования в сфере теплогазоснабжения. **Владеть:** навыками формулирования целей и постановки задач в сфере теплогазоснабжения.
		ПК-7.2. Выбирает метод и/или методику проведения исследований в сфере теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** методы и/или методики проведения исследований в сере теплогазоснабжения. **Уметь:** проводить исследования в сфере теплогазоснабжения. **Владеть:** методами и/или методиками проведения исследования в сере теплогазоснабжения.
		ПК-7.3. Составляет план исследований в сфере теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок составления плана исследований. **Уметь:** составлять план исследований в сфере теплогазоснабжения. **Владеть:** навыками составления плана исследований в сфере теплогазоснабжения.

		ПР-7.4. Определяет перечень ресурсов, необходимых для проведения исследования	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** виды и принцип работы оборудования для проведения исследований. **Уметь:** подбирать и определять необходимый перечень ресурсов для проведения исследований. **Владеть:** правилами составления перечня ресурсов для проведения исследования.
		ПК-7.5. Составляет аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** источники научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения, порядок и требования по проведению аналитического обзора. **Уметь:** составлять и проводить аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения. **Владеть:** навыками составления аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения.
		ПК-7.6. Разрабатывает физические и/или математические модели исследуемых объектов	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** алгоритмы разработки физических и/или математических моделей исследуемых объектов, основные уравнения. **Уметь:** разрабатывать физические и/или математические модели исследуемых объектов. **Владеть:** методами и алгоритмами разработки физических и/или математических моделей исследуемых объектов, навыками работы в специализированных программных продуктах по моделированию.
		ПК-7.7. Осуществляет математическое моделирование в сфере теплогазоснабжения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** основы математического моделирования в сфере

			теплогазоснабжения, основные уравнения, способы решения уравнений. **Уметь:** строить математические модели и проводить их исследование. **Владеть:** основами математического моделирования для проведения исследований в сфере теплогазоснабжения, навыками работы в специализированных программных продуктах по моделированию.
		ПК-7.8. Обрабатывает и систематизирует результаты исследования и получает экспериментально-статистические модели, описывающие поведение исследуемого объекта	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** методы обработки и систематизации результатов исследования и получения экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта **Уметь:** проводить обработку и систематизацию результатов исследования **Владеть:** методами обработки и систематизации результатов исследования и получения экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта
		ПК-7.9. Оформляет аналитические научно-технические отчеты по результатам исследования	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок и требования по оформлению научно-технического отчета. **Уметь:** оформлять научно-технические отчеты по результатам исследования. **Владеть:** навыками оформления научно-технического отчета по результатам исследования
		ПК-7.10. Представляет и защищает результаты проведённых научных исследований, подготавливает публикации на основе принципов научной этики	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** порядок написания научной публикации, порядок представления и защиты результатов научных исследований. **Уметь:** представлять и защищать результаты проведения

			научных исследований, подготавливать материал для публикации. **Владеть:** научными терминами, понятиями, этикой при представлении и защите результатов научных исследований.
		ПК-7.11. Контролирует соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** требования охраны труда при выполнении исследований, нормативные документы по охране труда. **Уметь:** контролировать соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований. **Владеть:** навыками контроля при соблюдении требований охраны труда при выполнении исследований

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	Численные методы решения задач 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 4 зач. единиц, 144 часа.
Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	52	52
лекции	16	16
лабораторные	32	32
практические	-	-
консультации	4	4
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	92	92
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Другие виды самостоятельной работы	47	47
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экзамен (36)	Экзамен (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр №3

№ 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	**Моделирование процессов ТГС: основные понятия и уравнения** 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	-	8	12
2	**Моделирование процессов ТГС с помощью САПР** Основы построение программ для компьютерного моделирования. Исходные допущения, базовые уравнения. Разработка программного продукта с удобным интерфейсом. Специализированные программы- Solid Works, ANSYS.	2	-	4	5
3	**Численное моделирование теплообменных аппаратов.** Типы теплообменных аппаратов. Постановка задачи моделирования. Условия моделирования. Построение расчетной модели. Задание начальных и граничных условий. Обработка результатов моделирования.	2	-	4	6
4	**Общие положения эксперимента** Выбор объекта и цель исследования. Постановка научно технической проблемы. Выбор метода проведения исследований. Программа исследований, наблюдение исследований. Разработка рабочей гипотезы. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований. Основы теории слу-	2		4	6

	чайных ошибок. Оценка погрешностей измерений (абсолютная относительная, промахи). Анализ и обобщение результатов исследований.				
5	**Экспериментальные исследования, планирование эксперимента и его информационное обеспечение** Виды эксперимента (лабораторный, промышленный, натурный, вычислительный, имитационное моделирование). Активный и пассивный эксперимент. 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).	6		12	18
ВСЕГО		**16**	**-**	**32**	**47**

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 3				
1	1, 2	Моделирование процесса передачи теплоты теплопроводностью при стационарном режиме	6	6
2	1, 2	Моделирование процессов конвективного теплообмена.	6	6
3	3	Изучение математической модели кожухотрубного теплообменного аппарата	4	4
4	4	Методы измерения теплотехнических величин и математическая обработка полученных результатов	4	4
5	5	Математическое моделирование и матричное планирование многофакторного эксперимента	12	12
ВСЕГО			**32**	**32**

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.

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.

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 систем теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-3.2. Выбирает метод и методику выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-3.3. Выполняет и контролирует проведение расчетного обоснования технологи-	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен

ческих, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, документирование результатов расчётного обоснования	

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, экзамен
ПК-7.2. Выбирает метод и/или методику проведения исследований в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.3. Составляет план исследований в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПР-7.4. Определяет перечень ресурсов, необходимых для проведения исследования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.5. Составляет аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.6. Разрабатывает физические и/или математические модели исследуемых объектов	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.7. Осуществляет математическое моделирование в сфере теплогазоснабжения	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.8. Обрабатывает и систематизирует результаты исследования и получает экспериментально-статистические модели, описывающие поведение исследуемого объекта	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.9. Оформляет аналитические научно-технические отчеты по результатам исследования	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.10. Представляет и защищает результаты проведённых научных исследований, подготавливает публикации на основе принципов научной этики	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен
ПК-7.11. Контролирует соблюдение требований охраны труда при выполнении исследований	Собеседование, устный опрос, выполнение ИДЗ, экзамен

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Моделирование процессов ТГС.	1. Что такое модель и моделирование? 2. Перечислите основные виды моделей. 3. Математическая модель: определение, начальные и граничные условия, система дифференциальных уравнений. 4. Аналитический и численный методы решения дифференциальных уравнений математической модели. 5. Алгоритм решения дифференциальных уравнений математической модели, проверка адекватности. 6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. 7. Основной закон теплопроводности.

		8. Коэффициент тепопроводности. 9. Теплообмен при свободном движении жидкости. 10. Конвективный теплообмен. Основные теории. 11. Режимы течения и пограничный слой. 12. Коэффициент теплоотдачи. 13. Теплообмен излучением. Общие сведения. 14. Основной закон поглощения. 15. Основные законы теплового излучения. 16. Излучение газов. 17. Сложный теплообмен.
2	Моделирование процессов ТГС с помощью САПР	1. Назовите общие положения системы автоматизированного проектирования. 2. Расскажите о специализированных программах для моделирования систем ТГС («Zulu», «Ansys»). 3. Численные методы решения дифференциальных уравнений, применяемые в программах для моделирования.
3	Численное моделирование теплообменных аппаратов	1. Типы теплообменных аппаратов. 2. Основные положение теплового расчета. 3. Средний температурный напор. 4. Определение конечных температур теплоносителей.
4	Общие положения эксперимента.	1. Каковы общие положения эксперимента 2. Что такое программа исследований и из чего она состоит? 3. В чем заключается рабочая гипотеза? 4. Материальное обеспечение эксперимента и выбор оборудования 5. Метрологическое обеспечение и выбор измерительных приборов? 6. Расскажите основы теории случайных ошибок 7. Как производится оценка погрешностей измерений
5	Экспериментальные исследования	1. Какие вы знаете виды эксперимента? 2. В чем заключается активный и пассивный эксперимент? 3. Расскажите о матричном планирование эксперимента 4. В чем заключается центральный композиционный рототабельный полнофакторный эксперимент? 5. Эксперимент с дробной репликой 6. Что такое параметры оптимизации и уровни варьирования факторов? 7. В чем состоит рандомизация опытов? 8. Для чего нужны критерии Стьюдента и Фишера при обработке результатов эксперимента? 9. Анализ уравнения регрессии 10. Информационное обеспечение экспериментов 11. Информационный продукт, информационные сети

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: 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 ИДЗ

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^3/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, (T_1)	80	75	70	65	85	90	90	85	65	75	70	85
Расход нагреваемого теплоносителя, м^3/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 входе в нагреваемый контур, °С (t_1)	40	35	30	40	55	60	55	55	40	45	35	60
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	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Моделирование процессов ТГС.	Что такое модель и моделирование? Перечислите основные виды моделей. Математическая модель: определение, начальные и граничные условия, система дифференциальных уравнений. Аналитический и численный методы решения дифференциальных уравнений математической модели. Алгоритм решения дифференциальных уравнений математической модели, проверка адекватности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. Основной закон теплопроводности. Коэффициент тепопроводности. Теплообмен при свободном движении жидкости. Конвективный теплообмен. Основные теории. Режимы течения и пограничный слой. Коэффициент теплоотдачи. Теплообмен излучением. Общие сведения. Основной закон поглощения. Основные законы теплового излучения. Излучение газов. Сложный теплообмен.
2	Моделирование процессов ТГС с помощью САПР	Назовите общие положения системы автоматизированного проектирования. Расскажите о специализированных программах для моделирования систем ТГС («Zulu», «Ansys»). Численные методы решения дифференциальных уравнений, применяемые в программах для моделирования.
3	Численное моделирование теплообменных аппаратов	Типы теплообменных аппаратов. Основные положение теплового расчета. Средний температурный напор. Определение конечных температур теплоносителей.
4	Общие положения эксперимента.	Каковы общие положения эксперимента Что такое программа исследований и из чего она состоит? В чем заключается рабочая гипотеза? Материальное обеспечение эксперимента и выбор оборудования Метрологическое обеспечение и выбор измерительных приборов? Расскажите основы теории случайных ошибок Как производится оценка погрешностей измерений
5	Экспериментальные исследования	Какие вы знаете виды эксперимента? В чем заключается активный и пассивный эксперимент? Расскажите о матричном планирование эксперимента В чем заключается центральный композиционный рототабельный полнофакторный эксперимент? Эксперимент с дробной репликой Что такое параметры оптимизации и уровни варьирования факторов? В чем состоит рандомизация опытов?

		Для чего нужны критерии Стьюдента и Фишера при обработке результатов эксперимента? Анализ уравнения регрессии Информационное обеспечение экспериментов Информационный продукт, информационные сети

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.

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 сформированности компетенций 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 по-стро-ения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значи-	Знает только основной материал	Знает материал дисциплины в	Обладает твердым и

	тельной части материала дисциплины	дисциплины, не усвоил его деталей	достаточном объеме	полным знанием материала дисциплины, владеет дополни-тельными 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 последователь-ности	Излагает знания с нарушениями в логической последователь-ности	Излагает знания без нарушений в логической последователь-ности	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**
Умение использовать термины, определения, понятия	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
Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы	Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы постро-ения знаний, их интерпретирует и использует	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, прин-ципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	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 дополни-тельными знаниями
Способность полностью отвечать 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

Способность четко излагать и интерпретировать знания	Излагает знания без логической последователь-ности	Излагает знания с нарушениями в логической последователь-ности	Излагает знания без нарушений в логической последователь-ности	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**
Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями	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
Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов	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
Объем освоенного материала	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 дополни-тельными 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	Владеет знаниями без логической последователь-ности	Владеет знаниями с нарушениями в логической последователь-ности	Владеет знаниями без нарушений в логической последовательности	Владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая

	и примерами	ошибками	и понятно	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

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. 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. 137 с.

4. Подпоринов Б.Ф., Кущев Л.А. Техническая термодинамика: Лебораторный 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/
4. Электронно-библиотечная система "IPRbooks", http://www.iprbookshop.ru.
5. Научная электронная библиотека Elibrary, https://elibrary.ru.
6. Электронно-библиотечная система "Book On Lime", https://bookonlime.ru.