

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Ф.И.О. декана ФМАТ

/В.И. Рязских/

И.О. фамилия

31/08 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«Математическое моделирование рабочих процессов в энергетических
установках»**

Направление подготовки 15.06.01 «Машиностроение»

Направленность Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Кретинин А.В./

Заведующий кафедрой
Нефтегазового
оборудования и
транспортировки _____ /Валюхов С.Г./

Руководитель ОПОП _____ /Валюхов С.Г./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование компетенций, необходимых для овладения методами математического моделирования с использованием многоцелевых программных комплексов, предназначенных для решения задач механики жидкости и газа, теплопереноса, а также связанных задач механики жидкости и газа и теплопереноса применительно к гидравлическим машинам и гидропневмоагрегатам

1.2 Задачи освоения дисциплины

Для достижения цели ставятся задачи:

1.2.1 - приобретение знаний о теоретических основах алгоритмов компьютерной динамики жидкости для моделирования процессов в гидравлических машинах;

1.2.2 - приобретение и овладение практическими навыками работы с современными программными комплексами и системами автоматизированного инженерного анализа рабочих процессов энергетических установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование рабочих процессов в энергетических установках» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование рабочих процессов в энергетических установках» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-5 – способностью планировать и проводить экспериментальные исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов.

ПК-3 – умение проводить численное моделирование и оптимизацию работы гидравлических и пневматических приводов, систем гидропневмоавтоматики с использованием современных программных продуктов и средств автоматизированного проектирования.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-5	знать методы планирования эксперимента для использования в технологии Response Surface Optimization

	<p>уметь выполнять анализ полученных результатов, в том числе, анализ чувствительности и получать многофакторные аппроксимационные соотношения</p>
	<p>владеть методами получения экспериментальных факторных моделей типа Response Surface с использованием инструментария ANSYS DesignXplore</p>
ПК-3	<p>знать основные методы компьютерной динамики жидкости, реализованные в современных программных пакетах;</p>
	<p>уметь - формировать математические модели гидрогазодинамических процессов в модулях ANSYS CFX и ANSYS Fluent; - формировать параметрически замкнутые оптимизационные расчетные блоки с использованием функционала ANSYS DesignXplore</p>
	<p>владеть - методологией Response Surface Optimization; - методологией оптимизации с помощью прямых обращений к математической модели компьютерной динамики жидкости</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование рабочих процессов в энергетических установках» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
Аудиторные занятия (всего)					
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа	90	90			
Курсовой проект (работа) (есть, нет)					
Контрольная работа (есть, нет)					

Вид промежуточной аттестации (зачет с оценкой)					
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1.	Основы метода конечных элементов	Методы компьютерной динамики жидкости. Использование метода конечных элементов для решения задач механики сплошных сред.	4	20	24
2.	Методы решения уравнений Навье-Стокса	Метод маркеров и ячеек. Simple подобные алгоритмы	4	20	24
3.	Изучение принципов работы с программными продуктами среды инженерного анализа ANSYS	DesignModeler , DesignXplorer, BladeModeler, TurboGrid, Vista, CFD PrePost, Professional NLT, Meshing, CFX Solver. Geometry Interface for Parasolid, Geometry Interface for Solidwork, Geometry Interface for Autodesk. HPC Pack.	10	50	60
Итого			18	90	108

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Математическое моделирование рабочих процессов в энергетических установках» не предусматривает выполнение реферата.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-------------	---	---------------------	------------	---------------

ОПК-5	знать методы планирования эксперимента для использования в технологии Response Surface Optimization	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при зачете	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выполнять анализ полученных результатов, в том числе, анализ чувствительности и получать многофакторные аппроксимационные соотношения	Решение стандартных практических задач во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами получения экспериментальных факторных моделей типа Response Surface с использованием инструментария ANSYS DesignXplore	Решение прикладных задач в конкретной предметной области во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать основные методы компьютерной динамики жидкости, реализованные в современных программных пакетах	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при зачете	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь - формировать математические модели гидрогазодинамических процессов в модулях ANSYS CFX и ANSYS Fluent; - формировать параметрически замкнутые оптимизационные расчетные блоки с использованием функционала ANSYS DesignXplore	Решение стандартных практических задач во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть - способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности с использованием современных программных средств; - способностью к самостоятельному решению проблем механики жидкости и газа на основе систем автоматизированного инженерного анализа.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-5	знать методы планирования эксперимента для использования в технологии Response Surface Optimization	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять анализ полученных результатов, в том числе, анализ чувствительности и получать многофакторные аппроксимационные соотношения	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть методами получения экспериментальных факторных моделей типа Response Surface с использованием инструментария ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПК-3	знать основные методы компьютерной динамики жидкости, реализованные в современных программных пакетах	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь - формировать математические модели гидрогазодинамических процессов в модулях ANSYS CFX и ANSYS Fluent; - формировать параметрически замкнутые оптимизационные расчетные блоки с использованием функционала ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	владеть - способностью к интенсивной научно- исследовательской и научно- изыскательской деятельности с использованием современных программных средств; - способностью к самостоятельному решению проблем механики жидкости и газа на основе систем автоматизированного инженерного анализа.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
--	---	------	------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	---

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какие свойства модели можно выделить:

- А) Полнота;
- Б) Адекватность;
- В) Потенциальность;
- Г) Все вышеперечисленные

2. Какие функции модели можно выделить ?

- А) Средство познания;
- Б) Средство передачи информации;
- В) Средство обучения и тренировки;
- Г) Средство прогнозирования;
- Д) Все вышеперечисленные

3. Какие виды моделирования относятся к материальному типу:

- А) Натурное;
- Б) Аналоговое;
- В) Интуитивное;
- Г) Научное

4. Какие виды моделирования относятся к идеальному типу:

- А) Натурное;
- Б) Аналоговое;
- В) Интуитивное;
- Г) Научное

5. Совокупность математических соотношений, описывающих поведение и свойства объекта моделирования это -

- А) Концептуальная постановка задачи моделирования;
- Б) Математическая постановка задачи моделирования;

В) Содержательная постановка задачи моделирования

6. Перечень сформулированных в содержательной форме основных вопросов об объекте моделирования, интересующих исследователя это -

А) Концептуальная постановка задачи моделирования;

Б) Математическая постановка задачи моделирования;

В) Содержательная постановка задачи моделирования

7. Сформулированная в терминах конкретных дисциплин перечень основных вопросов, интересующих исследователя и совокупность гипотез относительно свойств и поведения объекта моделирования это -

А) Концептуальная постановка задачи моделирования;

Б) Математическая постановка задачи моделирования;

В) Содержательная постановка задачи моделирования

8. Модели, пописывающие процессы функционирования объектов и имеющие форму систем уравнений это -

А) Функциональные модели;

Б) Линейные модели;

В) Структурные модели;

Г) Нелинейные математические модели

9. Модели, отображающие только структуру объектов и используемые при решении задач структурного синтеза это -

А) Функциональные модели;

Б) Линейные модели;

В) Структурные модели;

Г) Нелинейные математические модели

10. Модели, содержащие только линейные функции фазовых переменных и их производных это -

А) Функциональные модели;

Б) Линейные модели;

В) Структурные модели;

Г) Нелинейные математические модели

11. Замена частных производных в ДУЧП их конечно-разностными аппроксимациями называется:

А) гармонизацией;

Б) симплификацией;

Г) дискретизацией

12. В методе маркеров и ячеек при определении поправки давления на каждом итерационном шаге по времени решается:

А) уравнение Пуассона;

Б) уравнение Лапласа;

Г) уравнение Харлоу и Вэлча

13. Какая модель не относится к моделированию турбулентности:

А) k-ε модель;

Б) k-ω модель;

В) VOF модель

14. Методы Рунге-Кутты это:

- А) усовершенствованные методы Эйлера;
- Б) методы дифференцирования;
- В) методы поиска минимума;
- Г) методы поиска первообразной

15. Что не относится к простейшим точным решениям уравнения Лапласа?

- А) источник;
- Б) вихреисточник;
- В) диполь;
- Г) галтель.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Сведения об искомых функциях и/или их производных на границе области определения объекта, характеризующие условия взаимодействия с окружающей средой в стационарных задачах это -

- А) Граничные условия;
- Б) Начальные условия;
- В) Поверхностные условия;
- Г) Реологические свойства

2. Структурная математическая модель системы, отображающая её топологию это -

- А) Граф;
- Б) Эквивалентная схема;
- В) Расчётная схема

3. Функциональная математическая модель системы, отображающая её топологию и компонентный состав это -

- А) Граф;
- Б) Эквивалентная схема;
- В) Расчётная схема

4. Какие этапы есть при построении аналоговой модели?

- А) изучение математического описания объекта и выбор аналога, обеспечивающего наиболее простое его моделирование;
- Б) построение на основе выбранного аналога конкретной модели, задании краевых условий, доказательство аналогии;
- В) экспериментальное определение характеристик модели;
- Г) интерпретация полученных результатов;
- Д) Всё перечисленные

5. Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки это -

- А) Надежность;
- Б) Безотказность;
- В) Исправное состояние

6. Наглядное представление (графическое или в виде логических уравнений) условий , при которых работает или не работает исследуемый объект это -

- А) Структурная схема надёжности;
- Б) Безотказность;
- В) Долговечность

7. Событие, которое может появиться или не появиться при проведении опыта это -

- А) Случайное событие;
- Б) Элементарное событие;
- В) Невозможное событие

8. Параметры объекта, доставляющие экстремум целевой функции называются

- А) Оптимальными;
- Б) Изначальными;
- В) Изменяемыми

9. Свойство объектов сохраняют работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта это -

- А) Надежность;
- Б) Безотказность;
- В) Долговечность

10. Характеристика, содержательно отображающая цель поиска это -

- А) Целевая функция;
- Б) Граничная зависимость;
- В) Управляемая зависимость

11. Метод наименьших квадратов это:

- А) метод интерполяции;
- Б) метод численного решения уравнений;
- В) метод аппроксимации;
- Г) метод оптимизации

12. Какой метод используется для интерполяции табличной функции:

- А) многочлен Лагранжа;
- Б) метод бисекции;
- В) уравнение состояния;
- Г) правило Рунге

13. Центральная конечно-разностная аппроксимация производной имеет:

- А) нулевой порядок точности;
- Б) первый порядок точности;
- В) второй порядок точности;
- Г) третий порядок точности

14. Как иначе называют метод Ньютона решения нелинейных уравнений?

- А) Метод коллокаций;
- Б) метод касательных;
- В) метод прогонки;

Г) метод хорд

15. Интерполяция – это...:

А) Способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений;

Б) продолжение функции, принадлежащей заданному классу, за пределы ее области определения;

В) замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близким к исходным;

Г) метод решения задач, при котором объекты разного рода объединяются общим понятием.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Типовая схема проектирования технического объекта в ANSYS (на примере проектирования центробежного насоса)

2. Математические модели типовых элементов технических систем на микроуровне и численные методы их анализа (на примере проектирования центробежного насоса)

3. Функционал программного модуля ANSYS DesignModeler

4. Технология Response Surface Optimization

5. Функционал программного модуля ANSYS Vista CPD

6. Функционал программного модуля ANSYS Vista Turbogrid

7. Функционал программного модуля ANSYS Vista BladeGen

8. Моделирование турбулентности в программном комплексе ANSYS.

9. Моделирование многофазных течений в программном комплексе ANSYS.

10. Моделирование естественной конвекции в программном комплексе ANSYS.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Описание оптимизационной задачи в гидравлических расчетах

2. Обзор методов для решения задачи распределения нагрузок между турбинами

3. Пример использования градиентных методов в инженерных задачах

4. Суть и описание метода «штрафных» функций

5. Суть и описание метода «барьерных» функций

6. Пример использования метода «штрафных» функций в инженерных задачах

7. Пример использования метода «штрафных» функций в инженерных задачах

8. Описание оптимизационных задач в расчетах гидравлических машин

9. Пример использования метода динамического программирования в инженерных задачах

10. Пример использования градиентных методов в инженерных задачах
11. Суть и описание метода «штрафных» функций
12. Дифференциальные уравнения неразрывности, сохранения количества движения и энергии для вязкой сжимаемой среды.
13. Дискретизация и алгебраизация ДУЧП. Метод конечных разностей.
14. Метод маркеров и ячеек решения уравнений Навье-Стокса.
15. Функционал программного модуля ANSYS CFX.
16. Функционал программного модуля ANSYS Fluent.
17. Синтез математической модели гидродинамики в проточной части магистрального нефтяного насоса.
18. Моделирование гидродинамических процессов в коллекторном теплообменном аппарате.
19. Моделирование сопряженных задач гидродинамики и теплообмена в модуле ANSYS CFX.
20. Моделирование горения воздушно-метановой смеси в модуле ANSYS Fluent.
21. Нейросетевые модели на основе многослойного персептрона.
22. Обучение нейросетевой зависимости в программном комплексе Statistica Neural Networks
23. Построение моделей по типу "поверхностей отклика" на основе экспериментальных данных
24. Моделирование кавитации в центробежном насосе.
25. Метод обратного распространения ошибки.
26. Методы оптимизации структуры персептронов.
27. Уравнения состояния при моделировании движения сжимаемых *сред.*

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: зачёт проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Методы компьютерной динамики жидкости. Использование метода конечных элементов для решения задач механики сплошных сред.	ОПК-5, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Метод маркеров и ячеек. Simple подобные алгоритмы	ОПК-5, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	DesignModeler , DesignXplorer, BladeModeler, TurboGrid, Vista, CFD PrePost, Professional NLT, Meshing, CFX Solver. Geometry Interface for Parasolid, Geometry Interface for Solidwork, Geometry Interface for Autodesk. HPC Pack.	ОПК-5, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : учеб. пособие. Кн.1-2 : Основы теории ГТД /

- В.В.Кулагин. - М. : Машиностроение, 2002. - 616 с. : ил. - ISBN 5-217-03125-5 : 342.00.
2. Зарубин, Владимир Степанович. Математическое моделирование в технике [Текст] : учебник / под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 495 с. - (Математика в техническом ун-те. Вып. 21). - ISBN 5-7038-1435-9. - ISBN 5-7038-1270-4 : 121-00.
3. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.В. Трусов; П.Г. Фрик; В.Ю. Столбов; В.Н. Ашихмин; О.Б. Наймарк; М.Б. Гитман; И.Э. Келлер. - Москва : Логос, 2016. - 440 с. - ISBN 978-5-98704-637-1. URL: <http://www.iprbookshop.ru/66414.html>
4. Гохштейн, Д.П. Современные методы термодинамического анализа энергетических установок. - Москва : Энергия, 1969. - 368 с. - 1-20.
5. Костюк, Аскольд Глебович. Газотурбинные установки [Текст] : учебное пособие. - Москва : Высшая школа, 1979. - 254 с. : ил. - Библиогр.: с. 251-252 (37 назв.). - 0-95.
6. Газотурбинные установки : Конструкции и расчет; Справочное пособие / Под общ. ред. Л. В. Арсеньева и В. Г. Тырышкина. - Ленинград : Машиностроение, 1978. - 232 с. - 2-20.
7. Самарский, А. А. Математическое моделирование / А.А. Самарский; А.П. Михайлов. - Москва : Физматлит, 2005. - 160 с. - ISBN 978-5-9221-0120-2. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68976>
8. Самарский, А.А. Разностные методы решения задач газовой динамики : Учеб. пособие. - 3-е изд., доп. - М. : Наука, 1992. - 424 с. : ил. - ISBN 5-02-014577-7 : 21000.00.
9. Самарский, А.А. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. - М. : Едиториал УРСС, 2003. - 784 с. - ISBN 5-354-00234-6 : 100.00.
10. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : Учебное пособие / Аверченков В. И. - Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. - 271 с. - ISBN 5-89838-126-0. URL: <http://www.iprbookshop.ru/7003.html>
11. Федорова, Н.Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 [Электронный ресурс] / Ю.В. Захарова; С.А. Вальгер; Н.Н. Федорова. - Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2016. - 169 с. - ISBN 978-5-7795-0798-1. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68793.html>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Электронная информационно-образовательная среда университета <http://eios.vorstu.ru>
2. Консультирование посредством электронной почты

3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий
4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области математического моделирования на профильных специализированных сайтах (форумах)
5. Программное обеспечение: **Лицензия ПО ANSYS** (Лиц. № 1020620 ВГТУ)

ANSYS DesignModeler
 ANSYS CFD Premium
 ANSYS Mechanical Enterprise
 ANSYS HPC Pack
 ANSYS Geometry Interface for Parasolid
 ANSYS Student (бесплатная версия)
www.ansys.com/Industries/Academic/Student+Product

6. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки):

http://catalog.vorstu.ru/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=vgtu_lib

7. Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ с компьютеров ВУЗа) <http://e.lanbook.com>

8. Информационно-аналитическая система SCINCE INDEX <http://elibrary.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Специализированная лекционная аудитория 306/2, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
9.2	Проектно-конструкторский центр по договору между ОАО Турбонасос и ФГБОУ ВПО ВГТУ №132/316-13 от 29 ноября 2013 года на создание и обеспечение деятельности базовой кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки (базовой кафедры) созданной при базовой организации (компьютеры – 15 шт, МФУ А0))

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Гидрогазодинамика энергетических установок» читаются лекции, выполняется самостоятельная работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем зачета с оценкой.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- выполнение домашних заданий и расчетов;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализированы разделы 8.1 и 8.2 в части обеспеченности учебной литературы и состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализированы разделы 8.1 и 8.2 в части обеспеченности учебной литературы и состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3	Актуализированы разделы 8.1 и 8.2 в части обеспеченности учебной литературы и состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	