

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана факультета машиностроения
и аэрокосмической техники
Ряжских В.И.
«29» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Гидродинамика и теплообмен»

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело

Программа Моделирование и оптимизация рабочих процессов
в энергетических системах газонефтепроводов

Квалификация (степень) выпускника магистр

Нормативный срок обучения 2 года / 2 года 5 мес.

Форма обучения очная/заочная

Автор программы д.т.н., проф. / Ю.А. Булыгин /

Программа обсуждена на заседании кафедры нефтегазового оборудования
и транспортировки
«28» августа 2017 года Протокол № 1

Зав. кафедрой НГОТ,
д.т.н., профессор / С.Г. Валюхов/

Руководитель ОПОП,
д.т.н., профессор /С.Г. Валюхов/

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование компетенций, необходимых для осуществления расчетно-теоретических исследований полей скоростей и температур с целью выработки рекомендаций по прочностным и силовым свойствам конструкций.

1.2. Задачи освоения дисциплины

изучить и освоить расчетные методики на основании приближений и допущений математического моделирования;

приобрести практические навыки использования современного программного обеспечения и проведения всестороннего анализа результатов исследований;

уметь определять скоростные и температурные поля с тем, чтобы спрогнозировать возможные участки перегрева конкретной конструкции энергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Гидродинамика и теплообмен» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью использовать на практике знания, умения и навыки в организации исследовательских, проектных и конструкторских работ, в управлении коллективом

ОПК-4 - способностью разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований

ОПК-5 - способностью готовность к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности

ПК-3 - способностью планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы

ПК-5 - способностью проводить анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществлять выбор методик и средств решения задачи, проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых разработок

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	знать теорию гидродинамики и теплообмена и особенности её применения в нефтегазовой отрасли
	уметь применить на практике знания по теории

	гидродинамики и теплообмена в ходе организации исследовательских, проектных и конструкторских работ
	владеть навыками проведения исследовательских работ в области гидродинамики и теплообмена
ОПК-4	знать теоретические основы функционирования основных гидродинамических систем
	уметь выделять основные результаты исследований в области гидродинамики и теплообмена
	владеть навыками самостоятельной работы с информацией в сфере гидродинамики и теплообмена и документального представления результатов
ОПК-5	знать терминологию по гидродинамике и теплообмену на государственном языке Российской Федерации
	уметь подобрать наиболее точную терминологию, для ведения коммуникации в устной и письменной форме в рамках области гидродинамики и теплообмена
	владеть навыками коммуникации на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности в области гидродинамики и теплообмена
ПК-3	знать оценочные приемы определения состояния энергетических систем, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов
	уметь обобщать и анализировать тенденции и мировой опыт в области гидродинамики и теплообмена, разрабатывать физические и математические модели состояния энергетических систем и процессов, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов, и проводить оценку эффективности их функционирования
	владеть навыками проведения имитационных исследований гидродинамических и тепловых процессов
ПК-5	знать основы моделирования, расчета и анализа гидродинамических и тепловых состояний
	уметь самостоятельно проводить анализ состояния геометрических и режимных факторов энергетических систем, предложить оптимальные решения по задачам гидродинамики и теплообмена с учетом предъявляемых требований
	владеть навыками систематизации научно-технической информации по теме исследования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	42	42
В том числе:		
Лекции	14	14
Практические занятия (ПЗ)	28	28
Самостоятельная работа	102	102
Курсовой проект	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Самостоятельная работа	128	128
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	0	144
зач.ед.	4	4

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	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные кинематические понятия и образы	Введение. Аксиоматика динамики жидкости и газа. Физические основания выбора математического аппарата и закона для напряжения Понятия линий тока и трубки тока. Объемный и массовый расходы; средняя и массовые скорости. Вихревые трубки, их интенсивность и связь с циркуляцией	4	4	16	24

		скорости. Макроподход, взаимодействие вихрей.				
2	Гидрогазостатика	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой. Основные уравнения гидрогазостатики. Закон Паскаля. Силы на плоские и кри-волинейные поверхности. Распределение давления в жидкости при вращении сосуда. Бесциркуляционное и циркуляционное обтекание цилиндра. Одномерный поток газа Закон сохранения и превращения энергии. Изэнтропические формулы. Определение параметров в каналах переменного сечения. Реализация расчётных и нерасчётных сверхзвуковых режимов. Критическая скорость и расход.	2	4	16	22
3	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	Связь тензора напряжений с тензором скоростей деформаций. Получение уравнений Навье-Стокса и решения для простейших ламинарных течений. Истечение из отверстий и насадок	2	4	16	22
4	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Основное свойство плавноизменяющихся движений. Получение уравнения Бернулли. Режимы течения. Распределение скоростей. Расход и потери давления на трение при ламинарных и турбулентных течениях. Местные сопротивления	2	4	18	24
5	Гидравлические удары. Кавитация	Динамический тепловой пограничный слой Физические представления и цели рас-чёта динамического теплового и диффу-зионного пограничного слоя. Уравнения Л.Прандтля и интегральное соотношение Кармана. Однопараметрический и двухпараметрический методы расчёта пограничного слоя	2	6	18	26
6	Свободный пограничный слой. Струи	Классификация и структура струй. Основания для расчёта методами пограничного слоя. Применение и преимущества расчёта на основе обобщённых переменных Прандтля-Мизеса. Параметры фильтрации	2	6	18	26
Итого			14	28	102	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные кинематические понятия и образы	Введение. Аксиоматика динамики жидкости и газа. Физические основания выбора математического аппарата и закона для напряжения Понятия линий тока и трубки тока. Объёмный и массовый расходы; средняя и массовые скорости. Вихревые трубки, их интенсивность и связь с циркуляцией скорости. Макроподход, взаимодействие вихрей.	2	-	20	22
2	Гидрогазостатика	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой. Основные уравнения гидрогазостатики. Закон Паскаля. Силы на плоские и кри-волинейные поверхности. Распределение давления в жидкости при вращении сосуда. Бесциркуляционное и циркуляционное обтекание цилиндра. Одномерный поток газа Закон сохранения и превращения энергии. Изэнтропические формулы. Определение параметров в каналах переменного сечения. Реализация расчётных и нерасчётных сверхзвуковых режимов. Критическая скорость и расход.	2	-	20	22
3	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	Связь тензора напряжений с тензором скоростей деформаций. Получение уравнений Навье-Стокса и решения для простейших ламинарных течений. Истечение из отверстий и насадок	-	2	22	24
4	Уравнение Д.Бернулли для	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой	-	2	22	24

	потока вязкой жидкости.	жидкости. Основное свойство плавноизменяющихся движений. Получение уравнения Бернулли. Режимы течения. Распределение скоростей. Расход и потери давления на трение при ламинарных и турбулентных течениях. Местные сопротивления				
5	Гидравлические удары. Кавитация	Динамический тепловой пограничный слой Физические представления и цели расчёта динамического теплового и диффузионного пограничного слоя. Уравнения Л.Прандтля и интегральное соотношение Кармана. Однопараметрический и двухпараметрический методы расчёта пограничного слоя	-	2	22	24
6	Свободный пограничный слой. Струи	Классификация и структура струй. Основания для расчёта методами пограничного слоя. Применение и преимущества расчёта на основе обобщённых переменных Прандтля-Мизеса. Параметры фильтрации	-	2	22	24
Итого			4	8	128	140

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 2 семестре для очной формы обучения, в 3 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Численное моделирование тепломассопереноса в каналах сложной формы»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Построение трёхмерной твердотельной модели канала сложной формы;
- Построение сеточной модели на основе сформированной трёхмерной модели;
- Выполнение численного моделирования и анализ полученного решения.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-------------	---	---------------------	------------	---------------

	компетенции			
ОПК-2	знать теорию гидродинамики и теплообмена и особенности её применения в нефтегазовой отрасли	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применить на практике знания по теории гидродинамики и теплообмена в ходе организации исследовательских, проектных и конструкторских работ	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проведения исследовательских работ в области гидродинамики и теплообмена	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-4	знать теоретические основы функционирования основных гидродинамических систем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выделять основные результаты исследований в области гидродинамики и теплообмена	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками самостоятельной работы с информацией в сфере гидродинамики и теплообмена и документального представления результатов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	знать терминологию по гидродинамике и теплообмену на государственном языке Российской Федерации	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь подобрать наиболее точную терминологию, для ведения коммуникации в устной и письменной форме в рамках области гидродинамики и теплообмена	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками коммуникации на государственном	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в

	языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности в области гидродинамики и теплообмена		рабочих программах	рабочих программах
ПК-3	знать оценочные приемы определения состояния энергетических систем, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь обобщать и анализировать тенденции и мировой опыт в области гидродинамики и теплообмена, разрабатывать физические и математические модели состояния энергетических систем и процессов, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов, и проводить оценку эффективности их функционирования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проведения имитационных исследований гидродинамических и тепловых процессов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать основы моделирования, расчета и анализа гидродинамических и тепловых состояний	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь самостоятельно проводить анализ состояния геометрических и режимных факторов энергетических систем, предложить оптимальные решения по задачам гидродинамики и теплообмена с учетом предъявляемых требований	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками систематизации	Решение прикладных задач в конкретной предметной	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

	научно-технической информации по теме исследования	области	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
--	--	---------	--------------------------------------	--------------------------------------

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать теорию гидродинамики и теплообмена и особенности её применения в нефтегазовой отрасли	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применить на практике знания по теории гидродинамики и теплообмена в ходе организационных, исследовательских, проектных и конструкторских работ	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками проведения исследовательских работ в области гидродинамики и теплообмена	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-4	знать теоретические основы функционирования основных гидродинамических систем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выделять основные результаты исследований в области гидродинамики и теплообмена	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками самостоятельной работы с информацией в сфере гидродинамики и	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	теплообмена и документального представления результатов		ответы	во всех задачах		
ОПК-5	знать терминологию по гидродинамике и теплообмену на государственном языке Российской Федерации	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь подобрать наиболее точную терминологию, для ведения коммуникации в устной и письменной форме в рамках области гидродинамики и теплообмена	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками коммуникации на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности в области гидродинамики и теплообмена	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать оценочные приемы определения состояния энергетических систем, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь обобщать и анализировать тенденции и мировой опыт в области гидродинамики и теплообмена, разрабатывать физические и математические модели состояния энергетических систем и процессов, используемых в трубопроводном транспорте углеводородов, и проводить оценку эффективности их	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	функционирования					
	владеть навыками проведения имитационных исследований гидродинамических и тепловых процессов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знать основы моделирования, расчета и анализа гидродинамических и тепловых состояний	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь самостоятельно проводить анализ состояния геометрических и режимных факторов энергетических систем, предложить оптимальные решения по задачам гидродинамики и теплообмена с учетом предъявляемых требований	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками систематизации научно-технической информации по теме исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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. Величина, равная количеству теплоты, проходящей через стенку площадью 1 м^2 за время 1 с называется: 1) термическим сопротивлением стенки; 2) коэффициентом теплопередачи; 3) плотностью теплового потока; 4) мощностью теплового потока.

2. Что понимается под тепловым пограничным слоем? 1) Тонкий пристеночный слой жидкости, в пределах которого сосредоточено практически все изменение температуры жидкости от $T_{\text{ст}}$ до $T_{\text{ж}}$ 2) Тонкий пристеночный слой жидкости, в пределах которого происходит переход от естественной конвекции к конвекции при вынужденном движении 3) Тонкий пристеночный слой жидкости, в котором реализуется механизм конвективной теплоотдачи.

3. Укажите размерность модуля упругости 1) $\text{м}^2/\text{Н}$; 2) $\text{Н}/\text{м}^2$;

3) Безразмерная величина.

4. Давление на свободной поверхности в сосуде равно 98,1 кПа. С увеличением глубины в 2 раза это давление: 1) Не изменится; 2) Увеличится в 4 раза; 3) Увеличится в 2 раза.

5. Напорная линия горизонтальна : 1) Если труба горизонтальна;

2) В идеальной жидкости; 3) Если нет местных сопротивлений.

6. коэффициент сжатия струи при истечении из цилиндрического насадка равен 1) 0.64 2) 1 3) 0.82 .

7. Движение жидкости в канале постоянного сечения с переменным уклоном при постоянном расходе 1) Равномерное. 2) Неравномерное. 3) Не установившееся.

8. При увеличении толщины пограничного слоя коэффициент теплоотдачи: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется; 4) изменение коэффициента теплоотдачи зависит от режима движения.

9. Может ли происходить конденсация на поверхности, если ее температура равна или выше температуры насыщения при данном давлении? 1) Да 2) Нет.

10. Какое из тел имеет наибольшую интенсивность излучения при одинаковой температуре поверхности? 1. Абсолютно черное тело 2. Абсолютно белое тело 3. Абсолютно прозрачное тело 4. Зеркальное тело.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Каким будет число Рейнольдса, если скорость жидкости $v=10$ м/с, внутренний диаметр трубопровода $d=10$ мм, кинематический коэффициент вязкости жидкости $\nu=10$ сСт? а) 10; б) 1000; в) 100; г) 10000.

2. Чему равно атмосферное давление при нормальных условиях? а) 100 МПа; б) 0,1 МПа; в) 10 ГПа; г) 1000 Па.

3. Уровень жидкости в трубке Пито поднялся на высоту $H=15$ см. Чему равна скорость жидкости в трубопроводе? а) 2,94 м/с; б) 17,2 см/с; в) 1,72 м/с; г) 8,64 м/с.

4. Каким будет число Рейнольдса, если скорость жидкости $v=5$ м/с, внутренний диаметр трубопровода $d=25$ мм, кинематический коэффициент вязкости жидкости $\nu=25$ сСт? а) 5; б) 500; в) 5000; г) 1250; д) 12500.

5. Критическое значение числа Рейнольдса для жесткого трубопровода круглого сечения равно а) 2320; б) 3200; в) 4000; г) 4600.

6. Из резервуара через отверстие происходит истечение жидкости с турбулентным режимом. Напор $H=38$ см, коэффициент сопротивления отверстия $\xi=0,6$. Чему равна скорость истечения жидкости? а) 4,62 м/с; б) 1,69 м/с; в) 4,4 м/с; г) 0,34 м/с.

7. Значение коэффициента Кориолиса для ламинарного режима движения жидкости равно а) 1,5; б) 2; в) 3; г) 1.

8. Определить плотность жидкости, полученную смешиванием двух жидкостей $\rho_1=880$ кг/м³; $\rho_2=900$ кг/м³, с объемами $V_1=20$ л и $V_2=100$ л. а) 850 кг/м³; б) 897 кг/м³; в) 900 кг/м³; г) 986 кг/м³.

9. Отношение средней скорости движения жидкости к максимальной

скорости жидкости в круглой трубе при турбулентном режиме движения равно а) 1,0 – 1,4; б) 0,4 – 0,5; в) 2,0 – 3,4; г) 0,7 – 0,9.

10. Коэффициент сопротивления при резком расширении потока, если диаметр круглой трубы увеличивается в 2 раза, а коэффициент отнесен к скоростному напору после расширения, равен а) 9; б) 2; в) 4; г) 8.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Напор нефти равен 194 м. Какое давление испытывает трубопровод на начальном участке при плотности нефти 1000 кг/м³?

- 1) 1,94 МПа
- 2) 194 МПа
- 3) 19,4 МПа
- 4) 0,194 МПа

2. Теплоизолированный сосуд содержит смесь льда и воды, находящуюся при температуре 0 °С. Масса льда 40 г, а масса воды 600 г. В сосуд впускают водяной пар при температуре +100 °С. Найдите массу впущенного пара, если известно, что окончательная температура, установившаяся в сосуде, равна +20 °С.

- 1) ≈0,4 г
- 2) ≈25,4 г
- 3) ≈41 г
- 4) ≈100 г

3. В экспериментальной установке для определения теплоотдачи жидких металлов по трубке диаметром $d=12$ мм и длиной 1 м течёт висмут. Трубка обогревается электрическим нагревателем; плотность теплового потока на стенке постоянная по длине трубки и равна $6 \cdot 10^5$ Вт/м². Определить температуру стенки на выходе из трубки, если температура висмута на входе 300°С и его расход 2,2 кг/с.

- 1) 514°С
- 2) 396°С
- 3) 323°С
- 4) 706°С

4. Вычислить потери теплоты в единицу времени с 1 м² поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника 400 мм, температура поверхности 200°С и температура воздуха в помещении 30°С.

- 1) 250 Вт/м²
- 2) 500 Вт/м²
- 3) 750 Вт/м²
- 4) 1000 Вт/м²

5. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой 2 м к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты 100°С, температура окружающего воздуха вдали от поверхности 20°С.

- 1) $7,92 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 2) $15,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 3) $5,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 4) $18,81 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

6. Определить плотность теплового потока через вертикальную щель толщиной 20 мм, заполненную воздухом. Температура горячей поверхности 200°C и холодной 80°C .

- 1) $128 \text{ Вт}/\text{м}^2$
- 2) $286 \text{ Вт}/\text{м}^2$
- 3) $448 \text{ Вт}/\text{м}^2$
- 4) $613 \text{ Вт}/\text{м}^2$

7. Определить необходимую площадь поверхности нагрева котла производительностью 4т/ч пара при давлении $15,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Предполагаемый температурный напор 10°C .

- 1) 10 м^2
- 2) 8 м^2
- 3) 6 м^2
- 4) 4 м^2

8. Водяной калориметр, имеющей форму трубки с наружным диаметром 15 мм, помещён в поперечный поток воздуха. Воздух имеет скорость 2м/с, направленную под углом 90° к оси калориметра, и среднюю температуру 20°C . При стационарном тепловом режиме на внешней поверхности калориметра устанавливается постоянная средняя температура 80°C . Вычислить тепловой поток на единицу длины калориметра.

- 1) $128 \text{ Вт}/\text{м}$
- 2) $102 \text{ Вт}/\text{м}$
- 3) $201 \text{ Вт}/\text{м}$
- 4) $54 \text{ Вт}/\text{м}$

9. Цилиндрическая трубка диаметром 20 мм охлаждается поперечным потоком воды. Скорость потока воды 1 м/с. Средняя температура воды 10°C и температура поверхности трубки 50°C . Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде.

- 1) $5100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 2) $7050 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 3) $8550 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 4) $9000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

10. В теплообменнике шахматный пучок труб обтекается поперечным потоком натрия. Внешний диаметр труб 20 мм. Средняя скорость набегающего потока с средняя температура натрия соответственно равны 1 м/с и 250°C . Определить средний коэффициент теплоотдачи от труб к натрию.

- 1) $256000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 2) $134000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
- 3) $102000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

4) $57000 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Особенности классификации сил, действующих в жидкости. Физический смысл компонент тензора напряжений, общность свойств давления в покоящейся и идеальной жидкости.
2. Переход ламинарного течения в турбулентное. Критическое число Рейнольдса.
3. Уравнение динамики в напряжениях. Уравнение неразрывности движения.
4. Понятие о подобии гидромеханических процессов. Числа и критерии подобия. Связь числа Эйлера с числом Рейнольдса. Принципы моделирования
5. Дифференциальные уравнения гидрогазостатики, их общее решение и частные случаи.
6. Основные свойства плавноизменяющихся движений. Обобщение интеграла Бернулли. На поток конечных размеров. (Уравнение Бернулли для потока)
7. Относительное равновесие. Определение сил на плоские и криволинейные поверхности.
8. Природа гидравлических сопротивлений. Вычисление местных сопротивлений. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса.
9. Метод Эйлера задания движения. Полное ускорение. Разложение движения на квазитвердое и деформационное. Понятие трубки тока и вихревой трубки, их свойства. Объемный и массовый расходы, живое сечение и гидравлический радиус. Понятие средней скорости.
10. Определение расходов при истечении из малых и больших отверстий, при истечении из насадков.
11. Прямой скачок уплотнения. Связь термодинамических параметров перед и за прямым скачком.
12. Методика определения расходов в насосных установках.
13. Прямой скачок уплотнения. Связь термодинамических параметров перед и за прямым скачком.
14. Методика определения расходов в компрессорных установках.
15. Физическое представление о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя Л. Прандтля. Понятие о температурном и диффузионном слое.
16. Измерение расхода по перепаду давления в суживающих устройствах.
17. Гипотеза Стокса. Уравнение Навье – Стокса движения вязкой жидкости.

18. Применение теории «пути смещения» Прандтля к расчету турбулентного течения в круглой трубе. Распределение скоростей и законы сопротивления в гидравлически гладких и шероховатых трубах.

19. Измерение расхода по перепаду давления в суживающих устройствах.

20. Физическое представление о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя Л. Прандтля. Понятие о температурном и диффузионном слое.

21. Определение минимальной мощности насоса, необходимой для перекачки продукта.

22. Коэффициент «турбулентной вязкости» и его отличие от коэффициента молекулярной вязкости. Гипотеза турбулентности Буссинеска.

23. Распределение скоростей при бесциркуляционном и циркуляционном обтекании круглого цилиндра.

24. Течение газа через сопло Лаваля.

25. Комплексные потенциалы простейших потоков: вихресток; диполь.

26. Распределение скоростей при бесциркуляционном и циркуляционном обтекании круглого цилиндра.

27. Расчет турбулентного пограничного слоя на гладкой и шероховатой пластине на основе интегрального соотношения Кармана.

28. Расчет гидравлического сопротивления проточной части.

29. Уравнения движения идеальной жидкости Эйлера.

30. Потенциальные плоские течения. Характеристическая функция течения и примеры простейших течений.

31. Сопротивление давления при обтекании профиля в решетке профилей. Индуктивное сопротивление.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт с оценкой 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	Наименование оценочного средства
-------	--	--------------------------------	----------------------------------

1	Основные кинематические понятия и образы	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Гидрогазостатика	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости.	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Гидравлические удары. Кавитация	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Свободный пограничный слой. Струи	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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 методики 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 методики 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 методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Булыгин Ю.А., Термодинамика и теплопередача : Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 388 с.

2. Булыгин Ю.А., Гуртовой А.А. Кретинин А.В., Кирпичев М.И., Теплообмен в камерах сгорания энергетических установок: Учеб. пособия. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014. - 150 с.

3. Леонтьев А.И, Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок: Учеб-ник / под ред. А. И. Леонтьева. - 2-е изд., стереотип. - М. : МГТУ им.Баумана, 2004. - 592 с.

4. Колодежнов В.Н., Гидродинамика и теплоперенос в каналах для вязких жидкостей с пределом применимости ньютоновской модели: Монография. - Воронеж: ГОУ ВПО "ВГПУ", 2011. - 172 с.

5. Кудинов И.В. и др. под ред. Э.М. Карташова, Аналитические решения параболических и гипер-болических уравнений тепломассопереноса: Учеб. пос. / И.В.Кудинов и др.; Под ред. Э.М.Карташова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 391 с. (ЭБС znanium.com).

6. Кудинов И.В. и др., Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях: Монография / Под ред. Э.М. Карташова. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. 208 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, 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 управления проектами на профильных специализированных сайтах (форумах)

5. Программное обеспечение: Microsoft Windows 7; Microsoft Office 2007 (или более поздняя версия); Лицензия ПО ANSYS (Лиц. № 1020620 ВГТУ)

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 ВУ-3а) <http://e.lanbook.com>

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

9. Сайт Министерства энергетики РФ, разделы «Нефть», «Газ» (<http://minenergo.gov.ru>);

10. Информационно-правовые порталы «Консультант плюс» (<http://www.consultant.ru>), «Гарант» (<http://www.garant.ru/>);

11. Библиотека ГОСТов, стандартов и нормативов (<http://www.infosait.ru/>);

12. Информационная система нормативной документации (<https://meganorm.ru>)

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

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 «Гидродинамика и теплообмен» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета гидродинамических и теплообменных процессов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
---------------------	-----------------------

Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - 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 зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.