

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории теплообмена

название дисциплины

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Приборы и методы контроля качества диагностики

Форма обучения: заочная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-7	Способен проводить контроль качества выпускаемой оптической продукции	Знать: Основные понятия кинематики жидкости (газа) Решения, вытекающие из законов сохранения Уметь: Выполнять анализ теплофизики процессов Владеть: Применением конечных соотношений между параметрами

2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части. Индекс дисциплины: Б.04.ДВ.02.02

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математика; физика

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: основы проектирования приборов и систем.

Дисциплина изучается на 5 курсе.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 7	№ 5
	Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с		

преподавателем		
Аудиторные занятия (всего)		22
В том числе:		
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>		6
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>		10
<i>лабораторные занятия</i>		6
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
<i>зачет с оценкой</i>		+
<i>экзамен</i>		-
Самостоятельная работа обучающихся		
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		122
В том числе:		
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>		41
<i>подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (в течение семестра)</i>		41
<i>подготовка к выполнению лабораторной работы, оформлению отчета</i>		40
Всего (часы):		144
Всего (зачетные единицы):		4

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Гидродинамика и теплообмен						6	10	6		122
1.1.	Введение. Аксиоматика динамики жидкости и газа						0.3	0.5	0.3		6
1.2.	Основные кинематические понятия и образы						0.3	0.5	0.3		6
1.3.	Законы сохранения массы и вытекающие следствия						0.3	0.5	0.3		6
1.4.	Примеры простейших течений. Реализация принципа отвердевания линий тока при внешнем обтекании тел						0.3	0.5	0.3		6
1.5.	Уравнения динамики в напряжениях и его частные решения для идеальной жидкости и газа						0.3	0.5	0.3		6
1.6.	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой						0.3	0.5	0.3		6
1.7.	Сопротивление давления при внешнем обтекании тел						0.3	0.5	0.3		6
1.8.	Одномерный поток газа						0.3	0.5	0.3		6
1.9.	Ударные волны и скачки уплотнения						0.3	0.5	0.3		6
1.10.	Уравнения движения Навье-Стокса и						0.3	0.5	0.3		6

	примеры решений										
1.11.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления						0.3	0.5	0.3		6
1.12.	Истечение из отверстий и насадок						0.3	0.5	0.3		6
1.13.	Определение мощности насосов на валу						0.3	0.5	0.3		6
1.14.	Гидравлические удары. Кавитация.						0.3	0.5	0.3		6
1.15.	Динамический тепловой пограничный слой						0.3	0.5	0.3		6
1.16.	Расчёты динамического пограничного слоя						0.3	0.5	0.3		6
1.17.	Свободный пограничный слой. Струи						0.3	0.5	0.3		6
1.18.	Физическое моделирование; критерии подобия						0.3	0.5	0.3		6
1.19.	Фильтрация в засыпках фильтров						0.3	0.5	0.3		6
1.20.	Динамические воздействия при взаимодействии инерционных волн и вихревой структуры						0.3	0.5	0.3		8
	Всего:						6	10	6		122

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Гидродинамика и теплообмен	
1.1.	Введение. Аксиоматика динамики жидкости и газа	Макроподход. Физические основания выбора математического аппарата и закона для напряжения
1.2.	Основные кинематические понятия и образы	Понятия линий тока и трубки тока. Объёмный и массовый расходы; средняя и массовые скорости. Вихревые трубки, их интенсивность и связь с циркуляцией скорости. Взаимодействие вихрей.
1.3.	Законы сохранения массы и вытекающие следствия	Уравнение неразрывности движения. Понятие функции тока и потенциала скорости. Характеристическая функция течения. Сопряжённая и комплексная скорости
1.4.	Примеры простейших течений. Реализация принципа отвердевания линий тока при внешнем обтекании тел	Параллельный поток, источники и стоки, диполь, циркуляционное течение и наложение течений. Соответствие формы обтекаемого тела принципу отвердевания линий тока
1.5.	Уравнения динамики в напряжениях и его частные решения для идеальной жидкости и газа	Классификация сил: массовые и поверхностные силы; тензор напряжений, частные решения уравнений движения для идеальной жидкости
1.6.	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой	Основные уравнения гидрогазостатики. Закон Паскаля. Силы на плоские и криволинейные поверхности. Распределение давления в жидкости при вращении сосуда.
1.7.	Сопротивление давления при внешнем обтекании тел	Бесциркуляционное и циркуляционное обтекание цилиндра. Применение метода конформных отображений. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел.
1.8.	Одномерный поток газа	Закон сохранения и превращения энергии. Изоэнтропические формулы. Определение параметров в каналах переменного сечения. Критическая скорость и расход. Реализация расчётных и нерасчётных сверхзвуковых режимов.
1.9.	Ударные волны и	Механизм возникновения ударных волн. Изменение

	скачки уплотнения	параметров газа при переходе через скачки уплотнения и вытекающие следствия
1.10.	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	Связь тензора напряжений с тензором скоростей деформаций. Получение уравнений Навье-Стокса и решения для простейших ламинарных течений
1.11.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления	Основное свойство плавноизменяющихся движений. Получение уравнения Бернулли. Режимы течения. Распределение скоростей. Расход и потери давления на трение при ламинарных и турбулентных течениях. Местные сопротивления.
1.12.	Истечение из отверстий и насадок	Определение расхода при истечениях из малых и больших отверстий и из насадков. Коэффициенты скорости и расхода. Определение расхода через сечения разрыва из объёмов с высоким давлением и температурой
1.14.	Гидравлические удары. Кавитация.	Механизм возникновения гидроударов и формулы для повышения давления. Интенсивность гидроударов во вскипающем теплоносителе. Механизм разрушающего воздействия кавитации.
1.15.	Динамический тепловой пограничный слой	Физические представления и цели расчёта динамического теплового и диффузионного пограничного слоя. Уравнения Л.Прандтля и интегральное соотношение Кармана.
1.16.	Расчёты динамического пограничного слоя	Однопараметрический и двухпараметрический методы расчёта пограничного слоя. Управление пограничным слоем. Простейшие методы расчёта турбулентного пограничного слоя.
1.17.	Свободный пограничный слой. Струи	Классификация и структура струй. Основания для расчёта методами пограничного слоя. Применение и преимущества расчёта на основе обобщённых переменных Прандтля-Мизеса.
1.18.	Физическое моделирование; критерии подобия	Методика получения критериев подобия. Проблема их выполнения при экспериментальных исследованиях. П-теорема. Решение проблем моделирования при создании в ИАТЭ экспериментального стенда «МИР».
1.19.	Фильтрация в засыпках фильтров	Параметры фильтрации. Получение выражений для скорости и расхода при ламинарной и турбулентной фильтрациях методом размерностей.
1.20.	Динамические воздействия при взаимодействии инерционных волн и вихревой структуры	Причины формирования винтообразных вихревых трубок. Выражение для поперечной мощности, вызывающей колебания и разрушение внутри корпуса элементов ЯЭУ.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Гидродинамика и теплообмен	
1.2.	Основные кинематические понятия и образы	Определение ускорений по заданному полю скоростей. Получение выражения для расхода при ламинарном движении при ламинарном движении в круглой трубе. Нахождение формы вихревых линий; определение циркуляции скорости и распределения скоростей в сечении вихрей. Результат взаимодействия вихрей.
1.3.	Законы сохранения массы и вытекающие следствия	Нахождение функции тока, линий тока и скоростей при заданной характеристической функции течения. Определение расхода между линиями тока.
1.4.	Примеры простейших течений. Реализация принципа отвердевания линий тока при внешнем обтекании тел	Нахождение линий тока и нулевой линии тока при наложении простейших потоков; преобразование инверсии при решении задачи обтекания пластины, дужки и теоретических профилей.
1.5.	Уравнения динамики в напряжениях и его частные решения для идеальной жидкости и газа	Применение зависимостей для экспериментального определения скорости трубками Пито-Прандтля.
1.6.	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой	Задача на определение давления при помощи батарейного манометра. Определение сил на плоские и криволинейные поверхности (задачи).
1.7.	Сопротивление давления при внешнем обтекании тел	Определение сопротивления давления при внешнем обтекании плоской пластины и профиля в решётке профилей.
18.	Одномерный поток газа	Задачи на определение критических параметров и параметров торможения
1.9.	Ударные волны и скачки уплотнения	Определение повышения давления, температуры и плотности за прямым скачком уплотнения
1.10.	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	Линейные задачи: ламинарные течения между двумя плоскостями, в каналах эллиптического сечения и треугольного сечения
1.11.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости.	Определение потерь давления в ТВС реактора ВВЭР-1000

	Гидравлические сопротивления	
1.12.	Истечение из отверстий и насадок	Определение расхода через сечение разрыва в контуре ЯЭУ при больших недогревах и через короткие патрубки
1.13.	Определение мощности насосов на валу	Расчёт потерь давления на петле реактора ВВЭР-1000
1.14.	Гидравлические удары. Кавитация.	Определение максимального повышения давления при прямых гидроударах. Определение максимального напора для запаса до кавитации.
1.16.	Расчёты динамического пограничного слоя	Определение силы трения на пластине на основе интегрального соотношения Кармана.
1.17.	Свободный пограничный слой. Струи	Расчёт эжектируемого расхода.
1.18.	Физическое моделирование; критерии подобия	Расчёт скорости на модели при выполнении критериев Рейнольдса и Эйлера.
1.19.	Фильтрация в засыпках фильтров	Определение пропускной способности по заданном коэффициенте проницаемости и перепада давления

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
1.	Название раздела 1	
1.2.	Основные кинематические понятия и образы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методика измерения скорости в потоке при помощи трубки Пито - Прандтля и изучение зависимости показания трубки от угла между ее осью и направлением скорости. 2. Визуальное наблюдение ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости. Определение числа Рейнольдса. 3. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли. 4. Определение коэффициентов местных сопротивлений и тарировочного коэффициента расходомерной шайбы. 5. Определение коэффициентов сопротивлений по длине круглой трубы и в каналах некруглого сечения. 6. Определение коэффициентов расхода при истечении жидкости из малых отверстий и из насадков.
1.3.	Законы сохранения массы и вытекающие следствия	
1.4.	Примеры простейших течений. Реализация принципа отвердевания линий тока при внешнем обтекании тел	
1.5.	Уравнения динамики в напряжениях и его частные решения для идеальной жидкости и газа	
1.6.	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой	

1.7.	Сопротивление давления при внешнем обтекании тел	7. Сопротивление поперечного обтекаемого пучка трубе.
1.8.	Одномерный поток газа	
1.9.	Ударные волны и скачки уплотнения	
1.10.	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений	
1.11.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления	
1.12.	Истечение из отверстий и насадок	
1.14.	Гидравлические удары. Кавитация.	
1.15.	Динамический тепловой пограничный слой	
1.16.	Расчёты динамического пограничного слоя	
1.17.	Свободный пограничный слой. Струи	
1.18.	Физическое моделирование; критерии подобия	
1.19.	Фильтрация в засыпках фильтров	

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Лекции по курсу «Динамика жидкости и газа»
2. Л.Т.Лойцянский «Механика жидкости и газа», «Дрофа», 2001 г.
3. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко «Расчёт гидравлических характеристик реакторного контура», Обнинск-2008, Размножен в 2015 г. Библиотека и свободный доступ в локальной сети ИАТЭ НИЯУ МИФИ.
4. Е.Ф.Авдеев, Сборник задач по курсу «Механика жидкости и газа», Обнинск-1993 г., 2015 г.
5. Раздаточный материал расчётных схем ТВС и трассировок петель ЯЭУ.
6. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко «Лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа», Обнинск – 2007 г.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 5 курс			
1.	Введение. Аксиоматика динамики жидкости и газа	ПК-7	Индивидуальное домашнее задание
2.	Основные кинематические понятия и образы		
3.	Законы сохранения массы и вытекающие следствия		
4.	Примеры простейших течений. Реализация принципа отвердевания линий тока при внешнем обтекании тел		
5.	Уравнения динамики в напряжениях и его частные решения для идеальной жидкости и газа		
6.	Гидрогазостатика. Основные уравнения и силы. Относительный покой	ПК-7	
7.	Сопротивление давления при внешнем обтекании тел		
8.	Одномерный поток газа		
9.	Ударные волны и скачки уплотнения	ПК-7	Лабораторные работы
10.	Уравнения движения Навье-Стокса и примеры решений		
11.	Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления		
12.	Истечение из отверстий и насадок		
13.	Определение мощности насосов на валу		
14.	Гидравлические удары. Кавитация.		
15.	Динамический тепловой пограничный слой		
16.	Расчёты динамического пограничного слоя		
17.	Свободный пограничный слой. Струи		
18.	Физическое моделирование;		

	критерии подобия		
19.	Фильтрация в засыпках фильтров		
20.	Динамические воздействия при взаимодействии инерционных волн и вихревой структуры		
Промежуточный контроль, 5 курс			
	Зачет	ПК-7	Вопросы к зачету
Всего:3			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы (задания):

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 профилирования расходов в реакторных установках.
13. Прямой скачок уплотнения. Связь термодинамических параметров перед и за прямым скачком.

14. Методика профилирования расходов в реакторных 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. Физическое представление о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя Л. Прандтля. Понятие о температурном и диффузионном слое.
18. Измерение расхода по перепаду давления в суживающих устройствах.
19. Гипотеза Стокса. Уравнение Навье – Стокса движения вязкой жидкости.
20. Применение теории «пути смещения» Прандтля к расчету турбулентного течения в круглой трубе. Распределение скоростей и законы сопротивления в гидравлически гладких и шероховатых трубах.
21. Сопротивление пучка стержней при их продольном обтекании. Профилирование расходов и определение сопротивлений по кассетам (каналам) ядерного реактора.
22. Определение минимальной мощности насоса, необходимой для перекачки теплоносителя по разветвленной или кольцевой сети.
23. Коэффициент «турбулентной вязкости» и его отличие от коэффициента молекулярной вязкости. Гипотеза турбулентности Буссинеска.
24. Распределение скоростей при бесциркуляционном и циркуляционном обтекании круглого цилиндра.
25. Течение газа через сопло Лавалю.
26. Комплексные потенциалы простейших потоков: вихресток; диполь.
27. Распределение скоростей при бесциркуляционном и циркуляционном обтекании круглого цилиндра.
28. Расчет турбулентного пограничного слоя на гладкой и шероховатой пластине на основе интегрального соотношения Кармана.
29. Расчет гидравлического сопротивления реакторного контура.
30. Уравнения движения идеальной жидкости Эйлера.
31. Потенциальные плоские течения. Характеристическая функция течения и примеры простейших течений.
32. Сопротивление давления при обтекании профиля в решетке профилей. Индуктивное сопротивление.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по экзамену входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

В экзаменационный билет входит 2 вопроса. Ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов.

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который :

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух заданий билета.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
 - не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

6.2.2. Индивидуальное домашнее задание

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Вариант 0

Определить мощность ГЦН на валу реактора ВВЭР-1000 при заданных тепловой мощности реактора, перепаду давления на активной зоне, диаметру и трассировке петли первого контура, коэффициентах местных сопротивлений.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки:

- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

22-25баллов ставится, если:

- Задание решено правильно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике.

17-21баллов ставится, если:

- Задание решено правильно с незначительными поправками;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

10-16баллов ставится, если:

- Входе решения задания была допущена ошибка;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может применить теоретические знания на практике;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

0-9баллов ставится, если:

- решение задания носит грубые ошибки и демонстрирует не знание материалов курса.

6.2.3. Лабораторные работы

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Методика измерения скорости в потоке при помощи трубки Пито - Прандтля и изучение зависимости показания трубки от угла между ее осью и направлением скорости.
2. Визуальное наблюдение ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости. Определение числа Рейнольдса.
3. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
4. Определение коэффициентов местных сопротивлений и тарировочного коэффициента расходомерной шайбы.
5. Определение коэффициентов сопротивлений по длине круглой трубы и в каналах некруглого сечения.
6. Определение коэффициентов расхода при истечении жидкости из малых отверстий и из насадков.
7. Сопротивление поперечного обтекаемого пучка трубе.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

1. самостоятельность выполнения задания по лабораторной работе;
2. правильное оформление отчета по лабораторной работе;
3. правильный ответ на индивидуальное задание, способность проводить несложные расчеты;
4. умение анализировать и обсуждать полученные результаты;
5. умение формулировать выводы/заключение.

в) описание шкалы оценивания

Работа считается выполненной, в случае обязательного выполнения критериев 1,2. В критериях 3 - 5 допустимы недочеты, которые могут быть учтены при собеседовании студента и преподавателя. Защищенной считается работа, если студент продемонстрировал достаточный уровень понимания материала, ответил на предложенные вопросы, ответ проиллюстрировал проверенными задачами.

Студенты, пропустившие лабораторные занятия, отрабатывают их в индивидуальном порядке в соответствии с графиком консультаций преподавателя и графиком работы специализированной лаборатории.

Сумма баллов за все лабораторные работы – 35 баллов (оценивается: допуск к работе, выполнение работы, в том числе составление отчета, защита работы) .

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (индивидуальное домашнее задание) и контрольная точка № 2 (лабораторные работы).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Индивидуальное домашнее задание	18	25
	Контрольная точка № 2		
	Лабораторная работа 1	2	5
	Лабораторная работа 2	2	5
	Лабораторная работа 3	2	5
	Лабораторная работа 4	3	5
	Лабораторная работа 5	3	5
	Лабораторная работа 6	3	5
Лабораторная работа 7	3	5	
Промежуточный	Зачет		
	Вопросы к зачету	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Варианты индивидуальных домашних заданий распределяются на первом занятии.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и

систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на экзамене.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Давыдова, М.А. Лекции по гидродинамике [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. :Физматлит, 2011. — 213 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5264 — Загл. с экрана.
2. Потанин, Е.П. Элементы гидродинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Е. П. Потанин, В. Ф. Федоров. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012 [Режим доступа: http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Potantin_Elementi_gidrodinamiki.pdf]
3. Кудинов, И.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях [Электронный ресурс] : / И.В. Кудинов, В.А. Кудинов, А.В. Еремин [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56168 — Загл. с экрана.
4. Замалеев, З. Х. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Замалеев З. Х., Посохин В. Н., Чефанов В. М. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 352 с. <https://e.lanbook.com/book/100922>

б) дополнительная учебная литература:

1. Г.Шлихтинг. Теория пограничного слоя (перевод с немецкого), 5-ое издание.-М.: Наука,1989 г.
2. Б.Т.Емцев, «Техническая гидромеханика», -М.: Машиностроение, 1987 г.
3. Н.З.Френкель. Гидравлика. Госэнергоиздат.-М.-Л.: 1956, 456 с.
4. Г.С.Самойлович. Гидродинамика.-М.: Машиностроение, 1990 г.
5. Е.Ф.Авдеев. Сборник задач по курсу «Механика жидкости и газа».-Обнинск, ИАТЭ, 1993 г.
- 6.Н.Е.Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям.-М.: Машиностроение, 1995 г.
7. Корсун, А.С. Гидродинамика ЯЭУ [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / А. С. Корсун, Ю. А. Маслов, О. В. Митрофанов. - Москва : МИФИ, 2008. - (Учебная книга инженера-физика). [http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Korsun_Gidrokinamika_YaEU_Sbornik_zadach_i_uprazhnenij_2008.pdf]

8. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко. Расчёт гидравлических характеристик реакторного контура (учебное пособие). Обнинск, ИАТЭ, 2008
9. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко. Лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа», Обнинск, ИАТЭ, 2007 г.
10. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, -2003 г.
11. Механика жидкости и газа. Под редакцией В.С.Швыдкого 2-е издание, ИКЦ «Академкнига», М.: 2003 г.
12. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика [Электронный ресурс] : / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. :Физматлит, 2001. — 746 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2232 — Загл. с экрана.
13. А.А.Александров, Б.А. Григорьев. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: МЭИ, 1999 г.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

- <http://ibooks.ru/>
- <http://e.lanbook.com/>
- <http://www.biblio-online.ru/>
- <http://kuperbook.biblioclub.ru>
- <http://www.studentlibrary.ru>
- <http://library.mephi.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности 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. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия и схемам по темам лекционных занятий. Предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить для практического занятия. Обратиться за дополнительной информацией в интернет источники.

<p>Индивидуальное домашнее задание</p>	<p>Индивидуальное домашнее задание может быть оформлено как на компьютере, так и написано от руки в виде отчета.</p> <p>Должна быть нумерация страниц. Таблицы и рисунки встраиваются в текст работы. Объем работы, без учета приложений, не более 10 страниц.</p> <p>Значительное превышение установленного объема является недостатком работы и указывает на то, что студент не сумел отобрать и переработать необходимый материал.</p> <p>Оформление задания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Титульный лист. 2. Форма задания. 3. Пояснительная записка. 4. Содержательная часть индивидуального домашнего задания. 5. Выводы. <p>Титульный лист является первой страницей и заполняется по строго определенным правилам. В пояснительной записке дается обоснование представленного задания, отражаются принципы и условия построения, цели и задачи. Указывается объект рассмотрения, приводится характеристика источников для написания работы и краткий обзор имеющейся по данной теме литературы. Проводится оценка своевременности и значимости выбранной темы.</p> <p>Содержательная часть домашнего творческого задания должна точно соответствовать теме работы и полностью ее раскрывать. Материал должен представляться сжато, логично и аргументировано.</p> <p>Заключительная часть предполагает последовательное, логически стройное изложение обобщенных выводов по рассматриваемой теме.</p>
<p>Подготовка к лабораторной работе</p>	<p>Перед началом лабораторных занятий проводится тестирование студентов по теоретической части, по методу и порядку проведения эксперимента. Список контрольных вопросов приведен в конце описания каждой лабораторной работы. В связи с этим перед началом занятий в учебной лаборатории студент должен проработать необходимый материал, используя описание лабораторной работы, конспект лекций или рекомендованную литературу, указанную в описании лабораторной работы.</p> <p>Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать схему установки, оформленный в рекомендованной табличной форме протокол измерений, результаты обработки экспериментальных данных и их анализ, включая оценку погрешности измерений, а также необходимые графики экспериментальных зависимостей.</p>

Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет.</p> <p>Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы.</p>
-----------------------	---

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

10.1. Перечень информационных технологий

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Минимально необходимый для реализации дисциплины перечень материально - технического обеспечения включает в себя:

- а) аудитория для проведения лекционных поточных занятий с возможностью подключения средств для проведения лекций с использованием слайд-презентаций, демонстрацией видеоклипов.
- б) специализированная лаборатории для проведения лабораторных занятий на 14 рабочих мест(Лаборатории кафедры Теплофизики УЛК-2 аудитория№ 2-216), оснащенные лабораторными работами
 1. Методика измерения скорости в потоке при помощи трубки Пито - Прандтля и изучение зависимости показания трубки от угла между ее осью и направлением скорости
 2. Визуальное наблюдение ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости. Определение числа Рейнольдса.
 3. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
 4. Определение коэффициентов местных сопротивлений и тарировочного коэффициента расходомерной шайбы.

5. Определение коэффициентов сопротивлений по длине круглой трубы и в каналах некруглого сечения.
 6. Определение коэффициентов расхода при истечении жидкости из малых отверстий и из насадков.
 7. Сопротивление поперечного обтекаемого пучка трубе.
- Аппаратное обеспечение учебных занятий представлено следующими наименованиями:
 - 1. Расчетно-графическая программа Meduza, являющаяся комплексом по сбору, первичной обработке и хранению экспериментальных данных полученных в результате проведения теплогидравлических опытов.
 - 2. Расчетно-графическая программа Galiaf, являющаяся комплексом по управлению режимами течения теплоносителя, системой сбора и первичной обработки экспериментальных данных, графическим комплексом представления данных в реальном времени, архиватором измеренных величин на стенде “Циркуляционная петля”.
 - 3. Имеется кинофильм о гидравлическом ударе в трубах.
- в) библиотеку (или аудитории) с возможностью выхода в интернет для использования в процессе самостоятельной работы интернет-ресурсов.
 Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам, содержащим (в основном) все издания основной литературы, перечисленные в рабочей программе дисциплины.
- г) наличие доступа к библиотечному фонду института

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

Темы для самостоятельных занятий:

1. Различные представления полного ускорения
2. Эффекты взаимодействия вихрей
3. Выполнение закона Паскаля для двух несмешивающихся жидкостей
4. Вывод зависимостей для сил, действующих на плоские и криволинейные поверхности в покоящейся жидкости
5. Определение силы, действующей на профиль в решётке профилей
6. Физическое обоснование увеличения расходов через насадки; определение запаса до кавитации
7. Эмпирические методы расчёта турбулентного пограничного слоя на гидравлически гладкой и шероховатой пластине

Вопросы для самоконтроля:

1. Физическое отличие турбулентных течений от ламинарных
2. Особенности кинематики турбулентных течений
3. Причины и суть кризиса сопротивления плохо обтекаемых тел
4. Обоснование движения жидкости из области с низким давлением в трубопроводе в область с высоким давлением
5. Характер зависимости скорости звука от паро(газо)содержания

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение.

Программу составил:

_____ И.А. Чусов, д.т.н., доцент отделения ЯФиТ(О)

Рецензент:

_____ Е.Ф.Авдеев, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ(О)