

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 <small>(индекс дисциплины)</small>	Гидрогазодинамика теплотехнологических систем, ч.2 <small>(Наименование дисциплины)</small>
--	---

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования : Бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение*	Заочное обучение*
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	108		108
	Аудиторные занятия	51		16
	Лекции	17		6
	Лабораторные занятия			10
	Практические занятия	34		
	Самостоятельная работа	57		92
	Промежуточная аттестация			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	4		4
	Контрольная работа			4
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		3		3

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная				3						
Очно-заочная										
Заочная				3						

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № b130301-3_20
z130301-3_20

Кафедра-разработчик: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Заведующий кафедрой: Злобин В.Г.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей (ТСУ и ТД)
Промышленной теплоэнергетики (ПТЭ)

Заведующий кафедрой: ТСУ и ТД Злобин В.Г.
ПТЭ Смородин С.Н.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Базовая Обязательная Дополнительно
Блок 1: является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

- Передать студентам объем знаний о движении жидкости, необходимых при изучении последующих курсов по профилю подготовки;
- Обучить студентов квалифицированно проводить расчёты потерь напора при движении теплоносителей и выбирать соответствующие насосы;
- Сформировать компетенции обучающегося в области теоретических методов расчета движения газа в элементах энергетического и теплотехнического оборудования, процессов преобразования энергии в турбомашин.

1.3. Задачи дисциплины

- Изучение основных законов гидравлики
- изучение основных законов режимов течения потоков
- Расчеты потерь напора при течении жидкости
- Овладеть основными понятиями газовой динамики, терминологией, законами, основными процессами, протекающими в тепловых машинах.
- Уметь пользоваться методами расчета газодинамических процессов.
- Усвоить основные направления повышения эффективности тепловых машин и аппаратов.
- Приобретение навыков использования основных уравнений газодинамики для расчета течений, выработки умений экспериментального исследования и анализа характеристик теплоэнергетического оборудования и турбомашин.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-1	Способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять её в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) Принципы функционирования информационных технологий, используемых в гидрогазодинамике 2) Основы работы в информационных системах Уметь: 1) Ориентироваться в информационных технологиях, при решении задач, связанных с движением жидкости 2) Анализировать информацию, полученную из различных источников Владеть: 1) Информационными, компьютерными и сетевыми технологиями 2) Представлением результатов поиска информации в виде отчетов, рефератов и публичных выступлений		
ПК-4	Способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	1

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
Планируемые результаты обучения		
Знать:		
1) Законы и основные физико- математические модели механизмов движения жидкости;		
2) Основы теории подобия движения жидкости;		
Уметь:		
1) Применять современные методы исследования		
2) Анализировать и обрабатывать полученные результаты		
Владеть:		
1) Основами расчета гидравлических сопротивлений		
2) Навыками расчёта гидравлических сетей и выбора оборудования		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Информатика в задачах теплоэнергетики и теплотехнологии (ОПК-1)
- Гидрогазодинамика теплотехнологических систем, ч.1(ОПК-1, ПК-4)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Основные законы газовой динамики.			
Тема 1. Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздуходувных и холодильных станциях. Параметры состояния и основные уравнения ГД. Параметры течения газовых потоков и связь между ними.	6		6
Тема 2. Распространение слабых возмущений в газовой среде. Особенности расчета критических, предельных скоростей движения газа. Число Маха, коэффициент скорости. Уравнения, устанавливающие связь параметров потока с числом Маха и коэффициентом скорости.	6		6
Тема 3. Ударная волна. Скачки уплотнения. Прямой скачек уплотнения, определение скорости и параметров состояния при переходе через прямой скачек уплотнения. Ударная адиабата. Косой скачек уплотнения. Определение скорости и параметров состояния.	6		6
Тема 4. Сопло Лавалю. Нерасчетные режимы суживающего сопла и сопла Лавалю. Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лавалю.	6		5
Текущий контроль 1. (опрос)	1		
Учебный модуль 2. Методы определения скоростей потоков газа.			
Тема 5. Конструктивные особенности трубок Пито-Прантля. Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля.	6		6
Тема 6. Движение газа при наличии трения. Пограничный слой, основные понятия. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя.	6		6
Тема 7. Расчет пограничного слоя. Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя. Пограничный слой при больших скоростях течения потока. Течение газов и паров в длинных трубопроводах.	6		6

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Тема 8. Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды. Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.	6		5
Текущий контроль 2. (опрос)	1		
Учебный модуль 3. Характеристики решеток профилей.			
Тема 9.Элементы Гд крылового профиля и решетки профилей. Основные характеристики крылового профиля. Теорема Жуковского. Постулат Чаплыгина – Жуковского.	12		12
Тема 10. Влияние вязкости на силовое воздействие потока: Аэродинамические коэффициенты. Критическое и максимальное число Маха. Потери энергии в решетках профилей.	12		12
Текущий контроль3. (опрос).	1		
Учебный модуль 4. Характеристики плоских диффузорных решеток профилей.			
Тема 11. Плоская решетка профилей. Основные геометрические и аэродинамические параметры решетки профилей. Теорема Жуковского о силовом воздействии потенциального потока с отдельным профилем в решетке.	12		12
Тема 12.Обобщенные характеристики. Номинальный режим. Главная характеристика номинальных режимов. Профилирование диффузорных решеток на заданные условия.	12		12
Текущий контроль 4. (опрос)	1		
Текущий контроль (контрольная работа)			10
Промежуточная аттестация (зачет)	8		4
ВСЕГО:	108		108

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	4	1			4	1
2	4	1				
3	4	1				
4	4	1			4	1
5	4	1				
6	4	1				
7	4	2			4	1
8	4	2				
9	4	1				
10	4	2			4	1
11	4	2			4	1
12	4	2			4	1
ВСЕГО:		17				6

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и формазанятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Параметры состояния и основные уравнения ГД.	4	2				
2	Распространение слабых возмущений в газовой среде.	4	2				
3	Ударная волна. Скачки уплотнения.	4	2				
4	Сопло Лаваля.	4	2				
5	Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля.	4	2				
6	Движение газа при наличии трения.	4	2				
7	Расчет пограничного слоя.	4	2				
8	Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.	4	2				
9	Основные характеристики крылового профиля. Теорема Жуковского. Постулат Чаплыгина – Жуковского.	4	4				
10	Основные геометрические и аэродинамические параметры решетки профилей.	4	4				
11	Основные геометрические и аэродинамические параметры решетки профилей.	4	4				
12	Элементы газовой динамики единичного профиля и решетки профилей.	4	6				
ВСЕГО:			34				

3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование Лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
5	Зависимость коэффициента гидравлического трения от режима движения					4	10
ВСЕГО:							10

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1	Опрос	4	1				
2	Опрос	4	1				
3	Опрос	4	1				
4	Опрос	4	1				
1-4	Контрольная работа					4	1

4

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	4	17			4	40
Подготовка к практическим занятиям	4	32			4	38
Выполнение контрольной работы					4	10
Подготовка к зачету	4	8			4	4
ВСЕГО:		57				92

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Практические и семинарские занятия	Разбор конкретных ситуаций	4		
ВСЕГО		4		

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

- Крестин Е.А. Гидравлика [электронный ресурс]: курс лекций/ Е.А. Крестин – Электрон. Текстовые данные. – Самара: Самарский архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 189 с., режим доступа - IPRbooks -<http://www.iprbookshop.ru/29784>
- Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андрижиевский А.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 207 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35498>.— ЭБС «IPRbook».

б) дополнительная учебная литература

- Сапухин А.А. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие с задачами и примерами их решения/ Сапухин А.А., Курочкина В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 112 с., режим доступа -IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/30350>
- Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Е.А. Крестин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 366 с.—Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49890>.— ЭБС «IPRbooks».

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

1. Сыромаха П.И. Гидравлика и насосы: учебно-практическое пособие к лабораторным работам [Текст]: Сыромаха П.И., Тотухов Ю.А., Бутко Г.Ю. СПбГТУРП. – СПб., 2012. – 113 с.: ил.58
2. Ю.А. Тотухов, Выбор регулирующего устройства для систем гидротранспорта: методическое пособие/ Сост. Ю.А.Тотухов, П.И.Сыромаха; ГОУВПОГТУРП. СПб., 2008. – 42с.
3. Сыромаха П.И. Насосы конденсатных систем [Текст]: учебное пособие/ Сыромаха П.И., Плешанов В.Л., Гладышев Н.Н., Иванов В.Д., Короткова Т.Ю. – СПб, 2002. – 98с.ил

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.iprbookshop.ru/> IPRbooks
2. <http://nizrp.narod.ru> Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. MicrosoftWindows 8.1
2. MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

1. Аудитория с мультимедийным учебным комплексом
2. Специализированная лаборатория

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные и раздаточные материалы

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Составление конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки, отмечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
Практические занятия	Работа с теоретическими положениями курса, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач по алгоритмам указанных работ, анализ полученных результатов, формулировка выводов и др.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа предполагает систематическую проработку пройденного материала и написания контрольной работы (для з/о). При подготовке к зачёту проработать конспект лекций, рекомендуемую литературу.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-1 (2)	Освоил принцип функционирования и работы в информационных системах. Способен ориентироваться и анализировать полученную информацию. Демонстрирует результаты поиска в виде рефератов и публичных выступлений.	Вопросы для устного собеседования, практическое задание.	Перечень вопросов для зачета (23 вопроса) Практическое задание (10 задач)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-4 (1)	Освоил основные законы и основные модели механизмов движения жидкости. Способен применять, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Демонстрирует навыки расчета гидравлических сопротивлений и выбора оборудования.	Вопросы для устного собеседования, практическое задание.	Перечень вопросов для зачета (23 вопроса) Практическое задание (10 задач)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий понимание предмета и знания, полученные обучающимся при освоении дисциплины. Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин
Не зачтено	Ответ не полный. Присутствуют пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом

** Несущественные ошибки – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.*

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов для зачета	№ темы
1	Введение	1
2	Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздухоподогревательных и холодильных станциях:	1
3	Параметры состояния и основные уравнения ГД.	2
4	Параметры течения газовых потоков и связь между ними.	2
5	Распространение слабых возмущений в газовой среде:	3
6	Особенности расчета критических, предельных скоростей движения газа. Число Маха, коэффициент скорости.	3
7	Уравнения, устанавливающие связь параметров потока с числом Маха и коэффициентом скорости.	4
8	Ударная волна. Скачки уплотнения	4
9	Прямой скачек уплотнения, определение скорости и параметров состояния при переходе через прямой скачек уплотнения.	5
10	Ударная адиабата. Косой скачек уплотнения. Определение скорости и параметров состояния	5
11	Сопло Лаваля:	6
12	Нерасчетные режимы суживающего сопла и сопла Лаваля. Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лаваля.	6
13	Конструктивные особенности трубок Пито-Прантля:	7
14	Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля.	7
15	Движение газа при наличии трения:	8
16	Пограничный слой, основные понятия.	8
17	Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя.	9

18	Расчет пограничного слоя:	9
19	Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя	10
20	Пограничный слой при больших скоростях течения потока.	10
21	Течение газов и паров в длинных трубопроводах.	11
22	Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды	12
23	Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.	12

10.2.2 Перечень типовых задач, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Самолет, летящий у поверхности земли ($p = 0,1$ МПа), имеет $M = 0,7$. Определить повышение температуры, плотности и давления в носовой точке фюзеляжа. Найти ошибку, которая получится, если определить R_d без учета сжимаемости воздуха, т.е. по формуле $R_d = \rho W^2 / 2$	Решение: Пользуясь таблицей «газодинамические функции для воздуха ($\kappa = 1,4$), для $M = 0,7$, имеем $T/T^* = 0,910$; $P/P^* = 0,723$; $\lambda = 0,73$ Вт/м ² ·°С Принимая для невозмущенного воздуха $P = 0,1$ МПа и $a_0 = 340$ м/с, Получаем: $a_{кр} = a_0 \sqrt{2/(\kappa + 1)}$; $w = \lambda a_{кр} = 226$ м/с
2	Воздух вытекает из баллона в атмосферу через сужающееся сопло с диаметром 10мм. В баллоне температура $T^* = 127^\circ\text{C}$ и давление $p^* = 1,0$ МПа. Найти скорость истечения и массовый секундный расход.	Решение: Так как $p < p_{кр}$ скорость истечения равна критической скорости: Т.е. $a_{кр} = \sqrt{\frac{2\kappa RT^*}{\kappa + 1}} = 567$ м/с Массовый секундный расход: $T^{0,5}$ $G = \frac{0,405 p^* F}{T^{0,5}} = 0,156$ кг/с

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

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

10.3.3. Особенности проведения зачета

Время на подготовку к зачету 45 минут, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение практической задачи. Для расчетов студенту необходимо иметь калькулятор, также ему предоставляется справочная информация.