

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

СОГЛАСОВАНО

**Руководитель ОПОП ВО
профессор В.А. Лебедев**

УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Уровень высшего образования:	Бакалавриат
Направление подготовки:	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль):	Энергообеспечение предприятий
Квалификация выпускника:	бакалавр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доц. Спесивцев Б. И.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Гидрогазодинамика» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 143 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника», направленность (профиль) «Энергообеспечение предприятий».

Составитель _____ к.х.н., доцент Б.И. Спесивцев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехники и теплоэнергетики от «20» января 2021 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., профессор В.А. Лебедев

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ к.п.н. Дубровская Ю.А.

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса _____ к.т.н. Романчиков А.Ю.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является приобретение знаний об основных физических свойствах жидкостей и газов, общих законах и уравнениях статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенностях физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить основные физические свойства жидкостей и газов; общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;
- освоить методы расчета гидродинамических параметров потока жидкости (газа), гидравлического расчета гидромеханического оборудования и трубопроводов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность (профиль) «Энергообеспечение предприятий» и изучается в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Гидрогазодинамика» являются «Математика», «Физика».

Дисциплина «Гидрогазодинамика» является предшествующей для изучения следующих дисциплин: «Тепломассообмен», «Тепловые двигатели и нагнетатели», «Тепловые электростанции», «Основы централизованного теплоснабжения».

Особенностью дисциплины является то, что большое внимание уделено области знаний для дальнейшей профессиональной деятельности. В учебном процессе применяются современные технологии и методики обучения, развивающие аналитические способности, практические умения и навыки у обучающихся.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК- 3	ОПК- 3.1. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа
		ОПК-3.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 ак. часов).

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторные занятия (всего), в том числе:	54	54
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе	90	90
Подготовка к практическим занятиям	34	90
Подготовка к лекциям	20	20
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Вид промежуточной аттестации - экзамен (Э)	(Э) 36	(Э) 36
Общая трудоемкость дисциплины	ак. час. 180 зач. ед. 5	180 5

4.2. Содержание дисциплины

Дисциплина содержит 6 разделов, которые обеспечивают следующие виды занятий: лекционный курс, практические занятия в аудитории, самостоятельная работа с промежуточными консультациями и зачетами текущих заданий, подготовка и сдача экзамена.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1	Гидравлика	30	2	8	-	20
2	Гидродинамика	30	2	8	-	20
3	Газодинамика	20	4	4	-	12
4	Динамика идеальной жидкости	4	4	-	-	-
5	Динамика реальной жидкости	28	4	6	-	18
6	Специальные задачи гидрогазодинамики	32	2	10	-	20
	Итого	144	18	36	-	90

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Гидравлика	Физические свойства жидкостей. Силы, действующие в жидкости. Давление жидкости на стенки.	2
2	Гидродинамика	Определение кинематики жидкости. Неразрывность. Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Уравнение количества движения. Гидравлические сопротивления. Расчет трубопроводов. Гидромашины.	2
3	Газодинамика	Исходные уравнения. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость. Параметры изоэнтропического торможения газа. Газодинамические функции. Одномерное течение газа с трением и энергообменом. Волны давления в газовом потоке.	4
4	Динамика идеальной жидкости	Кинематический анализ движения жидкой частицы. Функция тока, потенциал скорости. Вихревое движение жидкости.	4
5	Динамика реальной жидкости	Уравнения движения вязкой жидкости. Моделирование в гидрогазодинамике. Подобие потока при действии различных сил. Пограничный слой. Отрыв пограничного слоя и сопротивление при отрывном обтекании	4
6	Специальные задачи гидрогазодинамики	Крыло в газовом потоке. Лопаточная решетка в газовом потоке. Распыливание жидкости. Диффузоры. Эжекторы.	2
Итого:			18

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Расчет давления жидкости на стенки. Закон Паскаля	4
2	Раздел 1	Приборы измерения давления	4
3	Раздел 2	Гидравлический расчет трубопроводов, расходомеров, гидроудара. Уравнение Бернулли.	4
4	Раздел 2	Уравнение Бернулли для реальной жидкости.	4
5	Раздел 3	Расчет истечения газа через сопла.	4
6	Раздел 5	Расчет параметров газа при сверхзвуковом течении.	6
7	Раздел 6	Расчет силового взаимодействия потока с турбинной лопаткой на основе уравнения Эйлера.	6
8	Раздел 6	Применение формулы Н.Е. Жуковского для расчета силового взаимодействия потока с турбинной лопаткой.	4
Итого:			36

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы планом не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовых работ учебным планом не предусмотрено

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. *Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости*

Тематика для самостоятельной подготовки

Раздел 1. Гидравлика.

1. Как изменяется вязкость газов при повышении температуры?
2. Как изменяется вязкость несжимаемой жидкости при повышении температуры?
3. Как перевести единицы давления – атмосферы в паскали? 1 ат равна:
4. Чему равно абсолютное давление?
5. Уравнение Паскаля.

Раздел 2. Гидродинамика.

1. Какой закон сохранения выражает уравнение Бернулли?
2. Для чего применяется трубка Пито?
3. В каком случае истечения имеет место наибольший расход при одинаковом наименьшем сечении?
4. На каком принципе работает расходомерное сопло Вентури?
5. Что такое кавитация? Гидроудар.
6. При каком течении больше потери напора?

Раздел 3. Газодинамика.

1. Что такое критическая скорость газа?

2. Что происходит со сверхзвуковой скоростью газа при расширении канала?
3. Что такое параметры торможения газового потока?
4. От чего зависит массовый расход газа при истечении из бака в атмосферу?
5. Что происходит при расширении сверхзвукового потока?
6. В каком скачке уплотнения сильнее изменяются параметры газа?

Раздел 4. Динамика идеальной жидкости.

1. Какое течение называется безвихревым?
2. Что такое циркуляция скорости?
3. Что такое потенциал скорости?
4. Что такое метод ЭГДА?
5. Что такое циркуляция скорости Γ по контуру l ?
6. Почему при обтекании крыла циркуляция не равна нулю?
7. Какой вид имеет формула Н.Е. Жуковского для подъемной силы крыла?

Раздел 5. Динамика реальной жидкости.

1. Что такое толщина пограничного слоя?
2. Какие факторы влияют на турбулизацию пограничного слоя?
3. Почему происходит отрыв пограничного слоя на плохообтекаемых телах?
4. Почему резко уменьшается подъемная сила крыла при закритических углах атаки?
4. По какой формуле нужно определять подъемную силу крыла при больших углах атаки?
5. Теория подобия гидродинамических процессов.
6. Какой критерий подобия является определяющим при моделировании волнового сопротивления судна?

Раздел 6. Специальные задачи гидрогазодинамики.

1. Что такое шаг лопаточной решетки турбомашин?
2. От чего зависит сила, действующая на одиночную лопатку решетки?
3. Что такое характеристики распыла жидкости?
4. Что такое степень уширения диффузора?
5. Для чего применяются эжекторы в паротурбинных установках?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):

1. Как изменяется вязкость газов при повышении температуры?
2. Как изменяется вязкость несжимаемой жидкости при повышении температуры?
3. Как перевести единицы давления – атмосферы в паскали? 1 ат равна:
4. Чему равно абсолютное давление?
5. Какой закон сохранения выражает уравнение Бернулли?
6. Для чего применяется трубка Пито?
7. В каком случае истечения имеет место наибольший расход при одинаковом наименьшем сечении?
8. На каком принципе работает расходомерное сопло Вентури?
9. Что такое кавитация?
10. При каком течении больше потери напора?
11. От чего зависит гидравлический коэффициент трения λ в формуле Дарси?
12. Какие потери энергии учитывает коэффициент местного сопротивления ζ ?
13. Как зависит сила давления струи на преграду от скорости струи?
14. Что такое гидравлический удар в трубах?
15. Какой порядок имеет скорость ударной волны в стальных трубах?
16. Какой способ защиты трубопроводов от гидроудара следует из теории Н.Е. Жуковского?
17. Что такое скорость звука?
18. Что такое критическая скорость газа?

19. Что происходит со сверхзвуковой скоростью газа при расширении канала? Она:
20. Что такое параметры торможения газового потока?
21. От чего зависит массовый расход газа при истечении из бака в атмосферу?
22. Что происходит при расширении сверхзвукового потока?
23. В каком скачке уплотнения сильнее изменяются параметры газа?
24. Какое течение называется безвихревым?
25. Что такое циркуляция скорости?
26. Что такое потенциал скорости?
27. Что такое метод ЭГДА?
28. Что такое циркуляция скорости Γ по контуру l ?
29. Почему при обтекании крыла циркуляция не равна нулю?
30. Какой вид имеет формула Н.Е.Жуковского для подъемной силы крыла?
31. Какой формулой определяется сила сопротивления при обтекании тела?
32. Что такое толщина пограничного слоя?
33. Какие факторы влияют на турбулизацию пограничного слоя?
34. Почему происходит отрыв пограничного слоя на плохообтекаемых телах?
35. Почему резко уменьшается подъемная сила крыла при закритических углах атаки?
36. По какой формуле нужно определять подъемную силу крыла при больших углах атаки?
37. Какой критерий подобия является определяющим при моделировании волнового сопротивления судна?
38. Что такое шаг лопаточной решетки турбомашин?
39. От чего зависит сила, действующая на одиночную лопатку решетки?
40. Что такое характеристики распыла жидкости?
41. Что такое степень уширения диффузора?
42. Для чего применяются эжекторы в паротурбинных установках?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Угол Маха при обтекании тела со сверхзвуковой скоростью, находится по формуле	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\cos\alpha=M$ 2. $\sin\alpha = M$ 3. $\sin\alpha=1/M$ 4. $\operatorname{tg}\alpha =1/M$
2.	При обтекании потоком выпуклой поверхности образуются	<ol style="list-style-type: none"> 1. ударные волны 2. волны разряжения 3. волны уменьшения плотности 4. волны уменьшения давления
3.	Скорость потока до и после скачка уплотнения связаны соотношением	<ol style="list-style-type: none"> 1. $w_1*w_2=1$ 2. $w_1*w_2=\text{акр}$ 3. $w_1*w_2=1/\text{акр}$ 4. $\lambda_1*\lambda_2 =1$
4.	В циклоне скорость потока находится по формуле	<ol style="list-style-type: none"> 1. $w= \text{const} * r$ 2. $w= \text{const} / r$ 3. $w= \text{const} * r^2$ 4. $w= \text{const} / r^2$
5.	Толщина гидродинамического пограничного слоя, это расстояние от поверхности обтекаемого потоком тела, на котором скорость потока равна	<ol style="list-style-type: none"> 1. $0,10W_\infty$ 2. $0,50 W_\infty$ 3. $0,99 W_\infty$ 4. W_∞
6.	Угол атаки α -это	<ol style="list-style-type: none"> 1. угол распространения ударных волн

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		2. угол между вектором скорости потока и плоскость крыла 3. угол между вектором скорости потока и перпендикуляром к плоскости крыла 4. угол распространения волн сжатия
7.	По величине заданного диапазона изменения числа Рейнольдса определите режим движения среды, если $2300 < Re < 10000$...	1. Ламинарный 2. Ламинарно-турбулентный 3. Переходный от ламинарного к турбулентному 4. Турбулентно-ламинарный
8.	Выберите правильную формулу для расчета числа Рейнольдса ...	1. $Re = \bar{w} \cdot d_{\text{ЭКВ}} / \mu$ 2. $Re = \bar{w} \cdot d_{\text{ЭКВ}} / \nu$ 3. $Re = \bar{w} \cdot d_{\text{ЭКВ}} / \lambda$ 4. $Re = \bar{w} \cdot d_{\text{ЭКВ}} / a$
9.	Молекулярная масса (молярная масса или масса молекулы) газа обозначается символом ... и равна сумме масс атомов, входящих в состав газа ...	1. S 2. k 3. g 4. μ
10.	Температура в нормальных физических условиях соответствует ...	1. 100 град. Цельсия 2. 0 град Цельсия 3. 30 град. Цельсия 4. 0,1 град Цельсия
11.	Для перевода температуры из шкалы Цельсия ($t, ^\circ\text{C}$) в абсолютную температуру (шкала Кельвина, T, K) используют формулу ...	1. $T = 1,8 \cdot (t, ^\circ\text{C} + 273,15)$ 2. $T = (t, ^\circ\text{C} + 273,15) / 1,8$ 3. $T = 0,8 \cdot t, ^\circ\text{C}$ 4. $T = t, ^\circ\text{C} + 273,15$
12.	Универсальная газовая постоянная относится к 1 киломолю газа и составляет величину ...	1. 8314 Дж / (кг · К) 2. 1 кДж / (кг · К) 3. 8314 Дж / (кмоль · К) 4. 100 Дж / (кг · К)
13.	Избыточное давление в технике измеряется ...	1. Тягомером 2. Силомером 3. Тонометром 4. Манометром
14.	Адиабатный процесс происходит ...	1. При постоянном давлении 2. При постоянном объеме 3. При постоянной работе 4. Без подвода и отвода теплоты
15.	Устройство гидростатических машин основано на применении закона	1. Гука. 2. Паскаля 3. Юнга. 4. Ньютона

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
16.	При равноускоренном движении сосуда объемная сила в направлении действия ускорения равна	<ol style="list-style-type: none"> 1. этому ускорению 2. силе тяжести 3. скорости. 4. ускорению свободного падения
17.	Центр давления относительно центра тяжести находится	<ol style="list-style-type: none"> 1. выше. 2. ниже 3. в одной точке. 4. на одной горизонтальной плоскости.
18.	Объемный расход потока жидкости измеряется в	<ol style="list-style-type: none"> 1. м/с... 2. кг/3. 3. м²/с. 4. м³/с
19.	Уравнение неразрывности (сплошности) имеет вид	<ol style="list-style-type: none"> 1. $w = w(x, y, z, \tau), p = p(x, y, z, \tau)$. 2. $Q = \int dQ = \int w dF$. 3. $dQ = w dF = \text{const}$ 4. $w_{\text{cp}} = (1/F) \int w dF$.
20.	Уравнения движения идеальной жидкости Эйлера не учитывают	<ol style="list-style-type: none"> 1. давление. 2. плотность. 3. вязкость 4. ускорение.

Вариант 2

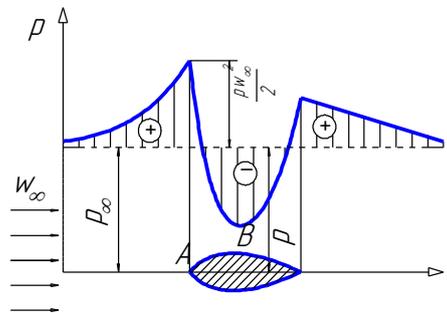
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Уравнение Бернулли выражает закон сохранения	<ol style="list-style-type: none"> 1. энергии. 2. массы. 3. количества движения. 4. момента количества движения.
2.	Форма записи уравнения Бернулли имеет вид	<ol style="list-style-type: none"> 1. $dQ = w dF = \text{const}$. 2. $w^2/(2g) + p/(\rho g) + z = \text{const}$. 3. $p = p_0 + \rho g z$. 4. $(\partial w_x/\partial x) + (\partial w_y/\partial y) + (\partial w_z/\partial z) = 0$.
3.	Трубка Пито применяется для измерения	<ol style="list-style-type: none"> 1. направления потока. 2. статического давления. 3. полного давления. 4. скорости потока.
4.	Динамическое давление потока равно	<ol style="list-style-type: none"> 1. $p_0 / (\rho g)$. 2. $w^2 / (2g)$. 3. $\rho w^2 / 2$. 4. $w^2 / (2g) + p / (\rho g)$.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
5.	Потерю механической энергии при течении реальной жидкости учитывают с помощью	1. потери напора. 2. потери скорости. 3. потери давления. 4. потери расхода.
6.	Потери напора	1. не зависят от режима течения. 2. больше при турбулентном режиме. 3. больше при переходном режиме. 4. больше при ламинарном режиме течения.
7.	Потери напора принято измерять в долях скоростного напора по формуле Вейсбаха:	1. $h_w = \frac{w^2}{2g}$. 2. $h_w = \zeta \frac{w^2}{2g}$. 3. $h_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{w^2}{2g}$. 4. $h_l = \lambda \frac{w^2}{2g}$.
8.	При истечении струи через отверстие под воздействием центробежных сил происходит ее.	1. ускорение. 2. расширение. 3. замедление. 4. сжатие.
9.	Наибольший расход при одинаковом наименьшем сечении имеет место в случае истечения через	1. круглое отверстие. 2. конический расходящийся насадок. 3. конический сходящийся насадок. 4. цилиндрический насадок.
10.	Расходомерное сопло Вентури работает на принципе	1. определения времени истечения объема через калиброванное отверстие. 2. измерения упругих деформаций чувствительного органа под действием давления жидкости. 3. связи перепада давления со скоростью течения. 4. измерения электродвижущей силы.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	Кавитация это	<ol style="list-style-type: none"> 1. выделение пузырьков растворенного воздуха. 2. появление пузырьков пара на поверхности. 3. переход течения в турбулентный режим. 4. появление пузырьков пара в зоне пониженного давления и схлопывание в зоне повышенного.
12.	Уравнение количества движения имеет вид	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\Delta (mw) / \Delta \tau = G (w_1 - w_2)$. 2. $\rho Q \omega (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1) = M \omega$. 3. $w = \sqrt{2gH}$. 4. $[m (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1)] / \Delta \tau = M$
13.	Уравнение моментов количества движения Эйлера имеет вид	<ol style="list-style-type: none"> 1. $[m (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1)] / \Delta \tau = M$. 2. $\rho Q \omega (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1) = M \omega$. 3. $w = \sqrt{2gH}$. 4. $\Delta (mw) / \Delta \tau = G (w_1 - w_2)$.
14.	Мощность центробежного насоса и гидротурбины будет наибольшей при значении угла α	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0°. 2. 45°. 3. 90°. 4. 180°.
15.	Критическое число Рейнольдса для гладких труб имеет значение	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2300. 2. 230. 3. 23000. 4. 230000.
16.	При развитом турбулентном движении потери напора пропорциональны скорости в степени:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3. 2. 1. 3. 2. 4. 4.
17.	Моделировать линии тока в гидродинамике эквипотенциальными линиями в электротехнике, можно потому что	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии похожи 2. Электричество тоже жидкость 3. Электрические заряды похожи на элементарный объем жидкости 4. Описываются одинаковым уравнением Лапласа
18.	Гидравлический коэффициент трения λ в формуле Дарси зависит от	<ol style="list-style-type: none"> 1. числа Рейнольдса. 2. числа Рейнольдса и относительной шероховатости. 3. относительной шероховатости. 4. диаметра трубы.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Коэффициент местного сопротивления ζ учитывает потери энергии из-за	<ol style="list-style-type: none"> 1. изменения направления потока 2. увеличения вязкости жидкости. 3. увеличения поверхности, где действует сила вязкого трения. 4. вихреобразования в местах изменения геометрии потока.
20.	Процесс истечения газа из сопла Лавалья	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изохорный. 2. Изотермический. 3. Адиабатный. 4. Изобарный.

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Сила давления струи на преграду	<ol style="list-style-type: none"> 1. не зависит от скорости струи. 2. пропорциональна скорости струи. 3. пропорциональна квадрату скорости струи. 4. пропорциональна корню квадратному скорости струи.
2.	Гидроудар это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. резкое изменение давления при изменении скорости течения. 2. заполнение трубопровода жидкостью. 3. выделение из жидкости растворенного воздуха. 4. холодное кипение жидкости при резком снижении давления.
3.	В случае обтекания тела несжимаемой жидкостью в точке В (смотри рис.) может появиться... 	<ol style="list-style-type: none"> 1. кавитация. 2. ударная волна. 3. скачек уплотнения. 4. гидроудар.
4.	Циркуляция скорости это	<ol style="list-style-type: none"> 1. окружная скорость вращения тела в кости. 2. интеграл от произведений касательной скорости на элемент дуги контура

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. угловая скорость вращения тела в жидкости. 4. интеграл от произведений скорости на элемент дуги линии тока.
5.	Размерность циркуляции	1. м/с ² . 2. м/3. 3. м ³ /с. 4. м ² /с.
6.	Реальная жидкость обладает свойством	1. жесткости. 2. пластичности. 3. вязкости. 4. упругости
7.	Сопла Лаваля имеют применение для:	1. уменьшения скорости течения газа 2. получения струи газа со сверхзвуковой скоростью. 3. измерения расхода газа. 4. распыливания топлива в форсунках.
8.	Скорость истечения пара через сопло	1. $(2p_2/p_1)^{0.5}$ 2. $[2(p_1 - p_2)]^{0.5}$. 3. $(2p_1/p_2)^{0.5}$. 4. $[2(h_1 - h_2)]^{0.5}$.
9.	Если в рассматриваемом потоке определяющая сила - это вязкое трение, то модель будет динамически подобна натуре, если будут одинаковы вычисленные для них числа	1. Рейнольдса. 2. Ньютона. 3. Фруда. 4. Маха.
10.	При экспериментальном исследовании периодически повторяющихся процессов, таких, как срыв вихрей, колебания лопатки или крыла, на модели и в натуре должны обеспечиваться одинаковые значения числа	1. <i>Sh</i> . 2. <i>Ne</i> . 3. <i>Fr</i> . 4. <i>Re</i> .
11.	Система лопаток одинаковой формы, равномерно размещенных по некоторой поверхности вращения, называется...	1. профилем решетки. 2. решеткой турбомшины 3. плоской решеткой профилей. 4. рядом турбинных лопаток.
12.	. Устройство, в котором энергия газового потока увеличивается струей другого потока, имеющего больший напор, называется	1. эжектор. 2. сопло. 3. конфузор. 4. диффузор

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Модуль Юнга показывает	<p>1. какую силу надо приложить , чтобы объем увеличился в 2 раза.</p> <p>2. какую силу надо приложить , чтобы объем уменьшился в 2 раза</p> <p>3. какое давление надо приложить чтобы объем увеличился в 2 раза.</p> <p>4. какое давление надо приложить чтобы объем уменьшился в 2 раза.</p>
20.	У воды угол смачивания	<p>1. больше 90 °</p> <p>2. меньше. 90°</p> <p>3. равен 0</p> <p>4. больше 120°</p>

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1 Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Газодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004730-2
Электронный ресурс: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=485830>
2. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа: учебник, - 6-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 272 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-011848-2
Электронный ресурс: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544277>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Теплотехника: учебник для вузов / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», В.В. Андреев, В.А. Лебедев, Б.И. Спесивцев, СПб, 2015.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Газодинамика: Методические указания к лабораторным работам/ Лебедев В.А., Спесивцев Б.И., Афанасьев П.И. - СПб, «Горный», 2015.- 60 с.
2. Тексты лекций по газодинамике/-электронный ресурс (http://ior.spmi.ru/si...s\I\I_1495793787.pdf), Санкт-Петербургский горный университет. Сост.Спесивцев Б. И., СПб, 2017. - 81 с.
3. Лабораторные работы по газодинамике/-электронный ресурс (http://ior.spmi.ru/si...lp\I\lp_1495793787.pdf), Санкт-Петербургский горный университет. Сост.Спесивцев Б. И., СПб, 2017.
4. Практические занятия по газодинамике/-электронный ресурс (http://ior.spmi.ru/si...pr\I\pr_1495793787.pdf), Санкт-Петербургский горный университет. Сост.Спесивцев Б. И., СПб, 2017.
5. Материалы для подготовки к экзамену по газодинамике/-электронный ресурс (http://ior.spmi.ru/si...d\pd_1495793787.pdf), Санкт-Петербургский горный университет. Сост.Спесивцев Б. И., СПб, 2017.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

- Библиотечная система <http://znanium.com> Специализированная географическая информационная система «Ситиком» <http://www.citycom.ru>-
- Программа гидравлического расчёта тепловых сетей <http://www.politerm.com.ru/>
- Разработка программного обеспечения и автоматизированных информационных систем <http://www.energsoft.info/>
- Международная общественная организация «Энергоинформ» <http://www.energoinform.org/index.aspx>
- Российское информационное агентство топливно-энергетического комплекса <http://www.riatec.ru/>
- Интернет-портал сообщества ТЭК <http://energyland.info/>
- Журнал «Новости теплоснабжения» <http://www.ntsni.ru/>
- Форум по теплоснабжению <http://www.rosteplo.ru/>

- Некоммерческое партнёрство инженеров <http://www.abok.ru/>
- АО «Издательский дом МЭИ» <http://www.mpei-publishers.ru/>
- Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
- Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
- Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
- Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>
- Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
- Библиотечная система <http://znanium.com>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий

128 посадочных мест

Оснащенность: Стол письменный – 65 шт., стул аудиторный – 128 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 2 шт., компьютер 400G1, N9E88ES – 1 шт., монитор PROLITE TF1734MC-B1X – 1 шт., экран SCM-4308 – 1 шт., проектор XEED WUX6010 – 1 шт., система акустическая Sound SM52T-WH – 8 шт., плакат – 9 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, Microsoft Open License, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

60 посадочных мест

Стол письменный – 31 шт., стул аудиторный – 60 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска напольная мобильная – 1 шт., ноутбук 90NBOAO2-VQ1400 – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., экран SCV-16904 Champion – 1 шт., плакат – 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО)

Аудитории для проведения практических занятий

32 посадочных места

Стол письменный – 17 шт., стул аудиторный – 32 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакат – 6 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО),

Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

30 посадочных мест

Стол письменный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакаты – 5 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

28 посадочных мест

Стол письменный – 15 шт., стул аудиторный – 28 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакат – 5 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 ,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office 2007 Standard
3. Microsoft Office 2010 Professional Plus