

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.11.2023 17:11:04  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Санкт-Петербургский государственный технологический институт**  
**(технический университет)»**  
**(СПбГТИ(ТУ))**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б. В. Пекаревский

« 20 » мая 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

Направление подготовки

**15.03.03 Прикладная механика**

Направленность программы

Динамика и прочность машин и аппаратуры

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Факультет **механический**

Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2019

Б1.В.04

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2	Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	05
3	Объем дисциплины	06
4	Содержание дисциплины	
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий	06
4.2	Занятия лекционного типа	06
4.3	Занятия семинарского типа	08
4.3.1.	Семинары, практические занятия	09
4.3.2.	Лабораторные занятия	10
4.4	Самостоятельная работа	10
4.4.1	Тематика контрольных работ	11
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	14
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	14
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1	Информационные технологии	14
10.2	Программное обеспечение	14
10.3	Базы данных и информационные справочные системы	14
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	15
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15
	Приложения: 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	16

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	<p>способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> современные подходы к описанию ламинарного и турбулентного течения жидкости и газа в областях с различной геометрией <b>Уметь:</b> моделировать движение газовых и жидкостных потоков в широком диапазоне скоростей <b>Владеть:</b> методами расчета основных параметров технологических потоков в промышленных аппаратах</p>
ПК-5	<p>способность составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации</p>	<p><b>Знать:</b> основные методы экспериментального исследования газовых и жидкостных потоков в технологических аппаратах; <b>Уметь:</b> обрабатывать и анализировать полученные результаты экспериментального исследования, готовить данные для составления отчетов и презентаций; <b>Владеть:</b> методами экспериментального исследования газовых и жидкостных потоков в технологических аппаратах.</p>

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к вариативной части (Б1.В.04) и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «физики», «математики», «теоретической механики» и др.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Механика жидкости и газа» знания, умения и навыки могут быть использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

## 3 Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/академических часов)</b>	<b>6/216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>126</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР)	18
КСР	-
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>45</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)</b>	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)</b>	экзамен, КР(45)

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

#### 4 Содержание дисциплины.

##### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Основные уравнения гидромеханики	5	-	7	8	ПК-2
2	Гидростатика	2	6		8	ПК-2
3	Общие закономерности гидродинамики	8	4	3	6	ПК-2
4	Гидравлика	3	8	16	8	ПК-5
5	Гидравлические машин.	10	10	6	9	ПК-5
6	Компрессорные машины.	8	8	4	6	ПК-5
	ИТОГО	36	36	36	45	

##### 4.2 Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Основные уравнения гидромеханики</b> Физические свойства жидкостей и газов. Гипотеза сплошности. Плотность, вязкость, сжимаемость, скорость звука. Скорость, ускорение, линия тока, трубка тока, живое сечение. Расход. Уравнение неразрывности. Скорость сдвигаю	2	Слайд-презентация
1	<b>Основные уравнения гидромеханики</b> Силы, действующие в жидкости. Напряженное состояние жидкой среды. Скорость деформации. Уравнение движения в напряжениях. Давление в жидкости. Уравнение Навье-Стокса для реальной несжимаемой жидкости. Уравнение энергии. Функция диссипации.	3	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<b>Гидростатика</b> Основное равнение гидростатики. Равновесие жидкости в гравитационном поле. Равновесие жидкости в центробежном поле. Сообщающиеся сосуды. Сила давления на плоскую стенку. Сила давления на цилиндрическую поверхность тела. Закон Архимеда	2	Слайд-презентация
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Уравнение движения идеальной жидкости. Интеграл Бернулли. Плоское потенциальное течение. Функция тока. Потенциал скорости. Обтекание цилиндра. Парадокс Даламбера	2	Слайд-презентация
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Опыт Рейнольдса. Режимы течения жидкости. Уравнение Рейнольдса. Турбулентные напряжения. Динамическая скорость. Понятие турбулентной вязкости. Универсальный профиль скоростей.	2	Слайд-презентация
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Безразмерная форма уравнения Навье-Стокса. Критерии подобия. Решение задач гидродинамики методом теории подобия. Течение жидкости в каналах и трубах при ламинарном и турбулентном режимах течения. равнение Дарси-Вейсбаха. Диаграмма Никурадзе..	2	Слайд-презентация
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Уравнения пограничного слоя. Интегральное соотношение пограничного слоя. Продольное обтекание полу бесконечной пластины. Ламинарный и турбулентный пограничный слой. “Ползучее” течение. Обтекание шара. Расчет силы сопротивления при обтекании тел.	2	Слайд-презентация
4	<b>Гидравлика.</b> Одномерная модель реального потока. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости. Гидравлические потери на местных сопротивлениях. Теорема Борда-Карно. Гидравлические потери по длине канала. Поле скоростей и давлений в циклонном устройстве. Вторичные токи в реальной жидкости. Сопротивление змеевика. Прямой гидравлический удар в трубах. Уравнение акустики.	3	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
5	<p><b>Гидравлические машины.</b>            Основные параметры насосов. Классификация насосов. Область применения. Кавитация.            Центробежный насос. Принцип действия. Конструкция. Классификация. Маркировка. Уравнение Эйлера. Производительность. Рабочие характеристики насоса. Подобие центробежных насосов. Формулы пропорциональности. Парабола подобных режимов. Вихревой насос. Принцип действия. Конструкция. Рабочие характеристики. Область применения</p>	6	Слайд-презентация
5	<p><b>Гидравлические машины.</b>            Объемные насосы            Поршневой насос. Принцип действия. Классификация. Средняя и мгновенная производительность. Коэффициент неравномерности подачи. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Работа. Средняя мощность. Рабочие характеристики. Способы регулирования производительности. Основы теории воздушных колпаков. Основы теории клапанов.            Принцип действия и рабочие характеристики шестеренных насосов. Область применения.            Эрлифтный насос. Принцип действия и рабочие характеристики. Область применения</p>	4	Слайд-презентация
5	<p><b>Компрессорные машины.</b>            Классификация компрессорных машин. Поршневой компрессор            Индикаторная диаграмма идеального поршневого компрессора. Процессы сжатия газов: изотермический, адиабатический и политропический. Производительность и работа за цикл. Мощность. Факторы, влияющие на производительность реального компрессора. Многоступенчатое сжатие газа. Расчет оптимального промежуточного давления. Индикаторная диаграмма реального компрессора. Способы регулирования производительности поршневого компрессора.</p>	4	Слайд-презентация
6	<p><b>Компрессорные машины</b>            Поршневой вакуум-насос. Производительность. Расчет мощности привода. Работа с перепуском.            Пластинчатая ротационная компрессорная машина. Принцип действия. Производительность. Индикаторная диаграмма.            Водокольцевой вакуум-насос. Принцип действия, преимущества и недостатки. Область применения.</p>	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Центробежный вентилятор. Классификация. Рабочие характеристики.		

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Основы гидростатики Основное уравнение гидростатики. Гидростатическое давление в точке, избыточное и вакуумметрическое давление. Поверхности равного давления. Эпюры избыточного давления. Гидростатический парадокс. Сила гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.	6	Слайд-презентация
3	Динамика вязкой жидкости Уравнения Навье-Стокса. Моделирование в гидромеханике. Одномерная модель потока сплошной среды и гидравлические сопротивления	4	Слайд-презентация
4	. Уравнение Бернулли для вязкой жидкости. Истечение жидкости через отверстия и насадки Расчет гидравлических потерь напора. Местные сопротивления. Гидравлические потери по длине трубопровода. Диаграмма Никурадзе. Расчет простых трубопроводов	8	Слайд-презентация
5	Работа насосов на сеть Характеристика сети. Способы регулирования производительности. Расчет рабочих характеристик агрегата при параллельном соединении и последовательном соединении центробежных насосов.	4	Слайд-презентация
5	Расчет рабочих характеристик центробежных насосов при изменении частоты вращения рабочего колеса Определение к.п.д. системы – 2 ч..	2	Слайд-презентация
5	Насосы. Рабочие характеристики поршневого насоса, Расчет объема воздушных колпаков	4	Слайд-презентация
6	<u>Компрессоры</u> Приближенный термодинамический расчет поршневого одноступенчатого компрессора	4	Слайд-презентация
3	Ротационные компрессорные машины. Индикаторные диаграммы при различных степенях сжатия	4	Слайд-презентация

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3, 4, 5, 6	Введение в лабораторный практикум Техника безопасности при выполнении исследований. Основные требования. Обработка опытных данных	2	
3, 4	Определение коэффициента гидравлического трения	2	
4	Исследование трубчатых оросительных устройств	2	
4	Сопротивление змеевика	2	
4	Сопротивление кольцевого канала.	2	
4	Измерение расхода трубкой Пито	2	
4	Градуировка трубки Пито.	2	
4	Градуировка расходомера с соплом Вентури.	2	
4	Определение коэффициентов истечения.	2	
4	Определение коэффициентов местных сопротивлений.	2	
1	Измерение вязкости на капиллярном вискозиметре – 2ч.	2	
1	Измерение вязкости на ротационном вискозиметр	2	
3	Измерение поля скоростей и давлений в циклонном устройстве.	2	
6	Испытания водокольцевого вакуум-насоса.	2	
6	Аэродинамические испытания центробежного вентилятора.	2	
5	Рабочие характеристики центробежного насоса.	2	
5	Универсальные характеристики центробежного насоса	2	
5	Испытания поршневого насоса.	2	
5	Расшифровка колеса центробежного насоса.	2	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Испаряемость, давление насыщенных паров, кавитация, формула Лапласа, скорость звука в неоднородной среде	11	Устный опрос
2	Плоскопараллельное движение идеальной несжимаемой жидкости. Парадокс Даламбера	11	Письменный опрос
3	Метод размерностей в моделировании гидродинамических процессов.	11	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Элементы гидроаппаратуры и гидропривода	12	Письменный опрос

#### 4.4.1 Тематика контрольных работ

Контрольные работы (Кр) предусмотрены по каждой теме занятий семинарского типа.

Задание по каждой контрольной работе включает в себя задачу и вопросы, обусловленные ее постановкой.

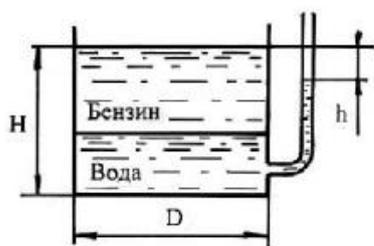
Примерные варианты заданий:

##### Вариант 1.

##### Вопросы:

1 Почему гидростатическое давление является функцией координат

$$p = f(x, y, z)?$$



2 Что такое абсолютное, избыточное и вакуумметрическое давление?

##### Задача:

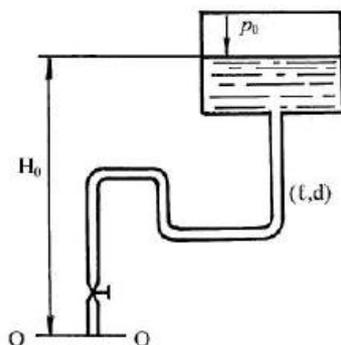
В цилиндрический бак диаметром 2 м до уровня  $H = 1,5$  м налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже уровня бензина на  $h = 300$  мм. Определить массу находящегося в баке бензина, если  $\rho_6 = 700$  кг/м<sup>3</sup>.

##### Вариант 2.

##### Вопросы:

1 Что такое пьезометрический, скоростной и гидродинамический напор? Как они изменяются по длине (по направлению движения жидкости)?

2 В каких измерительных приборах используются закономерности уравнения Бернулли?



##### Задача:

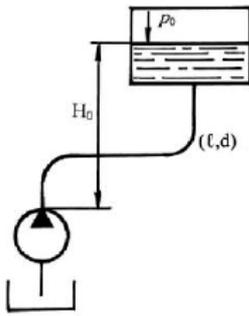
Определить потребный напор, который необходимо создать в сечении О-О для подачи в бак воды с вязкостью  $\eta = 0,008$  м<sup>2</sup>/с, если длина трубопровода  $l = 80$  м; его диаметр  $d = 50$  мм; расход жидкости  $Q = 15$  л/с; высота  $H_0 = 30$  м; давление в баке  $p_2 = 0,2$  МПа; коэффициент сопротивления крана  $\zeta_1 = 5$ ; колена  $\zeta_2 = 0,8$ ; шероховатость стенок трубы  $\Delta = 0,04$  мм.

##### Вариант 3.

##### Вопросы:

1 Как влияет режим течения жидкости на потери напора по длине и в местных сопротивлениях?

2 Где следует устанавливать дроссель: "до" или "после" насоса и почему?



### Задача:

Определить расход в трубе для подачи воды (вязкость  $\nu = 0,01$  Ст) на высоту  $H = 16,5$  м, если диаметр трубы  $d = 10$  мм, ее длина  $\ell = 20$  м, располагаемый напор в сечении трубы перед краном  $H_{\text{расп}} = 20$  м, коэффициент сопротивления крана  $\zeta_1 = 4$ , колена  $\zeta_2 = 1$ . Трубу считать гидравлически гладкой.

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

### 6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и защиты курсовой работы. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами двух видов: два теоретических вопроса (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

#### Билет № 1

1. Вывод уравнения неразрывности в интегральной форме. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости в трубке тока.
2. Вихревой насос. Рабочие характеристики. Способы регулирования производительности.
3. Задача

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

#### а) основная литература:

7.1 Кудинов, В. А. Гидравлика: учеб. пособие для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 199 с.

7.2 Угинчус, А. А. Гидравлика и гидравлические машины : учебник для вузов / А. А. Угинчус. – 5-е изд., стер. – М.: Аз-book, 2009. – 395 с.

#### б) дополнительная литература:

7.3 Гидравлика в машиностроении: учебник для вузов: в 2 ч. / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ. – 2008. – Ч. 1. – 392 с. – Ч. 2. – 496 с

#### в) вспомогательная литература:

7.4 Черкасский, В.М. Насосы. Вентиляторы. Компрессоры. / В.М. Черкасский – М.: Энергия, 1977. – 422 с.

7.5 Бутаев, Д.А. и др. Сборник задач по машиностроительной гидравлике /Под ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвизва. Учебное пособие. / Д.А. Бутаев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981. – 484 с.

7.6 Башта, Т.М. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. / Т.М. Башта [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 433 с.

7.7 Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика. / Б.Т. Емцев – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.

7.8 Доманский, И.В. Насосы и компрессоры: учебное пособие / И. В. Доманский; В.А Некрасов ЛТИ им. Ленсовета. Каф. оптимизации хим. биотехнол. аппаратуры. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1984. – 60 с.

7.9 Доманский, И.В. Основы гидромеханики: учеб. пособие / И.В. Доманский, В. А. Некрасов. – СПб.: СПбТИ(ТУ), 2015. – 122 с.

7.10 Абиев, Р.Ш. Сборник задач по гидравлике и гидравлическим машинам. / Р.Ш. Абиев [и др.]. – СПб.: СПбГТИ, ч. 1 – 7, 1996 – 1998.

7.11 Доманский, И.В. Выполнение расчетно-графической работы «Приближенный термодинамический расчет двухступенчатого поршневого компрессора». Методические указания / СПбГТИ. Каф. Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры; сост. И.В. Доманский, В. А. Некрасов. – СПб.: СПбТИ(ТУ), 2015. – 33

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Механика жидкости и газа» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1 Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной информационно-образовательной среды.

## **10.2 Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel);

Mathcad15

## **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

**11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория гидравлики, оснащенная различными установками.

**12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Механика жидкости и газа»**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Компетенции		
Индекс	Формулировка <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
<b>ПК-2</b>	способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	промежуточный
<b>ПК-5</b>	способность составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	промежуточный

**2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает современные подходы к описанию ламинарного и турбулентного течения жидкости и газа в областях с различной геометрией Умеет моделировать движение газовых и	Правильные ответы на вопросы №1 – 6 к экзамену	ПК-2
Освоение раздела № 2		Правильные ответы на вопросы №7 – 11	ПК-2
Освоение раздела № 3		Правильные ответы на вопросы №12-21	ПК-2

<sup>2</sup> жирным шрифтом выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	жидкостных потоков в широком диапазоне скоростей Владеет методами расчета основных параметров технологических потоков в промышленных аппаратах		
Освоение раздела № 4	Знает основные методы	Правильные ответы на вопросы №22-34	ПК-5
Освоение раздела № 5	экспериментального исследования газовых и жидкостных потоков в технологических аппаратах;	Правильные ответы на вопросы №35–44 к экзамену	ПК-5
Освоение раздела № 6	Умеет обрабатывать и анализировать полученные результаты экспериментального исследования, готовить данные для составления отчетов и презентаций; Владеет методами экспериментального исследования газовых и жидкостных потоков в технологических аппаратах.	Правильные ответы на вопросы №45 - 49 к экзамену	ПК-5

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и курсовой работы, шкала оценивания – балльная.

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Вывод уравнения неразрывности в интегральной форме. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости в трубке тока.
2. Кинематический смысл производных  $\frac{\partial u_x}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial u_x}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial u_y}{\partial x}$  и др. Тензор скоростей деформаций и его свойства.

3. Основные компоненты напряжений. Тензор напряжений и его свойства. Давление.
4. Закон внутреннего трения Ньютона в обобщенной форме.
5. Вывод уравнения движения в интегральной форме.
6. Вывод уравнения энергии в интегральной форме.
7. Основное уравнение гидростатики. Равновесие жидкости в гравитационном поле. Эпюра гидростатических давлений.
8. Равновесие жидкости в центробежном поле.
9. Расчет силы давления на плоскую стенку. Линия действия равнодействующей силы.
10. Расчет силы давления на криволинейную цилиндрическую поверхность тела. Объем тела давления.
11. Закон Архимеда. Вывод расчетной формулы.
12. Уравнение движения идеальной жидкости. Связь его с уравнением Навье-Стокса.
13. Интеграл Бернулли для плоского установившегося течения идеальной жидкости. Условия применимости интеграла Бернулли. Энергетический смысл слагаемых.
14. Режимы течения жидкости в каналах. Опыт Рейнольдса. Эквивалентный диаметр канала.
15. Представление уравнения движения в случае турбулентного течения через осредненные параметры. Уравнение Рейнольдса. Турбулентные напряжения.
16. Преобразование уравнения Навье-Стокса к безразмерному виду. Числа подобия. Условия гидродинамического подобия.
17. Ламинарное течение жидкости в плоскопараллельном канале. Вывод уравнения для расчета потерь давления и коэффициента гидравлического трения.
18. Турбулентное течение жидкости в канале Куэтта. Полуэмпирическая модель Прандтля для расчета турбулентных напряжений в уравнении Рейнольдса. Универсальный профиль скоростей.
19. Ламинарное обтекание шара. Математическая постановка задачи при ползучем течении. Уравнение для расчета силы сопротивления и коэффициента сопротивления.
20. Понятие о пограничном слое. Уравнения пограничного слоя, его связь с уравнением Навье-Стокса.
21. Ламинарный пограничный слой на полубесконечной пластине. Вывод уравнения для расчета силы сопротивления на основе интегрального соотношения. где  $\delta$  ,
22. Уравнение Бернулли. Гидравлические потери и диссипация энергии.
23. Уравнение Бернулли для трубопровода с насосом. Характеристика сети.
24. Гидравлические потери по длине трубопровода. Вид зависимости для расчета коэффициента гидравлического трения. Диаграмма Никурадзе.
25. Местные гидравлические сопротивления. Гидравлические потери при внезапном расширении. Вывод расчетной формулы.
26. Измерение локальных скоростей. Трубка Пито, плоский и шаровой зонды.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:**

27. Вывод градуировочной характеристики расходомера с соплом Вентури.
28. Вывод градуировочной характеристики расходомера с диафрагмой.
29. Ротаметр Вывод градуировочной характеристики.
30. Расчет скорости и расхода жидкости при истечении ее через отверстие с острой кромкой.
31. Расчет скорости и расхода жидкости при истечении ее через цилиндрический насадок.
32. Расчет расхода жидкости при переливе ее через водослив.
33. Поле скоростей и давлений в циклонном устройстве.
34. Расчет давления при прямом гидравлическом ударе. Способы снижения давления.

35. Расчет высоты всасывания центробежного насоса. Кавитационная характеристика.
  36. Расчет высоты всасывания поршневого насоса. Влияние воздушных колпаков на высоту всасывания.
  37. Вторичные токи в реальной жидкости. Влияние их на режим течения жидкости и сопротивление каналов.
  38. Вывод основного уравнения идеального центробежного насоса.
  39. Выбор оптимальных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .
  40. Регулирование производительности центробежного насоса методом дросселирования и байпасирования. Определение к.п.д. насоса.
  41. Рабочие характеристики поршневого насоса. Способы регулирования производительности
  42. Вихревой насос. Рабочие характеристики. Способы регулирования производительности.
  43. Шестеренный насос. Рабочие характеристики. Способы регулирования производительности.
  44. Эрлифтный насос. Принцип действия. Характеристики.
  45. Индикаторная диаграмма идеального поршневого компрессора. Работа за цикл при адиабатическом сжатии. Средняя мощность.
  46. Центробежный вентилятор. Выбор угла  $\beta_2$ . Рабочие характеристики.
  47. Поршневой вакуум-насос. Особенности расчета мощности привода. (работа за цикл при одноступенчатом сжатии).
  48. Роторный пластинчатый компрессор. Принцип действия. Индикаторная диаграмма.
  49. Водокольцевой вакуум-насос. Принцип действия. Индикаторная диаграмма.
- При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов и одну задачу. Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

#### 4 Курсовая работа

Курсовая работа заключается в выполнении расчетов, необходимых для выбора насоса или в определении условий работы поршневого компрессора.

Результаты выполненных расчетов представляются в виде расчетно-пояснительной записки (объемом 20-25 страниц машинописного текста), которая содержит выполненные расчеты, необходимые графики и диаграммы.

#### Примерные темы курсовых работ

<i>№</i>	<i>Тема</i>	<i>Цели и задачи проекта</i>
1	Центробежный насоска	Спроектировать сеть и подобрать центробежный насос для перекачивания бензола в количестве 30 м <sup>3</sup> /час Перепад высот между исходной и приемной емкостями 25 м. Давление в исходной емкости 0.1 Мпа, в приемной – 2.2 МПа. Температура бензола 40°С. Найти наилучший способ регулирования из простейших (дросселирование или дросселирование)
2	Поршневой компрессор	Выполнить приближенный расчет поршневого двухступенчатого компрессора. Перекачиваемый газ – азот, начальное давление 80 КПа, конечное 0.35 МПа, производительность 0.8 м <sup>3</sup> с. Схема компрессора – вертикальный двух рядный простого действия. Начальная температура газа 30°С, температура охлаждающей воды 20° С, При

		выполнении расчетов принять, что коэффициент мертвого пространства 1-ой ступени сжатия равен 5%, второй – 7%.
--	--	---

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.