

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.07.2022 13:37:09  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ГИДРОМЕХАНИКИ.**  
**НАСОСЫ, КОМПРЕССОРЫ, ВЕНТИЛЯТОРЫ**

Направления подготовки:

**15.03.02 – Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата  
Все направленности

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Доцент Некрасов В.А.

Рабочая программа дисциплины «Основы гидромеханики. Насосы, компрессоры, вентиляторы» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 № \_\_

Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета

протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 № \_\_

Председатель

А.Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		А.Н. Луцко
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## 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	06
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий	06
4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3 Занятия лекционного типа	07
4.4 Занятия семинарского типа	09
4.4.1 Семинары, практические занятия	09
4.4.2 Лабораторные занятия	10
4.5 Самостоятельная работа	11
4.5.1 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	13
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	14
12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14
Приложения: 1	
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	15

**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:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5.4 Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p><b>Знать:</b> средства информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий (ЗН-1)</p> <p><b>Уметь:</b> проводить обзоры патентной и научно-технической литературы в области машиностроения (У-1)</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования компьютерных технологий при поиске научно-технической информации (Н-1)</p>
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.2 осуществляет проверку технического состояния нового технологического оборудования и обеспечивает его освоение	<p><b>Знать:</b> основные уравнения механики несжимаемой ньютоновской жидкости (ЗН-2)</p> <p><b>Уметь:</b> использовать математические модели гидромеханических явлений и процессов при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач (У-2)</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментов по заданным методикам, обработки и анализа результатов проводимых исследований (Н-2)</p>
ОПК-11 Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	ОПК-11.4 Организует метрологическое обеспечение технологических процессов, использует типовые методы контроля качества выпускаемой продукции	<p><b>Знать:</b> принципы действия основных конструкций насосов и компрессорных машин, используемых в химической промышленности (ЗН-3)</p> <p><b>Уметь:</b> свободно пользоваться научной и справочной литературой (У-3)</p> <p><b>Владеть:</b> средствами технологического оснащения автоматизации, управления, контроля, диагностирования, испытаний основного и вспомогательного производств, их математическое, программное, информационное и техническое обеспечение, а также методы, способы и средства их проектирования, изготовления, отладки, производственных испытаний, эксплуатации и научного исследования в различных отраслях национального хозяйства (Н-3)</p>

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчиком РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>4</sup>.

Дисциплина относится к обязательной части (Б1.О.17) 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 «Основы гидромеханики. Насосы, компрессоры, вентиляторы» 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</b> (зачетных единиц/академических часов)	<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 (в том числе на практическую подготовку)	36
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	КР (18)
КСР	–
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>54</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	36/экзамен, КР

<sup>4</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, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Основные уравнения гидромеханики	6	-	7	8	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
2	Гидростатика	6	6		8	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
3	Общие закономерности гидродинамики	6	4	3	8	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
4	Гидравлика	6	8	16	8	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
5	Гидравлические машин.	6	10	6	12	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
6	Компрессорные машины.	6	8	4	10	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11
	ИТОГО	36	36	36	54	ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11

### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	<b>ОПК-5.4; ОПК-9.2; ОПК-11.4</b>	Основные понятия и определения. Физические свойства жидкостей и газов. Элементы кинематики Основные уравнения динамики несжимаемой жидкости
2	<b>ОПК-5.4; ОПК-9.2; ОПК-11.4</b>	Общие закономерности динамики вязкой жидкости Одномерные течения вязкой жидкости
3	<b>ОПК-5.4; ОПК-9.2; ОПК-11.4</b>	Основные параметры и классификация гидравлических машин. Динамические насосы. Объемные насосы
4	<b>ОПК-5.4; ОПК-9.2; ОПК-11.4</b>	Классификация компрессорных машин. Поршневой компрессор

#### 4.3 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 сдвига	2	ЛВ <sup>5</sup>
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 сдвига	2	ЛВ
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.	2	ЛВ
2	<b>Гидростатика</b> Основное уравнение 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	ЛВ
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Уравнение движения идеальной жидкости. Интеграл Бернулли. Плоское потенциальное течение. Функция тока. Потенциал скорости. Обтекание цилиндра. Парадокс Даламбера	2	ЛВ
3	<b>Общие закономерности гидродинамики</b> Опыт Рейнольдса. Режимы течения жидкости. Уравнение Рейнольдса. Турбулентные напряжения. Динамическая скорость. Понятие турбулентной вязкости. Универсальный профиль скоростей.	2	ЛВ

<sup>5</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
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. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Диаграмма Никурадзе	2	ЛВ
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	ЛВ
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.	2	ЛВ
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.	2	ЛВ
5	<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	6	ЛВ
5	<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	4	ЛВ



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	<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.	3	ЛВ
6	<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. Центробежный вентилятор. Классификация. Рабочие характеристики.	3	ЛВ

#### 4.4 Занятия семинарского типа

##### 4.4.1 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	АТД
3	Динамика вязкой жидкости Уравнения Навье-Стокса. Моделирование в гидромеханике. Одномерная модель потока сплошной среды и гидравлические сопротивления	4	КтСм
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	КтСм
5	Работа насосов на сеть Характеристика сети. Способы регулирования производительности. Расчет рабочих характеристик агрегата при параллельном соединении и последовательном соединении центробежных насосов.	4	КтСм
5	Расчет рабочих характеристик центробежных насосов при изменении частоты вращения рабочего колеса. Определение к.п.д. системы	2	КтСм

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	Поршневые насосы. Рабочие характеристики поршневого насоса. Расчет объема воздушных колпаков	4	КтСм
6	Компрессоры Приближенный термодинамический расчет поршневого одноступенчатого компрессора	4	КтСм
3	Ротационные компрессорные машины. Индикаторные диаграммы при различных степенях сжатия	4	КтСм

#### 4.4.2 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	0.5	
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	2	
1	Измерение вязкости на ротационном вискозиметре	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.	1.5	

#### 4.5 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	14	Устный опрос
2	Плоскопараллельное движение идеальной несжимаемой жидкости. Парадокс Даламбера	14	Письменный опрос
3	Метод размерностей в моделировании гидродинамических процессов.	14	Устный опрос
4	Элементы гидроаппаратуры и гидропривода	12	Письменный опрос

##### 4.5.1 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?

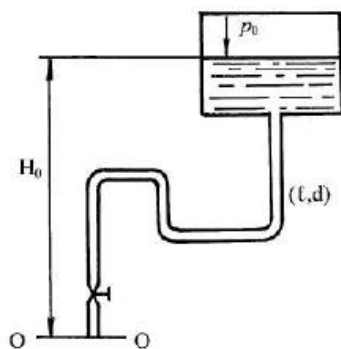
##### Задача:

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  $\rho_{\text{б}} = 700 \text{ кг/м}^3$ .

##### 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?



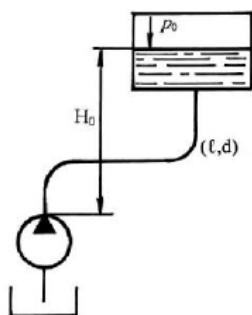
##### Задача:

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

### 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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

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 КР.

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). Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

Пример варианта билета на экзамене:

#### 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.  
Задача:
3. 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  $\rho_{\text{б}} = 700$  кг/м<sup>3</sup>.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

### **а) печатные издания:**

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. ISBN 978-5-534-10336-6

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. ISBN 978-5-904034-02-3

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. ISBN 978-5-94178-184-3

### **б) электронные учебные издания:**

7.4 Доманский, И.В. Основы гидромеханики: учеб. пособие / И.В. Доманский, В.А. Некрасов. – Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры. – Санкт-Петербург: СПбГИ(ТУ), 2015. – 122 с. / СПбГИ. Электронная библиотека. URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 06.04.2022). – Режим доступа: для зарегестр. читателя

7.5 Доманский, И.В. Приближенный термодинамический расчет двухступенчатого поршневого компрессора / Методические указания / И.В. Доманский, В.А. Некрасов; СПбГИ(ТУ). Каф. Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры. Электронная библиотека. – СПб.: СПбГИ(ТУ), 2015. – 33 с. / Электронная библиотека. URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 06.04.2022). – Режим доступа: для зарегестр. читателя

7.6 Доманский, И.В. Насосы и компрессорные машины: учебное пособие / И.В. Доманский, В.А. Некрасов; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры. – Санкт-Петербург: СПбГИ(ТУ), 2022. – 90 с.: ил. - // СПбГИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 07.04.2022). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

## **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 «Основы гидромеханики. Насосы, компрессоры, вентиляторы» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

СТО СПбГИ 044-2012. КС УКВД. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

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

СТП СПбГИ 016-2015. 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 ЭИОС.

### **10.2 Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel) или LibreOffice;

Пакет прикладных программ MathCad.

### **10.3 Базы данных и 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.

Приложение № 1  
к рабочей программе дисциплины

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Основы гидромеханики. Насосы, компрессоры, вентиляторы»  
1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>6</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>7</sup></b>
<b>ОПК-5</b>	Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	промежуточный
<b>ОПК-9</b>	Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	промежуточный
<b>ОПК-11</b>	Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	промежуточный

---

<sup>6</sup> жирным шрифтом выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>7</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.)

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-5.4 Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p><b>Знает</b> средства информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий (ЗН-1)</p> <p><b>Умеет</b> проводить обзоры патентной и научно-технической литературы в области машиностроения (У-1)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №1 – 49 к экзамену.</p> <p>Защита КР</p>	<p><b>Знает</b> состав и структуру технической документации, стандарты и нормативные документы по разработке проектно-конструкторской документации разрабатываемого оборудования (ЗН-1)</p>	<p><b>Способен проводить</b> обзоры патентной и научно-технической литературы в области машиностроения (У-1)</p>	<p><b>Способен</b> самостоятельно разрабатывать проектную и рабочую документацию (Н-1)</p>
ОПК-9.2 осуществляет проверку технического состояния нового технологического оборудования и обеспечивает его освоение	<p><b>Знает</b> основные уравнения механики несжимаемой ньютоновской жидкости (ЗН-2)</p> <p><b>Использует</b> математические модели гидромеханических явлений и процессов при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач (У-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №1 – 16 к экзамену</p> <p>Правильные ответы на вопросы №17– 37 к экзамену.</p> <p>Защита КР</p>	<p><b>Имеет</b> представление о методиках обработки и анализа результатов проводимых исследований (Н-2)</p>	<p><b>Способен использовать</b> математические модели гидромеханических явлений и процессов для решения производственно-технологических задач (У-2)</p>	<p><b>Владеет</b> навыками проведения экспериментов по заданным методикам, обработки и анализа результатов проводимых исследований (Н-2)</p>



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-11.4 Организует метрологическое обеспечение технологических процессов, использует типовые методы контроля качества выпускаемой продукции	<b>Имеет представление</b> о принципах действия основных конструкций насосов и компрессорных машин, используемых в химической промышленности (ЗН-3)	<p>Правильные ответы на вопросы №38 – 44 к экзамену</p> <p>Правильные ответы на вопросы №45 – 49 к экзамену.</p> <p>Защита КР</p>	<b>Знает</b> основные параметры, классификацию и принципы действия насосов и компрессорных машин (ЗН-3)	<b>Умеет</b> свободно пользоваться научной и справочной литературой (У-3)	<b>Владеет</b> средствами технологического оснащения автоматизации, управления, контроля, диагностирования, испытаний основного и вспомогательного производств, их математическое, программное, информационное и техническое обеспечение, а также методы, способы и средства их проектирования, изготовления, отладки, производственных испытаний, эксплуатации и научного исследования в различных отраслях национального хозяйства (Н-3)

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 ОПК-5; ОПК-9; ОПК-11:**

1. Вывод уравнения неразрывности в интегральной форме. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости в трубке тока.
2. Кинематический смысл производных  $\partial u_x/\partial x$ ,  $\partial u_y/\partial y$ ,  $\partial u_z/\partial z$  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.
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.
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. 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 насос	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 (дресселирование или байпасирование)
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 двухрядный 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 СТП: СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.