

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Механика жидкости и газа
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний об основных законах равновесия и движения жидкости и газа, умений и навыков их приложения в энергетических системах, владений методами расчета энергетических систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных законов равновесия и движения идеальной и вязкой жидкости;
- изучение закономерностей гидромеханических процессов, происходящих в энергетических системах;
- формирование умения строить математические модели процессов движения жидкости и газа в трактах энергетических установок;
- формирование умения выявлять и анализировать физическую сущность явлений и проблем, возникающих в системах энергетики, находить пути их решения;
- формирование навыков расчета движения жидкости и газа в гидрولىниях энергетических систем.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- общие сведения о жидкостях;
- силы, действующие в жидкости, гидростатическое давление и его свойства;
- уравнения и законы гидростатики (дифференциальные уравнения равновесия жидкости, гидростатический закон распределения давления, основное уравнение гидростатики, абсолютный и относительный покой жидкости, сила давления жидкости на стенки сосудов);
- кинематика жидкости (способы описания движения среды, элементы и виды движения жидкой частицы);
- уравнения динамики сплошной среды (уравнение неразрывности, уравнение движения в напряжениях, уравнение Д. Бернулли);
- режимы движения жидкости в трубах (ламинарный и турбулентный, критерий Рейнольдса);
- динамика идеальной жидкости (уравнения движения идеальной жидкости Л. Эйлера, интеграл и теорема Д. Бернулли, плоское стационарное безвихревое движение несжимаемой жидкости);
- динамика вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса, уравнение Д. Бернулли для вязкой несжимаемой жидкости, коэффициент Кориолиса, гидравлические потери);
- ламинарное движение жидкости (закон распределения касательных напряжений и скоростей, потери удельной энергии);
- турбулентное движение жидкости (усредненная скорость, турбулентная вязкость, пограничный слой, зависимость коэффициента Дарси от относительной шероховатости и числа Рейнольдса);
- гидравлические сопротивления (виды гидравлических сопротивлений, формулы для определения потерь напора в гидравлических сопротивлениях);
- истечение жидкости через отверстия и насадки (коэффициенты истечения, истечение через затопленное отверстие, виды насадков);
- установившееся движение жидкости и газов по трубопроводам (характеристика трубопровода, соединение простых трубопроводов, гидравлический расчет трубопроводов);
- неустановившееся движение жидкости по трубопроводам (уравнение Д. Бернулли для неустановившегося движения, явление гидроудара, формула Н. Е. Жуковского);

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Знает основные физические законы и закономерности применительно к энергетическим объектам и процессам	Знает основные методы и способы изучения и анализа энергетических объектов, области их использования; основные математические, физические законы и закономерности применительно к энергетическим объектам и процессам.	Контрольная работа
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	Умеет использовать для анализа знания физических законов, закономерностей и их взаимосвязей	Умеет исследовать, анализировать и моделировать реальные виды энергетических объектов; использовать для анализа знания математических, физических законов, закономерностей и их взаимосвязей.	Защита лабораторной работы
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	Владеет методиками и методами, основанными на физических законах для изучения энергетических объектов	Владеет способностью изучать и анализировать основные параметры при решении профессиональных задач; владеет методиками и методами, основанными на математических, физических законах для изучения энергетических объектов.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-3	ИД-1ОПК-3	Знает общие законы и уравнения гидростатики; основные понятия механики жидкости и газа, используемые для математического описания движения жидкости; элементы струйной модели и потока движущейся жидкости; уравнения динамики сплошной среды; модели движения частиц жидкости и их математический аналог для общего математического описания движения жидкости; основные сведения о стационарном и не-стационарном, безвихревом и вихревом движении жидкости.	Знает основные рабочие процессы в энергетических машинах и установках и их параметры, определяющие энергетические, экономические, массовые, ресурсные характеристики; методы расчетного анализа, направленные на обеспечение ресурса и надёжности установок.	Контрольная работа
ОПК-3	ИД-2ОПК-3	Умеет выводить общие уравнения движения жидкости; определять режимы движения жидкости в трубопроводах и выбирать коэффициенты сопротивлений; определять коэффициенты истечения жидкости.	Умеет определять газодинамические и конструктивные параметры, отвечающие комплексу требований ресурса, надёжности и эффективности энергетических машин; оценивать конструктивные мероприятия по обеспечению ресурса и надёжности, процессы в основных узлах энергетических установок.	Защита лабораторной работы
ОПК-3	ИД-3ОПК-3	Владеет математическими методами описания практически всех видов и режимов движения жидкости; основными современными методами постановки и решения задач механики жидкости и газа.	Владеет методами анализа конструкторских решений при проектировании элементов энергетических установок.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Гидростатика	10	6	4	15
<p>Введение Место механики жидкости и газа в науке движении материальных тел Предмет механики жидкости и газа. Методы механики жидкости и газа. Понятие жидкости и жидкой частицы.</p> <p>Тема 1.Силы, действующие в жидкости Силы внешние, внутренние, массовые, поверхностные. Вектор напряжения массовой и поверхностной силы. Тензор напряжения. Давление абсолютное, избыточное, вакуумметрическое. Соотношение между давлениями. Минимальное абсолютное давление в жидкости. Единицы измерения давления.</p> <p>Тема 2.Физико- химические свойства жидкостей Инерционность, весомость, температурное расширение, сжимаемость, поверхностное натяжение, сопротивление растягивающим усилиям, парообразование и кипение, кавитация, растворимость газов в жидкости, вязкость. Модели жидкости.</p> <p>Тема 3.Гидростатика Равновесие относительное и абсолютное. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнения Л. Эйлера) в частных производных и в дифференциальной форме. Поверхности равного давления (равного потенциала) и их свойства, свободная поверхность. Равновесие жидкости и газа в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и энергетический смысл величин, составляющих основное уравнение гидростатики. Гидростатический закон распределения давления. Эпюры давления. Закон Паскаля и его использование в технике. Приборы для измерения давления.</p>				
Кинематика жидкости	2	0	0	3
<p>Тема 4.Виды движения жидкости Методы описания движения жидкости по методу Лагранжа и методу Эйлера. Субстанциональная (полная) производная поля скоростей. Траектории частиц и линии тока; струи и трубки тока.Элементарная струйка и ее свойства. Поток, живое сечение; гидравлический радиус. Поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы.Первая теорема Гельмгольца. Безвихревое и вихревое движение жидкости. Потенциальное движение жидкости. Вторая теорема Гельмгольца. Теорема Стокса.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Тема 5. Уравнения динамики сплошной среды</p> <p>Уравнение неразрывности. Расход жидкости. Приборы для измерения расхода. Местная мгновенная, усредненная и средняя скорость. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Уравнение изменения импульса объема жидкости. Уравнение движения в напряжениях.</p> <p>Тема 6. Динамика идеальной жидкости</p> <p>Особенности идеальной жидкости. Система уравнений движения в форме Л. Эйлера и Громеки-Ламба. Интеграл и теорема Бернулли. Уравнение Бернулли для несжимаемых идеальной жидкости и невязкого газа в поле силы тяжести.</p> <p>Плоское стационарное безвихревое движение несжимаемой жидкости. Функция тока.</p> <p>Гидродинамическая сетка. Обтекание крылового профиля. Подъемная сила крыла. Постулат Чаплыгина-Жуковского.</p> <p>Тема 7. Динамика вязкой жидкости</p> <p>Обобщенный закон Ньютона. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости в поле силы тяжести.</p> <p>Полный напор в живом сечении равномерного потока вязкой несжимаемой жидкости. Мощность потока в заданном сечении. Коэффициент Кориолиса.</p> <p>Гидравлические потери. Формулы Вейсбаха и Дарси. Коэффициенты сопротивления.</p>	7	4	6	15
Установившееся движение жидкости в трубопроводах с гидравлическими сопротивлениями	11	8	7	33
<p>Тема 8. Ламинарное движение жидкости</p> <p>Ламинарное движение жидкости в круглой трубе: распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение средней скорости, расхода и потерь напора по длине; формула Пуазейля. Начальный участок трубопровода. Ламинарное течение в зазорах.</p> <p>Тема 9. Турбулентное движение жидкости</p> <p>Поле усредненных местных скоростей при турбулентном режиме. Изменение коэффициента Кориолиса и потерь напора по длине в функции от числа Рейнольдса. Структура потока при турбулентном движении. Пограничный слой. Абсолютная и относительная шероховатость стенок трубы. Понятие гидравлически гладких и гидравлически шероховатых труб. Графики Никурадзе и ВТИ. Области гидравлического сопротивления. Эквивалентная шероховатость.</p> <p>Тема 10. Местные гидравлические сопротивления</p> <p>Внезапное расширение, плавное расширение,</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>внезапное сужение, плавное сужение, внезапный поворот, плавный поворот. Потери напора в местных сопротивлениях Коэффициенты местных сопротивлений. Понятие эквивалентной длины трубопровода.</p> <p>Тема 11. Истечение жидкости через отверстия и насадки</p> <p>Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты истечения. Истечение жидкости под уровень.</p> <p>Истечение жидкости через насадки. Истечение жидкости при переменном напоре.</p> <p>Тема 12. Установившееся движение жидкости по трубопроводам</p> <p>Виды трубопроводов. Простой трубопровод постоянного сечения. Потребный напор, характеристика трубопровода. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов.</p> <p>Разветвленный трубопровод. Сифонный трубопровод. Трубопровод с насосной подачей жидкости: напор насоса, рабочая точка. Особенности расчета газопроводов и воздухопроводов.</p>				
Неустановившееся движение жидкости	2	0	1	6
<p>Тема 13. Гидравлический удар в трубопроводе</p> <p>Процесс протекания гидравлического удара в круглой трубе. Фаза гидравлического удара. Формула Н.Е. Жуковского для определения ударного повышения давления. Гидроудар прямой и не прямой, полный и неполный. Способы предотвращения и ослабления гидравлического удара.</p> <p>Заключение</p> <p>Краткий обзор изученного материала. Направления развития технической гидромеханики.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	32	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	32	18	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Составление моделей жидкости на основе ее физических свойств
2	Составление уравнений равновесия жидкости
3	Применение уравнения Бернулли для жидкости и газов в гидравлических расчетах
4	Расчет сопротивления по длине трубопровода и местных сопротивлений

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Определение расхода при истечении жидкости через отверстия и насадки. Расчет времени истечения жидкости при переменном напоре
6	Расчет разомкнутого и замкнутого трубопровода с насосной подачей жидкости
7	Определение ударного повышения давления в гидросистеме при гидравлическом ударе

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Измерение давления в замкнутой полости
2	Экспериментальное определение режимов движения жидкости
3	Построение экспериментальных линий пьезометрического и полного напора для потока жидкости в трубе переменного сечения
4	Экспериментальное определение коэффициента сопротивления трения в круглой трубе
5	Экспериментальное определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений в трубопроводах

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Валуева Е. П. Введение в механику жидкости : учебное пособие для вузов / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2001.	21
2	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. - М.: Дрофа, 2003.	115
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для вузов / Т. М. Башта [и др.]. - Москва: Альянс, 2010.	153
2	Сборник задач по машиностроительной гидравлике : учебное пособие для вузов / Д. А. Бутаев [и др.]. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.	113
2.2. Периодические издания		
1	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 -	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Бутаев Д. А. Сборник задач по гидравлике для технических вузов / Бутаев Д. А., Калмыкова З. А., Подвидз Л. Г., Попов К. Н., Рождественский С. Н., Яньшин Б. И. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2009.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106459	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Гусев, В. П. Основы гидравлики : учебное пособие / В. П. Гусев, Ж. А. Гусева. - Томск: Томский политехнический университет, 2012.	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks55200	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Механика жидкости и газа»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	13.03.03 Энергетическое машиностроение
Направленность (профиль) образовательной программы:	Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	бакалавр
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	очная

Курс: 3

Семестр: 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

Виды промежуточного контроля:

Экзамен: 5 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный			Промежуточный
	ТВ	ОЛР	ОПЗ	КР	Экзамен
Усвоенные знания					
З.1 Знает основные методы и способы изучения и анализа энергетических объектов, области их использования; основные математические, физические законы и закономерности применительно к энергетическим объектам и процессам)	ТВ	ОЛР1 ОЛР2	ОП31 ОП32 ОП33 ОП34	КР1	ТВ
З.2 Знает основные рабочие процессы в энергетических машинах и установках и их параметры, определяющие энергетические, экономические, массовые, ресурсные характеристики; методы расчетного анализа, направленные на обеспечение ресурса и надёжности установок	ТВ	ОЛР5 ОЛР3 ОЛР4	ОП35 ОП36 ОП37	КР2	ТВ
Освоенные умения					
У.1 Умеет исследовать, анализировать и моделировать реальные виды энергетических объектов; использовать для анализа знания математических, физических законов, закономерностей и их взаимосвязей		ОЛР1 ОЛР2	ОП31 ОП32 ОП33 ОП34	КР1	ПЗ КЗ

У.2 Умеет определять газодинамические и конструктивные параметры, отвечающие комплексу требований ресурса, надёжности и эффективности энергетических машин; оценивать конструктивные мероприятия по обеспечению ресурса и надёжности, процессы в основных узлах энергетических установок		ОЛР5 ОЛР3 ОЛР4	ОП35 ОП36 ОП37	КР2	ПЗ КЗ
Приобретенные владения					
В.1 Владеет способностью изучать и анализировать основные параметры при решении профессиональных задач; владеет методиками и методами, основанными на математических, физических законах для изучения энергетических объектов		ОЛР1 ОЛР2	ОП31 ОП32 ОП33 ОП34		КЗ
В.2 Владеет математическими методами описания практически всех видов и режимов движения жидкости; основными современными методами постановки и решения задач механики жидкости и газа		ОЛР5 ОЛР3 ОЛР4	ОП35 ОП36 ОП37		КЗ

ОЛР – лабораторные работы с подготовкой отчета; ОПЗ – практические задания с подготовкой отчета; КР – рубежная контрольная работа по модулю; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2 Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

– входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

– текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

– промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, практических занятий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1 Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2 Защита заданий практических занятий

Всего запланировано 7 практических заданий. Типовые темы практических заданий приведены в РПД.

Защита практического задания проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

2.2.3 Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Теоретические основы механики жидкости и газа», вторая КР – по модулю 2 «Прикладные вопросы механики жидкости и газа».

Типовые задания первой КР:

1. Место механики жидкости и газа в науке о движении материальных тел
Предмет механики жидкости и газа. Методы механики жидкости и газа. Понятие жидкости и жидкой частицы.

2. Силы, действующие в жидкости. Вектор напряжения массовой и поверхностной силы. Тензор напряжения. Давление абсолютное, избыточное, вакуумметрическое. Соотношение между давлениями. Минимальное абсолютное давление в жидкости. Единицы измерения давления.

3. Физико-химические свойства жидкостей.

4. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнения Л. Эйлера) в частных производных и в дифференциальной форме.

5. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и энергетический смысл величин, составляющих основное уравнение гидростатики. Гидростатический закон распределения давления.

6. Элементы струйной модели и потока движущейся жидкости.

7. Уравнение неразрывности. Расход жидкости. Приборы для измерения расхода. Местная мгновенная, усредненная и средняя скорость. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Уравнение изменения импульса объема жидкости. Уравнение движения в напряжениях.

8. Система уравнений движения в форме Л. Эйлера и Громеки-Ламба. Интеграл и теорема Бернулли. Уравнение Бернулли для несжимаемых идеальной жидкости и вязкого газа в поле силы тяжести.

9. Плоское стационарное безвихревое движение несжимаемой жидкости. Функция тока. Гидродинамическая сетка. Обтекание крылового профиля. Подъемная сила крыла. Постулат Чаплыгина-Жуковского.

10. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости в поле силы тяжести. Полный напор в живом сечении равномерного потока вязкой несжимаемой жидкости. Мощность потока в заданном сечении. Коэффициент Кориолиса. Гидравлические потери. Формулы Вейсбаха и Дарси. Коэффициенты сопротивления.

Типовые задания второй КР:

1. Ламинарное движение жидкости в круглой трубе: распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение средней скорости, расхода и потерь напора по длине; формула Пуазейля.

2. Структура потока при турбулентном движении. Пограничный слой. Абсолютная и относительная шероховатость стенок трубы. Понятие гидравлически гладких и гидравлически шероховатых труб. Графики Никурадзе и ВТИ. Области гидравлического сопротивления. Эквивалентная шероховатость.

3. Внезапное расширение, плавное расширение, внезапное сужение, плавное сужение, внезапный поворот, плавный поворот. Потери напора в местных сопротивлениях Коэффициенты местных сопротивлений. Понятие эквивалентной длины трубопровода.

4. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты истечения. Истечение жидкости под уровень. Истечение жидкости через насадки. Истечение жидкости при переменном напоре.

5. Гидравлический расчёт трубопроводов и газопроводов.

6. Процесс протекания гидравлического удара в круглой трубе. Фаза гидравлического удара. Формула Н. Е. Жуковского для определения ударного повышения давления.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Общие законы и уравнения гидростатики.
2. Основные понятия механики жидкости и газа, используемые для математического описания движения жидкости.
3. Элементы струйной модели и потока движущейся жидкости.
4. Уравнения динамики сплошной среды.
5. Модели движения частиц жидкости и их математический аналог для общего математического описания движения жидкости.
6. Основные сведения о стационарном и нестационарном, безвихревом и вихревом движении жидкости.
7. Основные свойства жидкостей и газов.
8. Режимы движения жидкости.
9. Гидравлические сопротивления.
10. Возможности современных программных продуктов, ориентированных на решение задач механики жидкости и газа.
11. Процесс протекания гидравлического удара в круглой трубе.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Составить общие уравнения движения жидкости.
2. Определить режим движения жидкости в трубопроводе и выбрать коэффициенты сопротивления.
3. Определить коэффициенты истечения жидкости.
4. Применить основное уравнение гидростатики и уравнение Д. Бернулли для решения конкретной практической задачи.
5. Выявить конкретное физическое содержание гидромеханического процесса в энергетической системе при решении практической задачи.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Составить математическую модель движения жидкости.
2. Осуществить постановку и решение конкретной задачи механики жидкости и газа.
3. Выполнить расчет ударного повышения давления при гидравлическом ударе.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Приложение к ФОС для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Механика жидкости и газа»**

**Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по
дисциплине, формирующих дисциплинарные части компетенций**

Вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Силы, действующие в жидкости: внешние, внутренние, массовые, поверхностные. Вектор напряжения массовой и поверхностной силы. Тензор напряжения. Давление абсолютное, избыточное, вакуумметрическое.
2. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнения Л. Эйлера) в частных производных и в дифференциальной форме.
3. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и энергетический смысл величин, составляющих основное уравнение гидростатики.
4. Методы описания движения жидкости по методу Лагранжа и методу Эйлера. Субстанциональная (полная) производная поля скоростей.
5. Поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы. Первая теорема Гельмгольца.
6. Безвихревое и вихревое движение жидкости. Потенциальное движение жидкости. Вторая теорема Гельмгольца. Теорема Стокса.
7. Уравнение неразрывности. Расход жидкости.
8. Уравнение движения в напряжениях.
9. Система уравнений движения в форме Л. Эйлера и Громеки-Ламба.
10. Обобщенный закон Ньютона. Уравнения Навье-Стокса.
11. Физико- химические свойства жидкостей.
12. Равновесие относительное и абсолютное. Гидростатическое давление и его свойства.
13. Гидростатический закон распределения давления. Эпюры давления. Закон Паскаля и его использование в технике. Приборы для измерения давления.
14. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.
15. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости в поле силы тяжести. Полный напор в живом сечении равномерного потока вязкой несжимаемой жидкости. Мощность потока в заданном сечении. Коэффициент Кориолиса.
16. Гидравлические потери. Формулы Вейсбаха и Дарси. Коэффициенты сопротивления.
17. Внезапное расширение, плавное расширение, внезапное сужение, плавное сужение, внезапный поворот, плавный поворот. Потери напора в местных сопротивлениях Коэффициенты местных сопротивлений. Понятие эквивалентной длины трубопровода.
18. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты истечения.
19. Простой трубопровод постоянного сечения. Потребный напор, характеристика трубопровода.

Задания для контроля усвоенных умений:

1. Определить абсолютное, избыточное или вакуумметрическое давление в заданной точке объема жидкости, используя основное уравнение гидростатики.
2. Составить уравнение Л. Эйлера в дифференциальной форме.
3. Построить эпюру распределения гидростатического давления на плоскую поверхность.
4. Построить эпюру распределения гидростатического давления на криволинейную поверхность.
5. Оценить описание движения жидкости по методу Лагранжа и методу Эйлера.
6. Составить уравнение неразрывности.
7. Составить уравнение движения.
8. Определить плотность и вязкость заданной жидкости при данной температуре.
9. Определить режим движения жидкости в трубе круглого сечения.
10. Определить местную скорость жидкости в потоке, используя уравнение Д. Бернулли.
11. Определить расход потока жидкости, используя уравнение неразрывности в гидравлической форме.
12. Составить модель жидкости на основе ее физических свойств.
13. Составить уравнение равновесия жидкости.
14. Составить уравнение Бернулли для участка трубопровода с заданными размерами.

Задания для контроля усвоенных владений:

1. Рассчитать изменение давления атмосферы с помощью барометрической формулы.
2. Рассчитать усилие на прессующем поршне гидравлического пресса по заданным условиям.
3. Составить математическую модель движения идеальной жидкости.
4. Составить математическую модель движения вязкой жидкости.
5. Вычислить ударное повышение давления в трубопроводе при прямом полном гидравлическом ударе. Жидкость плотностью $\rho = 850 \text{ кг/см}^3$ двигалась со средней скоростью $v = 0,5 \text{ м/с}$, скорость звука в жидкости $a = 1030 \text{ м/с}$.
6. Определить время полного опорожнения резервуара, заполненного жидкостью по заданным исходным значениям.
7. Рассчитать усилие F_2 на штоке прессующего поршня диаметром $D = 100 \text{ мм}$, если к управляющему поршню диаметром $d = 10 \text{ мм}$ приложено усилие $F_1 = 40 \text{ Н}$.
8. Вычислить полный напор в конечном сечении трубопровода диаметром $d = 15 \text{ мм}$, если вода поднимается на геометрическую высоту $\Delta z = 5,2 \text{ м}$, перепад давления $\Delta p = 0,1 \text{ МПа}$.

9. Определить потери напора в трубопроводе диаметром $d = 8$ мм и длиной $l = 8$ м, в котором движется жидкость плотностью $\rho = 720$ кг/см³, вязкостью $\nu = 20$ сСт с расходом $Q = 7$ л/с.

10. Рассчитать коэффициент сопротивления трения λ при ламинарном режиме движения жидкости, если число Рейнольдса $Re = 2049$.

11. Вычислить коэффициент местного сопротивления при внезапном расширении потока и диаметрах $d_1 = 12$ мм, $d_2 = 25$ мм.

12. Определить время опорожнения сосуда с диаметром дна $D = 5$ м, заполненного жидкостью до высоты $H = 3$ м, если начальный расход $Q = 0,8$ л/с.

13. Рассчитать мощность насоса, подающего воду с расходом $Q = 12$ л/с на высоту $H = 14$ м. Суммарные потери напора в трубопроводе $\Sigma h = 1,7$ м.