

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

« 07 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Гидромеханика \_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ специалитет \_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4) \_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 21.05.04 Горное дело \_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Горные машины и оборудование (СУОС) \_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цели: получение комплекса знаний основных законов гидромеханики; приобретение умений и навыков применения законов гидромеханики в горном деле; овладение типовыми методиками расчета гидромеханических параметров технологических процессов, происходящих в гидравлических системах технологического оборудования, горных машинах и шахтном оборудовании.

Задачи: изучение основных законов равновесия и движения жидкости; изучение закономерностей гидромеханических процессов, происходящих в сфере функционирования производств в горном деле; формирование умения выявлять и анализировать физическую сущность явлений и проблем, возникающих при эксплуатации гидравлических машин, гидропневмоприводов и гидрофицированного оборудования в горном деле, и находить пути их решения; формирование умения строить математические модели процессов движения жидкости и газа в трубопроводных и газопроводных системах; формирование навыков расчета движения жидкости и газа

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные уравнения и законы гидростатики (дифференциальные уравнения равновесия жидкости в частных производных и в дифференциальной форме, поверхности равного давления и их свойства, свободная поверхность, равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, гидростатический закон распределения давления);
- основы кинематики жидкости (методы описания движения жидкой среды, поле скоростей по методу Эйлера, понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальная и конвективная составляющие ускорения, струйная модель движущейся жидкости, свойства элементарной струйки, поток, живое сечение, гидравлический радиус);
- уравнения динамики сплошной среды (поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы, уравнение неразрывности вдоль элементарной струйки невязкой жидкости и вдоль потока вязкой жидкости, уравнение движения в напряжениях);
- динамика невязкой жидкости (система уравнений движения в форме Эйлера, уравнения движения невязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба, интеграл и теорема Бернулли, геометрическое и энергетическое представление уравнения Бернулли для элементарной струйки невязкой несжимаемой жидкости, уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа);
- динамика вязкой жидкости (обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды, система уравнений Навье – Стокса, уравнения Навье – Стокса в форме Громеки, интеграл Бернулли для вязкой жидкости);
- гидравлические потери (общие сведения о гидравлических потерях, потери напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании);
- режимы движения жидкости (ламинарный и турбулентный, критическое значение числа Рейнольдса);
- ламинарное движение жидкости (распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине, начальный участок трубопровода);
- турбулентное движение жидкости (понятие мгновенной и усредненной скорости, модель Рейнольдса-Буссинеска, 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, области гидравлического сопротивления)

### 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-18      | ИД-1ОПК-18        | Знает: дифференциальные уравнения равновесия жидкости; поверхности равного давления; равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, закон распределения давления; методы описания движения жидкой среды; понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальной и конвективной составляющих ускорения; элементы струйной модели жидкости; элементы потока жидкости; поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы; уравнение неразрывности вдоль элементарной струйки невязкой жидкости и вдоль потока вязкой жидкости; уравнение движения в напряжениях; систему уравнений движения в форме Эйлера; уравнения движения невязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба; интеграл и теорему Бернулли для элементарной струйки вязкой несжимаемой жидкости | Знает объекты профессиональной деятельности и их структурные элементы.                 | Экзамен         |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки            |
|-------------|-------------------|---|--|----------------------------|
| ОПК-18      | ИД-2ОПК-18        | Умеет: составлять дифференциальные уравнения равновесия жидкости для конкретной гидромеханической задачи; применять дифференциальные уравнения равновесия жидкости и основное уравнение гидростатики; строить эпюры давления жидкости на стенки сосудов; назначать граничные условия для решения уравнений неразрывности и динамики невязкой и вязкой жидкости  | Умеет контролировать состояние объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов.  | Экзамен                    |
| ОПК-18      | ИД-3ОПК-18        | Владеет: методикой применения дифференциальных уравнений равновесия жидкости и основного уравнения гидростатики; методикой применения уравнения Бернулли для жидкости и газа; методикой определения потерь напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании  | Владеет навыками организации исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов  | Защита лабораторной работы |
| ОПК-6       | ИД-1ОПК-6         | Знает: уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа; обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды; систему уравнений Навье – Стокса, уравнения Навье – Стокса в форме Громеки, интеграл Бернулли для вязкой жидкости; область применимости уравнения Бернулли; общие сведения о гидравлических потерях; режимы движения жидкости; распределение касательных напряжений и местных скоростей по | Знает методы анализа, закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | Экзамен                    |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки            |
|-------------|-------------------|---|---|----------------------------|
|             |                   | сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине при ламинарном режиме движения жидкости; структуру потока и области гидравлического сопротивления при турбулентном режиме движения жидкости  |   |                            |
| ОПК-6       | ИД-2ОПК-6         | Умеет: определять режимы движения жидкости; составлять уравнения Бернулли для конкретной гидромеханической задачи; выбирать зависимости для определения коэффициентов сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости; выявлять конкретное физическое содержание гидромеханических процессов при решении практических задач | Умеет применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | Экзамен                    |
| ОПК-6       | ИД-3ОПК-6         | Владеет: основными современными методами постановки и решения задач гидромеханики; навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении.  | Владеет навыками управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов  | Защита лабораторной работы |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 8                                  |  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 42          | 42                                 |  |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |  |
| - лекции (Л)   | 12          | 12                                 |  |
| - лабораторные работы (ЛР)   | 16          | 16                                 |  |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 12          | 12                                 |  |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2           | 2                                  |  |
| - контрольная работа   |             |                                    |  |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 66          | 66                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  | 36          | 36                                 |  |
| Дифференцированный зачет   |             |                                    |  |
| Зачет  |             |                                    |  |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |  |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |  |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 144         | 144                                |  |

### 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 | СРС  |
| 8-й семестр   |   |    |    |  |
| Гидростатика  | 4   | 6  | 2  | 20   |
| Введение. Место гидромеханики в науке о движении материальных тел. Предмет гидромеханики. Методы гидромеханики. Понятие жидкости и жидкой частицы.<br>Тема 1 Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (Понятие абсолютного и относительного равновесия. 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)<br>Тема 2 Основное уравнение гидростатики (Равновесие жидкости и газа в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и энергетический смысл величин, составляющих основное уравнение гидростатики) |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Кинематика и динамика жидкости   | 8   | 10 | 10 | 46   |
| <p>Тема 3 Способы описания жидкой среды (Метод Лагранжа и метод Эйлера. Поле скоростей по методу Эйлера, понятие субстанциональной (полной) производной изменения скорости. Локальная и конвективная составляющие ускорения. Траектории частиц и линии тока. Струи и трубки тока. Свойства элементарной струйки. Поток, живое сечение. Гидравлический радиус)</p> <p>Тема 4 Уравнения динамики сплошной среды (Поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы. Уравнение неразрывности (сплошности) вдоль элементарной струйки идеальной жидкости и вдоль потока вязкой жидкости. Уравнение движения в напряжениях).</p> <p>Тема 5 Динамика невязкой жидкости (Система уравнений движения в форме Эйлера. Уравнения движения невязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба. Интеграл и теорема Бернулли. Геометрическое и энергетическое представление уравнения Бернулли для элементарной струйки невязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа).</p> <p>Тема 6 Динамика вязкой жидкости (Обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды. Система уравнений Навье – Стокса. Уравнения Навье – Стокса в форме Громеки. Интеграл Бернулли для вязкой жидкости. Геометрическое и энергетическое представление уравнения Бернулли для двух сечений потока вязкой жидкости. Коэффициент неравномерности распределения скоростей по сечению потока (коэффициент Кориолиса), его физический смысл и численные значения).</p> <p>Тема 7 Гидравлические потери (Общие сведения о гидравлических потерях. Потери напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании. Формулы Вейсбаха и Дарси).</p> <p>Тема 8 Режимы движения жидкости (Критерии режимов движения жидкости. Критическая скорость. Критерий Рейнольдса. Физический смысл числа Рейнольдса).</p> <p>Тема 9 Ламинарное движение жидкости (Распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине (формулы Пуазейля и Дарси – Вейсбаха). Начальный участок трубопровода).</p> <p>Тема 10 Турбулентное движение жидкости (Понятие мгновенной (местной) и усредненной</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>скорости. Поле усредненных скоростей при турбулентном режиме. Модель Рейнольдса-Буссинеска. Изменение коэффициента Кориолиса и потерь 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 Мурина (ВТИ). Области гидравлического сопротивления. Эквивалентная шероховатость).<br/>           Заключение (Краткий обзор изученного материала. Направления развития гидромеханики).</p> |   |    |    |  |
| ИТОГО по 8-му семестру   | 12  | 16 | 12 | 66   |
| ИТОГО по дисциплине  | 12  | 16 | 12 | 66   |

#### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия                              |
|--------|---|
| 1      | Расчёт силы давления на плоскую поверхность   |
| 2      | Применение уравнения Бернулли для вязкой жидкости и газов в гидравлических расчетах |
| 3      | Определение потерь напора при ламинарном режиме движения жидкости                   |
| 4      | Определение потерь напора при турбулентном режиме движения жидкости                 |

#### Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы   |
|--------|---|
| 1      | Измерение давления в замкнутой полости  |
| 2      | Сила давления покоящейся жидкости на плоскость  |
| 3      | Экспериментальное определение режимов движения жидкости   |
| 4      | Построение экспериментальных линий пьезометрического и полного напора для потока жидкости в трубе переменного сечения |

## 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<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)   | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|-------------------------------|---|---|
| <b>1. Основная литература</b> |   |   |
| 1                             | Гидравлика, гидромашин и гидроприводы : учебник для вузов / Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б., Байбаков О. В. 4-е изд., стер. Москва : Альянс, 2010. 423 с. | 146                                       |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 2   | Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для вузов / Башта Т.М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б., Байбаков О.В., Кирилловский Ю. Л. 2-е изд., перераб. Москва : Машиностроение, 1982. 423 с.           | 258 |
| 3   | Сборник задач по машиностроительной гидравлике : учебное пособие для вузов / Бутаев Д. А., Калмыкова З. А., Подвидз Л. Г., Попов К. Н. 5-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 447 с. | 113 |
| <b>2. Дополнительная литература</b>                                       |   |     |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b>                                     |   |     |
| 1   | Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа. М. : Изд-во МГИУ, 2006. 266 с.   | 42  |
| <b>2.2. Периодические издания</b>   |   |     |
|   | Не используется   |     |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |     |
|   | Не используется   |     |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |     |
| 1   | Набока Е. М. Гидравлика : Курс лекций. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 141 с. 8,9 усл. печ. л.  | 10  |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |     |
|   | Не используется   |     |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы      | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------|--|---|---|
| Основная литература | Методические указания к лабораторным работам по гидромеханике                              | <a href="https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1J7iII9QsSZBRWjSFV6V6WvGF_6mlQY8p">https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1J7iII9QsSZBRWjSFV6V6WvGF_6mlQY8p</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Основная литература | Набока Е. М. Гидравлика : Курс лекций. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 141 с. 8,9 усл. печ. л. | <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks249272">https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks249272</a>   | сеть Интернет; свободный 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 |

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

| Наименование  | Ссылка на информационный ресурс                                     |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | <a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>               |
| Электронно-библиотечная система Лань  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>         |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks  | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a> |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс   | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>   |

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа  | Учебная установка "Гидростатика-МУ" ГС-022-ЛР-01                                | 1                 |
| Лабораторная работа  | Учебная установка "Испытание динамических насосов" ИДН-011-6ЛР-02-ПК            | 1                 |
| Лабораторная работа  | Учебная установка "Истечение жидкости из отверстий и насадков" ЭМЖ-ИЖ-014       | 1                 |
| Лабораторная работа  | Учебная установка "Механика жидкости - гидравлический удар" МЖ-ГУ-10-6ЛР        | 1                 |
| Лабораторная работа  | Учебная установка "Статика и динамические процессы в жидкости" СДПЖ-014-6ЛР-01  | 1                 |
| Лекция               | Доска, мел (маркерная доска, маркер)  | 1                 |
| Практическое занятие | Доска, мел (маркерная доска, маркер)  | 1                 |

#### **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  
**«Гидромеханика»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

|  |   |
|--|---|
| <b>Направление подготовки:</b>                                 | 21.05.04 Горное дело  |
| <b>Направленность (профиль)<br/>образовательной программы:</b> | Маркшейдерское дело;<br>Электрификация и автоматизация горного<br>производства;<br>Горные машины и оборудование;<br>Подземная разработка месторождений<br>полезных ископаемых |
| <b>Квалификация выпускника:</b>                                | «Специалист»  |
| <b>Выпускающая кафедра:</b>                                    | Маркшейдерское дело, геодезия и<br>геоинформационные системы;<br>Горная электромеханика;<br>Разработка месторождений полезных<br>ископаемых                                   |
| <b>Форма обучения:</b>   | Очная   |
| <b>Курс:</b> 3   | <b>Семестр:</b> 5   |
| <b>Трудоёмкость:</b>   |   |
| Кредитов по рабочему учебному плану:                           | 4 ЗЕ  |
| Часов по рабочему учебному плану:                              | 144 ч.  |
| <b>Форма промежуточной аттестации:</b>                         |   |
| Экзамен:   | 5 семестр   |

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине "Гидромеханика" является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины "Гидромеханика". 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.

### 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 раздела. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется 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 экзамена. 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    |      | Итоговый |         |
|  | С            | ТО  | ОЛР/<br>ОПР | Т/КР |          | Экзамен |
| <b>Усвоенные знания</b>  |              |     |             |      |          |         |
| 3.1 Знает: уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа; обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды; систему уравнений Навье – Стокса, уравнения Навье – Стокса в форме Громеки, интеграл Бернулли для вязкой жидкости; область применимости уравнения Бернулли; общие сведения о гидравлических потерях; режимы движения жидкости; распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине при ламинарном режиме движения жидкости; структуру потока и области гидравлического сопротивления при турбулентном режиме движения жидкости |              | ТО1 |             | Т1   |          | ТВ      |
| 3.2 Знает: дифференциальные уравнения равновесия жидкости; поверхности равного давления; равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, закон распределения давления; методы описания движения жидкой среды; понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальной и конвективной составляющих ускорения; элементы струйной модели жидкости; элементы потока жидкости; поступательное, вращательное и деформационное  |              | ТО2 |             | Т2   |          | ТВ      |

|   |  |  |            |  |    |
|---|--|--|------------|--|----|
| движение жидкой частицы; уравнение неразрывности вдоль элементарной струйки вязкой жидкости и вдоль потока вязкой жидкости; уравнение движения в напряжениях; систему уравнений движения в форме Эйлера; уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба; интеграл и теорему Бернулли для элементарной струйки вязкой несжимаемой жидкости |  |  |            |  |    |
| <b>Освоенные умения</b>   |  |  |            |  |    |
| <b>У.1</b> Умеет: определять режимы движения жидкости; составлять уравнения Бернулли для конкретной гидромеханической задачи; выбирать зависимости для определения коэффициентов сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости; выявлять конкретное физическое содержание гидромеханических процессов при решении практических задач      |  |  | ОЛР<br>1-6 |  | ПЗ |
| <b>У.2</b> Умеет: составлять дифференциальные уравнения равновесия жидкости для конкретной гидромеханической задачи; применять дифференциальные уравнения равновесия жидкости и основное уравнение гидростатики; строить эпюры давления жидкости на стенки сосудов; назначать граничные условия для решения уравнений неразрывности и динамики вязкой и жидкости  |  |  | ОЛР<br>1-6 |  | ПЗ |
| <b>Приобретенные владения</b>   |  |  |            |  |    |
| <b>В.1</b> Владеет: основными современными методами постановки и решения задач гидромеханики; навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении.   |  |  | ОЛР<br>1-4 |  | ПЗ |
| <b>В.2</b> Владеет: методикой применения дифференциальных уравнений равновесия жидкости и основного уравнения гидростатики; методикой применения уравнения Бернулли для жидкости и газа; методикой определения потерь напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании   |  |  | ОЛР<br>1-4 |  | ПЗ |

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

**Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.**

## **1. 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 и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 4 лабораторные работы. 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 практических работ**

Темы практических занятий приведены в РПД.

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

#### **2.2.3. Рубежное тестирование**

Согласно РПД запланировано 2 рубежных тестирования (Т) после освоения студентами учебных разделов дисциплины. Первое рубежное тестирование – по разделу 1 «Гидростатика» второе рубежное тестирование – по разделу 2 «Кинематика и динамика жидкости».

#### **Типовые задания первого рубежного тестирования:**

1. Свойства жидкости (вязкость, плотность, удельный вес, сжимаемость, объемное расширение, давление насыщенного пара).

2. Напряжения и силы, действующие в жидкости.

### 3. Законы гидростатики.

#### **Типовые задания второго рубежного тестирования:**

1. Понятия кинематики.
2. Уравнения движения невязкой жидкости
3. Уравнения движения вязкой жидкости.
4. Режимы движения жидкости.
5. Гидравлические сопротивления.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **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 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. Предмет гидромеханики.
2. Плотность и удельный вес.
3. Гидростатическое давление. Свойства давления.
4. Виды давления; абсолютное, атмосферное, избыточное, и вакуумметрическое. Единицы давления. Приборы для измерения давления.
5. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости.
6. Основное уравнение гидростатики для несжимаемой жидкости.
7. Поверхность уровня, её свойства. Уравнение поверхности уровня.
8. Понятия кинематики жидкости: траектория жидкой частицы, линия тока, трубка тока, живое сечение, элементарная струйка, поток.
9. Уравнение неразрывности в дифференциальной и интегральной формах. Связь между средней скоростью потока и площадью его живого сечения.
10. Дифференциальное уравнение движения жидкости.
11. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
12. Режимы течения жидкости. Число Рейнольдса, физический смысл числа Рейнольдса.

13. Ламинарное установившееся течение вязкой несжимаемой жидкости в круглой цилиндрической трубе: структура потока, расход, средняя скорость, формула Пуазейля.

14. Турбулентное установившееся течение вязкой несжимаемой жидкости в круглой цилиндрической трубе: осреднённая скорость, структура потока, области гидравлического сопротивления. Формула Вейсбаха-Дарси.

#### **Типовые практические задания для контроля освоенных умений и навыков:**

1. Рассчитать давление заданной точке жидкого тела.
2. Рассчитать силу давления жидкости на плоскую поверхность
3. Уравнение расхода. Рассчитать скорость жидкости в заданном сечении канала.
4. Уравнение Бернулли. Определить давление жидкости в заданном сечении канала.
5. Рассчитать потерянный напор в цилиндрической трубе.
6. Определить потерянный напор на заданном местном сопротивлении.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **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 и 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 экза-

мена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.