

401 3+

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
по техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«Гидромеханика»**

Программа специалитета  
Специальность

21.05.04 «Горное дело»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Специализация программы  
специалитета

**«Горные машины и оборудование»**

Квалификация выпускника:

Горный инженер (специалист)

Выпускающая кафедра:

Горная электромеханика

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр: 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

144 ч.

Виды контроля:

Экзамен: 5

Зачёт: -

Курсовой  
проект: -

Курсовая  
работа: -

Пермь, 2017 г.

**Учебно - методический комплекс дисциплины**  
**«Гидромеханика»**

разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2016 г. № 1298 по специальности 21.05.04. Горное дело (уровень специалитета);
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 21.05.04 Горное дело (уровень специалитета) специализация «Горные машины и оборудование», утверждённой «29» марта 2017 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения, утвержденного 27 октября 2016 г., специальность 21.05.04 «Горное дело» (уровень специалитета), специализация «Горные машины и оборудование».

**Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Экономика», «Математика», «Физика», «Химия», «Геология», «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Сопротивление материалов», «Детали машин и основы конструирования», «Геомеханика», Учебно-исследовательская работа студентов, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.**

Разработчик

канд. техн. наук, доц.



А. И. Квашнин

Рецензент

д-р техн. наук, проф.



Е. М. Набока

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Ракетно-космическая техника и энергетические системы «19» 04 2017 г., протокол № 16**

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»,  
ведущей дисциплину

д-р техн. наук, проф.



М. И. Соколовский

**Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией**

Аэрокосмического факультета «11» 05 2017 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии  
Аэрокосмического факультета

канд. техн. наук, доц.



Н. Е. Чигодаев

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Горная электромеханика»

д-р техн. наук, проф.



Г. Д. Трифанов

Начальник управления  
образовательных программ

канд. техн. наук, доц.



Д. С. Репецкий

## 1 Общие положения

### 1.1 Целью учебной дисциплины является

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

В результате изучения дисциплины студент сможет быть компетентным в профессиональном анализе и решении задач, связанных с движением или равновесием (покоем) жидкости.

Студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции:

- готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений твердых полезных ископаемых и горных отводов (ОПК-5);
- готовность использовать научные законы и методы при оценке состояния окружающей среды в сфере функционирования производств по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов (ОПК-6).

### 1.2 Задачи учебной дисциплины:

- 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.

### 1.3 Предметом освоения дисциплины являются:

- 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).

#### **1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Гидромеханика» относится к базовой части блока 1 (Б1) Дисциплины (модули) и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Горные машины и оборудование».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанной в пункте 1.1 компетенции и продемонстрировать следующие результаты:

### ***Знать***

- дифференциальные уравнения равновесия жидкости;
- поверхности равного давления и их свойства;
- равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, гидростатический закон распределения давления;
- методы описания движения жидкой среды;
- понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальной и конвективной составляющих ускорения;
- элементы струйной модели движущейся 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 невязкой несжимаемой жидкости;
- 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.

### ***Уметь***

- 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;
- 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.

### ***Владеть***

- основными современными методами постановки и решения задач гидромеханики;
- навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении;
- 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.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенции, заявленной в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>			
ОПК-5	Готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений твердых полезных ископаемых и горных отводов.	«Экономика», «Математика», «Физика», «Химия», «Геология», «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Сопротивление материалов», «Детали машин и основы конструирования».	Учебно-исследовательская работа студентов.

ОПК-6	Готовность использовать научные законы и методы при оценке состояния окружающей среды в сфере функционирования производств по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.	«Физика», «Химия».	«Геомеханика».
-------	---	--------------------	----------------

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-5

<b>Код ОПК-5</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений твердых полезных ископаемых и горных отводов.
<b>Код ОПК-5.Б1.Б.26</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Готовность использовать научные законы и методы гидромеханики при эксплуатации гидравлических машин, гидропневмоприводов и гидрофицированного оборудования в горном деле.

### Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-5

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• дифференциальные уравнения равновесия жидкости;</li> <li>• поверхности равного давления и их свойства;</li> <li>• равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, гидростатический закон распределения давления;</li> <li>• методы описания движения жидкой среды;</li> <li>• понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальной и конвективной составляющих ускорения;</li> <li>• элементы струйной модели движущейся жидкости;</li> <li>• элементы потока жидкости;</li> <li>• поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы;</li> </ul>	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля. Вопросы к экзамену.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>уравнение неразрывности вдоль элементарной струйки невязкой жидкости и вдоль потока вязкой жидкости;</li> <li>уравнение движения в напряжениях;</li> <li>систему уравнений движения в форме Эйлера;</li> <li>уравнения движения невязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба;</li> <li>интеграл и теорему Бернулли для элементарной струйки невязкой несжимаемой жидкости.</li> </ul>		
<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>составлять дифференциальные уравнения равновесия жидкости для конкретной гидромеханической задачи;</li> <li>применять дифференциальные уравнения равновесия жидкости и основное уравнение гидростатики;</li> <li>строить эпюры давления жидкости на стенки сосудов;</li> <li>назначать граничные условия для решения уравнений неразрывности и динамики невязкой и вязкой жидкости.</li> </ul>	<p>Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам)</p>	<p>Практические задания к контрольным работам. Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к экзамену.</p>
<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>методикой применения дифференциальных уравнений равновесия жидкости и основного уравнения гидростатики;</li> <li>методикой применения уравнения Бернулли для жидкости и газа;</li> <li>методикой определения потерь напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании.</li> </ul>	<p>Самостоятельная работа. Лабораторные работы.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к экзамену.</p>

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-6

<p><b>Код ОПК-6</b></p>	<p><b>Формулировка компетенции</b> Готовность использовать научные законы и методы при оценке состояния окружающей среды в сфере функционирования производств по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.</p>
<p><b>Код ПК-3.Б1.Б.26</b></p>	<p><b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Готовность использовать научные законы и методы при протекании гидромеханических процессов, происходящих в сфере функционирования производств в горном деле по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.</p>



## Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-6

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа;</li> <li>• обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды;</li> <li>• систему уравнений Навье – Стокса, уравнения Навье – Стокса в форме Громеки, интеграл Бернулли для вязкой жидкости;</li> <li>• область применимости уравнения Бернулли;</li> <li>• общие сведения о гидравлических потерях;</li> <li>• режимы движения жидкости;</li> <li>• распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине при ламинарном режиме движения жидкости;</li> <li>• структуру потока и области гидравлического сопротивления при турбулентном режиме движения жидкости.</li> </ul>	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля. Вопросы к экзамену.</p>
<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определять режимы движения жидкости;</li> <li>• составлять уравнения Бернулли для конкретной гидромеханической задачи;</li> <li>• выбирать зависимости для определения коэффициентов сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости;</li> <li>• выявлять конкретное физическое содержание гидромеханических процессов при решении практических задач.</li> </ul>	<p>Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам)</p>	<p>Практические задания к контрольным работам. Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к экзамену.</p>
<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными современными методами постановки и решения задач гидромеханики;</li> <li>• навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении.</li> </ul>	<p>Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к экзамену.</p>

### 3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		7 семестр	Всего
1	2	4	4
1	<b>Аудиторная (контактная) работа</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
	- лекции (Л)	14	14
	- практические занятия (ПЗ)	12	12
	- лабораторные работы	14	14
	- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
2	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
	- изучение теоретического материала	18	18
	- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	18	18
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	12	12
	- подготовка отчетов по практическим занятиям	18	18
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>зачёт /экзамен</i>	<b>Экзамен 36</b>	<b>Экзамен 36</b>
4	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>		
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	<b>144 4</b>	<b>144 4</b>

## 4 Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)					Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоемкость, ч / ЗЕ
			Аудиторная работа							
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение		0,5	0,5						0,5
	1	1	2	2					6	8
		2	8,5	1,5	2	5			6	14,5
	<b>Всего по модулю:</b>		<b>12</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>		<b>12</b>	<b>24/0,667</b>
2	2	3	0,5	0,5					6	6,5
	3	4	1,5	1,5					7	8,5
		5	1,5	1,5					7	8,5
		6	11	2	4	5			7	18
		7	0,5	0,5					7	7,5
	4	8	4,5	0,5		4			6	10,5
		9	4,5	1,5	3				7	11,5
		10	4,5	1,5	3				7	11,5
	Заключение		0,5	0,5						0,5
	<b>Всего по модулю:</b>		<b>30</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>		<b>54</b>	<b>84/2,333</b>
Промежуточная аттестация							Экзамен	36		36/1,0
<b>Итого:</b>		<b>42</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>2</b>		<b>36</b>	<b>66</b>	<b>144/4,0</b>

### 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### Модуль 1. Гидростатика

Л-4 ч, ПЗ-2 ч, ЛР-5 ч, СРС-12 ч.

#### Введение

Л-0,5 ч.

Место гидромеханики в науке о движении материальных тел. Предмет гидромеханики. Методы гидромеханики. Понятие жидкости и жидкой частицы.

## **Раздел 1. Равновесие жидкости и газа**

Л-3,5 ч, ПЗ-2 ч, ЛР-5 ч, СРС-12 ч.

### *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.

### *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.

## **Модуль 2. Кинематика и динамика жидкости**

Л-10 ч, ПЗ-10 ч, ЛР-9 ч, СРС-54 ч.

### **Раздел 2. Основы кинематики жидкости**

Л-0,5 ч, СРС-6 ч.

### *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.

### **Раздел 3. Основы гидродинамики жидкости**

Л-5,5 ч, ПЗ-4 ч, ЛР-5 ч, СРС-28 ч.

### *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.

### *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.

#### *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.

#### *Тема 7. Гидравлические потери*

Общие сведения о гидравлических потерях. Потери напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании. Формулы Вейсбаха и Дарси.

#### **Раздел 4. Ламинарное и турбулентное движение жидкости**

Л-3,5 ч, ПЗ-6 ч, ЛР-4 ч, СРС-20 ч.

#### *Тема 8. Режимы движения жидкости*

Критерии режимов движения жидкости. Критическая скорость. Критерий Рейнольдса. Физический смысл числа Рейнольдса.

#### *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.

#### *Тема 10. Турбулентное движение жидкости*

Понятие мгновенной (местной) и усредненной 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.

## Заключение

Л-0,5 ч.

Краткий обзор изученного материала. Направления развития гидромеханики.

### 4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	Тема 2	Составление уравнений равновесия жидкости.
2	Тема 6	Применение уравнения Бернулли для вязкой жидкости и газов в гидравлических расчетах.
3	Тема 9	Определение потерь напора при ламинарном режиме движения жидкости.
4	Тема 10	Определение потерь напора при турбулентном режиме движения жидкости.

### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	Тема 2	Измерение давления в замкнутой полости.
2	Тема 6	Построение экспериментальных линий пьезометрического и полного напора для потока жидкости в трубе переменного сечения.
3	Тема 8	Экспериментальное определение режимов движения жидкости.

## 5 Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
- После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
- Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

- Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
- 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.

### 5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
Тема 1	Изучение теоретического материала.	6
Тема 2	Подготовка к практическим занятиям. Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.	6
Тема 3	Изучение теоретического материала.	6
Тема 4	Изучение теоретического материала.	7
Тема 5	Изучение теоретического материала.	7
Тема 6	Подготовка к практическим занятиям. Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.	7
Тема 7	Изучение теоретического материала.	7
Тема 8	Подготовка к практическим занятиям. Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.	6
Тема 9	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям.	7
Тема 10	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям.	7
	Итого: в ч / в ЗЕ	<b>66/1,833</b>

#### 5.1.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно.

Тема 1. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости: *Уравнения Л. Эйлера в дифференциальной форме. Поверхности равного давления и их свойства, свободная поверхность.*

Тема 2. Основное уравнение гидростатики: *Равновесие газа. Барометрическая формула.*

Тема 3. Способы описания жидкой среды: *Поток, живое сечение смоченный периметр, гидравлический радиус.*

Тема 4. Уравнения динамики сплошной среды: *Уравнение движения в напряжениях.*

Тема 5. Динамика невязкой жидкости: *Уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа.*

Тема 6. Динамика вязкой жидкости: *Уравнения Навье-Стокса в форме Громеки.*

Тема 7. Гидравлические потери: *Общие сведения о гидравлических потерях.*

Тема 8. Режимы движения жидкости: *Критерий Рейнольдса как элемент теории подобия.*

Тема 9. Ламинарное движение жидкости: *Определение потерь напора и коэффициента Дарси при ламинарном режиме движения.*

Тема 10. Турбулентное движение жидкости: *Понятие гидравлически гладких и гидравлически шероховатых труб.*

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа) не предусмотрен.

5.1.3. Реферат не предусмотрен.

5.1.4. Расчетно-графическая работа не предусмотрена.

5.1.5. Индивидуальное задание не предусмотрено.

## **5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

В основу образовательных технологий положен деятельностный подход к процессу обучения, в соответствии с которым делается акцент на освоении навыков применения основных законов гидромеханики к решению практических задач, в том числе задач в области горного дела при использовании гидрофицированного технологического оборудования, горных машин и механизмов.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.

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.

Особое внимание уделяется самостоятельной работе студента, основной целью которой является привитие навыков самостоятельного освоения научно-методического аппарата гидромеханики, выявления гидромеханической сущности и решения проблем, возникающих в гидравлических системах технологического оборудования, горных машинах и шахтном оборудовании.

## **6 Фонд оценочных средств дисциплины**

### **6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты практических заданий и лабораторных работ.

### **6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании разделов и модулей дисциплины в следующих формах:

- рубежное тестирование (контрольная работа) (модуль 1, 2).

### **6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

#### **1) Зачет**

Не предусмотрен.

#### **2) Экзамен**

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (выборочно один из модуля 1 и второй из модуля 2 и одно практическое задание (выборочно из модуля 1 и 2).

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

#### 6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВЫ)	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Промежуточный
	ОЛР	ОПЗ	КР	Экзамен
<b>Знает:</b>				
• дифференциальные уравнения равновесия жидкости (ОПК-5);		ОПЗ1		ТВ
• поверхности равного давления и их свойства (ОПК-5);			КР1	ТВ
• равновесие жидкости в поле силы тяжести, основное уравнение гидростатики, гидростатический закон распределения давления (ОПК-5);		ОПЗ1		ТВ
• методы описания движения жидкой среды (ОПК-5);			КР1	ТВ
• понятие субстанциональной производной изменения скорости, локальной и конвективной составляющих ускорения (ОПК-5);			КР1	ТВ
• элементы струйной модели движущейся жидкости (ОПК-5);			КР1	ТВ
• элементы потока жидкости (ОПК-5);			КР1	ТВ
• поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы (ОПК-5);			КР1	ТВ
• уравнение неразрывности вдоль элементарной струйки невязкой жидкости и вдоль потока вязкой жидкости (ОПК-5);			КР2	ТВ
• уравнение движения в напряжениях (ОПК-5);			КР2	ТВ
• систему уравнений движения в форме Эйлера (ОПК-5);			КР2	ТВ
• уравнения движения невязкой несжимаемой жидкости в форме Громеки – Лэмба (ОПК-5);			КР2	ТВ
• возможности современных программных продуктов, ориентированных на решение задач технической гидромеханики (ОПК-5);				ТВ
• интеграл и теорему Бернулли для элементарной струйки невязкой несжимаемой жидкости (ОПК-5);			КР2	ТВ

• уравнение Бернулли для невязкого сжимаемого газа (ОПК-6);			КР2	ТВ
• обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкой среды (ОПК-6);			КР1	ТВ
• систему уравнений Навье – Стокса, уравнения Навье – Стокса в форме Громеки, интеграл Бернулли для вязкой жидкости (ОПК-6);			КР2	ТВ
• область применимости уравнения Бернулли (ОПК-6);			КР2	ТВ
• общие сведения о гидравлических потерях;			КР2	ТВ
• режимы движения жидкости (ОПК-6);			КР2	ТВ
• распределение касательных напряжений и местных скоростей по сечению, определение расхода, средней скорости и потерь по длине при ламинарном режиме движения жидкости (ОПК-6);			КР2	ТВ
• структуру потока и области гидравлического сопротивления при турбулентном режиме движения жидкости (ОПК-6).			КР2	ТВ
<b>Умеет:</b>				
• составлять дифференциальные уравнения равновесия жидкости для конкретной гидромеханической задачи (ОПК-5);	ОЛР3	ОП31		ПЗ
• применять дифференциальные уравнения равновесия жидкости и основное уравнение гидростатики (ОПК-5);		ОП31		ПЗ
• строить эпюры давления жидкости на стенки сосудов (ОПК-5);		ОП31		ПЗ
• назначать граничные условия для решения уравнений неразрывности и динамики невязкой и вязкой жидкости (ОПК-5);		ОП32, ОП33, ОП34		ПЗ
• определять режимы движения жидкости (ОПК-6);	ОЛР3			ПЗ
• составлять уравнения Бернулли для конкретной гидромеханической задачи (ОПК-6);	ОЛР2	ОП32		ПЗ
• выбирать зависимости для определения коэффициентов сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости (ОПК-6);		ОП33, ОП34		ПЗ
• выявлять конкретное физическое содержание гидромеханических процессов при решении практических задач (ОПК-6).	ОП32, ОП33, ОП34			ПЗ
<b>Владеет:</b>				
• основными современными методами постановки и решения задач гидромеханики (ОПК-5);		ОП31, ОП32, ОП33, ОП34		КЗ

• навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении (ОПК-5);	ОЛР3	ОП31, ОП32, ОП33, ОП34		КЗ
• методикой применения дифференциальных уравнений равновесия жидкости и основного уравнения гидростатики (ОПК-5);	ОЛР1	ОП31		КЗ
• методикой применения уравнения Бернулли для жидкости и газа (ОПК-6);	ОЛР2			КЗ
• методикой определения потерь напора на жидкостное трение по длине и при вихреобразовании (ОПК-6).		ОП33, ОП34		КЗ

*ОЛР – лабораторные работы с подготовкой отчета; ОПЗ – практические задания с подготовкой отчета; Т/КР – рубежное тестирование (рубежная контрольная работа по модулю); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

## 7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Лекции	1		2		2		2				2		2		2		1		14
<b>Раздел:</b>	<b>Р1</b>			<b>Р2</b>					<b>Р3</b>				<b>Р4</b>						
Практические занятия				2	2	2	2	2	2										12
Лабораторные работы										2		4		4		4		4	14
КСР								2									2		4
Изучение теоретического материала	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	30
Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			36
<b>Модуль:</b>	<b>М1</b>						<b>М2</b>												<b>144</b>
Контрольное тестирование									+									+	
Дисциплинарный контроль																			Экзамен/36

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<b>Б1.Б.26 Гидромеханика</b> <small>(индекс и полное название дисциплины)</small>	<b>Блок 1 (Б1) Дисциплины (модули)</b> <small>(цикл дисциплины)</small>	
	<input checked="" type="checkbox"/> базовая часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная
	<input type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/> по выбору студента
<b>21.05.04</b> <small>(код направления подготовки / специальности)</small>	<b>«Горное дело» / специализация «Горные машины и оборудование»</b> <small>(полное название направления подготовки / специальности)</small>	
<b>ГД / ГМ</b> <small>(аббревиатура направления / специальности)</small>	Уровень подготовки: <input checked="" type="checkbox"/> специалист <input type="checkbox"/> бакалавр <input type="checkbox"/> магистр	Форма обучения: <input checked="" type="checkbox"/> очная <input type="checkbox"/> заочная <input type="checkbox"/> очно-заочная
<b>2016</b> <small>(год утверждения учебного плана ООП)</small>	Семестр: <u>5</u>	Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>15</u>
<u>Квашнин А.И.</u> <small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small> <u>доцент</u> <small>(должность)</small> <u>АКФ</u> <small>(факультет)</small> <u>РКТЭС</u> <small>(кафедра)</small> <u>(тел. 2391343)</u> <small>(контактная информация)</small>		

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

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Гидравлика, гидромашин и гидроприводы: учебник для вузов / Т. М. Башта и др. – Москва: Альянс, 2010, 2013. – 423 с.	158 + 30
3	Штеренлихт, Д.В. Гидравлика. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2015. – 656 с. – Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/64346">http://e.lanbook.com/book/64346</a> – Загл. с экрана.	ЭБС «Лань»

<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник для вузов / Московский государственный индустриальный университет; Институт дистанционного образования. Ч.1: Основы механики жидкости и газа / А. А. Шейпак. – М.: Изд-во МГИУ, 2006, 2007. – 266 с.	50
2	Бутаев Д. А. Сборник задач по машиностроительной гидравлике: учебное пособие для вузов / Д. А. Бутаев и др.; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; Под ред. И. И. Куколевского. – 5-е изд., стер. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 447 с.	162

### 2.2 Периодические издания

	Известия Российской Академии наук. Механика жидкости и газа: журнал. – Москва; Ленинград: Наука, 1836-2016.	
--	---	--

### 2.3 Нормативно-технические издания

1	ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.	Консультант плюс
---	---	------------------

### 2.4 Официальные издания

	Не предусмотрены	
--	------------------	--

### 2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1	<b>Электронная библиотека</b> Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов, изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru/">http://elib.pstu.ru/</a> . – Загл. с экрана.	
2	<b>Лань</b> [Электронный ресурс: электрон. - библиотечная система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естествен., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a> . – Загл. с экрана.	
3	<b>Консультант Плюс</b> [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.	

Основные данные об обеспеченности на 19.04.2017  
(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература  обеспечена  не обеспечена

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на

(дата контроля литературы)

Основная литература  обеспечена  не обеспечена

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

### 8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

#### 8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	ПЗ	Система компьютерной математики «MathCAD 14»	Оценочные свободно распространяемые версии ПО, прилагаемого на компакт дисках к современным учебникам и справочникам	Интегрированная программная среда для автоматизации инженерных расчетов путем применения компьютерного моделирования

### 8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
+				Уравнение Бернулли
+				Потери напора при движении жидкости
+				Возникновение и структура турбулентности
+				Демонстрация опытов с истечением жидкости
		+		Презентация лекций по гидромеханике

## 9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	Кафедра РКТЭС	216 к. В	72	8
2	Лаборатория гидравлики и лопастных гидромашин	Кафедра РКТЭС	011 к. В	114	28
3	Лаборатория гидравлики и гидромеханики	Кафедра РКТЭС	010 к. В	86	28

### 9.1 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК Intel Pentium Dial CPU 2000 МГц (с модификациями)	8	Оперативное управление	216 к. В
2	Учебная установка ГД-08		Оперативное управление	010 к. В
3	Учебная установка ГД-09		Оперативное управление	010 к. В
4	Учебная установка ГС-01		Оперативное управление	011 к. В
5	Учебная установка ГД-04М		Оперативное управление	011 к. В
6	Учебная установка ГД-05М		Оперативное управление	011 к. В



**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		