

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра общей физики**

Авторы-составители: **Макаров Сергей Олегович  
Бабушкин Игорь Аркадьевич**

Рабочая программа дисциплины

**ГИДРОМЕХАНИКА**

Код УМК 51678

Утверждено  
Протокол №9  
от «25» мая 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Гидромеханика

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **05.03.04** Гидрометеорология  
направленность Метеорология

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Гидромеханика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**05.03.04** Гидрометеорология (направленность : Метеорология)

**ПК.2** Владеет теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин

#### **Индикаторы**

**ПК.2.1** Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности

**ПК.2.4** Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	05.03.04 Гидрометеорология (направленность: Метеорология)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (4)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Гидромеханика. Первый семестр**

Курс посвящён изучению механики идеальной, вязкой жидкости и при наличии разности плотностей из-за различия температуры.

#### **Входной контроль**

Проводится проверка остаточных знаний по математическому аппарату и курсу общей физики.

#### **Основы векторного анализа**

в данном разделе повторяются основы математического аппарата с точки зрения векторного анализа.

#### **Основы векторной алгебры**

Разбираются основные понятия и законы векторной алгебры.

#### **Основы векторного анализа**

Рассматриваются основные методы векторного анализа.

#### **Идеальная жидкость**

В данном разделе изучаются основные определения и законы идеальной жидкости.

**Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение адиабатичности.**

Рассматривается кинематика сплошной среды. Уравнения Лагранжа и Эйлера. Уравнение неразрывности. Элементы термодинамики.

#### **Закон сохранения энергии идеальной жидкости.**

Рассматривается потенциальная, кинетическая энергии элемента жидкости, закон сохранения энергии.

#### **Закон сохранения импульса идеальной жидкости.**

Рассматривается импульс и закон сохранения импульса элемента жидкости.

**Лагранжевы и эйлеровы производные. Уравнение Гельмгольца. Теорема Бернулли. Критерий несжимаемости течений.**

Рассматриваются производные в системах Эйлера и Лагранжа. Разбирается закон Бернулли для идеальной жидкости.

#### **Вязкая жидкость**

В данном разделе рассматриваются основные понятия и законы реальной жидкости, разбираются уравнения вязкой жидкости и различные виды течений.

#### **Вязкая жидкость. Общий вид законов сохранения вязкой жидкости.**

Рассматривается общий вид законов сохранения с учетом вязкости жидкости.

#### **Закон сохранения импульса для вязкой жидкости. Общий вид уравнения движения.**

Рассматривается закон сохранения импульса с учётом тензора вязких напряжений.

#### **Закон сохранения энергии для вязкой жидкости. Общий вид уравнения переноса тепла.**

Изучается закон сохранения энергии с учётом вязкости жидкости, а также рассматривается перенос тепла его уравнение.

#### **Тензор вязких напряжений. Теплопроводность. Плотность теплового потока.**

Явления переноса (вязкость, теплопроводность) и их характеристики.

### **Уравнение Навье-Стокса. Уравнение переноса тепла. Уравнения гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости.**

Рассматривается система основных уравнений жидкости и газа (уравнение Навье-Стокса, уравнение переноса тепла, уравнение несжимаемости).

### **Течения Куэтта и Пуазейля. Задача стекания. Колебательное движение в вязкой жидкости.**

Рассматриваются плоские задачи движения вязкой жидкости в плоском слое, в трубе, рассматриваются колебательные движения этой жидкости.

### **Свободная конвекция**

Изучаются основы конвективного течения жидкостей и газов.

### **Тепловая конвекция, Уравнения Буссинеска.**

Дается вывод уравнения свободной конвекции. Рассматривается метод малых возмущений и приближение Буссинеска

### **Условия механического равновесия. Конвективная устойчивость слоя жидкости со свободными границами.**

Рассматриваются условия, при которых возможно механическое равновесие. Разбираются полости различной формы и условия равновесия в них.

### **Конвективная устойчивость слоя жидкости с твердыми границами.**

Изучается устойчивость механического равновесия к нормальным возмущениям и возникновение конвективных течений. Критические градиенты температуры и критические движения.

### **Моделирование конвекции Рэлея**

Плоский горизонтальный слой. Свободные границы (задача Рэлея). Твёрдые границы. Границы произвольной теплопроводности.

### **Моделирование тропического циклона**

Рассматривается влияние вращения на конвективную устойчивость и устойчивость конвективных течений.

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Проводится итоговое контрольное мероприятие в виде защищаемого итогового мероприятия.

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

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

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

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Высшая математика. Том 1. Линейная алгебра. Векторная алгебра. Аналитическая геометрия : учебник / А. П. Господариков, Е. А. Карпова, О. Е. Карпухина, С. Е. Мансурова ; под редакцией А. П. Господариков. — Санкт-Петербург : Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. — 105 с. — ISBN 978-5-94211-710-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/71687.html>
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6 : Гидродинамика — 2001. — 736 с. — ISBN 5-9221-0121-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619860>
3. Белевич, М. Ю. Гидромеханика. Основы классической теории : учебное пособие / М. Ю. Белевич. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 213 с. — ISBN 5-86813-178-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17911>

### Дополнительная:

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Механика" : [в 2 т.] Т. 2/Л. И. Седов ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.-6-е изд., стер..-Санкт-Петербург:Лань,2004, ISBN 5-8114-0542-1.-560.-Библиогр.: с. 555-557
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды. учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Механика" : [в 2 т.] Т. 1/Л. И. Седов ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.-6-е изд., стер..-Санкт-Петербург:Лань,2004, ISBN 5-8114-0541-3.-528



## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://docplayer.ru/36836511-Lekcii-po-gidromehhanike.html> Лекции по гидромеханике

<https://yandex.ru/search/?text=Видеоуроки%20по%20гидромеханике&lr=50&clid=1955451&win=48#/videowiz?filmId=14866201947049998733> Видеоуроки по гидромеханике.

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

Образовательный процесс по дисциплине **Гидромеханика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий при проведении занятий дистанционно);
  - доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
  - доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).
- Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:
- офисный пакет приложений "LibreOffice";
  - приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов "Adobe Acrobat Reader DC";
  - программы демонстрации видео материалов (проигрыватель) "Windows Media Player";
  - программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome".

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

1. Занятия лекционного и семинарского типа (семинары, практические занятия): аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Групповые (индивидуальные) консультации: аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
3. Самостоятельная работа: аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.
4. Текущий контроль:

аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Гидромеханика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.2**

**Владеет теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.2.1</b> Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает основы гидромеханики и способен использовать эти знания для изучения и анализа гидрологического режима разных типов водных объектов.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не владеет теоретическими знаниями гидромеханики и не способен использовать их для изучения и анализа гидрологического режима разных типов водных объектов.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Владеет базовыми знаниями гидромеханики и способен использовать их для решения части задач связанных с гидрологическим режимом разных типов водных объектов. При этом допускает ряд несущественных ошибок.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Владеет теоретическими знаниями гидромеханики и способен использовать их для изучения и анализа гидрологического режима разных типов водных объектов, но допускает ряд неточностей в формулировке или в выводе.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Владеет теоретическими знаниями гидромеханики и способен использовать их для изучения и анализа гидрологического режима разных типов водных объектов.</p>
<p><b>ПК.2.4</b> Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности</p>	<p>Владеет знаниями гидромеханики применительно к изучению влияния метеорологии и климата на гидрологический режим разных типов водных объектов.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не владеет знаниями гидромеханики и не может применить их к изучению влияния метеорологии и климата на гидрологический режим разных типов водных объектов.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Частично владеет знаниями гидромеханики и может применить их при решении отдельных задач влияния метеорологии и климата на гидрологический режим разных типов водных объектов.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Владеет знаниями гидромеханики и может</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>применить их при решении задач о влиянии метеорологических и климатических факторов на гидрологический режим разных типов водных объектов, но при решении этих задач и в выводе допускает ряд неточностей.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Владеет знаниями гидромеханики применительно к изучению влияния метеорологии и климата на гидрологический режим разных типов водных объектов.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Входной контроль <b>Входное тестирование</b>	Проводится проверка базовых знаний математического анализа, разделов курса общей физики (механика, молекулярная физика и термодинамика.
<b>ПК.2.4</b> Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности <b>ПК.2.1</b> Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности	Основы векторного анализа <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Уметь использовать основные правила действия с тензорами при выводе формул векторной алгебры и векторного анализа
<b>ПК.2.4</b> Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности <b>ПК.2.1</b> Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности	Лагранжевы и эйлеровы производные. Уравнение Гельмгольца. Теорема Бернулли. Критерий несжимаемости течений. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знать и уметь выводить основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости: уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, уравнение адиабатичности.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.2.4</b> Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности <b>ПК.2.1</b> Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности	Течения Куэтта и Пуазейля. Задача стекания. Колебательное движение в вязкой жидкости. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание решений стандартных задач вязкой жидкости: течения Куэтта и Пуазейля. Умение решать задачи на стекание жидкости и колебательное движение в вязкой жидкости.
<b>ПК.2.4</b> Применяет теоретические знания метеорологии и климатологии в профессиональной деятельности <b>ПК.2.1</b> Применяет теоретические знания гидрологического режима разных типов водных объектов в профессиональной деятельности	Итоговое контрольное мероприятие <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание уравнений тепловой конвекции вязкой жидкости. Приближение Буссинеска. Условия механического равновесия. Конвективная устойчивость слоя жидкости со свободными границами. Модели конвективных течений.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Входной контроль**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Правильность определения физического термина	1
Правильность решения математической задачи	1

#### **Основы векторного анализа**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение задачи векторной алгебры - например, вывод формулы двойного векторного произведения.	5
Решение задачи векторного анализа в тензорных обозначениях. Например, вывод формулы	

ротора ротора векторной функции.	5
----------------------------------	---

**Лагранжевы и эйлеровы производные. Уравнение Гельмгольца. Теорема Бернулли. Критерий несжимаемости течений.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знать и уметь выводить основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости - непрерывности, Эйлера, адиабатичности, уравнение Бернулли, условие несжимаемости жидкости. Уметь представлять первые три из них их в полных и частных производных.	10
Знать и уметь выводить законы сохранения энергии и импульса для идеальной жидкости.	10
Уметь записывать уравнение непрерывности, уравнение Эйлера в частных производных и уравнение адиабатичности в частных производных в проекциях на оси декартовой системы координат.	5
Знать основные определения гидродинамики идеальной жидкости (идеальная жидкость, вязкость, теплопроводность, адиабатичность, линия тока и пр.)	5

**Течения Куэтта и Пуазейля. Задача стекания. Колебательное движение в вязкой жидкости.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Уметь решать простые задачи гидродинамики (течение Куэтта, Пуазейля, задача стекания и пр.)	10
Знать последовательность получения основных уравнений гидродинамики вязкой жидкости, в том числе, вязкой несжимаемой жидкости. Знать все допущения при выводе уравнений.	10
Знать законы сохранения для вязкой жидкости, уметь их интерпретировать.	5
Уметь проецировать полные и для несжимаемой жидкости уравнения непрерывности, Навье-Стокса и теплопроводности на оси декартовой системы координат.	5

**Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает условия существования гравитационной конвекции, уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Знает условия механического равновесия жидкости.	10

Знает и умеет выводить условия механического равновесия жидкости в случае свободной конвекции.	10
Умеет представить проекцию уравнения Навье-Стокса в приближении Буссинеска на оси декартовой системы координат.	5
Знает основные уравнения гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости.	5