

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное 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 «19» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Гидромеханика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную 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.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	05.03.04 Гидрометеорология (направленность: Метеорология)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 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-gidromehanike.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 и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p>	<p>Владеет основными методами тензорного анализа. Умеет выводить простые формулы векторной алгебры и векторного анализа</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не может вывести и объяснить элементарной формулы (например, ротор ротора векторной функции, двойного векторного произведения векторов). Не знает тензорных определений произведений векторов, градиента, дивергенции, ротора).</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает основные определения тензорной алгебры и анализа, но не может решить ни одного простого примера в тензорных обозначениях. Не может перейти от тензорных обозначений к декартовой системе координат.</p> <p align="center">Хорошо Знает основные определения, выводы некоторых основных формул.</p> <p align="center">Отлично Знает основные определения, выводы основных формул. Применяет знания для решения простых примеров и задач.</p>
<p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p>	<p>Знает и умеет выводить уравнения движения идеальной жидкости.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает ни одного из трех основных уравнений (непрерывности, Эйлера, адиабатичности). Не знает уравнения Бернулли, критериев несжимаемости жидкости. Не знает определения идеальной жидкости.</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает определение идеальной жидкости, понятий вязкости и теплопроводности. Знает три основных уравнения и умеет проецировать их на оси декартовой системы координат. Не знает уравнений Бернулли, законов сохранения для идеальной жидкости.</p> <p align="center">Хорошо</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает определение идеальной жидкости, понятий вязкости и теплопроводности. Знает три основных уравнения и умеет проецировать их на оси декартовой системы координат. Знает уравнение Бернулли, умеет применять его на практике. Знает законы сохранения для идеальной жидкости.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает определение идеальной жидкости, понятий вязкости и теплопроводности. Знает три основных уравнения и умеет проецировать их на оси декартовой системы координат. Знает уравнение Бернулли, умеет применять его на практике. Знает законы сохранения для идеальной жидкости. Умеет выводить основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости.</p>
<p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p>	<p>Знает уравнения движения вязкой жидкости. Умеет решать стандартные задачи.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает понятие вязкости жидкости и не знает уравнения движения вязкой жидкости. Не умеет решать стандартные задачи с учётом вязкости.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Показывает не полные знания уравнений движения вязких жидкостей. Не умеет самостоятельно решать задачи с учетом вязкости.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уравнения движения вязкой жидкости, но при решении задач допускает незначительные ошибки.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уравнения движения вязкой жидкости. Умеет решать стандартные задачи с учётом вязкости.</p>
<p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p>	<p>Знает основы механики жидкости и газа. Умеет решать стандартные профессиональные задачи на основе этих знаний. Владеет теоретическими основами для изучения профильных гидрометеорологических дисциплин.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает хотя бы одного из трех основных уравнений гидродинамики (непрерывности, Навье-Стокса, теплопроводности) и уравнений конвекции в приближении Буссинеска.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные уравнения механики жидкости и газа (непрерывности, Навье-</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Стокса. теплопроводности). Понимает границы применимости каждого уравнения. Знает уравнения конвекции в приближении Буссинеска.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные уравнения механики жидкости и газа (непрерывности, Навье-Стокса. теплопроводности, диффузии). Понимает границы применимости каждого уравнения. Умеет решать простые задачи гидродинамики (Пуазейля, Куэтта, стекания и пр.) Знает уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Умеет формулировать задачи с учетом граничных и начальных условий.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные уравнения механики жидкости и газа (непрерывности, Навье-Стокса. теплопроводности, диффузии) и может вывести их из основных законов физики (сохранения массы, энергии, импульса). Понимает границы применимости каждого уравнения. Умеет решать простые задачи гидродинамики (Пуазейля, Куэтта, стекания и пр.) Знает и умеет выводить уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Умеет формулировать задачи с учетом граничных и начальных условий.</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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Проводится проверка базовых знаний математического анализа, разделов курса общей физики (механика, молекулярная физика и термодинамика.
ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин	Основы векторного анализа Защищаемое контрольное мероприятие	Уметь использовать основные правила действия с тензорами при выводе формул векторной алгебры и векторного анализа
ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин	Лагранжевы и эйлеровы производные. Уравнение Гельмгольца. Теорема Бернулли. Критерий несжимаемости течений. Защищаемое контрольное мероприятие	Знать и уметь выводить основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости: уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, уравнение адиабатичности.
ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин	Течения Куэтта и Пуазейля. Задача стекания. Колебательное движение в вязкой жидкости. Защищаемое контрольное мероприятие	Знание решений стандартных задач вязкой жидкости: течения Куэтта и Пуазейля. Умение решать задачи на стекание жидкости и колебательное движение в вязкой жидкости.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин	Итоговое контрольное мероприятие Защищаемое контрольное мероприятие	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**

Показатели оценивания	Баллы
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**

Показатели оценивания	Баллы
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 основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости - непрерывности, Эйлера, адиабатичности, уравнение Бернулли. Уметь представлять их в полных и частных производных, а также в проекциях на оси декартовой системы координат.	10
Знать и уметь выводить законы сохранения энергии и импульса для идеальной жидкости.	10

Уметь выводить основные уравнения гидродинамики идеальной жидкости, уравнения Бернулли, условие несжимаемости.	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 основные уравнения гидродинамики вязкой жидкости, в том числе, вязкой несжимаемой жидкости.	10
Знать вывод законов сохранения для вязкой жидкости,	5
Уметь применять на практике уравнения движения, уметь проецировать уравнения 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
Умеет обезразмеривать уравнения, умеет применять метод возмущений для исследования устойчивости.	8
Умеет объяснить решение задачи Рэлея о конвекции со свободными границами.	7
Знает основные уравнения гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости.	5