

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Любимова Татьяна Петровна
Демин Виталий Анатольевич**

Рабочая программа дисциплины
ВИБРАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГИДРОДИНАМИКЕ
Код УМК 80888

Утверждено
Протокол №5
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Вибрационные эффекты в гидродинамике

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Вибрационные эффекты в гидродинамике** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.02 Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

ПК.1 Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикаторы

ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики

ПК.2 Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикаторы

ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	5
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (5 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Вибрационные эффекты в гидродинамике. Первый семестр

Резонансные явления на поверхности раздела жидкостей

Линейная теория параметрически возбуждаемых волн на свободной поверхности вязкой жидкости

Свободная поверхность жидкости. Поверхность раздела жидкости. Граничные условия. Линейная теория ряби Фарадея.

Нелинейная теория ряби Фарадея

Нелинейная теория ряби Фарадея. Вывод амплитудного уравнения. Анализ уравнения. Устойчивость решений.

Неустойчивость плоской поверхности раздела при касательных вибрациях

Неустойчивость плоской поверхности раздела при касательных вибрациях. Невязкое приближение. Линейная задача устойчивости. Сведение к уравнению Матье. Двумерная задача устойчивости.

Резонансное возбуждение колебаний капли в вибрационном поле

Вынужденные колебания капли. Устойчивость колебаний. Влияние вязкости. Нелинейный резонанс.

Движение неоднородной изотермической жидкости в статическом гравитационном и высокочастотном вибрационном поле

Уравнения и граничные условия для случая линейно-поляризованных вибраций

Уравнения и граничные условия для неоднородной изотермической жидкости в случае линейно-поляризованных вибраций. Осреднение уравнений движения стратифицированной жидкости. Условия на границе раздела. Условия на свободной поверхности.

Вариационный принцип для задачи о квазиравновесии

Вариационный принцип для задачи о квазиравновесии неоднородной изотермической жидкости. Случай двухслойной системы. Вариационный принцип для поступательных и произвольных вибраций.

Поведение границы раздела сред в поле высокочастотных поступательных вибраций линейной поляризации

Вертикальные вибрации. Подавление неустойчивости Рэлея - Тейлора

Подавление неустойчивости Рэлея - Тейлора в поле вертикальных вибраций

Квазиравновесная форма свободной поверхности при горизонтальных вибрациях

Квазиравновесная форма свободной поверхности при горизонтальных вибрациях. Предельный случай малых амплитуд. Предельный случай слабого статического поля тяжести. Численный расчет формы свободной поверхности при конечном уровне вибраций.

Волновой рельеф на границе раздела жидкостей в гравитационном и вибрационном полях

Волновой рельеф границы раздела жидкостей в гравитационном и вибрационном полях. Граница устойчивости равновесия. Солитонные квазиравновесные решения в тонких слоях.

Устойчивость цилиндрической границы раздела жидкостей в вибрационном и центробежном полях

Устойчивость цилиндрической границы раздела жидкостей. Численное исследование.

Исследование поведения капли (пузыря) в жидкой матрице под действием вибраций

высокой частоты

Движение капли (пузыря) в жидкой матрице под действием вибраций высокой частоты. Влияние ограниченности размеров сосуда. Взаимодействие капли с колеблющейся стенкой.

Поведение границы раздела сред в поле высокочастотных поступательных вибраций произвольной поляризации

Устойчивость поверхности раздела жидкостей в поле высокочастотных поступательных вибраций произвольной ориентации

Устойчивость поверхности раздела жидкостей в поле высокочастотных поступательных вибраций произвольной ориентации. Влияние сил инерции.

Поведение границы раздела жидкостей в вибрационном поле, поляризованном по кругу

Устойчивость поверхности раздела жидкостей в поле высокочастотных поступательных вибраций круговой поляризации. Задача об устойчивости горизонтальной поверхности.

Динамическая стабилизация рэлеевской капиллярной неустойчивости

Столб жидкости. Динамическая стабилизация рэлеевской капиллярной неустойчивости в поле вибраций.

Поведение жидкой капли в вибрационном поле, поляризованном по кругу

Жидкая капля в поле вибраций круговой поляризации. Определяющие уравнения и граничные условия. Средняя сила, действующая на каплю, и средняя форма капли в поле неоднородных вибраций.

Генерация осредненных течений в вибрационном поле

Генерация осредненных течений в вибрационном поле вблизи поверхности раздела сред. Механизмы генерации. Расчет течений вблизи квазистационарного рельефа. Средние течения в изотермической жидкой зоне при высокочастотных вибрациях одного из торцов.

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. Любимов Д. В., Любимова Т. П. Физическая гидродинамика. Расчетный семинар: учебное пособие / Д. В. Любимов, Т. П. Любимова. - Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1888-0, 2-е изд., стер. - 1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/35855>
2. Любимов Д. В., Любимова Т. П., Черепанов А. А. Динамика поверхностей раздела в вибрационных полях / Д. В. Любимов, Т. П. Любимова, А. А. Черепанов. - М.: Физматлит, 2003, ISBN 5-9221-0456-X. - 216. - Библиогр.: с. 213-215

Дополнительная:

1. Сергиенко, В. П. Вибрация и шум в нестационарных процессах трения / В. П. Сергиенко, С. Н. Бухаров. — Минск : Белорусская наука, 2012. — 347 с. — ISBN 978-985-08-1450-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/29430>
2. Вибрационные эффекты в гидродинамике. Сб. науч. тр. / М-во образования РФ, Перм. гос. ун-т; Гл. ред. Д. В. Любимов. Вып. 2. - Пермь: ПГУ, 2001, ISBN 5-7944-0199-0. - 214

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

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

Образовательный процесс по дисциплине **Вибрационные эффекты в гидродинамике** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Электронные мультимедийные библиотеки и учебные пособия, в том числе предоставляемые научной библиотекой ПГНИУ и цифровой библиотекой ПГНИУ "ELiS":

- материалы базы ЭБС IPRbooks;
- материалы цифровой библиотеки «Библиотех»;
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
- пакет аналитических вычислений Maxima.

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнении 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

Для проведения лекционных и практических занятий, мероприятий текущего контроля необходимы аудитории, оснащенные проекционным оборудованием, маркерной или меловой доской, ноутбук, презентационное программное обеспечение. Для самостоятельной работы студентов, проведения групповых и индивидуальных консультаций требуются аудитории, оснащенные ПК с доступом к локальной сети ПГНИУ и сети Интернет.

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
Вибрационные эффекты в гидродинамике**

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

ПК.1

Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики</p>	<p>Знать механизмы генерации средних течений. Уметь оценивать пределы применимости вибрационной динамики. Владеть методами вибрационной динамики.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает механизмы генерации средних течений. Не умеет оценивать пределы применимости вибрационной динамики. Не владеет методами вибрационной динамики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания механизмов генерации средних течений. Демонстрирует частично сформированное умение оценивать пределы применимости вибрационной динамики. Имеет представление о методах вибрационной динамики.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания механизмов генерации средних течений. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения оценивать пределы применимости вибрационной динамики. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами вибрационной динамики.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания механизмов генерации средних течений. Сформированное умение оценивать пределы применимости вибрационной динамики. Успешное и систематическое применение методов вибрационной динамики.</p>

ПК.2

Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2</p>	<p>Знать методы осреднения</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов</p>	<p>нелинейных уравнений. Уметь анализировать средние и быстрые движения. Владеть навыками построения разложения решений по малому параметру.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает методы осреднения нелинейных уравнений. Не умеет анализировать средние и быстрые движения. Не владеет навыками построения разложения решений по малому параметру.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания методов осреднения нелинейных уравнений. Демонстрирует частично сформированное умение анализировать средние и быстрые движения. Имеет представление о методах построения разложения решений по малому параметру.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов осреднения нелинейных уравнений. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения анализировать средние и быстрые движения. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками построения разложения решений по малому параметру.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания методов осреднения нелинейных уравнений. Сформированное умение анализировать средние и быстрые движения. Успешное и систематическое применение навыков построения разложения решений по малому параметру.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : 7750

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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Линейная теория параметрически возбуждаемых волн на свободной поверхности вязкой жидкости Входное тестирование	Знание основ теории колебаний, физической гидродинамики
ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики	Резонансное возбуждение колебаний капли в вибрационном поле Письменное контрольное мероприятие	Устойчивость поверхностей раздела
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Исследование поведения капли (пузыря) в жидкой матрице под действием вибраций высокой частоты Письменное контрольное мероприятие	Вибрационная конвекция. Высокочастотные вибрации.
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Генерация осредненных течений в вибрационном поле Итоговое контрольное мероприятие	Динамика границы раздела в поле поступательных вибраций произвольной ориентации

Спецификация мероприятий текущего контроля

Линейная теория параметрически возбуждаемых волн на свободной поверхности вязкой жидкости

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнения гидродинамики вязкой жидкости в присутствии внешних сил	5
Основные свойства уравнения Матье. Особенности параметрического резонанса	5

Резонансное возбуждение колебаний капли в вибрационном поле

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Нелинейная теория ряби Фарадея. Устойчивость решений	7
Вынужденные колебания капли. Устойчивость колебаний. Резонанс	6
Линейная теория ряби Фарадея	6
Неустойчивость плоской поверхности раздела при касательных вибрациях.	6
Свободная поверхность жидкости. Поверхность раздела жидкости. Граничные условия.	5

Исследование поведения капли (пузыря) в жидкой матрице под действием вибраций высокой частоты

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнения и граничные условия для неоднородной изотермической жидкости в случае линейно-поляризованных вибраций. Осреднение уравнений	7
Вариационный принцип для задачи о квазиравновесии изотермической жидкости в поле вибраций	6
Влияние вертикальных вибраций на устойчивость границы раздела	6
Генерация волнового рельефа на границе раздела	6
Взаимодействие капли с колеблющейся стенкой.	5

Генерация осредненных течений в вибрационном поле

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
-----------------------	-------

Генерация осредненных течений в вибрационном поле вблизи поверхности раздела сред. Механизмы генерации.	9
Устойчивость поверхности раздела жидкостей в поле высокочастотных поступательных вибраций круговой поляризации.	9
Жидкая капля в поле вибраций круговой поляризации.	8
Устойчивость поверхности раздела жидкостей в поле высокочастотных поступательных вибраций произвольной ориентации.	8
Влияние сил инерции на устойчивость границы раздела	6