

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное учреждение

высшего профессионального образования

"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор

по образовательной деятельности КФУ

Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_\_" 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Теория волн на воде М1.ДВ.1

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Маклаков Д.В.

**Рецензент(ы):**

Егоров А.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Егоров А. Г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Регистрационный №

Казань

2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Маклаков Д.В.  
Кафедра аэрогидромеханики отделение механики , Dmitri.Maklakov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Теория волн на воде" является изучение и практическое освоение методов исследования волновых движений жидкости в комплексе разнообразных проявлений этого обыденного физического явления. Изучаются вопросы математических постановок задач в линейной и нелинейной теориях волн, переноса энергии волнами, движения тела (подводного крыла) под свободной поверхностью жидкости. В результате освоения курса студенты должны научиться понимать сущность упрощений при математической постановке задач теории волн, уметь оценить корректность этих упрощений, и следовательно, научится выбирать наипростейший путь решения.

Лекционный курс сопровождается лабораторными и самостоятельными занятиями, где студенты обязаны уметь правильно реализовать изучаемые методы и решить с их помощью задачи, имеющие практический интерес.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплина входит в специальную часть профессионального цикла и является продолжением курса "Аналитические методы гидродинамики". Для ее освоения нужны первоначальные знания из курсов механики сплошной среды и теории функций комплексного переменного.. Получаемые знания, умения и навыки необходимы для решения практических задач взаимодействия волн с препятствиями, задач, связанных с движением тел в жидкости при наличии свободной поверхности, и используются при выполнении магистерских диссертаций по направлению "механика и математическое моделирование".

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-2 (общекультурные компетенции)	Обладать способностью общаться со специалистами из других областей
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Владеть методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук (ПК-1)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках (ПК-10);
ПК-12 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин (ПК-12)
ПК-13 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к самостояльному построению целостной картины дисциплины (ПК-13)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-14 (профессиональные компетенции)	Владеть методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук (ПК-14);
ПК-7 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к самостоятельному анализу физических аспектов в классических постановках математических задач и задач механики (ПК-7);
ПК-8 (профессиональные компетенции)	Обладать умением публично представить собственные новые научные результаты (ПК-8)
ПК-18 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к преподаванию физико-математических дисциплин и информатики в средней школе, средних специальных и высших учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения (ПК-18)

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

1. Понимать сущность постановок задач линейной и нелинейной теории волн.
2. Освоить математические методы, применяемые в линейной и нелинейной теориях волн.
3. Уметь применять эти методы для решения типичных волновых задач.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

1. Понимать сущность постановок задач линейной и нелинейной теории волн.
2. Освоить математические методы, применяемые в линейной и нелинейной теориях волн.
3. Уметь применять эти методы для решения типичных волновых задач.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

1. Понимать сущность постановок задач линейной и нелинейной теории волн.
2. Освоить математические методы, применяемые в линейной и нелинейной теориях волн.
3. Уметь применять эти методы для решения типичных волновых задач.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные уравнения теории волн. Линеаризация граничных условий.	1	1-3	4	4	0	устный опрос
2.	Тема 2. Плоские волны бесконечной глубины	1	4-5	2	4	0	устный опрос
3.	Тема 3. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины	1	6-7	2	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. Плоские волны конечной глубины. Перенос энергии волнами	1	8-12	2	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Элементы нелинейной теории волн	1	13-16	2	2	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			12	16	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Основные уравнения теории волн. Линеаризация граничных условий.

###### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Лекция 1. Основные уравнения теории волн. Кинематические и динамические граничные условия. Лекция 2. Понятия энергии. Вывод формулы для потока энергии. Потоки энергии через поверхности с различными свойствами. Линейная теория волн. Постановка общей задачи. Задача об установившихся колебаниях.

###### практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое занятие 1. Безвихревые течения. Потенциал и уравнение неразрывности. Условия на жидких и неподвижных границах. Условие постоянства давлений на свободной поверхности. Практическое занятие 2. Линеаризация граничных условий. Общая линейная задача теории волн. Потенциал установившихся колебаний.

##### Тема 2. Плоские волны бесконечной глубины

###### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 3. Плоские волны. Стоячие волны. Линии тока и траектории. Прогрессивные волны. Линии тока и траектории. Установившееся волновое движении. Групповая скорость

###### практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое занятие 3. Потенциалы стоячих волн и прогрессивных волн. Дисперсионное соотношение. Практическое занятие 4. Волны с неподвижной свободной поверхностью. Взаимодействие волн с близкими фазовыми скоростями.

### **Тема 3. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Лекция 4. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины. Метод Верня. Задача Дирихле для нижней полуплоскости. Волны, образованные начальным концентрированным возмущением свободной поверхности.

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Практическое занятие 5. Колебания, вызванные возмущением свободной поверхности и импульсным давлением. Практическое занятие 6. Метод ТФКП для решения задачи Дирихле. Дельта-функция Дирака как начальное возмущение.

### **Тема 4. Плоские волны конечной глубины. Перенос энергии волнами**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Лекция 5. Волны конечной глубины. Волны на поверхности раздела двух жидкостей разной плотности. Капиллярные волны. Энергия стоячих и прогрессивных волн. Перенос энергии волнами. Скорость переноса энергии. Волновое сопротивления. Линейная и нелинейная формулы для волнового сопротивления.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Практическое занятие 7. Потенциалы стоячих и прогрессивных волн конечной глубины. Волны на неподвижной границе раздела двух сред. Учет капиллярных сил в теории волн. Динамический смысл групповой скорости. Причина появления волнового сопротивления. Применение формулы  $D=3V-2T$ .

### **Тема 5. Элементы нелинейной теории волн**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Лекция 6. Задача о движении тела под свободной поверхностью жидкости. Обтекание вихря. Волны Герстнера. Уравнение Некрасова для определения установившихся волн. Уединенная волна.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Практическое занятие 8. Контрольная работа.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные уравнения теории волн. Линеаризация граничных условий.	1	1-3	подготовка к устному опросу	9	устный опрос
2.	Тема 2. Плоские волны бесконечной глубины	1	4-5	подготовка к устному опросу	9	устный опрос
3.	Тема 3. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины	1	6-7	подготовка к устному опросу	9	устный опрос
4.	Тема 4. Плоские волны конечной глубины. Перенос энергии волнами	1	8-12	подготовка к устному опросу	9	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
	Тема 5. Элементы 5. нелинейной теории волн	1	13-16	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				44	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

активные и интерактивные формы, лекции, семинарские занятия, контрольная работа, зачет. В течение учебного года студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару, самостоятельно изучают и докладывают на семинарах отдельные темы курса. К экзамену допускаются студенты, сдавшие все задачи и показавшие положительные результаты по текущей работе в течение семестра.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Основные уравнения теории волн. Линеаризация граничных условий.

устный опрос, примерные вопросы:

- 1) Что такое кинематические граничные условия? 2) Что такое динамические граничные условия? 3) Что такое энергия волн? 4) Как академик Сахаров предлагал использовать энергию волн для борьбы с американским империализмом?

### Тема 2. Плоские волны бесконечной глубины

устный опрос, примерные вопросы:

По каким траекториям движутся частицы в стоячей волне? 2) По каким траекториям движутся частицы в прогрессивной волне? 3) Что такое установившееся волновое движение? 4) Могут ли линии тока и траектории совпадать в нестационарных течениях? 5) Что такое групповая скорость волн?

### Тема 3. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины

устный опрос, примерные вопросы:

- 1) В чем состоит постановка задачи Коши-Пуассона? 2) В чем состоит идея метода Верня? 3) Что такое задача Дирихле? 4) Можно ли физически реализовать концентрированное возмущение?

### Тема 4. Плоские волны конечной глубины. Перенос энергии волнами

устный опрос, примерные вопросы:

- 1) В чем особенность постановки задачи для волн конечной глубины? 2) Как вывести уравнение теории волн с учетом капиллярных сил? 3) Чему равна энергия стоячих и прогрессивных волн? 4) С какой скоростью передается энергия волн? 5) Как доказать что волновое сопротивление есть  $3V^2 - 2T$ ?

### Тема 5. Элементы нелинейной теории волн

устный опрос, примерные вопросы:

- 1) Как поставить задачу о движении тела под свободной поверхностью? 2) Можно ли моделировать тело вихрем и если можно тот почему? 3) В чем идея точного решения для волн Герстнера? 4) Что такое уединенная волна?

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Проверка теоретических знаний и практических навыков осуществляется по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. 50 баллов отводится для оценки текущей успеваемости, 50 - для оценки на зачете. В конце семестра проводится контрольная работа.

Зачет принимается в конце 9-ого семестра. зачет ставится, если сумма баллов текущей успеваемости и оценки на зачете превышает 51.

Вопросы:

- 1) Что такое кинематические граничные условия?
- 2) Что такое динамические граничные условия?
- 3) Что такое энергия волн?
- 4) Как академик Сахаров предлагал использовать энергию волн для борьбы с американским империализмом?

Вопросы:

- 1) По каким траекториям движутся частицы в стоячей волне?
- 2) По каким траекториям движутся частицы в прогрессивной волне?
- 3) Что такое установившееся волновое движение?
- 4) Могут ли линии тока и траектории совпадать в нестационарных течениях?
- 5) Что такое групповая скорость волн?

Вопросы:

- 1) В чем состоит постановка задачи Коши-Пуассона?
- 2) В чем состоит идея метода Верня?
- 3) Что такое задача Дирихле?
- 4) Можно ли физически реализовать концентрированное возмущение?

Вопросы:

- 1) В чем особенность постановки задачи для волн конечной глубины?
- 2) Как вывести уравнение теории волн с учетом капиллярных сил?
- 3) Чему равна энергия стоячих и прогрессивных волн?
- 4) С какой скоростью переносится энергия волн?
- 5) Как доказать что волновое сопротивление есть  $3V^2T$ ?

Вопросы:

- 1) Как поставить задачу о движении тела под свободной поверхностью?
- 2) Можно ли моделировать тело вихрем и если можно тот почему?
- 3) В чем идея точного решения для волн Герстнера?
- 4) Что такое единственная волна?

Вопросы для зачета.

1. Основные уравнения теории волн. Кинематические и динамические граничные условия.
2. Понятия энергии. Вывод формулы для потока энергии.
3. Потоки энергии через поверхности с различными свойствами. Поток энергии через неподвижную поверхность для прогрессивной волны.
4. Линейная теория волн. Постановка общей задачи. Задача об установившихся колебаниях.
5. Плоские волны. Стоячие волны. Линии тока и траектории.
6. Прогрессивные волны. Линии тока и траектории.
7. Установившееся волновое движение.
8. Групповая скорость.
9. Задача Коши-Пуассона для жидкости бесконечной глубины. Метод Верня.
10. Задача Дирихле для нижней полуплоскости.

11. Волны, образованные начальным концентрированным возмущением свободной поверхности.
12. Волны конечной глубины.
13. Волны на поверхности раздела двух жидкостей разной плотности.
14. Капиллярные волны.
15. Энергия стоячих и прогрессивных волн.
16. Перенос энергии волнами. Скорость переноса энергии.
17. Волновое сопротивления. Линейная и нелинейная формулы для волнового сопротивления.
18. Задача о движении тела под свободной поверхностью жидкости. Обтекание вихря.
19. Волны Герстнера. Доказать, что для волн Герстнера выполняются уравнения неразрывности и Эйлера.
20. Волны Герстнера. Завихренность у волн Герстнера.
21. Волны Герстнера. Форма свободной поверхности.
22. Уравнение Некрасова для определения установившихся волн.

### Контрольная работа

#### Вариант 1.

- 1) Записать потенциал стоячих волн конечной глубины и найти линии тока и траектории.
- 2) Прогрессивная волна движется со скоростью 50м/с в океане бесконечной глубины. Чему равна групповая скорость?

#### Вариант 2.

- 1) Записать потенциал прогрессивных волн конечной глубины и найти линии тока и траектории.
- 2) Стоячая волна в бассейне большой глубины имеет длину 5м. Чему равен период колебаний?

#### Вариант 3

- 1) Вывести формулу для кинетической энергии прогрессивных волн конечной глубины.
- 2) Прогрессивная волна имеет амплитуду 1м и длину 10м. Чему равна ее кинетическая энергия.

#### Вариант 4

- 1) Вывести формулу для потенциальной энергии прогрессивных волн конечной глубины.
- 2) Прогрессивная волна имеет амплитуду 2м и длину 20м. Чему равна ее потенциальная энергия.

## 7.1. Основная литература:

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, Марданов, Ренат Фаритович, 2013г.

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8713>

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

## 7.2. Дополнительная литература:

Темам Р., Миранвиль А. Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 2-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/50538/>

Сретенский Л.Н. Теория волновых движений жидкости. М.: Наука. 1977. 817 с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны: учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2009. ? 256 с. - <http://www.znanium.com/bookread.php?book=349952>

Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Уч. пос./ А.В. Гулин и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М: АРГАМАК-МЕДИА, 2014. - 368 с. - <http://www.znanium.com/bookread.php?book=454592>

Гидравлика: Учебное пособие / Б.В. Ухин. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 464 с. - <http://www.znanium.com/bookread.php?book=375072>

Гидрогазодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 - <http://www.znanium.com/bookread.php?book=410288>

Методы научного познания: Учебное пособие / С.А. Лебедев. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 272 с - <http://www.znanium.com/bookread.php?book=450183>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Теория волн на воде" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, компьютерный класс с установленным пакетом МАТЕМАТИКА 7.0 с возможностью многопользовательской работы и централизованного администрирования.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):

Маклаков Д.В. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.

Рецензент(ы):

Егоров А.Г. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.