

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. Минзаринов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Аналитические методы гидродинамики Б1.В.ДВ.4

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: академический бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Маклаков Д.В.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Егоров А. Г.

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

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

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

Регистрационный No

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

Изучение и практическое освоение основных этапов математического моделирования гидродинамических процессов, включая физическую постановку задачи, выбор математической модели и формулировку краевой задачи. Изучаются математические основы теории прямых обратных краевых задач и их приложения в аэрогидродинамике теории взрыва на выброс. Изучаются вопросы, связанные с гидродинамикой больших скоростей, включая теорию струй идеальной жидкости, гидродинамику развитых кавитационных течений, течений с учетом сил тяжести, поверхностного натяжения и др. Лекционный курс сопровождается лабораторными и самостоятельными занятиями, где студенты обязаны решить набор задач, закрепить полученные теоретические навыки и приемы программирования.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.03 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7, 8 семестры.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла. Здесь нужны перво-начальные знания из курсов математического анализа, дифференциальных уравнений, алгебры, механики сплошной среды, методов вычислений, теории функций комплексного переменного. Получаемые знания, умения и навыки необходимы для выполнения бакалаврских и магистерских диссертаций, связанных с аналитическим решением различных задач аэро и гидродинамики.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК-5<br>(общекультурные компетенции)    | способность порождать новые идеи (ОК-5);                                                                                                                                                                                |
| ОК-2<br>(общекультурные компетенции)    | Способность общаться со специалистами из других областей (ОК-2);                                                                                                                                                        |
| ПК-12<br>(профессиональные компетенции) | Способность к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин (ПК-12)                                                                                                             |
| ПК-13<br>(профессиональные компетенции) | Способность к самостоятельному построению целостной картины дисциплины (ПК-13);                                                                                                                                         |
| ПК-14<br>(профессиональные компетенции) | Владение методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук (ПК-14) |

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

владения математическими методами, применяемыми в механике жидкости для аналитического описания сложных процессов, возникающих на практике.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 6 семестре; зачет в 7 семестре; зачет в 8 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<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Сущность<br>прямых и обратных<br>краевых задач.<br>Понятия<br>аналитической и<br>регулярной функции.<br>Условия Гельдера.<br>Интеграл типа Коши.<br>Формулы Сохоцкого.<br>Формула Шварца для<br>круга. Решение<br>смешанной краевой<br>задачи для<br>аналитической<br>функции в<br>полуплоскости.<br>Формула Синьерини.<br>Формула<br>Келдыша-Седова.<br>Формула<br>Пуассона-Иенсена. | 6       | 1-5                | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 2. | Тема 2. Внутренняя<br>ОКЗ для регулярной<br>функции и функции с<br>простым полюсом.<br>Внутренняя ОКЗ для<br>регулярной функции и<br>функции с простым<br>полюсом.<br>Доказательство<br>существования<br>сингулярного<br>интеграла в ОКЗ.<br>Внешняя ОКЗ для<br>регулярной функции в<br>постановках М.Т.<br>Нужина и Ф.Д. Гахова.<br>ОКЗ, когда граничные<br>условия заданы как<br>функции параметра $x$ . | 6       | 6-10               | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |
| 3. | Тема 3. ОКЗ,<br>приводящиеся к<br>основной.<br>Особенности решения<br>прямых и обратных<br>краевых задач.<br>Вопросы физической<br>реализуемости<br>решений ОКЗ. Прямые<br>и обратные краевые<br>задачи теории взрыва<br>с неизвестными<br>границами. О явлении<br>взрыва в сплошной<br>среде, виды взрывов.                                                                                               | 6       | 11-15              | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 4. | Тема 4. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случай напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внеш-ней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности | 7       | 1-5                | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |
| 5. | Тема 5. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.                                                                                                               | 7       | 6-10               | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 6. | Тема 6. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия раз-решимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи | 7       | 11-15              | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 7. | Тема 7. Введение.<br>Проблемы<br>гидродинамики<br>больших скоростей.<br>Пузырьковая и<br>раз-витая кавитация.<br>Гидродинамика<br>подводного крыла.<br>Роль теории струй<br>идеальной жидкости в<br>исследованиях<br>гидродинамики<br>несущих систем и<br>кавитации. Методы<br>теории струй.<br>Некоторые сведения<br>из кинематики плоских<br>потенциальных<br>течений несжимаемой<br>жидкости и теории<br>аналитических<br>функций комплексного<br>переменного.<br>Установившиеся<br>течения. Обтекания с<br>отрывом струй<br>полигональ-ных<br>препятствий. Методы<br>Кирхгофа,<br>Жуковского, метод<br>особых точек<br>(Чаплыгина), метод<br>краевых задач.<br>Смешанная краевая<br>задача теории<br>аналитических<br>функций. Обтекание<br>пластинки и клина<br>безграничным<br>потокком. Струйное<br>обтекание клина в<br>канале со свободной<br>струей. Истечение<br>струи из отверстия.<br>Глиссирование.<br>Струйное обтекание<br>решетки пластин. | 8       | 1-4                | 8                                                                 | 8                       | 0                      | устный опрос              |



| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 8. | Тема 8. Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Фор-мулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия. | 8       | 5-7                | 6                                                                 | 6                       | 0                      | устный опрос              |
| ·  | Тема . Итоговая форма контроля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 7       |                    | 0                                                                 | 0                       | 0                      | зачет                     |
| ·  | Тема . Итоговая форма контроля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 8       |                    | 0                                                                 | 0                       | 0                      | зачет                     |
|    | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |                    | 50                                                                | 50                      | 0                      |                           |

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Сущность прямых и обратных краевых задач. Понятия аналитической и регулярной функции. Условия Гельдера. Интеграл типа Коши. Формулы Сохоцкого. Формула Шварца для круга. Решение смешанной краевой задачи для аналитической функции в полуплоскости. Формула Синьерини. Формула Келдыша-Седова. Формула Пуассона-Иенсена.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Сущность прямых и обратных краевых задач. Понятия аналитической и регулярной функции. Условия Гельдера. Интеграл типа Коши. Формулы Сохоцкого. Формула Шварца для круга. Решение смешанной краевой задачи для аналитической функции в полуплоскости. Формула Синьерини. Формула Келдыша-Седова. Формула Пуассона-Иенсена.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Сущность прямых и обратных краевых задач. Понятия аналитической и регулярной функции. Условия Гельдера. Интеграл типа Коши. Формулы Сохоцкого. Формула Шварца для круга. Решение смешанной краевой задачи для аналитической функции в полуплоскости. Формула Синьерини. Формула Келдыша-Седова. Формула Пуассона-Иенсена.

**Тема 2. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Доказательство существования син-гулярного интеграла в ОКЗ. Внешняя ОКЗ для регулярной функции в постановках М.Т. Нужина и Ф.Д. Гахова. ОКЗ, когда граничные условия заданы как функции параметра  $x$ .**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Доказательство существования син-гулярного интеграла в ОКЗ. Внешняя ОКЗ для регулярной функции в постановках М.Т. Нужина и Ф.Д. Гахова. ОКЗ, когда граничные условия заданы как функции параметра  $x$ .

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Доказательство существования син-гулярного интеграла в ОКЗ. Внешняя ОКЗ для регулярной функции в постановках М.Т. Нужина и Ф.Д. Гахова. ОКЗ, когда граничные условия заданы как функции параметра  $x$ .

**Тема 3. ОКЗ, приводящиеся к основной. Особенности решения прямых и обратных краевых задач. Вопросы физической реализуемости решений ОКЗ. Прямые и обратные краевые задачи теории взрыва с неизвестными границами. О явлении взрыва в сплошной среде, виды взрывов.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

ОКЗ, приводящиеся к основной. Особенности решения прямых и обратных краевых задач. Вопросы физической реализуемости решений ОКЗ. Прямые и обратные краевые задачи теории взрыва с неизвестными границами. О явлении взрыва в сплошной среде, виды взрывов.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

ОКЗ, приводящиеся к основной. Особенности решения прямых и обратных краевых задач. Вопросы физической реализуемости решений ОКЗ. Прямые и обратные краевые задачи теории взрыва с неизвестными границами. О явлении взрыва в сплошной среде, виды взрывов.

**Тема 4. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внеш-ней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности

**Тема 5. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.

**Тема 6. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия раз-решимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия раз-решимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия раз-решимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи

**Тема 7. Введение. Проблемы гидродинамики больших скоростей. Пузырьковая и раз-витая кавитация. Гидродинамика подводного крыла. Роль теории струй идеальной жидкости в исследованиях гидродинамики несущих систем и кавитации. Методы теории струй. Некоторые сведения из кинематики плоских потенциальных течений несжимаемой жидкости и теории аналитических функций комплексного переменного. Установившиеся течения. Обтекания с отрывом струй полигональ-ных препятствий. Методы Кирхгофа, Жуковского, метод особых точек (Чаплыгина), метод краевых задач. Смешанная краевая задача теории аналитических функций. Обтекание пластинки и клина безграничным потоком. Струйное обтекание клина в канале со свободной струей. Истечение струи из отверстия. Глиссирование. Струйное обтекание решетки пластин.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Введение. Проблемы гидродинамики больших скоростей. Пузырьковая и развита кавитация. Гидродинамика подводного крыла. Роль теории струй идеальной жидкости в исследованиях гидродинамики несущих систем и кавитации. Методы теории струй. Некоторые сведения из кинематики плоских потенциальных течений несжимаемой жидкости и теории аналитических функций комплексного переменного. Установившиеся течения. Обтекания с отрывом струй полигональных препятствий. Методы Кирхгофа, Жуковского, метод особых точек (Чаплыгина), метод краевых задач. Смешанная краевая задача теории аналитических функций. Обтекание пластинки и клина безграничным потоком. Струйное обтекание клина в канале со свободной струей. Истечение струи из отверстия. Глиссирование. Струйное обтекание решетки пластин.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Введение. Проблемы гидродинамики больших скоростей. Пузырьковая и развита кавитация. Гидродинамика подводного крыла. Роль теории струй идеальной жидкости в исследованиях гидродинамики несущих систем и кавитации. Методы теории струй. Некоторые сведения из кинематики плоских потенциальных течений несжимаемой жидкости и теории аналитических функций комплексного переменного. Установившиеся течения. Обтекания с отрывом струй полигональных препятствий. Методы Кирхгофа, Жуковского, метод особых точек (Чаплыгина), метод краевых задач. Смешанная краевая задача теории аналитических функций. Обтекание пластинки и клина безграничным потоком. Струйное обтекание клина в канале со свободной струей. Истечение струи из отверстия. Глиссирование. Струйное обтекание решетки пластин.

**Тема 8. Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Фор-мулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Фор-мулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Фор-мулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия.

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

| N  | Раздел<br>Дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Сущность<br>прямых и обратных<br>краевых задач.<br>Понятия<br>аналитической и<br>регулярной функции.<br>Условия Гельдера.<br>Интеграл типа Коши.<br>Формулы Сохоцкого.<br>Формула Шварца для<br>круга. Решение<br>смешанной краевой<br>задачи для<br>аналитической<br>функции в<br>полуплоскости.<br>Формула Синьерини.<br>Формула<br>Келдыша-Седова.<br>Формула<br>Пуассона-Иенсена.              | 6       | 1-5                | подготовка к<br>устному опросу                 | 18                        | устный опрос                                |
| 2. | Тема 2. Внутренняя<br>ОКЗ для регулярной<br>функции и функции с<br>простым полюсом.<br>Внутренняя ОКЗ для<br>регулярной функции и<br>функции с простым<br>полюсом.<br>Доказательство<br>существования<br>сингулярного<br>интеграла в ОКЗ.<br>Внешняя ОКЗ для<br>регулярной функции в<br>постановках М.Т.<br>Нужина и Ф.Д. Гахова.<br>ОКЗ, когда граничные<br>условия заданы как<br>функции параметра $x$ . | 6       | 6-10               | подготовка к<br>устному опросу                 | 18                        | устный опрос                                |

| N  | Раздел<br>Дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 3. | Тема 3. ОКЗ, приводящиеся к основной. Особенности решения прямых и обратных краевых задач. Вопросы физической реализуемости решений ОКЗ. Прямые и обратные краевые задачи теории взрыва с неизвестными границами. О явлении взрыва в сплошной среде, виды взрывов.                                                                                                                                                 | 6       | 11-15              | подготовка к устному опросу                    | 18                        | устный опрос                                |
| 4. | Тема 4. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности | 7       | 1-5                | подготовка к устному опросу                    | 4                         | устный опрос                                |



| N  | Раздел<br>Дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 5. | Тема 5. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.                                              | 7       | 6-10               | подготовка к устному опросу                    | 4                         | устный опрос                                |
| 6. | Тема 6. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия разрешимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи | 7       | 11-15              | подготовка к устному опросу                    | 4                         | устный опрос                                |

| N  | Раздел<br>Дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 7. | Тема 7. Введение.<br>Проблемы<br>гидродинамики<br>больших скоростей.<br>Пузырьковая и<br>раз-витая кавитация.<br>Гидродинамика<br>подводного крыла.<br>Роль теории струй<br>идеальной жидкости в<br>исследованиях<br>гидродинамики<br>несущих систем и<br>кавитации. Методы<br>теории струй.<br>Некоторые сведения<br>из кинематики плоских<br>потенциальных<br>течений несжимаемой<br>жидкости и теории<br>аналитических<br>функций комплексного<br>переменного.<br>Установившиеся<br>течения. Обтекания с<br>отрывом струй<br>полигональ-ных<br>препятствий. Методы<br>Кирхгофа,<br>Жуковского, метод<br>особых точек<br>(Чаплыгина), метод<br>краевых задач.<br>Смешанная краевая<br>задача теории<br>аналитических<br>функций. Обтекание<br>пластинки и клина<br>безграничным<br>потокком. Струйное<br>обтекание клина в<br>канале со свободной<br>струей. Истечение<br>струи из отверстия.<br>Глиссирование.<br>Струйное обтекание<br>решетки пластин. | 8       | 1-4                | подготовка к<br>устному опросу                 | 7                         | устный опрос                                |



| N  | Раздел<br>Дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 8. | Тема 8. Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Фор-мулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия. | 8       | 5-7                | подготовка к устному опросу                    | 7                         | устный опрос                                |
|    | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |                    |                                                | 80                        |                                             |

## 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 зачету 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. Сущность прямых и обратных краевых задач. Понятия аналитической и регулярной функции. Условия Гельдера. Интеграл типа Коши. Формулы Сохоцкого. Формула Шварца для круга. Решение смешанной краевой задачи для аналитической функции в полуплоскости. Формула Синьерини. Формула Келдыша-Седова. Формула Пуассона-Иенсена.**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 1

**Тема 2. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Внутренняя ОКЗ для регулярной функции и функции с простым полюсом. Доказательство существования син-гулярного интеграла в ОКЗ. Внешняя ОКЗ для регулярной функции в постановках М.Т. Нужи́на и Ф.Д. Гахова. ОКЗ, когда граничные условия заданы как функции параметра  $x$ .**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 2

**Тема 3. ОКЗ, приводящиеся к основной. Особенности решения прямых и обратных краевых задач. Вопросы физической реализуемости решений ОКЗ. Прямые и обратные краевые задачи теории взрыва с неизвестными границами. О явлении взрыва в сплошной среде, виды взрывов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 3

**Тема 4. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора. Методы решения соответствующих краевых задач. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 4

**Тема 5. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 5

**Тема 6. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия разрешимости и квазирешение. ОКЗА с учетом вязкости по модели по-граничного слоя; этапы решения. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи**

устный опрос , примерные вопросы:

Коллоквиум 6

**Тема 7. Введение. Проблемы гидродинамики больших скоростей. Пузырьковая и раз-витая кавитация. Гидродинамика подводного крыла. Роль теории струй идеальной жидкости в исследованиях гидродинамики несущих систем и кавитации. Методы теории струй. Некоторые сведения из кинематики плоских потенциальных течений несжимаемой жидкости и теории аналитических функций комплексного переменного. Установившиеся течения. Обтекания с отрывом струй полигональ-ных препятствий. Методы Кирхгофа, Жуковского, метод особых точек (Чаплыгина), метод краевых задач. Смешанная краевая задача теории аналитических функций. Обтекание пластинки и клина безграничным потоком. Струйное обтекание клина в канале со свободной струей. Истечение струи из отверстия. Глиссирование. Струйное обтекание решетки пластин.**

устный опрос , примерные вопросы:

## Коллоквиум 7

**Тема 8. Струйное обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита. Формулы для вычисления результирующих сил давления и момента, действующих на препятствие. Обтекание кругового цилиндра. Метод Бродецкого. Проблема существования и единственности решения задачи струйного обтекания криволинейного препятствия. Интегро-дифференциальное уравнение и исследование его разрешимости. Развитые кавитационные течения. Постановка задачи. Основные схемы кавитационных течений. Обтекание пластинки по схеме Эфроса. Схема Кузнецова. Обтекание пластинки по схеме Тулина. Кавитационное обтекание криволинейного препятствия.**

устный опрос , примерные вопросы:

## Коллоквиум 8

**Тема . Итоговая форма контроля**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ 8-го СЕМЕСТРА

1. Явление фильтрации; теоретическая схема фильтрации; закон Дарси.
2. Плоская установившаяся фильтрация тяжелой несжимаемой жидкости; основные уравнения; связь с ТФКП.
3. Проблема проектирования подземного контура (ПК) бетонной плотины.
4. Идея метода Н.Н. Павловского.
5. Построение ПК плотины по эпюре скоростей фильтрации.
6. Построение ПК плотины по эпюре напоров.
7. ОКЗ фильтрации из каналов.
8. ОКЗ фильтрации в земляных плотинах.
9. Постановка основной ОКЗ аэрогидродинамики (ОКЗА).
10. Способ Манглера решения основной ОКЗА.
11. Условия разрешимости ОКЗА.
12. Способ Тумашева решения ОКЗА.
13. Идея квазирешения ОКЗА.
14. Построение квазирешения ОКЗА в простейшем случае.
15. Математическая модель дозвукового течения идеального газа.
16. Модель газа Чаплыгина.
17. Решение ОКЗА по модели газа Чаплыгина.
18. Постановка и решение ОКЗА с учетом вязкости по модели пограничного слоя (ПС).

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ 9-го СЕМЕСТРА

- 1.1. Метод Кирхгофа
- 1.2. Струйные течения жидкости с учетом силы тяжести. Постановка задач.
2. 2.1. Метод Жуковского.
- 2.2 Струйные течения с учетом поверхностного натяжения.
3. 3.1. Метод особых точек.
- 3.2 Точные решения задач струйных течений с учетом силы тяжести
4. 4.1. Истечение струи из отверстия в плоской стенке.
- 4.2. Интегральные уравнения в задаче о струйном течении идеальной жидкости.
5. 5.1. Глиссирование пластинки по поверхности невесомой жидкости.
- 5.2. Формулы Леви-Чивита
6. 6.1. Струйное обтекание решетки пластин.

- 6.2. Постановка задач кавитационного обтекания. Выпуклость границы каверны. Стационарные схемы обтекания.
- 7. 7.1. Струйные задачи с двумя свободными границами. Отображение на прямоугольник.
- 7.2. Кавитационное обтекание кругового цилиндра.
- 8. 8.1. Смешанная краевая задача в теории струйных течений.
- 8.2. Исследования разрешимости задач о течении вязкой жидкости.
- 9. 9.1. Обтекание криволинейного препятствия. Метод Леви-Чивита.
- 9.2. Кавитационное обтекание пластинки на плоской стенке потоком тяжелой жидкости.
- 10. 10.1 Кривизна струи в точке отрыва. Условие гладкого отрыва.
- 10.2. Кавитационное обтекание неплоской пластинки потоком тяжелой жидкости.
- 11. 11.1 Интегральное уравнение в задачах струйного обтекания криволинейного препятствия и его исследования
- 11.2. Линейная задача кавитационного обтекания профиля.
- 12. 12.1 Обтекание кругового цилиндра с отрывом струй. Метод Бродецкого.
- 12.2. Кавитационное обтекание пластинки по схеме Тулина -1.
- 13. 13.1. Кавитационное обтекание пластинки по схеме Эфроса.
- 13.2. Линейная задача кавитационного обтекания решетки профилей.
- 14. 14.1. Формулы Леви-Чивита для вычисления сил при струйном обтекании.
- 14.1. Кавитационное обтекание кругового цилиндра.

### 7.1. Основная литература:

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

1. Давыдова М.А., Лекции по гидродинамике. - М.: Физматлит, 2011. - 216 с.,  
<http://e.lanbook.com/view/book/5264/>

2. Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.,  
<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

### 7.2. Дополнительная литература:

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

1. Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

2. Аналитические решения для задач стационарного ветрового движения жидкости [Электронный ресурс] / Л. А. Компаниец, Т. В. Якубайлик, Л. В. Гаврилова и др. - Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2012. - 112 с, <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=491942>

### 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.znaniyum.com/bookread.php?book=450183>

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

Освоение дисциплины "Аналитические методы гидродинамики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и специализации Общий профиль .

Автор(ы):

Маклаков Д.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.