МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Гергель В.П.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Математические модели в гидродинамике**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Математическое моделирование и вычислительная математика**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017г.

1. **Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Математические модели в гидродинамике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 ОПОП. Обязательна для освоения на 4 году обучения (7 семестр).

**Целями освоения дисциплины являются:**

* формирование и развитие упорядоченных знания о фундаментальных понятиях и законах механики жидкостей и газов и методах изучения движения жидкости для понимания явлений и процессов, происходящих в природе и технике, освоение навыков практического использования методов математического моделирования динамических систем, привитие особого стиля мышления – математического моделирования;
* развитие способности к познанию и культуры мышления в целом.

Успешное изучение дисциплины» необходимо также для выполнения научно-исследовательской работы, прохождения производственной практики и итоговой государственной аттестации.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой

ОПК-4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

В целом, результате освоения дисциплины, обучающийся должен получить необходимые знания, выработать умения, а при выполнении в последующем научно-исследовательской работы, прохождения производственной практики и выполнения выпускной квалификационной работы, приобрести (овладеть) необходимый опыт для полноценного формирования компетенций.

1. **Структура и содержание дисциплины «Математические модели в гидродинамике»**

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часа, из которых 65 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 1 час мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 43 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины Математические модели в гидродинамике

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы)** | | | | в том числе | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | | | | | | | | | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** | | |
| **Занятия лекционного типа** | | | **Занятия семинарского типа** | | | **Занятия лабораторного типа** | | | **Консультации** | | | | **Всего** | | |
| Очная | Вечерняя | | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная |
| 1.Введение. Способы описания движения жидкости: эйлеров и лагранжев способы задания движения жидкости,переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по времени. Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости:  уравнение неразрывности,  уравнение Эйлера, полнота системы уравнений, уравнение состояния. | 8 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 2. Гидростатика:  основные уравнения, условия гидростатического равновесия,  частота Вяйсяля. | 8 | |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 6 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 3. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии: теорема Бернулли и некоторые применения теоремы, теорема Бернулли как следствие закона сохранения энергии, закон сохранения энергии в нестационарном случае. | 8 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 4.Закон сохранения импульса: тензор плотности потока импульса, теорема Эйлера и ее применение, | 86 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 5.Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости, теоремы Гельмгольца о вихрях. | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 6.Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, плоское течение функция тока.  Применение теории аналитических функций в задачах гидродинамики: комплексный потенциал, примеры двумерных течений конформные преобразования. | 1  5 |  | |  | 2 |  |  | 4 |  |  | 4 |  |  | | 4 |  |  | 1  4 |  |  | 1 |  |  |
| 7..Обтекание сферы потенциальным потоком, парадокс Даламбера- Эйлера. Стационарное обтекание кругового цилиндра: циркуляционное обтекание цилиндра,  подъемная сила, формула Жуковского. | 8 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 6 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 8. Гравитационные поверхностные волны: основные уравнения,  гармонические волны, дисперсионное уравнение, приближения мелкой и глубокой воды,энергия волн. | 1  7 |  | |  | 2 |  |  | 4 |  |  | 4 |  |  | | 6 |  |  | 1  6 |  |  | 1 |  |  |
| 9 Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны на поверхности жидкости: чисто капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 10. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициент вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы. Примеры течений вязкой жидкости: течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, течение Пуазейля в круглой трубе, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости, формула Стокса Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами. | 1  7 |  | |  | 4 |  |  | 4 |  |  | 42 |  |  | | 46 |  |  | 1  6 |  |  | 1 |  |  |
| 11. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхаля. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы | 8 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 12.. Пограничный слой, вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя. | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 13. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами. Неустойчивость тангенциального разрыва. | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 14. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока | 90 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |
| 15. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны. Геометрическая акустика. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера. | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 4 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 16. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. Стационарный поток сжимаемой жидкости. | 9 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 42 |  |  | 8 |  |  | 1 |  |  |
| 17. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. Стационарный поток сжимаемой жидкости. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата. Истечение газа через сопло. Сопло Лаваля. | 1  1 |  | |  | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | | 5 |  |  | 1  1 |  |  |  |  |  |
| **аттестация: зачёт** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Используются такие формы,как лекции, практические занятия, тематическая контрольная работа, экзамен, рассказ по теме и различные методы обсуждения индивидуальных случаев, различных точек зрения на те или иные проблемы, дискуссии по спорным вопросам.

В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем. Проводятся самостоятельные контрольные работы.

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы

1. повторение пройденного на занятиях материала,
2. самостоятельное изучение отдельных вопросов программы,
3. подготовка к практическим занятиям,

Важной формой самостоятельной работы студентов является исследование по теме, подготовка доклада на семинаре.

**Темы для самостоятельной работы студентов**

1. Подобие, моделирование и примеры приложения теории размерности.
2. Применение теории размерности к определению структуры решений уравнения Навье- Стокса. Понятие об автомодельных решениях.
3. Теплопроводность в жидкости.
4. Автомодельные решения уравнений теплопроводности.
5. Волны во вращающейся жидкости.
6. Устойчивость параллельных течений.
7. Уравнения магнитной гидродинамики.
8. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
9. **. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**
   1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Дисциплина направлена на развитие пяти компетенций:

* ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой
* ОПК-4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
* ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям
* ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики | Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики |
| УМЕТЬ: Самостоятельно работать с учебной литературой по разным отраслям механики. Публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме | Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме | В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме | Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме, осваивать новые подходы |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно- исследовательской работы; способностью формулировать результат | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат | Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат |

ОПК-4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: основные гипотезы, законы, методы механики сплошных сред | Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных гипотез, законов, методов механики сплошных сред | В целом успешное, но не систематическое знание основных гипотез, законов, методов механики сплошных сред | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных гипотез, законов, методов механики сплошных сред | Успешное и систематическое знание основных гипотез, законов, методов механики сплошных сред |
| УМЕТЬ: применять законы, методы механики сплошных сред для решения практических задач | Отсутствие умений или частично освоенное умение применять законы, методы механики сплошных сред для решения практических задач | В целом успешное, но не систематически освоенное умение применять законы, методы механики сплошных сред для решения практических задач | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять законы, методы механики сплошных сред для решения практических задач | Сформированное умение н применять законы, методы механики сплошных сред для решения практических задач |
| ВЛАДЕТЬ: навыками использования на практике законов, методов механики сплошных сред | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки использования на практике законов, методов механики сплошных сред | Общие, но не структурированные навыки использования на практике законов, методов механики сплошных сред | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике законов, методов механики сплошных сред | Сформированные систематические навыки использования на практике законов, методов механики сплошных сред |

ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: основные приемы и методы моделирования при решении задач | Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных приемов и методов моделирования при решении задач | В целом успешное, но не систематическое знание основных приемов и методов моделирования при решении задач | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных приемов и методов моделирования при решении задач | Успешное и систематическое знание основных приемов и методов моделирования при решении задач |
| УМЕТЬ: использовать основные приемы и методы моделирования при решении задач | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать основные приемы и методы моделирования при решении задач | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать основные приемы и методы моделирования при решении задач | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать основные приемы и методы моделирования при решении задач | Сформированное умение использовать основные приемы и методы моделирования при решении задач |
| ВЛАДЕТЬ: навыками использования на практике основных приемов и методов моделирования при решении задач | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки использования на практике основных приемов и методов моделирования при решении задач | Общие, но не структурированные навыки использования на практике основных приемов и методов моделирования при решении задач | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике основных приемов и методов моделирования при решении задач | Сформированные систематические навыки использования на практике основных приемов и методов моделирования при решении задач |

ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: приёмы и средства публичного представления собственных и известных научных результатов | Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных приёмов и средств публичного представления собственных и известных научных результатов | В целом успешное, но не систематическое знание основных приёмов и средств публичного представления собственных и известных научных результатов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных приёмов и средств публичного представления собственных и известных научных результатов | Успешное и систематическое знание основных приёмов и средств публичного представления собственных и известных научных результатов |
| УМЕТЬ публично представлять собственные и известные научные результаты | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать основные приёмы и средства публичного представления собственных и известных научных результатов | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать основные приёмы и средства публичного представления собственных и известных научных результатов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать основные приёмы и средства публичного представления собственных и известных научных результатов | Сформированное умение использовать основные приёмы и средства публичного представления собственных и известных научных результатов |

* 1. Описание шкал оценивания.

В соответствии с учебным планом контроль усвоения студентами содержания дисциплины проводится в форме экзамена.

На экзамене определяется:

* уровень усвоения студентом основного учебного материала по дисциплине;
* уровень понимания студентом изученного материала.

Экзамен включает устную и письменную часть. Письменная часть направлена на выявление степени освоения базовых понятий. Устная часть экзамена заключается в собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

| **Шкала оценок в соответствии со стандартом** | | **Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ** | **Описание оценки** |
| --- | --- | --- | --- |
| Зачтено | Отлично | Превосходно | Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление. |
| Отлично | Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на дополнительные вопросы (задания) допускаются незначительные неточности. |
| Хорошо | Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями. |
| Хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета). |
| Удовлетворительно | Удовлетворительно | Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя. |
| Незачтено | Неудовлетворительно | Неудовлетворительно | Студент показывает неудовлетворительное знание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |
| Плохо | Студент показывает полное незнание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

* индивидуальное собеседование,
* письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

* практические контрольные задания.

Типы практических контрольных заданий:

* задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий,
* установление последовательности действий (описание алгоритма выполнения действия).
  1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

|  |
| --- |
| 1. Способы описания движения жидкости: способы задания движения жидкости по Эйлеру и по Лагранжу, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по времени. |
| 2.Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния. Граничные условия. |
| 3. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия, |
| 4.Теорема Бернулли ……………. |
| 5. Закон сохранения энергии в нестационарном случае. |
| .6.Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса, |
| 7.Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости. |
| 8. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, интеграл Коши-Лагранжа, плоское течение, функция тока. |
| 9. Обтекание сферы потенциальным потоком. |
| 10. Парадокс Даламбера - Эйлера. |
| 11. Циркуляционное обтекание цилиндра. Формула Жуковского. |
| 12. Вихри в идеальной жидкости. Присоединенный вихрь и подъемная сила. |
| 13. Поверхностные явления. Поверхностное давление. Формула Лапласа. |
| 14. Волны на поверхности жидкости: гравитационные волны, капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны. |
| 15. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициенты вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы |
| 16. Течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости |
| 17. Формула Стокса. |
| 18. Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами. |
| 19. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхаля. |
| 20. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы. |
| 21. Пограничный слой: вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя. |
| 22. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами |
| 23. Неустойчивость тангенциального разрыва. |
| 24. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока. |
| 25. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны |
| 26. Геометрическая акустика |
| 27. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера. |
| 28. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. |
| 29. Стационарный поток сжимаемой жидкости. |
| 30. Поверхности разрыва . Ударные волны. Ударная адиабата. |
| 31. Истечение газа через сопло. Сопло Лаваля. |

* 1. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ № 55-ОД от 13.02.2014,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ № 247-ОД от 10.06.2015.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Т. 1, 2. М.:Наука, 1963. (30 экз.) <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/KochinKibelRoze_ch1_1963ru.djvu>   
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/KochinKibelRoze_ch2_1963ru.djvu>

2. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Клемина А.В., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. УМК "Основы механики сплошных сред." Электронный задачник «Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика» (Электронное методическое пособие № 440.12.04 Фонд электронных изданий ННГУ <http://www.unn.ru/books/resources.html>) ННГУ. 2012.

б) дополнительная литература

1.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.VI. Гидродинамика. М.:Наука, 1986. 736 с. (5 экз.)

3. Дразин Ф. Введение в теорию гидродинамической устойчивости / М.: Физматлит. 2005, 288 с. ( 5 экз. )

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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

Учебные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой (компьютер, проектор, экран), для проведения занятий лекционного и семинарского типа.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (профиль «Математическое моделирование и вычислительная математика»).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Автор(ы) |  | д.ф.-м.н., профессор  Новиков В.В. |
| Рецензент(ы) |  |  |
| Заведующий кафедрой  теоретической, компьютерной и экспериментальной механики |  | д.ф.-м.н., профессор  Игумнов Л.А. |

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от \_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_.