

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.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Модели жидкостей и газов**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.03.03 Механика и математическое моделирование**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**профиль Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород  
2018 год

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (Б1.Б.21) ОПОП. Обязательна для освоения на 4 году обучения (1 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.

## 2. 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** способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

**ОПК-2** готовностью использовать фундаментальные знания в области механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальных уравнений, численных методов в будущей профессиональной деятельности.

**ОПК-3** способность к самостоятельной научно-исследовательской работе

**ПК-1** способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области

**ПК-2** способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики

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.

Планируемые результаты обучения представлены в нижеприведённой таблице.

<i>ОПК-1</i> способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом	<i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий <i>З1 (ОПК-1) Знать</i> Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности <i>В1 (ОПК-1) Владеть</i> методами решения стандартных задач профессиональной деятельности
---	---

<p>основных требований информационной безопасности <i>базовый</i></p>	
<p><i>ОПК-2</i> готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, в будущей профессиональной деятельности. <i>базовый</i></p>	<p><i>У1 (ОПК-2) Уметь</i> использовать фундаментальные знания в области гидродинамики в будущей профессиональной деятельности <i>З1 (ОПК-2) Знать</i> фундаментальные законы гидродинамики. <i>В1 (ОПК-2). Владеть</i> фундаментальными знаниями в области гидродинамики.</p>
<p><i>ОПК-3</i> способность к самостоятельной научно-исследовательской работе <i>базовый</i></p>	<p><i>У1 (ОПК-3) Уметь</i> создавать новые и модернизировать известные модели реальных сред и течений. <i>З1 (ОПК-3) Знать:</i> общие и специализированные разделы гидродинамики и смежных дисциплин, необходимые при профессиональной деятельности в области механики <i>В1(ОПК-3). Владеть</i> подходами, применяемыми при разработке математических моделей реальных сред, в том числе в междисциплинарных областях</p>
<p><i>ПК-1</i> способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области <i>базовый</i></p>	<p><i>У1 (ПК-1) Уметь</i> осознанно определять общие формы и закономерностей отдельной предметной области (гидродинамики). <i>З1 (ПК-1) Знать</i> общие формы и закономерности отдельной предметной области (гидродинамики) <i>В1(ПК-1). Владеть</i> опытом использования общих форм и закономерностей гидродинамики</p>
<p><i>ПК-2</i> способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики <i>базовый</i></p>	<p><i>У1 (ПК-2) Уметь</i> математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи математики и гидродинамики. <i>З1 (ПК-2) Знать</i> методы постановки классических задач математики и гидродинамики. <i>В1(ПК-2). Владеть</i> математическими методами, применяемыми при постановке классических задач математики и гидродинамики</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины «Модели жидкостей и газов»

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 67 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа практические занятия, 3 часа промежуточного контроля), 77 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. 45 часов подготовки к экзамену)

#### Содержание дисциплины (модуля)

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							
	Очная	Вечерняя	Заочная	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа						Всего				
Очная				Вечерняя	Заочная	Очная	Вечерняя	Заочная	Очная	Вечерняя	Заочная	Очная	Вечерняя	Заочная	Очная	Вечерняя	Заочная			
1. Введение. Способы описания движения жидкости: эйлеров и лагранжевы 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.	6			2			2								4			2		
2. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия, частота Вайселя.	4			0			2								2			2		

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.	4			2		2						4		0		
4. Закон сохранения импульса: тензор плотности потока импульса, теорема Эйлера и ее применение.	4			2		2						4		0		
5. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости, теоремы Гельмгольца о вихрях.	6			2		2						4		2		
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.	8			2		2						4		4		
7. Обтекание сферы потенциальным потоком, парадокс Даламбера-Эйлера. Стационарное обтекание кругового цилиндра: циркуляционное обтекание цилиндра, подъемная сила, формула Жуковского.	6			2		2						4		2		

8 Гравитационные поверхностные волны: основные уравнения, гармонические волны, дисперсионное уравнение, приближения мелкой и глубокой воды, энергия волн.	6			2		2						4		2		
9 Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны на поверхности жидкости: чисто капиллярные волны, гравитационно- капиллярные волны	6			2		2						4		2		
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.	6			2		2						4		2		
11. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхаля.  Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы	6			2		2						4		2		
12.. Пограничный слой, вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.	6			2		2						4		2		

13. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами.  Неустойчивость тангенциального разрыва.	6			2		2						4		2		
14. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.	6			2		2						4		2		
15. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны. Геометрическая акустика. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.	6			2		2						4		2		
16. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность.  Стационарный поток сжимаемой жидкости.	5			2		1						3		2		
17. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. Стационарный поток сжимаемой жидкости. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата. Истечение газа через сопло. Сопло Лавала.	5			2		1						3		2		
В т.ч. текущий контроль	3					3										
<b>Промежуточная аттестация - зачет, экзамен (45 часов)</b>																

#### 4. 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 и информационное 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.

## **6. . Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

6.1. 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 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
- ОПК-2 готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальных уравнений, численных методов, в будущей профессиональной деятельности.
- ОПК-3 способность к самостоятельной научно-исследовательской работе
- ПК-1 способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области
- ПК-2 способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики

ОПК-1 способностью 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			
	1	2	3	4
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-2 Готовность использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
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

ОПК-3 способность к самостоятельной научно-исследовательской работе

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
ЗНАТЬ: приёмы и средства представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	В целом успешное, но не систематическое знание основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Успешное и систематическое знание основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории
УМЕТЬ: представлять и адаптировать знания с учетом уровня аудитории	Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать основные приёмы и средства представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать основные приёмы и средства представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать основные приёмы и средства представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Сформированное умение использовать основные приёмы и средства представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории
ВЛАДЕТЬ: приёмами и средствами представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки использования на практике основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Общие, но не структурированные навыки использования на практике основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории	Сформированные систематические навыки использования на практике основных приёмов и средств представления и адаптации знаний с учетом уровня аудитории

ПК-1 Способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
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 способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
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

#### 6.2. 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.

<b>Шкала оценок в соответствии со стандартом</b>	<b>Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ</b>	<b>Описание оценки</b>
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.
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.

6.3. 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).

6.4. 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 Струхалья.
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.

6.5. 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.)

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.)

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

### **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 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» (профиль «Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг»).

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 № \_\_\_\_.