МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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)

|  |
| --- |
|  |
| УТВЕРЖДЕНОрешением ученого совета ННГУпротокол от«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_ |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| Численные методы в механике жидкости |

*(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

|  |
| --- |
| Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг |

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

|  |
| --- |
| очная |

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

 2021 год

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Численные методы в механике жидкости» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **Место дисциплины в учебном плане образовательной программы** | **Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД** |
| 2 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина Б1.В.06, Численные методы в механике жидкости» относится к части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, формируемой участниками образовательных отношений. |

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)**

| **Формируемые компетенции** (код, содержание компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции** | **Наименование оценочного средства** |
| --- | --- | --- |
| **Индикатор достижения компетенции**\*(код, содержание индикатора) | **Результаты обучения по дисциплине\*\*** |
| *ПК-2.**Способен анализировать поставленную задачу, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы* | *ПК-2.1.***Знает** теоретические основы и методологию построения решений фундаментальных задач механики, основы информационных технологий. | **Знает** теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики жидкости | *Собеседование* |
| *ПК-2.2.***Умеет** осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности | **Умеет** осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач механики жидкости | *Сообщение* |
| *ПК-2.3.***Владеет навыками** решения задач механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов | **Владеет навыками** решения задач механики жидкости в соответствии с выбранным методом и алгоритмом с использованием современных программных комплексов | *Сообщение* |
| *ПК-3.**Умеет разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов, оформление отчётной документации* | *ПК-3.1.***Знает** классические модели механики, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований | **Знает** классические модели механики жидкостей и газов, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований. | *Собеседование* |
| *ПК-3.2.***Умеет** проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований | **Умеет** проводить расчётные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований | *Сообщение* |
| *ПК-3.3.***Владеет навыками** применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований | **Владеет навыками** применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований. | *Сообщение* |

1. **Структура и содержание дисциплины**
	1. **Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **очная форма обучения** |
| **Общая трудоемкость** | **5** | **з.е.** |
| **Часов по учебному плану** | **180** |
| **в том числе** |  |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** |  |
| **- занятия лекционного типа** | **26** |
| **- занятия семинарского типа** | **26** |
| **- занятия лабораторного типа** | **26** |
| **- текущий контроль (КСР)** | **3** |
| **самостоятельная работа** | **63** |
| **Промежуточная аттестация – зачет, экзамен** | **36** |

* 1. **Содержание дисциплины**

| **Очная форма обучения** |
| --- |
| **№** | **Наименование разделов и тем дисциплины** | **Всего(часы)** | в том числе |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**из них | **СР**1**, часы** |
| **ЗЛеТ**2 | **ЗСеТ**3 | **ЗЛаТ**4 | **Всего** |
|  | Введение. Математическое моделирование и механика | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 |
|  | Сведения о компьютерных системах для гидро-газо-динамических расчетов | 7 | 0 | 2 | 2 | 4 | 3 |
|  | Математические модели механики жидкостей и газов | 11 | 6 | 0 | 0 | 6 | 5 |
|  | Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей | 23 | 0 | 6 | 6 | 12 | 11 |
|  | Обзор численных методов решения задач гидро-газо-динамики | 6 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 |
|  | ANSYS: методы решения задач гидро-газо-динамики | 11 | 0 | 4 | 4 | 8 | 3 |
|  | Методы численного решения задач механики жидкостей | 23 | 12 | 0 | 0 | 12 | 11 |
|  | ANSYS: решение задач гидро-газо-динамики | 53 | 0 | 14 | 14 | 28 | 25 |
|  | Обзор курса | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
|  | Текущий контроль (КСР) | 3 |  |  |  | 3 |  |
|  | Промежуточная аттестация – экзамен | 36 |  |  |  |  |  |
|  | ИТОГО | 180 | 26 | 26 | 26 | 81 | 63 |
|  | 1 Самостоятельная работа обучающегося.2 Занятия лекционного типа.3 Занятия семинарского типа.4 Занятия лабораторного типа. |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

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

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

* повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
* самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
* подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
* подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *собеседований* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

* 1. **Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

| **Шкала оценивания сформированности компетенций** | **Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)** |
| --- | --- |
| Знания | Умения | Навыки |
| **плохо** | **не зачтено** | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа |
| **неудовлетворительно** | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |
| **удовлетворительно** | **зачтено** | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами |
| **хорошо** | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| **очень хорошо** | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| **отлично** | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. |
| **превосходно** | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

**Шкала оценки при промежуточной аттестации**

| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
| --- | --- |
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| незачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

* 1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**
		1. **Контрольные вопросы**

| *№* | *Вопрос* | *Код формируемой компетенции* |
| --- | --- | --- |
|  | Уравнения движения вязкой жидкости. | *ПК-2* |
|  | Турбулентность. Основные характеристики турбулентных потоков. | *ПК-2* |
|  | Гипотеза вихревой вязкости. Модели турбулентности, основанные на гипотезе вихревой вязкости.  | *ПК-2* |
|  | Сходимость, согласованность, устойчивость, точность решения. Искусственные вязкость и дисперсия. | *ПК-2* |
|  | Схемы «против потока» и устойчивость этих схем. | *ПК-2* |
|  | Псевдонестационарный подход. Аналогия между итерационными процедурами и решением систем эволюционных уравнений. | *ПК-3* |
|  | Основные принципы построения сеток. | *ПК-3* |
|  | Методы альтернативных неявных направлений. | *ПК-3* |
|  | Алгоритмы семейства SIMPLE. | *ПК-3* |
|  | Метод конечных объемов. | *ПК-3* |
|  | Основные виды граничных условий и их реализация в сеточных методах. | *ПК-3* |

* + 1. **Типовые задания для сообщений для оценки
		сформированности компетенции   ПК-2**
1. Симметричное обтекание уступа потоком вязкой несжимаемой жидкости.
2. Течение в нише и его взаимодействие с внешним потоком. Исследование влияния «дальних» граничных условий на течение в районе ниши.
3. Обтекание цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости. Исследование влияния чисел Рейнольдса на структуру обтекания и распределенные нагрузки, действующие на цилиндр.
4. Сверхзвуковое обтекание цилиндра.
5. Неньютоновские течения сред в каналах.
	* 1. **Типовые задания для сообщений для оценки
		сформированности компетенции   ПК-3**
6. Обтекание тела с теплообменом.
7. Гидродинамика течений со свободными границами: формирование и распространение волн конечной амплитуды.
8. Исследование задачи относительного равновесия жидкости со свободными границами.
9. Симметричное погружение клиновидного профиля в несжимаемую жидкость.
10. Обтекание профиля потоком вязкого газа на дозвуковом и сверхзвуковом режимах.
11. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

| **№** | **а) основная литература:** | **К-во**[[1]](#footnote-1) |
| --- | --- | --- |
|  | Любимов А.К., Шабарова Л.В. Методы построения расчетных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD: Электронное методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 25 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/128.pdf>). | Э |
|  | Моделирование движительно-рулевого комплекса судна на воздушной подушке // Шабаров В.В., Кальясов П.С., Игумнов Л.А., Шапошников В.А. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 50 с. (<http://www.unn.ru/books/met_files/shabarov.doc>). | Э |
|  | Шабаров В.В. Применение системы ANSYS к решению гидрогазодинамических задач. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 108 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/3.pdf>). | Э |
|  | Шабаров В.В. Расчет гидроаэродинамических характеристик крыльев вихревыми методами. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород, 2007, 39 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/58.pdf>). | Э |

| **№** | **б) дополнительная литература:** | **К-во**1 |
| --- | --- | --- |
|  | Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М: Мир, 1990. – 384 с. | 1 |
|  | Белоцерковский, О.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982. |  |
|  | Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/GodunovZabrodinIvanovKrajko1976ru.djvu>). | Э |
|  | Коннор Дж., Бреббиа К. Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/KonnorBrebbia1979ru.djvu>). | Э |
|  | Пейре Р., Тейлор Т.Д. Вычислительные методы в задачах механики жидкости Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 351, [1] с. ‑ 1экз. | 1 |
|  | Роуч, П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. - 616 с. ‑ 2экз. | 2 |
|  | УМК "Основы механики сплошных сред" Электронный задачник «Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика» // Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Клемина А.В., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. (Электронное методическое пособие). Нижний Новгород, 2010. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/46.pdf>). | Э |
|  | Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. т. 1, 2. М.: Мир, 1991. - 552 с. | 3 |

| **№** | **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)** | **«Л» или «С»**[[2]](#footnote-2) |
| --- | --- | --- |
|  | ANSYS Fluent, ANSYS CFX, ANSYS ICEM | Л |
|  | <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm> | С |

1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 24.02.2021 года, протокол № 5.

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

1. Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э». [↑](#footnote-ref-1)
2. Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе. [↑](#footnote-ref-2)