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)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол 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.

2. 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	*ПК-3.1.* **Знает** классические модели механики, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы	**Знает** классические модели механики жидкостей и газов, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных	*Собеседование*

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****	
расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов, оформление отчётной документации	проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований	исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований.	
	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*

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. 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**

3.2. 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**	
1.	Введение. Математическое моделирование и механика	3	2	0	0	2	1
2.	Сведения о компьютерных системах для	7	0	2	2	4	3

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	
	гидро-газо-динамических расчетов						
3.	Математические модели механики жидкостей и газов	11	6	0	0	6	5
4.	Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей	23	0	6	6	12	11
5.	Обзор численных методов решения задач гидро-газо-динамики	6	4	0	0	4	2
6.	ANSYS: методы решения задач гидро-газо-динамики	11	0	4	4	8	3
7.	Методы численного решения задач механики жидкостей	23	12	0	0	12	11
8.	ANSYS: решение задач гидро-газо-динамики	53	0	14	14	28	25
9.	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).

4. 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.

5. 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*.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачт	Отсутствие знаний теоретического материала.	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
		Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	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

Оценка		Уровень подготовки
		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»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

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

5.2.2. 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.

5.1.1. Типовые задания для сообщений для оценки сформированности компетенции **ПК-3**

1. Обтекание тела с теплообменом.
2. Гидродинамика течений со свободными границами: формирование и распространение волн конечной амплитуды.
3. Исследование задачи относительного равновесия жидкости со свободными границами.

4. Симметричное погружение клиновидного профиля в несжимаемую жидкость.
5. Обтекание профиля потоком вязкого газа на дозвуковом и сверхзвуковом режимах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во[1]
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
2.	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
3.	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
4.	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]
1.	Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М: Мир, 1990. – 384 с.	1
2.	Белоцерковский, О.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982.	
3.	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
4.	Коннор Дж., Бреббиа К. Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979 (http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/KonnorBrebbia1979ru.djvu).	Э
5.	Пейре Р., Тейлор Т.Д. Вычислительные методы в задачах механики жидкости Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 351, [1] с. - 1экз.	1
6.	Роуч, П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. - 616 с. - 2экз.	2
7.	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
8.	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]
1.	ANSYS FLUENT, ANSYS CFX, ANSYS ICEM	Л
2.	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	С

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими

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

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.