

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
30.11.2022г. №13

Рабочая программа дисциплины

**Численное моделирование процессов в
распределенных системах**

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки

09.03.03 Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в информационной сфере

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2022

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

Дисциплина 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.ДВ.07.01 Численное моделирование процессов в распределенных системах относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, 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-6. Способен составлять технико-экономическое обоснование проектных решений и техническое задание на разработку ИС (ИИС)	ПК-6.1. Демонстрирует знание методик технико-экономического обоснования проектных решений, связанных с созданием ИС (ИИС).	Знать Знать основные понятия, определения и уравнения движения сплошной среды; модели и методы расчета в программном комплексе FlowVision HPC.	Собеседование
	ПК-6.2. Демонстрирует умение выполнять технико-экономические расчеты при обосновании проектных решений, составлять техническую документацию на разработку ИС (ИИС).	Уметь строить математические и расчетные модели для численного моделирования процессов в распределенных системах с помощью программного комплекса FlowVision HPC; анализировать математические модели, описывающие процессы в распределенных системах, создавать расчетные модели, проводить расчет, визуализацию и анализ результатов численных исследований в программном комплексе FlowVision HPC, проверять корректность полученного численного решения.	Лабораторная работа
	ПК-6.3. Имеет практический опыт технико-экономического обоснования конкретного	Владеть навыками численного моделирования с использованием программного комплекса FlowVision HPC при решении конкретных задач из различных областей естествознания и техники;	Лабораторная работа

	проектного решения и представления технической документации на разработку ИС (ИИС).	приемами обработки и представления результатов численного моделирования с использованием программного комплекса FlowVision HPC при решении конкретных прикладных задач навыками планирования и согласования информационной стратегии при решении конкретных прикладных задач из различных областей естествознания и техники с использованием численного моделирования.	
--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
контактная работа:	37
- занятия лекционного типа	18
- занятия лабораторного типа	18
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	71
Промежуточная аттестация –зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе				Самост. работа студента, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Лабораторные	Практические занятия	Всего контактных часов	
Введение Основы векторного анализа Основные понятия и уравнения сплошной среды Кинематика деформируемой среды. Точка зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошной среды. Идеальная жидкость Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Граничные и начальные условия. Гидростатика, уравнение Бернулли. Поток энергии, поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное движение жидкости. Несжимаемая жидкость.	26	4	4		8	18

Вязкая жидкость Уравнения движения вязкой жидкости. Закон подобия. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Течение по трубе. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами. Ламинарное движение жидкости. Турбулентность. Пограничный слой Общие сведения из теории пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Логарифмический профиль скоростей. Переход из ламинарной формы в турбулентную. Турбулентное течение в трубе. Турбулентный пограничный слой. Теплопередача в пограничном слое.	26	4	4		8	18
Теплопроводность Основной закон теплопередачи. Конвективный теплообмен Общие понятия и определения. Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия.	30	6	6		12	18
Состав и назначение основных модулей программного комплекса FlowVision HPC. Алгоритм моделирования в FlowVision HPC О вычислительной гидродинамике. Метод конечных объемов. Графический интерфейс пользователя программного комплекса FlowVision HPC. Основные модули ПК FlowVision HPC: препроцессор, солвер, постпроцессор – назначение и функции. Создание геометрии (расчетной области) задачи с использованием пакета SolidWorks, Физико-математическая постановка задачи: выбор математической модели, ввод физических параметров, ввод начальных и граничных условий. Подготовка к численному моделированию: построение расчетной сетки, ввод параметров численного расчета. Расчет с помощью солвера. Подготовка к визуализации результатов: визуализация скалярных полей, визуализация интегральных характеристик течения, визуализация векторного поля скорости.	25	4	4		8	17
Текущий контроль	1				1	
Итоговая аттестация: зачет						
Итого	108	18	18	0	37	71

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях лабораторного типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, в выполнении лабораторных работ, подготовке ответов на вопросы самоконтроля.

Самостоятельная работа под контролем преподавателя направлена на активизацию познавательной деятельности студента и установление «обратной связи» между студентом и преподавателем.

Самостоятельная работа студентов включает:

1. Ознакомление с теоретическим материалом.
2. Ознакомление с программным комплексом FlowVison HPC и выполнение лабораторных работ.
3. Оформление отчета по лабораторным работам в виде, близком к формату научного отчета.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и 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»
не зачтено	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

1. Основные гипотезы сплошной среды.
2. Точка зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошной среды.
3. Уравнение непрерывности.
4. Уравнение Эйлера.
5. Граничные и начальные условия.
6. Гидростатика, уравнение Бернулли.
7. Поток энергии, поток импульса.
8. Сохранение циркуляции скорости.
9. Потенциальное движение.

10. Несжимаемая жидкость.
11. Уравнения движения вязкой жидкости.
12. Закон подобия.
13. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
14. Ламинарное движение жидкости.
15. Турбулентность.
16. Ламинарный пограничный слой.
17. Логарифмический профиль скоростей.
18. Переход из ламинарной формы в турбулентную.
19. Турбулентный пограничный слой.
20. Теплопередача в пограничном слое.
21. Основной закон теплопередачи.
22. Конвективный теплообмен.
23. Дифференциальные уравнения теплообмена.
24. Теплоотдача при свободной конвекции.
25. Метод конечных объемов.
26. Основные модули ПК FlowVision, их назначение и функции.
27. Расчетная сетка, параметры расчета.
28. Способы визуализации численных результатов.
29. Проверка корректности полученных численных результатов.

5.2.2. Лабораторные работы

№ п.п.	Тема	Форма текущего контроля
1	Численное моделирование ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости в трубе постоянного сечения	Лабораторная работа № 1
2	Численное моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения	Лабораторная работа № 2
3	Численное моделирование движения вязкой несжимаемой жидкости во вращающемся баке	Лабораторная работа № 3
4	Численное моделирование обтекания круглого цилиндра вязкой несжимаемой жидкостью	Лабораторная работа №4
5	Численное моделирование падения шара в вязкой несжимаемой жидкости	Лабораторная работа № 5
6	Численное моделирование движения вязкой несжимаемой жидкости между вращающимися сферами	Лабораторная работа № 6

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды: [учеб. для ун-тов и втузов: в 2 т.] Т.1. – М.: Наука, 1983. – 528 с. (85 экз)
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды: [учеб. для ун-тов и втузов: в 2 т.] Т.2. – М.: Наука, 1976. – 573 с. (61 экз)
3. Лекции по гидродинамике [Электронный ресурс] / Давыдова М.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113038.html>

4. Аналитическая гидродинамика [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Петров А.Г. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110082.html>

б) дополнительная литература:

5. Дискретные модели несжимаемой жидкости [Электронный ресурс] / Франк А.М. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101900.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

6. Лицензионный программный комплекс FlowVision HPC версия 3.08.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной и лабораторной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду. Компьютерные классы для проведения лабораторных работ и программный комплекс FlowVision HPC.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

Автор

доц. кафедры прикладной математики, к.ф.-м.н. _____ А.В. Грезина

Рецензент профессор _____ Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой прикладной математики, д.ф.-м.н. _____ М.В. Иванченко

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

07.12.2022 протокол №4