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
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Численное моделирование динамики распределенных систем
(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
Прикладная математика и информатика (общий профиль)
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

Б1.В.ДВ.06.05 Численное моделирование динамики распределенных систем

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.06.05 Численное моделирова динамики распределенных систем относится к ча ООП направления подготовки *01.03.02 «Прикладн математика и информатика»*, формируем 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 изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	ПК-6.1. Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований	Знать основные понятия, определения и уравнения движения сплошной среды; методы создания математических моделей движения сплошной среды и расчетных моделей в программном комплексе FlowVision HPC.	Собеседование
	ПК-6.2. Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Уметь анализировать математические модели, описывающие процессы в распределенным системах. Уметь корректно использовать методы создания, анализа математических и расчетных моделей. Уметь проводить расчет, визуализацию и анализ результатов численных исследований, полученных в программном комплексе FlowVision HPC, Умеет проверять корректность полученного численного решения.	Практическое задание
	ПК-6.3. Имеет практический опыт применения	Имеет практический опыт применения программного комплекса FlowVision HPC для решения прикладных задач.	Практическое задание

	современного программного обеспечения для решения прикладных задач		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	**2 ЗЕТ**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): **- занятия лекционного типа** **- занятия семинарского типа** **- текущий контроль (КСР)**	**33** **16** **16** **1**
самостоятельная работа	**39**
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	**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**	**Всего**	
1.Введение **Основы векторного анализа** **Основные понятия и уравнения сплошной среды** Кинематика деформируемой среды. Точка зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошной среды.	**1**	1			**1**	
2.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.	**8**	3	1		**4**	**4**
3.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.	**8**	2	1		**3**	**5**
4.Пограничный слой Общие сведения из теории пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Логарифмический	**6**	1			**1**	**5**

профиль скоростей. Переход из ламинарной формы в турбулентную. Турбулентное течение в трубе. Турбулентный пограничный слой. Теплопередача в пограничном слое.						
5.Теплопроводность Основной закон теплопередачи.	**10**	4	1		**5**	**5**
6.Конвективный теплообмен Общие понятия и определения. Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия.	**8**	2	1		**3**	**5**
7.Теплообмен в жидкостях и газах Теплопередача при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности (пластин).	**7**	2			**2**	**5**
8.Состав и назначение основных модулей программного комплекса FlowVision HPC. Алгоритм моделирования в FlowVision HPC О вычислительной гидродинамике и программном комплексе FlowVision. Графический интерфейс пользователя. Основные модули ПК FlowVision: 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.	**23**	1	12		**13**	**10**
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	16	16		33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

Практические занятия

Практические занятия предназначены для закрепления теоретического материала и получения практических навыков работы с программным комплексом FlowVision. На практических занятиях планируется решение классических задач гидродинамики с помощью программного комплекса FlowVision, а также проверка корректности численного решения путем сопоставления с аналитическим решением.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

a. Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента заключается

1. В ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы
2. В выполнении практических заданий и оформлении отчета о проделанной работе в виде, близком к формату научного отчета.
3. В подготовке ответов на вопросы для собеседования.

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

b. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

1. Руководство пользователя. Программный комплекс FlowVision HPC, версия 3.08.04. ООО «ТЕСИС».

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), 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				
Знания	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 ошибки.	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.
Умения	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 несущест-венным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие	При решении	Имеется	Продемонст-	Продемонстри	Продемонстр	Продемонстр

	владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	ированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	ирован 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»

Практические задания оцениваются как «выполнено (1-0,5 балла)» или «не выполнено 0 баллов». В случае неправильного выполнения ПЗ студент должен его переделать и заново сдать преподавателю. Положительным результатом освоения компетенций дисциплины является правильное выполнение всех практических заданий.

Оценки по практическим заданиям и устному опросу учитываются при выставлении зачета.

Критерии оценок за выполнение практического задания

(каждое задание оценивается в 1 балл)

Практическое задание выполнено в полном объеме, отчет правильно и аккуратно оформлен	1	Превосходно	Зачтено
		Отлично	
Практическое задание выполнен в полном объеме, но отчет не аккуратно оформлен	0,75	Очень хорошо	
		Хорошо	

Практическое задание выполнено в полном объеме, но не достаточно самостоятельно, отчет оформлен	0,5	Удовлетворительно	
Практическое задание не выполнено	0	Неудовлетворительно	Не зачтено

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

5.2.1 Контрольные вопросы к зачету

вопросы	*Код формируемой компетенции*
1. Предмет и методы механики сплошной среды. Основные гипотезы сплошной среды. Точка зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошной среды.	ПК-6
2. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Граничные и начальные условия.	ПК-6
3. Гидростатика, уравнение Бернулли.	ПК-6
4. Поток энергии, поток импульса.	ПК-6
5. Сохранение циркуляции скорости.	ПК-6
6. Потенциальное движение.	ПК-6
7. Несжимаемая жидкость.	ПК-6
8. Уравнения движения вязкой жидкости.	ПК-6
9. Закон подобия.	ПК-6
10. Ламинарное движение жидкости.	ПК-6
11. Турбулентность.	ПК-6
12. Течение по трубе.	ПК-6
13. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами.	ПК-6
14. Движение жидкости между вращающимися сферами.	ПК-6
15. Ламинарный пограничный слой.	ПК-6
16. Логарифмический профиль скоростей.	ПК-6
17. Переход из ламинарной формы в турбулентную.	ПК-6
18. Турбулентное течение в трубе.	ПК-6
19. Турбулентный пограничный слой.	ПК-6
20. Теплопередача в пограничном слое.	ПК-6
21. Основной закон теплопередачи.	ПК-6
22. Конвективный теплообмен.	ПК-6
23. Дифференциальные уравнения теплообмена.	ПК-6

24. Теплопередача при течении жидкости в трубах.	ПК-6
25. Теплоотдача при свободной конвекции.	ПК-6

5.2.3. Типовые практические задания для оценки сформированности компетенции ПК-6

№ п.п.	Тема	
1	Численное моделирование ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости в трубе	Практическое задание № 1
2	Численное моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости в канале переменного сечения	Практическое задание № 2
3	Численное моделирование движения вязкой несжимаемой жидкости во вращающемся баке	Практическое задание № 3
4	Численное моделирование обтекания круглого цилиндра вязкой несжимаемой жидкостью	Практическое задание № 4
5	Численное моделирование падения шара в вязкой несжимаемой жидкости	Практическое задание № 5
6	Численное моделирование движения вязкой несжимаемой жидкости между вращающимися сферами	Практическое задание № 6

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие: Для вузов в 10 т. Т. VI Гидродинамика. 5-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 736 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2232#authors
2. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике: Учебное пособие: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 216 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5264#authors
3. Полежаев В.И., Бунэ А.В., Верезуб Н.А. и др. Математическое моделирование конвективного тепломассообмена на основе уравнений Навье - Стокса. М.: Наука, 1987 (djvu) http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm

б) дополнительная литература:

1. Черняк В.Г. Механика сплошных сред: Учебное пособие: Для вузов / Черняк В.Г., Суетин П.Е. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 532 с. (доступно в ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА», режим доступа: http://www.studentlibrary.ru)
2. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ, 1955 (djvu) http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Программный комплекс FlowVision HPC версия 3.08.04. (лицензия).

7.Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет».

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

Лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке Microsoft Imagine;
- Программный комплекс FlowVision HPC v.3.08.04, – лицензионное ПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор:

_____ А.В. Грезина

Рецензент: _____

Заведующий кафедрой прикладной математики_____ М.В. Иванченко

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

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.