

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ В.П. Гергель

« ____ » _____ 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

Численное моделирование динамики распределенных систем

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки

020302 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки

Инженерия программного обеспечения

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Ф1 «Численное моделирование динамики распределенных систем» относится к факультативным дисциплинам Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 02.03.02 «**Фундаментальная информатика и информационные технологии**». Преподается в 6 семестре, форма отчетности - зачет. Изучение данной дисциплины осуществляется на основе достигнутого уровня формирования компетенций при изучении материалов курсов математического анализа, дифференциальных уравнений и вычислительных методов.

Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются знакомство студентов с вычислительной гидродинамикой и программным комплексом FlowVision HPC, предназначенного для численного моделирования движения жидкости и газа в различных технических и природных объектах, а также использование полученных теоретических знаний и навыков работы с программным комплексом FlowVision при решении прикладных задач.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК1 <i>способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями</i>	ЗНАТЬ <i>З1 (ОПК-1) Знать основные понятия, определения и уравнения движения сплошной среды; модели и методы расчета в программном комплексе FlowVision HPC.</i> УМЕТЬ <i>У1(ОПК-1) строить математические и расчетные модели для численного моделирования процессов в распределенных системах с помощью программного комплекса FlowVision HPC;</i> ВЛАДЕТЬ <i>В1(ОПК-1) навыками численного моделирования с использованием программного комплекса FlowVision HPC при решении конкретных задач из различных областей естествознания и техники.</i>

3. Структура и содержание дисциплины «Численное моделирование динамики распределенных систем»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

16 часов занятия лекционного типа,

16 часов практические занятия,

1 час мероприятия промежуточной аттестации,

39 часов составляет **самостоятельная работа** обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе					
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа студента часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные работы	Консультации индивидуальные	Всего контактных часов	СРС
Введение Основы векторного анализа Основные понятия и уравнения сплошной среды Кинематика деформируемой среды. Точка зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошной среды.	4	2				2	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.	10	4	1			5	5
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
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.	4	2				2	2
Теплопроводность Основной закон теплопередачи.	8	2	2			4	4
Конвективный теплообмен Общие понятия и определения. Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия.	7	2	2			4	3
Теплообмен в жидкостях и газах Теплопередача при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности (пластин).	12	2				2	10
Состав и назначение основных модулей программного комплекса FlowVision HPC. Алгоритм моделирования в FlowVision HPC О вычислительной гидродинамике и программном комплексе FlowVision. Графический интерфейс	18		10			10	8

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.						
В т.ч. текущий контроль 2 ч						
Промежуточная аттестация: зачет						

4. Образовательные технологии

Используются образовательные технологии в форме лекций и практических занятий.

1. **Лекция-информация.** Ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.
2. **Лекция-беседа**, или «диалог с аудиторией», является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей обучаемых.
К участию в лекции-беседе можно привлечь задав слушателям вопросы в начале лекции и по ее ходу. Вопросы могут, быть информационного и проблемного характера, для выяснения мнений и уровня осведомленности по рассматриваемой теме, степени их готовности к восприятию последующего материала. Вопросы адресуются всей аудитории. Слушатели отвечают с мест. С учетом разногласий или единодушия в ответах преподаватель строит свои дальнейшие рассуждения, имея при этом возможность, наиболее доказательно изложить очередное понятие лекционного материала.
Вопросы могут быть как простыми для того, чтобы сосредоточить внимание слушателей на отдельных аспектах темы, так и проблемные. Обучаемый, продумывая ответ на заданный вопрос, получает возможность самостоятельно прийти к тем выводам и обобщениям, которые преподаватель должен был сообщить им в качестве новых знаний, либо понять важность обсуждаемой темы, что повышает интерес, и степень восприятия материала слушателями.
Во время проведения лекции-беседы задаваемые вопросы не должны оставаться без ответов, иначе они будут носить риторический характер, не обеспечивая достаточной активизации мышления обучаемых.
3. **Лекция-консультация** по типу «**вопросы—ответы**». Лектор отвечает в течение лекционного времени на вопросы студентов по всем разделу или всему курсу. Проводится перед промежуточной аттестацией.

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.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

а. 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 самоконтроля.

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

б. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

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

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, 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

Оценка уровня формирования компетенции ОПК-1

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	Шкала оценивания
<p>Знать З1 (ОПК-1) Знать основные понятия, определения и уравнения движения сплошной среды; модели и методы расчета в программном комплексе FlowVision НРС.</p> <p>Уметь У1(ОПК1) строить математические и расчетные модели для численного моделирования процессов в распределенных системах с помощью программного комплекса FlowVision НРС;</p> <p>Владеть В1(ОПК1) навыками численного моделирования с использованием программного комплекса FlowVision НРС при решении конкретных задач из различных областей естествознания и</p>	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие умений и навыков, предусмотренных компетенцией.	Плохой уровень формирования компетенции. «Плохо»
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие умений и навыков, предусмотренных данной компетенцией	Неудовлетворительный уровень формирования компетенции. «неудовлетворительно»
	Знать некоторые основные понятия, определения уравнения сплошной среды, модели и методы для численного моделирования. Уметь У1 с погрешностями. Владеть	Удовлетворительный уровень формирования компетенции. «Удовлетворительно»

техники.	некоторыми основными умениями и навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	
	Знать большинство основных понятий, определений сплошной среды, модели и методы для численного моделирования. Уметь У1 с незначительными погрешностями. Владеть основными умениями и навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Хороший уровень формирования компетенции. «Хорошо»
	Знать основные понятия, определения уравнения сплошной среды, модели и методы для численного моделирования Уметь У1 с незначительными погрешностями. Владеть всеми основными умениями и навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Очень хороший уровень формирования компетенции «Очень хорошо»
	Знать основные понятия, модели и методы для численного моделирования. Уметь У1 в полном объеме. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	Отличный уровень формирования компетенции «Отлично»
	Знать основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Уметь У1 в полном объеме. Свободно Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.	Превосходный уровень формирования компетенции «Превосходно»

6.2. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Численное моделирование динамики распределенных систем» используется балльная система оценки учебной работы студентов. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

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:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используется:

- выполнение практических заданий (ПЗ), включающих постановку учебной задачи и ее реализацию с использованием численного моделирования в программном комплексе FlowVision.

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 ПЗ.

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

- 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Список контрольных вопросов для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ОПК1) формирования ОПК-1.

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.

Перечень тем практических заданий для оценивания результатов обучения в виде умений У1(ОПК1) и владений В1(ОПК1), формирования ОПК-1.

№ п.п.	Тема	Форма текущего контроля
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

Критерии оценок за выполнение практических заданий
 (каждое задание оценивается в 1 балл)

Практическое задание выполнено самостоятельно в полном объеме, отчет правильно и аккуратно оформлен	1	Зачтено
Практическое задание выполнено самостоятельно в полном объеме, но отчет не аккуратно оформлен	0,75	
Практическое задание выполнено в полном объеме, но не достаточно самостоятельно, отчет правильно и аккуратно оформлен	0,5	
Практическое задание не выполнено	0	Не зачтено

7. 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., Вerezуб Н.А. и др. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье - Стокса. М.: Наука, 1987 (djvu) <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm>
4. Руководство пользователя. Программный комплекс FlowVision НРС, версия 3.08.04. ООО «ТЕСИС»

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 НРС.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (компьютерный класс с установленным ПО: операционная система Windows (лицензия), Microsoft Office (лицензия), программный комплекс FlowVision НРС (лицензия)), промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ и ОПОП ВО по направлению подготовки **020302 Фундаментальная информатика и информационные технологии.**

Автор:

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

И.о. заведующего кафедрой прикладной математики,

д.ф.-м.н., проф. _____ М.В. Иванченко

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от 20 июня 2018 года, протокол № 10