

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании кафедры прикладной физики
протокол от «23» марта 2022 г. № 7

Зав. кафедрой  / Л.А.Ковалева

СОГЛАСОВАНО:
Директор физико-технического
института



/И.Ф. Шарафуллин
«25» марта 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Численное моделирование задач гидродинамики

Б1.В.ДВ.1 (Дисциплины по выбору)

**Направление подготовки
01.06.01 Математика и механика**

**Направленность подготовки
«Механика жидкости, газа и плазмы»**

Квалификация
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения
Очная, заочная

Уфа, 2022 г.

Составитель: доцент, к.ф.-м.н., доцент Назмутдинов Ф.Ф.



Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (обновлены перечень основной и дополнительной литературы и лицензионное программное обеспечение, необходимое для освоения дисциплин), приняты на заседании кафедры прикладной физики, протокол от «23» марта 2022 г. № 7.

Заведующий кафедрой  / Л.А.Ковалева

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП
2. Цели и место дисциплины в структуре ОПОП
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине
 - Приложение № 1. Содержание рабочей программы (очная форма)
 - Приложение № 2. Содержание рабочей программы (заочная форма)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ПК-1 способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы

ПК-3 готовностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать задачи в области механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	
	Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов	ПК-3	
Умения	Уметь решать задачи в механики жидкости, газа и плазмы и строить корректные математические модели и численные алгоритмы решения задач механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	
	Уметь использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области механики жидкости, газа и способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	
	Владеть способностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	ПК-3	

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование задач гидродинамики» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на _3_ курсе в _6_ семестре .

Целью дисциплины «методы решения задач динамики дисперсных систем» является знакомство аспирантов с актуальными проблемами гидродинамики и используемых при решении задач методов вычислений, практическое применение методов к конкретным модельным задачам и формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС высшего образования по направлению подготовки.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Информационные технологии в науке и образовании, Механика жидкости, газа и плазмы.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы по очной форме представлено в Приложении № 1.

Содержание рабочей программы по заочной форме представлено в Приложении №

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ПК-1 способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать задачи в области механики жидкости, газа и плазмы	Не знает задачи в области механики жидкости, газа и плазмы	Знает какие задачи возникают в области механики жидкости, газа и плазмы
Второй этап (уровень)	Уметь решать задачи в механики	Знает задачи, но не умеет решать задачи в области механики жидкости, газа и	Умеет в полной мере решать задачи в области механики жидкости, газа

	жидкости, газа и плазмы и строить корректные математические модели и численные алгоритмы решения задач механики жидкости, газа и плазмы	плазмы	и плазмы и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств
Третий этап (уровень)	Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области механики жидкости, газа и способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы	Не владеет способностью самостоятельно формулировать задачи в области механики жидкости, газа и способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач	Владеть в полной мере способностью самостоятельно формулировать задачи в области механики жидкости, газа и способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы

Код и формулировка компетенции

ПК-3 готовностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов	Не знает методы информационных технологий программных комплексов	Знает теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов
Второй этап (уровень)	Уметь использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	Не умеет использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	Уметь в полной мере использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований и численных методов

Третий этап (уровень)	Владеть способностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	Не владеет способностью использовать современные программно-аппаратные средства	Владеет способностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований и численных методов
-----------------------	--	---	--

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать задачи в области механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	<i>собеседование</i>
	Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов	ПК-3	
2-й этап Умения	Уметь решать задачи в механики жидкости, газа и плазмы и строить корректные математические модели и численные алгоритмы решения задач механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	<i>Лабораторная работа</i>
	Уметь использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	ПК-3	
3-й этап Владеть навыками	Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области механики жидкости, газа и способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач механики жидкости, газа и плазмы	ПК-1	<i>устный опрос</i>
	Владеть способностью использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований	ПК-3	

Примерные критерии оценивания

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

Выполняется **лабораторная работа**. Умение получено если самостоятельно выполнена работа полностью без неточностей и ошибок и аспирант может ответить на вопросы по коду программы, иначе нет.

Устный опрос определяет владение данным предметом. Аспирант дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Задания для лабораторной работы

Описание контрольной работы: Лабораторная работа по решению уравнения теплопроводности с распределенными источниками

Пример варианта лабораторной работы:

1 Решить уравнение теплопроводности при следующих начальных и граничных

$$\text{условиях: } P(t=0) = 100, \quad \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=0} = 0.1, \quad P(x=R) = 110$$

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Рябенский, В.С. Введение в вычислительную математику / В.С. Рябенский. - 3-е изд., испр. и доп. - М. :Физматлит, 2008. - 285 с. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-9221-0926-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68380>
2. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] : Учеб.пособие .— 4-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2009 .— 608 с. <URL:<http://e.lanbook.com/>>.
3. Бахвалов Н. С. , Жидков Н. П. , Кобельков Г. М. Численные методы: Учеб.пособие.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.-636 с.
4. Вержбицкий, В.М. Численные методы математической физики : учебное пособие / В.М. Вержбицкий. - М. :Директ-Медиа, 2013. - 212 с. - ISBN 978-5-4458-3871-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=214562>

5. Численные алгоритмы классической математической физики / под ред. О.А. Голубев. - М. : Диалог-МИФИ, 2010. - 240 с. - ISBN 978-5-86404-235-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135962>

Дополнительная литература:

1. Балдин, К.В. Высшая математика. Учебник [Электронный ресурс] / Балдин К. В. — М. : Флинта, 2010 .— 360с. — () .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему "Университетская библиотека online" .— ISBN 978-5-9765-0299-4 .— <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/79497/>>.
2. Самарский, Александр Андреевич. Численные методы : учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, А. В. Гулин .— М. : Наука, 1989 .— 430 с
3. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : Избранное / под ред. А. Н. Крайко .— Москва : Физматлит, 2003 .— 384 с. — Загл. с титул. экрана .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему "Университетская библиотека online" .— ISBN 978-5-9221-0444-9 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69129> >.
4. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - М. ; Л. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1950. - 678 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-1896-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (06.05.2015).
5. Амосов, Андрей Авенирович. Вычислительные методы : учеб. пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова .— Изд. 4-е, стереотип. — Санкт-Петербург : Лань, 2014 .— 672 с.
6. Самарский, А. А. Теория разностных схем : учебник / А. А. Самарский .— Изд. 2-е, испр. — М. : Наука, 1983 .— 616 с.
7. Захаров Ю. Н. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: учебное пособие.- Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011.-170 с. <http://biblioclub.ru/>
8. Владимиров, Василий Сергеевич. Уравнения математической физики : учебник / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов .— Изд. 2-е, стер. — М. :Физматлит, 2008 .— 400 с
9. Формалев, В.Ф. Численные методы [Электронный ресурс] / Формалев В. Ф. — М. :Физматлит, 2006 .— 400 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online .— ISBN 5-9221-0737-2 .— <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/69333/>>.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Lazarus
2. C++

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
1	2	3
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 421 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p>3 .Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>5. Помещения для самостоятельной работы: Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (физмат корпус - учебное, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p>	<p align="center">Аудитория № 218</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p align="center">Аудитория № 421</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, Графические станции DEPO Race 535/ Мониторы AOC23 - 11 шт.</p> <p align="center">Читальный зал №1</p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p align="center">Читальный зал №2</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, WI-FI доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест-50, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> <p align="center">Аудитория №406</p> <p>Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Kyocera; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Численное моделирование задач гидродинамики» на 6 семестр
(наименование дисциплины)

Очная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/ зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	

Формы контроля: зачет 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	5	6			
1.	Характерные практические задачи теории пьезопроводности. Основные уравнения теории переноса массы. Метод конечных разностей.	1	2	18	1,2,3,4	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)
2.	Метод конечных объемов. метод конечных элементов. Спектральный метод			16	3,4,5	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)
3.	Стационарные задачи теории пьезопроводности и методы их решения.		1	16	2,3,4	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)

						результатов расчетов.	
4.	Линейные и нелинейные задачи с преобладающим влиянием конвекции в гидродинамике	1	1	14	2,3,4,5	Изучить понятия корректности, устойчивости и однозначности решения, регуляризации решения. (8 часов) Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)
	Всего часов:	2	2	64			

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Численное моделирование задач гидродинамики» на 5, 6 семестр
(наименование дисциплины)

Заочная форма обучения

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины	
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	1	1
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:		
лекций	2	
практических	2	2
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	30	28
Учебных часов на подготовку к экзамену/ зачету/ дифференцированному зачету (контроль)		4

Формы контроля: зачет 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	5	6	7	8	9
5.. семестр						
1.	Характерные практические задачи теории пьезопроводности. Основные уравнения теории массопереноса. Метод конечных разностей.	1	2	16	1,2,3,4	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)
2.	Метод конечных объемов. метод конечных элементов. Спектральный метод	1		14	3,4,5	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа. Результаты расчетов)
6...семестр						
4.	Стационарные задачи теории переноса массы и методы их решения.		1	14	2,3,4	Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа.

						поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Результаты расчетов)
5.	Линейные и нелинейные задачи с преобладающим влиянием конвекции в гидродинамике		1	14	2,3,4,5	Изучить понятия корректности, устойчивости и однозначности решения, регуляризации решения. (8 часов) Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов.	Индивидуальная проверка выполнения задания. (Программа .Результаты расчетов)
	Подготовка к зачету			4			
	Всего часов:	2	4	58			