

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
Иванов А.Г.
2016г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.09.02 ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Направление подготовки /специальность

02.03.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Направленность (профиль) /специализация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Программа подготовки

АКАДЕМИЧЕСКАЯ

Форма обучения

ОЧНАЯ

Квалификация (степень)
выпускника

БАКАЛАВР

Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Программу составил:

Бунякин А.В., доц. кафедры
математических и компьютерных методов,
к. ф.-м. н.



Рабочая программа дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов

протокол № 1 «31» августа 2016 г.

Заведующий кафедрой (разработчика)

Дроботенко М.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов

протокол № 1 «31» августа 2016 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей)

Дроботенко М.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук

протокол № 1 «01» сентября 2016 г.

Председатель УМК факультета

Титов Г.Н



Рецензенты:

Савенко И.В., коммерческий директор ООО «РосГлавВино»

Никитин Ю.Г., доцент кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

«Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» состоит в обучении применению современных математических методов для решения задач естествознания (физике, механике жидкости и газа, теории упругости), их технических приложений, так как математические модели, в которых решение находится разложением по базисным потенциалам, являются широко распространенными. Получение высшего профессионального образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных математических методов.

1.2 Задачи дисциплины:

Ознакомление студентов с методологическими подходами, позволяющими строить адекватные математические модели в задачах естествознания, использовать математическое описание физических явлений; ознакомление с некоторыми широко распространенными моделями физики (в основном механики) и основными методами исследования этих моделей.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования, и является основой для решения исследовательских задач. Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть обязательным минимумом содержания основных образовательных программ по математике и информатике для бакалавров.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-3, ПК-2, 6.

№ п.п.	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	<i>ОПК-3</i>	способность к самостоятельной научно-исследовательской работе	примеры эффективной научно – исследовательской работы	определять общие формы и закономерности теории тепломассопереноса	основными методами научного исследования в области тепломассопереноса
2.	<i>ПК-2</i>	способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	основные типы задач, которые ставятся в рамках теории тепломассопереноса	корректно поставить задачу и подобрать метод ее решения	основными методами, используемым и для решения задач тепломассопереноса
3.	<i>ПК-6</i>	способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучаемого явления	Общие правила представления собственных, а также известных научных результатов, терминологию предметной области	Составлять план публичного доклада, управлять аудиторией, а также индивидуально работать с членами научного коллектива	Методами научной риторики, материалом достаточно глубоко, а также – собой в общении с коллегами

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. ($3 \cdot 36 = 108$ часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			5	—		
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		68	68			
Занятия лекционного типа		32	32	-	-	-
Лабораторные занятия		-	-	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		32	32	-	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		1 р.	1 р.	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		12	12	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		5	5	-	-	-
Реферат		5	5	-	-	-
Подготовка к текущему контролю		5	5	-	-	-
Контроль:						
Подготовка к зачету		12,7	12,7			
Общая трудоемкость	час.	108	108	-	-	-
	в том числе контактная работа	68,3	68,3			
	зач. ед	3	3			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 10 семестре (для студентов ОФО).

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ЛР	ПЗ	
1	Численное моделирование. Моделирование физических процессов. Параболические задачи математической физики (задача распространения тепла, задача диффузии, задача фильтрации).	26	8	8		10

2	Элементы теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики.	26	8	8		10
3	Численное моделирование нестационарных физических процессов. Эволюционные уравнения в частных производных со старшим оператором Лапласа (принцип максимума для них).	26	8	8		10
4	Дифференциальные уравнений в частных производных второго порядка параболического типа и специфика численных методов, применяемых для нахождения их решений.	26	8	8		10
	<i>Итого по дисциплине:</i>	108	32	32	+4 КСР	40
1	2	3				4

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Численное моделирование. Моделирование физических процессов. Параболические задачи математической физики (задача распространения тепла, задача диффузии, задача фильтрации).	1.1 Математическая физика. Постановка краевых задач. Существование и единственность решения. 1.2 Корректность и некорректность. Обратные задачи. 1.3 Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение теплопроводности и диффузии. Нестационарные процессы и параболические уравнения.	Опрос
2	Элементы теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики.	1.1 Интегральные операторы теории потенциала. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. 1.2 Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал. 1.3 Потенциал Робена. Интегральные операторы. 1.4 Представление функций потенциалами. Лемма Новикова.	Опрос

3	Численное моделирование нестационарных физических процессов. Эволюционные уравнения в частных производных со старшим оператором Лапласа (принцип максимума для них).	3.1 Полнота сдвигов фундаментального решения уравнения Лапласа в подпространстве гармонических функций. 3.2 Системы потенциалов полные на границе области. Полнота модифицированных систем, полученных из фундаментального решения. 3.3 Граничное управление температурой.	Опрос
4	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка параболического типа и специфика численных методов, применяемых для нахождения их решений.	4.1 Алгоритм задачи Робена. Внутренняя и внешняя задача Дирихле для уравнения Лапласа и Пуассона. 4.2 Внутренняя задача и внешняя задача Неймана для уравнения Лапласа, Пуассона и уравнения теплопроводности.	Зачет

2.3.2 Занятия семинарского типа *УП не предусмотрены.*

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4

2.3.3 Лабораторные занятия

№ разд-дела	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
2	См. таблицу 2.3.1	Задачи математической физики (задача распространения тепла, задачи диффузии, задачи фильтрации).	Опрос
2 – 3	См. таблицу 2.3.1	Фундаментальное решение уравнения Лапласа. Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.	Опрос
4	См. таблицу 2.3.1	Численные методы решения задач со старшим оператором Лапласа, параболические эволюционные уравнения и использование принципа максимума для	Опрос

		них. Обратная задача для уравнения теплопроводности.	
1	2	3	4

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы УП не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Численное моделирование. Моделирование физических процессов. Параболические задачи математической физики (задача распространения тепла, задача диффузии, задача фильтрации).	Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 1 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.
2	Элементы теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики.	Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики – список основной литературы п. 5.1.2.
3	Численное моделирование нестационарных физических процессов. Эволюционные уравнения в частных производных со старшим оператором Лапласа (принцип максимума для них).	Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы – список основной литературы п. 5.1.1. Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике – список основной литературы п. 5.1.3.
4	Дифференциальные уравнений в частных производных второго порядка параболического типа и специфика численных методов, применяемых для нахождения их решений.	Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 2 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.

3. Образовательные технологии:

Видеозаписи и фотографии экспериментальных установок – см. п. 9

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Текущие аттестации не предусматриваются.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации см. в приложении 1 к данной РП.

Контрольные вопросы (к зачету):

1. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса.
2. Математическая физика. Постановка краевых задач. Существование и единственность решения. Корректность и некорректность.
3. Обратные задачи. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных.
4. Уравнение теплопроводности, диффузии и фильтрации.
5. Нестационарные процессы и параболические уравнения.
6. Элементы теории потенциала. Интегральные операторы теории потенциала
7. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал.
8. Потенциал Робена. Интегральные операторы.
Представление функций потенциалами. Лемма Новикова. Полные системы потенциалов
9. Полнота сдвигов фундаментального решения уравнения Лапласа в подпространстве гармонических функций.
10. Системы потенциалов полные на границе области. Полнота модифицированных систем, полученных из фундаментального решения.
11. Алгоритмы задач математической физики. Алгоритм задачи Робена.
12. Внутренняя и внешняя задача Дирихле для уравнения Лапласа и Пуассона.
13. Внутренняя задача и внешняя задача Неймана для уравнения Лапласа и уравнения Пуассона.
14. Граничное управление температурой. Бигармоническое уравнение.
15. Моделирование физических процессов. Задачи математической физики.
16. Примеры задач математической физики. Задача распространения тепла.
17. Обратная задача для уравнения теплопроводности.
18. Основные типы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Постановка краевых задач.
19. Алгоритмы расчета по явным и неявным численным схемам для уравнения теплопроводности.
20. Алгоритмы решения задач об управлении температурой.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература (*скан-копию см. в приложении 1 к данной РП*):

- 5.1.1. Сабитов, К.Б. Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2013. – 352 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59660>
- 5.1.2. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Темам Р., Миранвиль А. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2017. — 323 с. — ISBN 978-5-00101-494-2- [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/94110> (06.04.2018).
- 5.1.3. Рябенский, В. С. Введение в вычислительную математику [Электронный ресурс] / В. С. Рябенский. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 288 с. -

(Физтехковский учебник). - ISBN 978-5-9221-0926-0. — Режим доступа:
<http://znanium.com/catalog/product/544692>

5.2 Дополнительная литература (*скан-копию см. в приложении 2 к данной РП*):

- 5.2.1. Седов Л.И. Механика сплошной среды М. «Наука» Глав. ред. физ. – мат. лит., 2014 Тома 1 – 532 с., 2 – 560 стр.
- 5.2.2. Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы. М. «Мир» 2014, 501 стр.
- 5.2.3. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М. «Наука» Глав. ред. физ. – мат. лит., 2012, 400 стр.
- 5.2.4. Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике Изд. Моск. ун-та., 2014, 220 стр.
- 5.2.5. П.Н. Романенко Тепломассообмен и трение при градиентном течении жидкостей М. «Энергия», 2014, 568 с.
- 5.2.6. П.Н. Романенко Гидродинамика и тепломассообмен в пограничном слое (справочник) М. «Энергия», 2014, 464 с.

5.3. Периодические издания (*PDF – копии см в приложении 3*):

- 5.3.1. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. Inviscid Batchelor – model flow past an airfoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1996. – Vol. 323. – P. 367 – 376. <http://dx.doi.org/10.1017/S002211209600095X>
- 5.3.2. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. High – Reynolds – number Prandtl – Batchelor – model flow past an aerofoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1998. – Vol. 358. – P. 283 – 297. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022112097008203>
- 5.3.3. Бунякин А.В. Ламинарный пограничный слой при обтекании крылового профиля с круговой выемкой // Изв. РАН Мех. жидк. и газа – 1998. – №2. – С. 52 – 57.
- 5.3.4. Бунякин А.В. Вихревая ячейка с вращающимся внутри цилиндром на поверхности крылового профиля при больших числах Рейнольдса // Изв. РАН Мех. жидк. и газа. – 2001. – № 4. – С. 87 – 92.
- 5.3.5. Sandoval M., Chernyshenko S. Extension of the Prandtl – Batchelor theorem to three-dimensional flows slowly varying in one direction // Journal of Fluid Mechanics 2010. V. 654. P. 351 – 361

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля): Wikipedia

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе самостоятельной работы каждый обучающийся получает задания по каждому из трех разделов дисциплины (см. табл. 2.2), которые принимаются по согласованию с преподавателем (в специально назначаемое время).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения:

Лицензированные программы не используются, а только авторские.

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем:
Wikipedia

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
(<http://www.consultant.ru>)

2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Информация об установках и экспериментах на них (в том числе и по возможным темам студенческих НИР) см. на сайте: <http://biclon.ru>

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	<i>Лекционные занятия</i>	<i>Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...) и соответствующим программным обеспечением (ПО) ... специализированные демонстрационные стенды _____ (наименование) и установки</i>

		(наименование);.
2.	Семинарские занятия	Специальное помещение, оснащенное _____ (перечислить основное оборудование)
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
4.	Курсовое проектирование	Кабинет для выполнения курсовых работ
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, (кабинет)
6.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, (кабинет)
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.