

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.
« 30 » _____ 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.04 БИГАРМОНИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ И ВИХРЕВЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Направление подготовки /специальность

02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Направленность (профиль) /специализация

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Программа подготовки

АКАДЕМИЧЕСКАЯ

Форма обучения

ОЧНАЯ

Квалификация (степень) выпускника

МАГИСТР

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины «Бигармоническое уравнение и вихревые течения» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Программу составил:

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



Рабочая программа дисциплины «Бигармоническое уравнение и вихревые течения» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (разработчика)
Дроботенко М.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей)
Дроботенко М.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук
протокол № 3 «20» июня 2017 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 (модуля)

1.1 Цель и задачи дисциплины

«Бигармоническое уравнение и вихревые течения» состоит в освоении методов, используемых для постановок задач гидродинамики и алгоритмов их решения. Одним из основных методов является разложение части решения по базисным функциям, являющимся потенциалами поля скорости. Обучение применению современных методов для решения задач математического моделирования в гидромеханике и аэродинамике, их технических приложений, так как гидродинамические модели являются широко распространенными. Получение высшего профессионального образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных математических методов.

1.2 Задачи дисциплины:

Основной задачей является ознакомление студентов с методологическими подходами, позволяющими строить адекватные математические модели гидродинамических и аэродинамических явлений; ознакомление с некоторыми распространенными моделями течений и основными методами исследования этих моделей.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Бигармоническое уравнение и вихревые течения» 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: ПК-1, 10.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	<i>ПК-1</i>	Способность к интенсивной научно-исследовательской работе	методы математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	алгоритмизировать решение задачи и составлять структурно-логическую блок – схему программы	методами программирования на средах и на программных пакетах (комплексах)
2.	<i>ПК-10</i>	Способность к преподаванию физико-математических дисциплин и информатики в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и организациях дополнительного образования	Общие правила подготовки выступления, как для доклада собственных научных результатов, так и перед обучающимися	Составлять план публичного доклада, управлять аудиторией	Методами научной и педагогической риторики, материалом достаточно глубоко

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (2*36=72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для магистрантов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)
		9
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего):	32,2	32,2
Занятия лекционного типа	16	16
Лабораторные занятия	16	16
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
	-	-

Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		39,8	39,8
Проработка учебного (теоретического) материала		10	10
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		10	10
Реферат		10	10
Подготовка к текущему контролю		9,8	9,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену		-	-
Общая трудоемкость	час.	72	72
	в том числе контактная работа	32,2	32,2
	зач. ед	2	2

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре (для магистрантов ОФО).

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ЛР	ПЗ	
1	2	3			4	
1	Общие сведения о математических моделях гидромеханики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.	18	4	4		10
2	Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской гидромеханике и аэродинамике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	18	4	4		10
3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.	18	4	4		10

4	Приближение Стокса для течений вязкой жидкости. Вихревые течения. Постановка задачи в виде бигармонического уравнения для функции тока.	17,8	4	4	9,8
<i>Итого по дисциплине:</i>			16	16	39,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Общие сведения о математических моделях гидромеханики..	Силы давления на поверхности, статическое состояние жидкости, закон Архимеда, основы теории плавания.	Опрос
2	Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	2.1 Математическая модель идеальной жидкости и система уравнений Эйлера. 2.2 Примеры точных решений системы уравнений Эйлера, их физическая интерпретация. 2.3 Интегральные соотношения как следствия из системы уравнений Эйлера (интегралы Бернулли и Коши – Лагранжа), их приложения к решению задач.	Опрос
3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.	3.1 Уравнения Навье – Стокса и понятие о методах их численного решения. 3.2 Асимптотическая теория обтекания тела при больших числах Рейнольдса (основы теории пограничного слоя, струйные течения как пример разрывных решений в этом предельном случае).	Опрос
4	Приближение Стокса для течений вязкой жидкости. Вихревые течения. Постановка задачи в виде бигармонического уравнения для функции тока.	4.1 Приближение Стокса как асимптотика малых чисел Рейнольдса, сведение этого случая к бигармонической задаче для функции тока. 4.2 Метод теории функции комплексного переменного и метод базисных потенциалов для решения бигармонической задачи для стоксовского течения.	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	Аналитические решения задач по математическому моделированию течений идеальной жидкости (задачи обтекания, истечения, воздействия потока на поверхности).	Опрос
2 – 3	См. таблицу 2.3.1	Аналитические решения задач с использованием интегрального соотношения (уравнения) Бернулли для идеальной жидкости и с учетом вязкости (для трубки тока с гидравлическими потерями), а также уравнения Коши – Лагранжа.	Опрос
3	См. таблицу 2.3.1	Численные методы решения, задачи, сводящиеся к бигармоническому уравнению. Метод теории функции комплексного переменного и метод базисных потенциалов для решения бигармонической задачи для стоксовского течения.	Опрос
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	Общие сведения о математических моделях гидромеханики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.	Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 1 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.
2	Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской гидромеханике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 2 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.

3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.	<p>Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы – список основной литературы п. 5.1.1.</p> <p>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.</p> <p>Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике – список основной литературы п. 5.1.3.</p>
---	--	--

3. Образовательные технологии:

Разбор практических задач и примеров, моделирование ситуаций, приводящих к тем или иным ошибкам в программе, выработка навыков выявления и исправления ошибок в процессе написания программы. Построение тестовых примеров для выявления ошибок в программе и сравнения эффективности различных алгоритмов.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Используемые интерактивные образовательные технологии:

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Кол-во часов
9	Лабораторные занятия	Дискуссия на тему: «Аналитические решения задач по математическому моделированию течений идеальной жидкости (задачи обтекания, истечения, воздействия потока на поверхности)»	6
Дискуссия на тему: «Аналитические решения задач с использованием интегрального соотношения (уравнения) Бернулли для идеальной жидкости и с учетом вязкости (для трубки тока с гидравлическими потерями), а также уравнения Коши – Лагранжа»		6	
Дискуссия на тему: «Численные методы решения, задачи, сводящиеся к бигармоническому уравнению. Метод теории функции комплексного переменного и метод базисных потенциалов для решения бигармонической задачи для стоксовского течения»		4	
<i>Итого:</i>			16

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

Контрольные вопросы (к зачету):

1. Понятие фазовых состояний «жидкость и газ», их отличие по механическим свойствам.
2. Плотность и понятие сплошной среды, примеры сред, не имеющих строгого определения плотности.
3. Вязкость жидкости, ее определение, физическая размерность, способы и приборы для измерения (хотя бы один).
4. Гидростатическое давление, нахождение сил, действующих на стенки резервуара, центр давления (определение его и хотя бы один пример нахождения).
5. Закон Архимеда, центр плавания тела (его определение), условие остойчивости плавающего тела.
6. Понятие идеальной жидкости и идеального газа (последнее только касательно механических и обще – термодинамических характеристик).
7. Уравнение движения идеальной жидкости (Эйлера), простейшие примеры его решения (хотя бы один).
8. Уравнение неразрывности (сплошности) как следствие закона сохранения массы.
9. Учет сжимаемости газа и различные виды уравнения состояния. Частный случай несжимаемой жидкости.
10. Уравнение Бернулли вдоль линии тока установившегося течения идеальной жидкости (без доказательства), пример его применения (хотя бы один).
11. Уравнение Бернулли для линии тока идеального газа (без доказательства), пример его применения, эффект Джоуля – Томсона.
12. Взаимодействие потока идеальной жидкости с твердым телом (потенциальное обтекание), нахождение силы, действующей на обтекаемое тело, парадокс Даламбера.
13. Теоремы Гельмгольца о вихрях, понятие трубок тока, формула Лагранжа для изменения циркуляции.
14. Удар струи о препятствие, сила действия струи, мощность струи, передаваемая движущемуся телу.
15. Гидравлический удар в трубе, формула Жуковского, пример движения в трубе после гидроудара (динамический процесс при каких-либо начальных условиях).
16. Уравнение Навье – Стокса (без доказательства), простейший пример его решения (хотя бы один).
17. Уравнение Бернулли для струйки вязкой жидкости, понятие гидравлических потерь, потери по длине и на местных сопротивлениях (решение хотя бы одной задачи на учет гидравлических потерь).
18. Использование теории размерностей в задачах механики жидких и газообразных сред (П – теорема без доказательства), гидродинамическое и газодинамическое подобие при моделировании течений.
19. Течения около тел в бесконечной области с заданием постоянной скорости в бесконечности (задачи обтекания) – их обезразмеривание и предельные случаи (по числу Рейнольдса).
20. Пленки и капельные течения (их определение и действие сил поверхностного натяжения) – приближение Стокса.

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

5.1 Основная литература:

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>
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>
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:

1. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел: учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – НГТУ, 2009. - 240 с. ISBN 978-5-7782-1287-9. — [Электронный ресурс]. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=436040
2. Александров, Д.В. Введение в гидродинамику : учебное пособие / Д.В. Александров, А.Ю. Зубарев, Л.Ю. Исакова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. - 112 с. - ISBN 978-5-7996-0785-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239521>
3. Митрофанова, О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-электрических установок / О.В. Митрофанова. - Москва: Физматлит, 2010. - 286 с. - ISBN 978-5-9221-1223-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68969>

5.3. Периодические издания:

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>
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>
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

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. 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:

Microsoft Office

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).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами,

		учебной мебелью
2.	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, доской маркером или мелом
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, доской маркером или мелом
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью.
5.	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