

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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

Хагуров Т.А.

29 мая 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.07.02

ЗАДАЧИ И АЛГОРИТМЫ

АЭРОДИНАМИКИ

Направление подготовки

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль)

«Математическое и компьютерное моделирование»

Форма обучения

очная

Квалификация

бакалавр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Задачи и алгоритмы аэродинамики» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (уровень высшего образования: бакалавриат)

Программу составил:
доцент, канд. физ.-мат. наук

Буныкин А. В. _____

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов, протокол № 11 от 21.04.2020.

Заведующий кафедрой математических и компьютерных методов

Лежнев А. В. _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук, протокол № 2 от 30.04.2020.

Председатель УМК
факультета математики и компьютерных наук

Шмалько С. П. _____

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 дисциплины

Основной целью освоения дисциплины «Задачи и алгоритмы аэродинамики» является обучение применению современных методов для решения задач математического моделирования в аэродинамике, их технических приложений (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

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

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Задачи и алгоритмы аэродинамики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной, изучаемой по выбору.

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, ПК-4.

№ п.п.	Индекс компетен	Содержание компетенции (или)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны
--------	-----------------	------------------------------	---

	ции	её части)	знать	уметь	владеть
1.	<i>ПК-1</i>	Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	основные типы задач, которые ставятся в рамках классической аэродинамике	корректно поставить задачу и подобрать метод ее решения	основными методами, используемым и для решения аэродинамических задач
2.	<i>ПК-4</i>	Способен преподавать математику и информатику в средней школе, специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения	основные утверждения классической аэродинамики, доказываемые в виде теорем	формулировать результат, видеть следствия полученного результата	основные типы математических объектов, используемых при доказательстве строгих утверждений в аэродинамике

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. ($4 \cdot 36 = 144$ часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		7	—		
Контактная работа, в том числе:	74,3	74,3			
Аудиторные занятия (всего):					
Занятия лекционного типа	36	36	-	-	-
Лабораторные занятия	36	36	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:	25	25			
Проработка учебного (теоретического) материала	10	10	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	10	10	-	-	-
Подготовка к текущему контролю	5	5	-	-	-

Контроль:		44,7	44,7			
Подготовка к экзамену		44,7	44,7			
Общая трудоемкость	час.	144	144	-	-	-
	в том числе контактная работа	74,3	74,3			
	зач. ед	4	4			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (для студентов ОФО).

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ЛР	ПЗ	
1	2	3			4	
1	Общие сведения о математических моделях аэродинамики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.	32	12		12	8
2	Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской аэродинамике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	32	12		12	8
3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа аэродинамических моделей.	33	12		12	9
<i>Итого по дисциплине:</i>			36		36	25

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 аэромеханики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.	1.1 Математическое моделирование сплошной среды, определение плотности, определение изотропного давления, физические свойства жидкостей и газов. 1.2 Силы давления на поверхности, статическое состояние жидкости, закон Архимеда, основы теории плавания. 1.3 Простейшая математическая модель	Опрос

		статического состояния газообразной среды, модель политропной атмосферы и неустойчивость ее равновесного состояния.	
2	Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской аэродинамике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	<p>2.1 Математическая модель идеальной жидкости и система уравнений Эйлера.</p> <p>2.2 Примеры точных решений системы уравнений Эйлера, их физическая интерпретация.</p> <p>2.3 Интегральные соотношения как следствия из системы уравнений Эйлера (интегралы Бернулли и Коши – Лагранжа), их приложения к решению задач.</p> <p>2.4 Задачи обтекания идеальной жидкостью (прямая и обратная), теория Н.Е. Жуковского о подъемной силе, методы решения уравнений Эйлера в плоскопараллельном случае (конформные отображения, контурные интегралы, разложение в сумму с использованием метода базисных потенциалов).</p>	Опрос
3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.	<p>3.1 Уравнения Навье – Стокса и понятие о методах их численного решения.</p> <p>3.2 Асимптотическая теория обтекания тела при больших числах Рейнольдса (основы теории пограничного слоя, струйные течения как пример разрывных решений в этом предельном случае).</p> <p>3.3 Приближение Стокса как асимптотика малых чисел Рейнольдса, сведение этого случая к бигармонической задаче для функции тока.</p> <p>3.4 Метод характеристик для гиперболической системы уравнений 2x2 на примере нестационарного одномерного течения газа (для аналогичного случая жидкости – аналогия мелкой воды и теория гидравлического удара по Н.Е. Жуковскому).</p> <p>3.5 Математическое моделирование плоскопараллельных установившихся сверхзвуковых течений адиабатного газа, ударные волны как пример разрывных решений уравнений</p>	Экзамен

	Эйлера в этом случае.	
--	-----------------------	--

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
1	2	3	4
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 и асимптотический анализ на примерах гидромеханических и газодинамических задач для идеальной и вязкой среды (задачи со старшим оператором Лапласа, гиперболические системы 2x2 первого порядка, задачи, сводящиеся к бигармоническому уравнению).	Опрос

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	Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 2 – список дополнительной

	плоской гидромеханике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения).	литературы п. 5.2.1.
3	Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.	Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы – список основной литературы п. 5.1.1. 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. Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике – список основной литературы п. 5.1.3.

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.

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 экзамену):

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 (Π – 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.
21. Класс потенциальных и вихрепотенциальных течений (предельный случай бесконечного числа Рейнольдса), понятие пограничного слоя.
22. Теория Жуковского о подъемной силе крылового профиля. Метод конформных отображений для потенциального обтекания несжимаемой жидкостью. Присоединенный вихрь.
23. Методы контурных и поверхностных интегралов для получения усредненных по потоку величин. Уравнение Бернулли для трубки тока.
24. Метод характеристик для нестационарного одномерного течения идеального газа. Волны Римана.
25. Метод характеристик для стационарного сверхзвукового течения газа идеального газа. Волны Прандтля – Майера.

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> (06.04.2018).

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. Искакова. - 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. Буныкин А.В. Ламинарный пограничный слой при обтекании крылового профиля с круговой выемкой // Изв. РАН Мех. жидк. и газа – 1998. – №2. – С. 52 – 57.

4. Буныкин 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:

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).

Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

	<p>Групповые (индивидуальные) консультации</p>	<p>Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением</p>
	<p>Текущий контроль, промежуточная аттестация</p>	<p>Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации</p>
	<p>Самостоятельная работа</p>	<p>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</p>