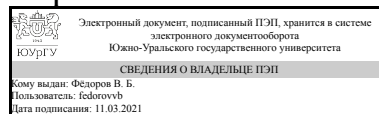


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



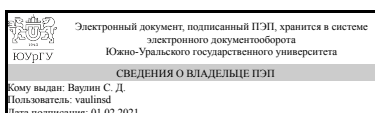
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.09.02 Моделирование теплофизических процессов
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень специалист тип программы Специалитет
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

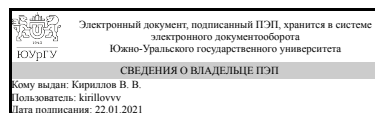
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



С. Д. Вавлин

Разработчик программы,
д.техн.н., доц., профессор



В. В. Кириллов

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование системы профессиональных знаний и практических навыков по моделированию теплофизических процессов. Представление обучающимися сведений, являющихся базовыми при расчете и проектировании ракетных двигателей, регулировании ракетных двигателей; расчёте теплофизических процессов в ракетных двигателях

Краткое содержание дисциплины

Моделирование теплофизических процессов изучает математические модели теплофизических процессов и численные методы решения задач теплообмена и гидродинамики

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	Знать: основные физические положения, законы механики и термодинамики, описывающие рабочий процесс в жидкостных ракетных двигателях
	Уметь: применять физико-математические методы моделирования и расчета при анализе рабочего процесса в жидкостных ракетных двигателях
	Владеть: навыками проведения тепловых и газодинамических расчетов рабочего процесса в жидкостных ракетных двигателях

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача, Б.1.23 Механика жидкости и газа, Б.1.07 Информатика и программирование	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.07 Информатика и программирование	Знать: основы работы в операционной системе Windows; уметь: работать на ПЭВМ с текстовыми редакторами; владеть: основными приемами работы с текстами на ПЭВМ
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Знать: основные физические положения, законы термодинамики и теплопередачи, описывающие рабочий процесс в жидкостных ракетных двигателях; уметь: применять физико-

	математические методы моделирования и расчета при анализе рабочего процесса в жидкостных ракетных двигателях; владеть: навыками проведения тепловых и газодинамических расчетов рабочего процесса в жидкостных ракетных двигателях.
Б.1.23 Механика жидкости и газа	Знать: основные законы газовой динамики и гидравлики; уметь применять законы механики сплошной среды к анализу процессов в ракетных двигателях; владеть методами механики сплошной среды при расчёте процессов в ракетных двигателях

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	40	40	
Проработка лекционного материала	40	40	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные положения метода конечных разностей	8	4	4	0
2	Основные понятия метода конечных элементов	4	2	2	0
3	Математическое моделирование задач теплопроводности	8	4	4	0
4	Математическое моделирование течений жидкости и газа	8	4	4	0
5	Моделирование течений в каналах	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Построение разностных соотношений. Построение разностных сеток.	2

2	1	Построение разностных уравнений. Устойчивость разностных уравнений.	2
3	2	Традиционный метод Галёркина. Конечно-элементный метод Галёркина.	2
4	3	Одномерное уравнение теплопроводности. Двумерное уравнение теплопроводности.	2
5	3	Трёхмерное уравнение теплопроводности. Двумерное стационарное уравнение теплопроводности.	2
6	4	Система уравнений движения жидкости. Модельное уравнение конвекции. Стационарное уравнение с конвекцией и диффузией. Одномерное уравнение переноса.	2
7	4	Решение двумерных уравнений Навье-Стокса несжимаемой жидкости. Моделирование свободной конвекции.	2
8	5	Математическое моделирование течений в обогреваемых каналах.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Построение разностных соотношений	2
2	1	Построение разностных уравнений	2
3	2	Устойчивость разностных уравнений	2
4	3	Решение уравнений теплопроводности по явной схеме	2
5	3	Решение уравнений теплопроводности по неявной схеме	2
6	4	Решение модельного уравнения конвекции	2
7	4	Решение одномерного уравнения переноса	2
8	5	Расчёт переходного процесса в обогреваемом канале	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Построение разностных уравнений. Порядок аппроксимации, устойчивость.	[5,6] Метод конечных разностей	6
Решение уравнения теплопроводности по явной и неявной разностным схемам. Метод прогонки.	[5,6, 14] Методы решения сеточных уравнений	10
Математическая модель обогреваемого канала	[1,9,13] Теплообмен и гидродинамика в каналах	8
Математическая модель канала с подводом массы	[1,13] Течение газа в каналах РДТТ	8
Разностные схемы для уравнения конвекции	[3,11,13] Моделирование течений жидкости	8

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы	Вид работы	Краткое описание	Кол-во ауд.
---------------------	------------	------------------	-------------

учебных занятий	(Л, ПЗ, ЛР)		часов
компьютерный проектор	Лекции	демонстрация графиков, блок-схем, формул, таблиц	16
персональный компьютер	Практические занятия и семинары	проведение расчётов	16

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	зачёт	1-33

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачёт	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): КТ-1-7 - вопросы по темам 1-7, КТ-8-11 - задачи по темам 1, 2, 3, 5. Письменные ответы на вопросы по каждой теме (не менее 2 вопросов), решение одной задачи по каждой теме. Время подготовки 0,5 часа по каждой теме. Оценка за зачёт формируется в системе "Электронный ЮУрГУ" из оценок по КТ, посещаемости, доклада: коэффициент КТ1-11 - 1, коэффициент посещаемости - 0,5, коэффициент доклада - 1.	Зачтено: 80-100% правильных ответов Не зачтено: менее 79% правильных ответов

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачёт	24. Стационарное уравнение с конвекцией и диффузией. 19. Экономичная разностная схема для двумерного уравнения теплопроводности. 18. Неявная разностная схема для двумерного уравнения теплопроводности. Матричная трёхточечная прогонка. 3. Аппроксимация производных разностными соотношениями. 4. Порядок аппроксимации первой производной конечными разностями. 13. Явная разностная схема для одномерного уравнения теплопроводности. 5. Порядок аппроксимации второй производной конечной разностью.

	<p>7. Интегро-интерполяционный метод построения разностных уравнений</p> <p>15. Неявная разностная схема для одномерного уравнения теплопроводности.</p> <p>21. Разностная схема для двумерного стационарного уравнения теплопроводности. Метод последовательной верхней релаксации.</p> <p>6. Метод контрольного объёма построения разностных уравнений.</p> <p>23. Разностные схемы для уравнения конвекции.</p> <p>22. Модельное уравнение конвекции.</p> <p>25. Одномерное уравнение переноса.</p> <p>9. Источники погрешности разностных уравнений.</p> <p>30. Граничные условия для системы уравнений.</p> <p>28. Математическая модель течения жидкости в обогреваемом канале.</p> <p>12. Конечно-элементный метод Галёркина.</p> <p>26. Разностные схемы для одномерного уравнения переноса.</p> <p>31. Метод ортогональной прогонки решения краевой задачи.</p> <p>16. Решение разностных уравнений методом прогонки.</p> <p>8. Явная и неявная разностные схемы</p> <p>33. Численный метод решения краевой задачи.</p> <p>2. Виды разностных сеток.</p> <p>32. Математическая модель тепло- и массообмена в канале со вдувом массы.</p> <p>27. Построение разностной схемы для двумерных уравнений движения несжимаемой жидкости методом контрольного объёма.</p> <p>29. Разностная аппроксимация уравнений течения жидкости в канале.</p> <p>1. Метод конечных разностей.</p> <p>20. Метод продольно-поперечной прогонки.</p> <p>14. Критерий устойчивости явной разностной схемы для уравнения теплопроводности.</p> <p>11. Традиционный метод Галёркина.</p> <p>17. Явная разностная схема для двумерного уравнения теплопроводности.</p> <p>10. Устойчивость разностной схемы. Спектральный метод Неймана.</p>
--	--

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Самарский, А. А. Введение в численные методы Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1987. - 286 с. ил.
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы Учеб. пособие для вузов Под ред. А. А. Самарского. - М.: Наука, 1978. - 512 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Самарский, А. А. Теория разностных схем Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика". - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1989. - 614 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник ЮУрГУ, сер. Математическое моделирование и программирование
2. Вычислительная математика сплошных сред
3. Вычислительные методы и программирование

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Дополнительная литература	Аналитические и численные методы решения задач математической физики : Сб. ст.: Посвящается памяти В. А. Диткина / АН СССР, ВЦ; Под ред. А. А. Абрамова	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
2	Дополнительная литература	Петров, И. Б. Лекции по вычислительной математике : Учеб. пособие / И. Б. Петров. А. И. Лобанов. –522 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	306 (2)	компьютерный проектор
Практические занятия и семинары	304 (2)	Компьютерная техника