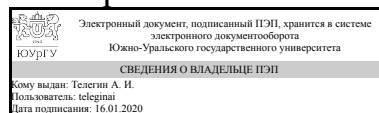


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Филиал г. Миасс
Электротехнический



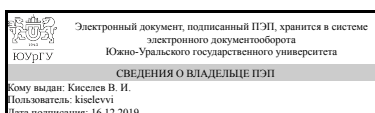
А. И. Телегин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
к ОП ВО от 26.06.2019 №084-2058

дисциплины Б.1.38 Динамика рабочих процессов в РКТ
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень специалист **тип программы** Специалитет
специализация Ракетные транспортные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Прикладная математика и ракетодинамика

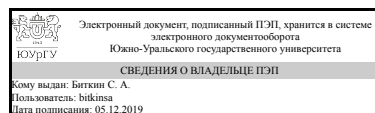
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



В. И. Киселев

Разработчик программы,
к.физ-мат.н., доцент



С. А. Биткин

1. Цели и задачи дисциплины

изучение основ рабочих процессов в РКТ

Краткое содержание дисциплины

1 Введение в курс. Общие сведения о реактивных двигателях. Классификация РД. 2 Основные уравнения ракетодинамики и параметры ракетных двигателей. 3 Основные понятия о теории горения (основы внутренней баллистики). 4 Твердые ракетные топлива. 5 Формы топливных зарядов и их геометрические параметры. 6 Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет). 7 Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД. 8 Логика выбора проектных параметров РДТТ. Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе РДТТ. 9 Основные тенденции развития РДТТ и ЖРД. 10 Жидкие ракетные топлива. Основные параметры. 11 ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы. 12 Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД. 13 Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД. 14 Особенности ЖРД МТ. 15 Охлаждение ЖРД. Форсунки. 16 Системы подачи жидких компонентов топлива. 17 Комбинированные двигатели. 18 Основные сведения о ПВРД и ЯРД.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Знать: процессы, происходящие в изделиях РКТ
	Уметь: выбирать тип устройства для конкретного типа изделия
	Владеть: методиками оценки основных характеристик РД

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.34 Строительная механика ракет, Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Б.1.29 Технология производства изделий из композитных материалов, Б.1.50 Проектирование спускаемых аппаратов

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

Дисциплина	Требования
Б.1.34 Строительная механика ракет	Знать: как определять оптимальные схемы армирования тонкостенных оболочечных конструкций, работающих на прочность и устойчивость Уметь: разрабатывать документацию на проведение экспериментальной отработки и анализа результатов испытаний Владеть: методиками

	проведения расчетов на прочность и устойчивость конструкций
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Знать: Статистики Уметь: Применять математические методы в расчетах и при проектировании и разработке элементов, приборов и систем управляющих, пилотажно-навигационных и электроэнергетических комплексов Владеть: Навыками применения математических методов, формирования адекватных математических и физических моделей

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
подготовка к занятиям и зачёту	60	60	
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	Введение в курс. Общие сведения о реактивных двигателях. Классификация РД. Основные уравнения ракетодинамики и параметры ракетных двигателей. Основные понятия о теории горения (основы внутренней баллистики). Твердые ракетные топлива. Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет). Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД. Логика выбора проектных параметров РДТТ. Методика расчета массовых характеристик ДУ	20	10	10	0
2	Основные тенденции развития РДТТ и ЖРД. Жидкие ракетные топлива. Основные параметры. ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы. Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД. Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД. Особенности ЖРД МТ. Охлаждение ЖРД. Форсунки. Системы подачи жидких компонентов топлива. Комбинированные двигатели. Основные сведения о ПВРД и ЯРД.	28	14	14	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в курс. Общие сведения о реактивных двигателях. Классификация РД. Основные уравнения ракетодинамики и параметры ракетных двигателей.	3
2	1	Основные понятия о теории горения (основы внутренней баллистики). Твердые ракетные топлива.	2
3	1	Формы топливных зарядов и их геометрические параметры. Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет).	2
4	1	Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД. Основные тенденции развития РДТТ и ЖРД.	3
5	2	ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы. Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД.	2
6	2	Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД. Особенности ЖРД МТ.	4
7	2	Системы подачи жидких компонентов топлива.	4
8	2	Основные сведения о ПВРД и ЯРД.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет).	2
2	1	Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД.	2
3	1	Логика выбора проектных параметров РДТТ. Методика расчета массовых характеристик ДУ	3
4	1	ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы.	3
5	2	Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД.	2
6	2	Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД.	4
7	2	Особенности ЖРД МТ. Охлаждение ЖРД. Форсунки.	4
8	2	Системы подачи жидких компонентов топлива.	4

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
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	60

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

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

учебных занятий	(Л, ПЗ, ЛР)		ауд. часов
образовательная деятельность, направленная на профессиональное развитие субъектов определенной практики	Практические занятия и семинары	деятельность направлена на формирование у каждого личного знания (опыта) о том, что и как они должны делать, чтобы инновационный проект воплотился в практике («реализация»)	8

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах и разделах
образовательная деятельность, направленная на профессиональное развитие субъектов определенной практики	деятельность направлена на формирование у каждого личного знания (опыта) о том, что и как они должны делать, чтобы инновационный проект воплотился в практике («реализация»)

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	ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Зачет	1-59
Введение в курс. Общие сведения о реактивных двигателях. Классификация РД. Основные уравнения ракетодинамики и параметры ракетных двигателей. Основные понятия о теории горения (основы внутренней баллистики). Твердые ракетные топлива. Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет). Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД. Логика выбора проектных параметров РДТТ. Методика расчета массовых характеристик ДУ	ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Выступление с докладом на семинарском занятии	1
Основные тенденции развития РДТТ и ЖРД. Жидкие ракетные топлива. Основные параметры. ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы. Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД. Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД. Особенности ЖРД МТ. Охлаждение	ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Выступление с докладом на семинарском занятии	1

ЖРД. Форсунки. Системы подачи жидких компонентов топлива. Комбинированные двигатели. Основные сведения о ПВРД и ЯРД.			
Введение в курс. Общие сведения о реактивных двигателях. Классификация РД. Основные уравнения ракетодинамики и параметры ракетных двигателей. Основные понятия о теории горения (основы внутренней баллистики). Твердые ракетные топлива. Расчет энергетических показателей РДТТ (термодинамический расчет). Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ и ЖРД. Логика выбора проектных параметров РДТТ. Методика расчета массовых характеристик ДУ	ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Выполнение и защита лабораторной работы 1	1
Основные тенденции развития РДТТ и ЖРД. Жидкие ракетные топлива. Основные параметры. ДУ на основе ЖРД. Системы и элементы. Основные уравнения для расчета камеры сгорания и сопла ЖРД. Методика расчета массовых характеристик ДУ на основе ЖРД. Особенности ЖРД МТ. Охлаждение ЖРД. Форсунки. Системы подачи жидких компонентов топлива. Комбинированные двигатели. Основные сведения о ПВРД и ЯРД.	ПК-29 знанием и пониманием устройства, работы и процессов, происходящих в изделиях ракетно-космической техники	Выполнение и защита лабораторной работы 2	1

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет	Каждый студент устно опрашивается по билету, сформированному из вопросов, выносимых на зачет. Билет содержит два вопроса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10.	Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %
Выполнение и защита лабораторной работы 1	Лабораторная работа проводится во время изучения данного раздела. С каждым студентом проводится собеседование по заранее выполненной к лабораторной работе. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Полностью выполненная лабораторная работа соответствует 5 баллам. Частично выполненная лабораторная работа соответствует 3 баллам. Отсутствие лабораторной работы соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 5. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %
Выполнение и защита лабораторной	Лабораторная работа проводится во время изучения данного раздела. С каждым студентом проводится собеседование по заранее выполненной к лабораторной	Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше

работы 2	<p>работе. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Полностью выполненная лабораторная работа соответствует 5 баллам. Частично выполненная лабораторная работа соответствует 3 баллам. Отсутствие лабораторной работы соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 5. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %
Выступление с докладом на семинарском занятии	<p>Доклад выполняется студентом на семинарском занятии в течении изучения данной дисциплины Тему доклада студент выбирает самостоятельно исходя из конкретной темы семинара.. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Доклад оценивается в 5 баллов. Общий балл складывается из следующих показателей: Творческий характер работы – 2 балла Логичность и обоснованность выводов - 2 балла. Умение ответить на вопросы - 1 балл. Максимальное количество баллов – 5. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %
Выступление с докладом на семинарском занятии	<p>Доклад выполняется студентом на семинарском занятии в течении изучения данной дисциплины Тему доклада студент выбирает самостоятельно исходя из конкретной темы семинара.. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Доклад оценивается в 5 баллов. Общий балл складывается из следующих показателей: Творческий характер работы – 2 балла Логичность и обоснованность выводов - 2 балла. Умение ответить на вопросы - 1 балл. Максимальное количество баллов – 5. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация реактивных двигателей 2. Основные уравнения ракетодинамики. 3. Основные понятия о теории горения. 4. Волны горения и детонация. 5. Ракетные топлива. Основные понятия. 6. Показатель энергоэффективности ракетных топлив 7. Расчет плотности ракетных топлив 8. Выбор и обоснование выбора ракетных топлив. 9. Основные параметры ракетного двигателя. 10. Формула для расчета пустотной тяги. 11. Диаграмма работы двигателя. 12. Общие тенденции развития ракетных двигателей. 13. Общая характеристика ДУ с РДТТ. 14. Элементы автоматики ДУ с РДТТ. 15. Баллистические топлива

	<p>16. Смесевые топлива.</p> <p>17. Формы топливных зарядов и их геометрические параметры</p> <p>18. Расчет щелевого заряда.</p> <p>19. Расчет энергетических характеристик РДТТ.</p> <p>20. Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла РДТТ.</p> <p>21. Расчет геометрии сопла РДТТ</p> <p>22. Расчет потерь удельного импульса тяги в соплах РДТТ.</p> <p>23. Конструкционные материалы для РДТТ.</p> <p>24. Логика выбора проектных параметров РДТТ.</p> <p>25. Расчет массовых характеристик РДТТ.</p> <p>26. Основные тенденции развития РДТТ</p> <p>27. Общая характеристика ДУ на основе ЖРД.</p> <p>28. Основные параметры ЖРД.</p> <p>29. Жидкие ракетные топлива. Основные параметры.</p> <p>30. ДУ на основе ЖРД, системы и элементы.</p> <p>31. Основные уравнения расчета камеры сгорания и сопла ЖРД.</p> <p>32. Расчет размеров и параметров КС и сопла ЖРД</p> <p>33. Расчет массы топлива для ракет с ЖРД.</p> <p>34. Элементы автоматики ДУ с ЖРД.</p> <p>35. Особенности выбора давлений в камере сгорания и на срезе сопла ЖРД.</p> <p>36. Камера ЖРД.</p> <p>37. Система подачи жидкого топлива с аккумулятором давления газа</p> <p>38. Насосные системы подачи.</p> <p>39. Расчет систем подачи.</p> <p>40. Расчет параметров центробежного насоса.</p> <p>41. Форсунки ЖРД.</p> <p>42. Расчет струйной форсунки.</p> <p>43. Расчет центробежной форсунки.</p> <p>44. Охлаждение ЖРД.</p> <p>45. ДУ замкнутой (закрытой) схемы</p> <p>46. Конструкционные материалы для ЖРД.</p> <p>47. Расчет массовых характеристик ДУ с ЖРД.</p> <p>48. Основные тенденции развития ДУ с ЖРД.</p> <p>49. Классификация комбинированных двигателей.</p> <p>50. Конструкция комбинированных двигателей</p> <p>51. Общие сведения о ПВРД.</p> <p>52. Комбинированные ПВРД.</p> <p>53. Потери в прямоточном двигателе.</p> <p>54. Гибридные реактивные двигатели.</p> <p>55. Ракетные двигатели раздельного снаряжения.</p> <p>56. Особенности ЖРД МТ.</p> <p>57. Расчет массы ЖРД МТ.</p> <p>58. Общие сведения ЯРД.</p> <p>59. Двигательные установки с ЯРД.</p>
Выполнение и защита лабораторной работы 1	Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах. Вычислительный эксперимент с использованием программного комплекса «Термодинамические расчеты».
Выполнение и защита лабораторной работы 2	Определение коэффициента теплоотдачи цилиндра при обдуве
Выступление с докладом на семинарском занятии	
Выступление с докладом на семинарском занятии	

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Шишков, А. А. Газогенераторы ракетных систем / А. А. Шишков, Б. В. Румянцев. - М. : Машиностроение, 1981. - 152 с. : ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Толкачева, И.О. Исследование и расчет РДТТ. Часть 1. «Исследование и расчет автономного горения воспламенителя» [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.О. Толкачева, М.А. Максимов, И.Е. Никитина. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. — 40 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52311

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Толкачева, И.О. Исследование и расчет РДТТ. Часть 1. «Исследование и расчет автономного горения воспламенителя» [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.О. Толкачева, М.А. Максимов, И.Е. Никитина. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. — 40 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52311

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Дополнительная литература	Сухов, А.В. Твердые ракетные топлива: Учеб. пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе». [Электронный ресурс] / А.В. Сухов, М.В. Тюгаев, М.М. Фещенок. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 28 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/58420	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
2	Основная литература	Буркальцев, В.А. Численное моделирование и экспериментальное исследование рабочего процесса в камере РДМТ на компонентах топлива кислород + метан. [Электронный ресурс] / В.А. Буркальцев, В.И. Лапицкий, А.В. Новиков, Д.А. Ягодников. — Электрон.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный

		дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 60 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52291		
3	Основная литература	Ерохин, Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/60037	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
4	Основная литература	Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебное пособие для технических вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Мишин [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 375 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/812	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
5	Дополнительная литература	Шлёнский, О.Ф. Режимы горения материалов. [Электронный ресурс] / О.Ф. Шлёнский, В.С. Сиренко, Е.А. Егорова. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2011. — 220 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2018	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -Creo Academic(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
Практические занятия и семинары		CEL-1700/ASUS P4BGL/256M PC2100/40.0 G SG 7200/FDD/A313U/KB/M/Монитор 17” Samsung 743N
Лабораторные занятия		Стенды лаборатории