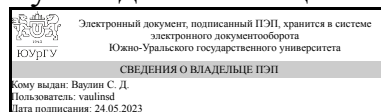


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



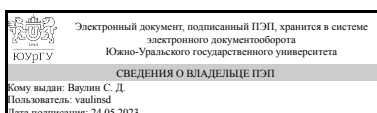
С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.45 Проектирование комбинированных реактивных двигателей
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

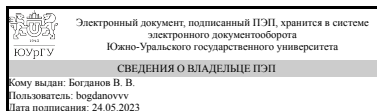
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,
старший преподаватель



В. В. Богданов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области теории, расчета и проектирования комбинированных реактивных двигателей (КРД). Задачи дисциплины: - освоение категориально-понятийного аппарата дисциплины; - изучение основных методов расчета основных узлов и агрегатов КРД; - систематизация основных принципов проектирования узлов и агрегатов КРД.

Краткое содержание дисциплины

Основные конструктивные элементы КРД Проектирование КРПДТ Регулирование тягово-импульсных характеристик КРД Расчет характеристик КРД Испытания КРД

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Разработка моделей и проведение тепловых, гидравлических, газодинамических и термохимических расчетов при проектировании узлов и агрегатов двигателей летательных аппаратов, включая элементы автоматики	Знает: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в комбинированных реактивных двигателях (КРД); теорию и расчетные методики по проектированию КРД; виды КРД и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ГРД Умеет: рассчитывать основные характеристики КРД, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования КРД Имеет практический опыт: владения понятийным аппаратом в среде КРД; методами проектирования КРД, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.43 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей, 1.О.42 Проектирование авиационных газотурбинных двигателей, 1.Ф.06 Теория и расчет газогенераторов, 1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
------------	------------

1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	Знает: классификацию применяемых ракетных топлив, степень их опасности и вредного воздействия на организм человека и окружающую среду; эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам, методы получения и свойствах, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив; процессы, протекающие при сгорании топлива; основные законы химической кинетики; основы теории распространения пламени в горючих смесях; основы теории кинетического и диффузионного горения; физико-химические основы определения и методики расчёта состава и параметров недиссоциированных и диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания. Умеет: правильно подбирать конструкционные материалы и необходимые конструктивные исполнения элементов жидкостных ракетных двигателей для минимизации вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и степени её неблагоприятного воздействия на окружающую среду и рабочий персонал, осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла. Имеет практический опыт: классификации ракетных топлив, расчета энергетических характеристик топливной пары, экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя
1.О.43 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей	Знает: законы и принципы автоматического управления и регулирования ракетных двигателей; методы математического описания процессов регулирования в линейных и нелинейных системах; методы исследования устойчивости и качества линейных систем управления; статические и динамические характеристики основных агрегатов и двигательной установки в целом; элементы автоматики, их назначение, принцип действия, методы описания и исследования. Умеет: использовать законы линейного управления и регулирования; выбирать методы анализа устойчивости и определения качества регулирования; обосновывать выбор необходимых законов управления двигательной установкой и расстановки элементов

	автоматики пневмогидравлических схем; рассчитывать статические и динамические характеристики узлов и элементов жидкостной двигательной установки Имеет практический опыт: владения методами расчета параметров систем автоматического регулирования, оценки качества и исследования устойчивости двигательных установок и их систем
1.Ф.06 Теория и расчет газогенераторов	Знает: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в газогенераторах; теорию и расчетные методики по проектированию газогенераторов; типы газогенераторов и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования газогенераторов Умеет: рассчитывать основные характеристики газогенераторов и их узлов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования газогенератора Имеет практический опыт: владения методами проектирования и расчета газогенераторов и их узлов с использованием информационных технологий
1.О.42 Проектирование авиационных газотурбинных двигателей	Знает: историю отечественной и зарубежной авиационной техники, место и вклад выдающихся ведущих инженеров и конструкторов, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов России и мира в области авиационной техники, основные принципы действия и устройства проектируемых изделий; методологию разделения двигателя Умеет: способность собирать и анализировать научно-техническую информацию, учитывать современные тенденции развития и вклад выдающихся инженеров в области отечественной и зарубежной авиационной техники; использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники в профессиональной деятельности, разрабатывать рабочую проектную документацию, анализировать и сопоставлять конструктивные и компоновочные схемы проектируемых ГТД Имеет практический опыт: формировать и отстаивать свою гражданскую позицию на основе патриотизма, осознания социальной значимости своей будущей профессии, устойчивой мотивации к профессиональной деятельности, осознавать принадлежность к выдающим научно-педагогическим школам страны и приверженность к корпоративным ценностям отечественной авиационной отрасли, проектирования компоновочных конструктивных и силовых схем основных узлов авиационных ГТД различного типа и назначения; владения методами разработки конструктивных и компоновочных чертежей; выполнения

	проектировочных расчетов, оценивания ресурса и уровня надежности разрабатываемых в процессе проектирования узлов и деталей, систем и агрегатов авиационных ГТД
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		10
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
Подготовка к промежуточной аттестации	29,5	29,5
Проработка лекционного материала, оформление лабораторных работ	40	40
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные конструктивные элементы КРД	20	8	4	8
2	Проектирование КРД	12	8	4	0
3	Регулирование тягово-импульских характеристик КРД	8	4	4	0
4	Расчет характеристик КРД	20	8	12	0
5	Испытания КРД	4	4	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Классификация КРД	1
2	1	Схема ЛА с КРД	1
3	1	Конструкции маршевых ступеней КД	2
4	1	Конструктивные схемы и конструкции стартово-разгонных ступеней КРД	1,5
5	1	Конструкции ГГ с регулируемым расходом	1,5

6	1	Переходные устройства	1
7	2	Этапы разработки КРД	0,5
8	2	Требования к КРД при проектировании	0,5
9	2	Формирование основных исходных данных	0,5
10	2	Термодинамический расчет топлива стартово-разгонной и маршевой ступеней КРД	2
11	2	Расчет равновесных термодинамических характеристик продуктов сгорания ТТ	2
12	2	Распределение массы заряда ТТ по ступеням и геометрические параметры КРД	0,5
13	2	Расчет характеристик ГГ маршевых ступеней КРД	2
14	3	Высотно-скоростные и тягово-экономические характеристик КРД	2
15	3	Выбор параметров регулирования расхода топлива и законов управления полетом ракеты	2
16	4	Расчет характеристик ВЗУ и сопел	4
17	4	Расчет аэродинамического нагрева КРД	4
18	5	Виды испытаний, испытаний ВЗУ в аэродинамической трубе, определение в аэродинамической трубе характеристик внешнего обтекания ракеты	1,5
19	5	Испытания двигателя на стенде с присоединенным трубопроводом подачи горячего воздуха	1,5
20	5	Летные испытания КДУ в составе ракеты	1

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Термодинамические циклы идеальных ВРД и ПРД. Расчет удельных характеристик	2
2	1	Выбор типов и режимов работы конструктивных элементов КРД: воздухозаборник, камера сгорания, сопло	2
3	2	Проектирование стартового РДТТ	2
4	2	Проектирование воздухозаборного устройства маршевого КРД	2
5	3	Проектирование регулятора расхода маршевого КРД	4
6	4	Моделирование газодинамической картины течения в воздухозаборном устройстве маршевого КРД	6
7	4	Моделирование внутрибаллистических процессов газогенератора маршевого КРД	6

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Виды КРД	2
2	1	Конструкция воздухозаборного устройства с изоэнтропным контуром образующей поверхности предварительного сжатия на примере изделия 3М8	3
3	1	Конструкция многоканального воздухозаборного устройства на примере изделия 3М9	1
4	1	Конструкция газогенератора и маршевой камеры сгорания КРД на примере изделия 3М9	1

5	1	Конструкция стартового РДТТ и соплового блока КРД на примере изделия 3М9	1
---	---	--	---

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к промежуточной аттестации	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2, 3, 4, 5	10	29,5
Проработка лекционного материала, оформление лабораторных работ	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2, 3, 4, 5	10	40

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	10	Текущий контроль	КТ1: Расчёт и математическое моделирование внутрибаллистических процессов стартового РДТТ	1	100	Ответ предоставляется в письменном виде в форме пояснительной записки и приложения, содержащего результаты математического моделирования (допускается предоставление результатов моделирования в электронной форме) очно, либо с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг. Обучающийся получает 100 баллов в случае, если: ход решения чётко изложен, использованы верные формулы, получен верный ответ. За ошибки балл уменьшается согласно приведённому списку: а) допущены ошибки в расчёте -- минус 5 баллов; б) отсутствуют пояснения хода расчёта -- минус 10 баллов; в) использованы неверные	экзамен

					формулы (формулы имеют ошибки в переменных) -- минус 15 баллов; г) использованы неверные формулы (использованные формулы не соответствуют постановке задачи) -- минус 30 баллов; д) не представлены результаты математического моделирования, либо представленные результаты не соответствуют постановке задачи -- минус 30 баллов; е) ответ представлен с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов. В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.	
2	10	Текущий контроль	КТ2: Расчёт и математическое моделирование воздухозаборного устройства КРД	1 100	Ответ предоставляется в письменном виде в форме пояснительной записки и приложения, содержащего результаты математического моделирования (допускается предоставление результатов моделирования в электронной форме) очно, либо с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг. Обучающийся получает 100 баллов в случае, если: ход решения чётко изложен, использованы верные формулы, получен верный ответ. За ошибки балл уменьшается согласно приведённому списку: а) допущены ошибки в расчёте -- минус 5 баллов; б) отсутствуют пояснения хода расчёта -- минус 10 баллов; в) использованы неверные формулы (формулы имеют ошибки в переменных) -- минус 15 баллов; г) использованы неверные формулы (использованные формулы не соответствуют постановке задачи) -- минус 30 баллов; д) не представлены результаты математического моделирования, либо представленные результаты не соответствуют постановке	экзамен

						задачи -- минус 30 баллов; е) ответ представлен с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов. В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.	
3	10	Текущий контроль	КТЗ: Контроль посещаемости занятий дисциплины	0,5	100	Рейтинг выставляется автоматически на основании журнала посещаемости "Электронного ЮУрГУ".	экзамен
4	10	Промежуточная аттестация	ПА1: Письменный ответ на теоретические вопросы дисциплины	-	100	Результат контроля не может ухудшить итоговый рейтинг по дисциплине. Ответ предоставляется в письменном виде очно, либо с использованием "Электронного ЮУрГУ". Обучающийся отвечает на два вопроса (см. ФОС ПА1). Обучающийся получает 50 баллов (за ответ на вопрос) в случае, если: предоставлен верный ответ на вопрос. За неверный ответ на вопрос балл может быть уменьшен в зависимости от допущенных ошибок. Результирующий балл за ПА1 -- сумма баллов, полученных при ответах на два вопроса. Критерии оценивания ответа на вопрос: а) обучающийся дал полный, исчерпывающий ответ -- баллы не снимаются; б) обучающийся затруднился с ответом на одну из частей вопроса, либо ошибся при ответе на дополнительный наводящий вопрос -- минус 25 баллов; в) в случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Прохождение промежуточной аттестации ПА1 является необязательным и проводится в случае набора недостаточного количества баллов во время текущего контроля (КТ1 -- КТ4). Прохождение промежуточной аттестации не может снизить итоговый балл обучающегося.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в комбинированных реактивных двигателях (КРД); теорию и расчетные методики по проектированию КРД; виды КРД и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ГРД	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: рассчитывать основные характеристики КРД, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования КРД	+	+	+	
ПК-1	Имеет практический опыт: владения понятийным аппаратом в среде КРД; методами проектирования КРД, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий	+	+	+	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

- Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для вузов Под ред. В. П. Глушко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 464 с. ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

- Нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

- Нет

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Теория прямоточного воздушного реактивного двигателя : учебное пособие / Г. Ю. Мазинг, И. Е. Никитина. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 2 : Сверхзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель — 2011. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52280 (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Теория прямоточного воздушного реактивного двигателя : учебное пособие / Г. Ю. Мазинг, И. Е. Никитина. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 1 — 2006. — 68 с. — ISBN 5-7038-2820-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52281 (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдых и пастообразных топливах / В. А. Сорокин, Л. С. Яновский, В. А. Козлов, Е. В. Суриков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 320 с. — ISBN 978-5-9221-1239-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/49100 (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Расчет параметров цикла при проектировании газотурбинных двигателей и комбинированных установок : учебное пособие / В. Е. Михальцев, В. Д. Моляков ; под редакцией И. Г. Суровцева. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 58 с. — ISBN 978-5-7038-3814-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52278 (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Проектирование и отработка ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе : учебное пособие / В. А. Сорокин, Л. С. Яновский, Д. А. Ягодников [и др.] ; под общей редакцией А. Сорокина. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. — 317 с. — ISBN 978-5-7038-4579-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106453 (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Контроль самостоятельной работы	100 (2в)	Изделия УЦ РКТ
Лекции	244 (2)	средства измерения и регистрации расхода, давления и температуры
Лабораторные занятия	101 (2)	лаборатория холодных проливов
Лабораторные занятия		лаборатория огневых испытаний

Лабораторные занятия	100 (2в)	Изделия УЦ РКТ
Самостоятельная работа студента	100 (2в)	Изделия УЦ РКТ
Практические занятия и семинары	240 (2)	Авиационный двигатель