

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 28 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Проектирование комбинированных реактивных двигателей
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование профессиональных компетенций, связанных с проектированием комбинированных реактивных двигателей летательных аппаратов и оптимизацией протекающих в них процессов; формирование научно-технического мировоззрения на основе знания особенностей сложных технических систем; воспитание навыков технической культуры.

Задачи дисциплины:

- изучение основных конструктивных элементов комбинированных реактивных двигателей (КРД);
- изучение особенностей процессов, протекающих в КРД;
- формирование навыков расчёта КРД;
- овладение методологией проектирования комбинированных прямоточных двигателей летательных аппаратов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- топлива КРД;
- термогазодинамика горения топлив КРД;
- методология проектирования и расчёта конструктивных элементов комбинированных реактивных двигателей.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.9	ИД-1ПК-2.9	Знает основные конструктивные элементы КРД; физико-химические свойства и энергетические характеристики топлив КРД, процессы в основных конструктивных элементах; условия работы стартового двигателя, газогенератора и камеры сгорания маршевого двигателя.	Знает требования к составлению описаний принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.9	ИД-2ПК-2.9	Умеет формулировать критерии и направления оптимизации процессов и конструкции КРД; проводить термогазодинамические расчёты процессов в КРД; оценивать конструкторские мероприятия по повышению энергетической эффективности и надёжности конструкции КРД.	Умеет составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий.	Защита лабораторной работы
ПК-2.9	ИД-3ПК-2.9	Владеет методологией проектирования и расчёта основных конструктивных элементов КРД; перспективными методиками исследования процессов в КРД; навыками оценки эффективности процессов и совершенства конструкции КРД.	Владеет навыками составления описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с научно-техническим и технико-экономическим обоснованием принятых проектно-технических решений.	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	46	46	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	62	62	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
10-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Конструктивные элементы комбинированных ракетно-прямоточных двигателей на твёрдом топливе	4	2	0	12
<p>Введение</p> <p>Комбинированные реактивные двигатели (КРД) – перспективное направление в современном ракетостроении. Области применения КРД. Предмет и задачи дисциплины. Состав дисциплины. Связь с другими дисциплинами. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.</p> <p>Тема 1. Классификация комбинированных реактивных двигателей</p> <p>Ракетные двигатели на комбинированном топливе: гибридные ракетные двигатели (ГРД) – двигатели на смешанном твёрдожидком топливе, ракетные двигатели твёрдого топлива раздельного снаряжения (РДТТ РС). Двигатели, использующие окружающую среду: комбинированные ракетно-прямоточные двигатели на твёрдом топливе (КРПДТ), комбинированные прямоточные воздушно-реактивные двигатели твёрдого топлива (КПВРДТ), комбинированные прямоточные воздушно-реактивные двигатели на порошкообразных металлических горючих (КПВРД ПМГ) и реактивные двигатели на гидрореагирующих топливах (ГРТ).</p> <p>Классификация КРПДТ: тип воздухозаборного устройства (ВЗУ), тип топлива маршевой ступени, способ регулирования рабочего процесса, тип стартово-разгонной ступени.</p> <p>Тема 2. Схема летательного аппарата с КРПДТ.</p> <p>Варианты конструкций маршевых и стартово-разгонных ступеней</p> <p>Модуль носовой части летательного аппарата (ЛА) и двигательный отсек. Стартово-разгонная (стартово-разгонный РДТТ) и маршевая ступень (маршевый РПДТ). Газогенератор твёрдого топлива (ГГ ТТ), воздухозаборное устройство, камера сгорания (дожигания) маршевого РПДТ. Маршевые РПДТ с различными ВЗУ. Отделяемая стартово-разгонная ступень. Маршевый РПДТ и стартово-разгонный РДТТ встроенный в его камеру сгорания (КС).</p> <p>Схемы стартово-разгонных ступеней: 1) с вкладным РДТТ, выталкиваемым после окончания работы; 2) с жёстко встроенным РДТТ; 3) с вкладным зарядом твёрдого ракетного топлива (ТРТ); 4) с зарядом ТРТ, скреплённым со стенками КС. РДТТ с отстреливаемым соплом. Бессопловой ракетный двигатель на твёрдом</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>топливе БСРДТ.</p> <p>Тема 3. Конструкция газогенератора и переходного устройства КРПДТ</p> <p>Газогенератор маршевой ступени – автономный двигатель, с регулируемым расходом продуктов газогенерации. Состав ГГ: корпус (съёмное переднее днище, обечайка), заряд ТТ (моноблок торцевого горения, скреплённый с корпусом только в передней части), теплозащитное покрытие (ТЗП).</p> <p>Конструктивная схема твёрдотопливного заряда. Бронировка заряда. Требования, которым должны удовлетворять: корпус, топливо ГГ, ТЗП, защитно-крепящий слой (ЗКС). Назначение переходного устройства. Схема переходного устройства: переднее и заднее днища, цилиндрическая часть, шпоночные соединения, воспламенители ГГ и стартово-разгонной ступени, блок регулятора расхода продуктов газогенерации.</p> <p>Тема 4. Материалы элементов конструкции КРПД и их свойства</p> <p>Требования предъявляемые к материалам конструкции КРПД: корпуса ГГ, камеры сгорания маршевой ступени, сопла, ТЗП. Типичные теплофизические свойства (теплопроводность, теплоёмкость, плотность) материалов (стали 18Ni, титанида BT20, ТЗП). Предел прочности и предел текучести стали 18Ni и титанида BT20. Расчётная схема ТЗП. Типовые толщины конструкции ГГ, КС маршевой ступени, сопла, ВЗУ. Толщины ТЗП и защитно-крепящего слоя (бронировки заряда).</p>				
Особенности конструкции КПВРД ПМГ	6	6	0	16
<p>Тема 5. Система регулируемой подачи порошкообразного горючего и низкотемпературный газогенератор</p> <p>Схема системы подачи ПМГ с низкотемпературным газогенератором (НТГГ). Основные элементы системы подачи: бак с ПМГ, поршень с перепадным клапаном, запорно-регулирующий клапан с газовым приводом. Предназначение и состав НТГГ (корпус, заряд твёрдого газогенераторного топлива, порошкообразный ёмкостный охладитель горячих продуктов газогенерации, стабилизатор давления в ГГ).</p> <p>Тема 6. Особенности конструкции КС маршевого ПВРД ПМГ</p> <p>Схема камеры сгорания. Основные элементы: форкамера (камера воспламенения и первичного горения ПМГ, устройство распыла ПМГ, узел подачи первичного воздуха, воспламенитель), основная камера сгорания (камера вторичного</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
горения ПМГ, узел подачи вторичного воздуха). Особенности выбора ТЗП форкамеры.				
Проектирование КРПДТ	8	6	0	20
<p>Тема 7. Этапы разработки комбинированных прямооточных двигателей Принципы системного и комплексного подхода. Система автоматизированного проектирования (САПР), интеллектуальная система автоматизированного проектирования (ИСАПР). Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Последовательность этапов разработки: 1) техническое задание; 2) техническое предложение (аванпроект); 3) эскизный проект; 4) разработка рабочей документации: а) на опытный образец, б) на серийное производство. Основные требования при проектировании комбинированных прямооточных двигателей. Формирование основных исходных данных: базовые траектории полёта ЛА, заданные время и дальность полёта, конечная скорость ЛА, массогабаритные ограничения, аэродинамические характеристики ЛА, характеристики ВЗУ, стартово-разгонной ступени, топлива ГГ, рабочего процесса в КС (коэффициент полноты сгорания топлива), потери полного давления по тракту КРПДТ, импульса тяги в сопле.</p> <p>Тема 8. Расчёт и проектирование газогенератора маршевой ступени Термодинамический расчёт газогенераторных топлив. Определение температуры, состава, газовой постоянной и расходного комплекса продуктов газогенерации в зависимости от давления в ГГ. Закон скорости горения топлива ГГ в зависимости от давления и температуры. Диапазоны изменения температуры и давления стабильного горения твёрдого топлива. Расчёт характеристик газогенератора: давления и суммарной площади выходных сечений в зависимости от заданного расхода продуктов газогенерации (для разных температур заряда ТТ). Проектирование газогенератора с регулируемым расходом продуктов газогенерации. Проектирование переходного устройства.</p> <p>Тема 9. Характеристики ВЗУ прямооточных двигателей Коэффициенты расхода воздуха и восстановления полного давления в диффузоре в зависимости от угла атаки: для разных чисел Маха набегающего потока воздуха и для разных вариантов компоновки ВЗУ на корпусе ЛА (двухпатрубковые ВЗУ, расположенные под углом 90 и 180°, четырёхпатрубковые, расположенные</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>крестообразно и крестообразно повернутые). Совместное влияние углов атаки и скольжения ЛА на характеристики ВЗУ. Коэффициенты запаса по помпажу и по зуду. Выбор оптимальной конструкции ВЗУ.</p> <p>Тема 10. Расчёт и проектирование маршевого РПДТ Термодинамический расчёт процесса горения в камере дожигания. Определение температуры, состава, газовой постоянной и расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии. Приближённый расчёт расходных, высотных и скоростных характеристик маршевого двигателя с нерегулируемыми ВЗУ и соплом. Учёт запаса по помпажу и по зуду, потерь полного давления в каналах ВЗУ, на входе в КС (при смешении и завихрении потоков), в КС (возникают при подводе тепла при больших скоростях потока). Выбор оптимальных режимов работы РПДТ. Проектирование камеры сгорания маршевого РПДТ.</p>				
Особенности проектирования КПВРД ПМГ	6	4	0	14
<p>Тема 11. Экспериментально-теоретическое обоснование работоспособности и эффективности основных систем КПВРД ПМГ НТГГ: обоснование длительной (более 300 с) генерации газа с низкой температурой (менее 300? С) и заданным расходом. Система подачи ПМГ: обоснование устойчивой подачи порошкообразного горючего с глубоким регулированием расхода (более 10 раз) и равномерным распыливанием по поперечному сечению форкамеры. Форкамера: устойчивое воспламенение, стабилизация пламени и первичное горение ПМГ. Основная камера сгорания: эффективность вторичного горения.</p> <p>Тема 12. Расчёт и проектирование маршевого ПВРД ПМГ Термодинамический расчёт горения аэрозвеси порошков металлов в форкамере и основной камере сгорания. Определение температуры, состава, газовой постоянной и расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии. Приближённый расчёт расходных, высотных и скоростных характеристик маршевого двигателя с нерегулируемыми ВЗУ и соплом. Учёт запаса по помпажу и по зуду, потерь полного давления в каналах ВЗУ, на входе в основную камеру и в основной камере сгорания. Выбор оптимальных</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
режимов работы ПВРД ПМГ.				
ИТОГО по 10-му семестру	24	18	0	62
ИТОГО по дисциплине	24	18	0	62

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение конструкции стартового РДТТ
2	Изучение конструкции камеры сгорания маршевого РПДТ
3	Изучение конструкции газогенератора с регулируемым расходом продуктов газогенерации
4	Изучение конструкции переходного устройства РПДТ
5	Термодинамический расчёт газогенераторных топлив. Определение температуры, газовой постоянной и состава в зависимости от давления в газогенераторе
6	Определение расходного комплекса продуктов газогенерации в зависимости от давления в газогенераторе. Расчёт характеристик газогенератора: давления и суммарной площади выходных сечений в зависимости от заданного расхода продуктов газогенерации (для разных температур заряда)
7	Термодинамический расчёт процесса горения в камере дожигания РПДТ. Определение температуры, состава и газовой постоянной расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии
8	Определение расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии. Расчёт расходных, высотных и скоростных характеристик маршевого двигателя РПДТ с регулируемым ВЗУ и соплом
9	Приближённый расчёт расходных характеристик маршевого двигателя с нерегулируемыми ВЗУ и соплом. Учёт запаса по помпажу, потерь полного давления в каналах ВЗУ, на входе в КС и в самой КС

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Евграшин Ю. Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе : учебное пособие для вузов / Ю. Б. Евграшин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	152
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Абугов Д. И. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива : учебник для вузов / Д. И. Абугов, В. М. Бобылев. - М.: Машиностроение, 1987.	14
2	Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей : учебник для вузов / В.М. Акимов [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1987.	15
2.2. Периодические издания		

1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Обносов Б. В. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе : учеб. / Обносов Б. В., Сорокин В. А., Яновский Л. С., Ягодников Д. А., Францкевич В. П., Животов Н. П., Суриков Е. В., Кобко Г. Г., Тихомиров М. А., Шаров	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106299	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Проектирование комбинированных реактивных двигателей»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Специальность:	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация программы специалитета	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Квалификация выпускника:	инженер
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	очная
Специальность:	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

Курс: 5

Семестр: 10

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 10 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Проектирование комбинированных реактивных двигателей». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (10-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КСР		Экзамен
Усвоенные знания						
З.1 Знает основные конструктивные элементы КРД; физико-химические свойства и энергетические характеристики топлив КРД, процессы в основных конструктивных элементах; условия работы стартового двигателя, газогенератора и камеры сгорания маршевого двигателя.		ТО1-ТО8		КСР1-КСР3		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет формулировать критерии и направления оптимизации процессов и конструкции КРД; проводить термогазодинамические расчёты процессов в КРД; оценивать конструкторские мероприятия по повышению энергетической эффективности и надёжности конструкции КРД			ОЛР1-ОЛР9	КСР1-КСР3		ПЗ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КСР		Экзамен
Приобретенные владения						
В.1 Владеет методологией проектирования и расчёта основных конструктивных элементов КРД; перспективными методиками исследования процессов в КРД; навыками оценки эффективности процессов и совершенства конструкции КРД.			ОЛР1- ОЛР9			КЗ

С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КСР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Контроль самостоятельной работы

Согласно РПД запланировано 4 часа контроля самостоятельной работы (КСР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания КСР:

1. Классификация комбинированных реактивных двигателей
2. Схема летательного аппарата с КРПДТ. Основные элементы конструкции КРПДТ и их назначение.
3. Варианты конструкций маршевых и стартово-разгонных ступеней.
4. Этапы разработки комбинированных прямоточных двигателей

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, лабораторные работы (ЛР) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Классификация комбинированных реактивных двигателей.
2. Схема летательного аппарата с КРПДТ. Основные элементы конструкции КРПДТ и их назначение.
3. Варианты конструкций маршевых и стартово-разгонных ступеней.
4. Конструкция газогенератора и переходного устройства КРПДТ.
5. Конструкция газогенератора и переходного устройства КРПДТ.
6. Материалы элементов конструкции КРПДТ и их свойства.
7. Особенности конструкции КПВРД на порошкообразных металлических горючих.
8. Система регулируемой подачи порошкообразного горючего и низкотемпературный газогенератор.
9. Этапы разработки комбинированных прямоточных двигателей.
10. Основные исходные данные при проектировании комбинированных прямоточных двигателей.
11. Проектирование газогенератора маршевой ступени.
12. Характеристики воздухозаборных устройств прямоточных двигателей.
13. Проектирование маршевого ракетно-прямоточного двигателя твёрдого топлива.
14. Особенности проектирования КПВРД на порошкообразных металлических горючих.
15. Проектирование маршевого ПВРД на порошкообразных металлических горючих.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Термодинамический расчёт газогенераторных топлив.
2. Определение температуры, газовой постоянной и состава в зависимости от давления в газогенераторе.
3. Определение расходного комплекса продуктов газогенерации в зависимости от давления в газогенераторе.
4. Расчёт характеристик газогенератора: давления и суммарной площади выходных сечений в зависимости от заданного расхода продуктов газогенерации (для разных температур заряда).
5. Термодинамический расчёт процесса горения в камере дожигания РПДТ.
6. Определение температуры, состава и газовой постоянной расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Приближённый расчёт расходных характеристик маршевого двигателя с нерегулируемыми ВЗУ и соплом. Учёт запаса по помпажу, потерь полного давления в каналах ВЗУ, на входе в КС и в самой КС

2. Определение расходного комплекса продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха и его энтальпии. Расчёт расходных, высотных и скоростных характеристик маршевого двигателя РПДТ с регулируемыми ВЗУ и соплом

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в Приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзаменесчитается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Пример типовой формы экзаменационного билета



ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»

Специальность
24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных
двигателей»

Специализация
«Проектирование ракетных двигателей твердого
топлива»

Кафедра
«Ракетно-космическая техника и энергетические
системы»

Дисциплина
«Проектирование комбинированных реактивных
двигателей»

БИЛЕТ № 1

1. Классификация комбинированных реактивных двигателей.

2. Расчёт характеристик газогенератора: давления и суммарной площади выходных сечений в зависимости от заданного расхода продуктов газогенерации (для разных температур заряда).

3. Приближённый расчёт расходных характеристик маршевого двигателя с нерегулируемыми ВЗУ и соплом. Учёт запаса по помпажу, потерь полного давления в каналах ВЗУ, на входе в КС и в самой КС.

Составитель _____
(подпись)

Малинин В.И.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Соколовский М.И.

« ___ » _____ 202_ г.