

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

Институт авиации, наземного транспорта и энергетики
Кафедра Реактивных двигателей и энергетических установок

Регистрационный номер **1130/с-61**

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

дисциплины (модуля)

"Динамика и прочность ракетных двигателей"

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.03.01**

Направление подготовки: **24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов»**

Квалификация: **бакалавр**

Профиль подготовки: **«Ракетные двигатели»**

Вид профессиональной деятельности: **проектно-конструкторская**

Разработал доцент кафедры РДЭУ А.И. Глазунов

Казань 2017

РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

1.1 Цель преподавания учебной дисциплины (модуля).

Целью изучения дисциплины «Динамика и прочность ракетных двигателей» является:

- ознакомление студентов с концептуальными основами проектирования элементов конструкции ракетных двигателей, как современной отрасли науки об уникальных энергосистемах;
- формирование технического и технологического мировоззрения на основе знания особенностей сложных динамических систем;
- приобретение навыков конструкционных и проектных работ.

В процессе освоения данной дисциплины обучающийся формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- общие методы проектирования, как составная часть основ конструирования;
- принципы оптимального проектирования сложных динамических систем и подсистем;
- основные методы проектирования;
- современные достижения в области реактивных двигателей на жидком топливе.

1.2 Задачи учебной дисциплины (модуля).

Задачей освоения программы дисциплины «Динамика и прочность ракетных двигателей» является приобретение студентом компетенций соответствующих проектно-конструкторской деятельности выпускника:

- изучение основ конструирования, знакомство с конструкцией различных энергоустановок;
- формирование представлений о функционировании систем и подсистем сложных устройств;
- изучение взаимосвязей между отдельными системами и элементами конструкции;
- знание нормативных документов (норм, государственных и отраслевых стандартов).

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО.

Дисциплина «Динамика и прочность ракетных двигателей» входит в учебный план, как одна из профилирующих в основной образовательной программе подготовки по направлению 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов», профиль "Ракетные двигатели".

1.4 Объем учебной дисциплины (модуля) (с указанием трудоемкости всех видов учебной работы).

Таблица № 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Виды учебной работы	Общая трудоемкость		Семестр:	
	в ЗЕ	в час	7	
			в ЗЕ	в час
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	4	144	4	144
Аудиторные занятия	1	36	1	36
Лекции	0,5	18	0,5	18
Лабораторные работы	0,5	18	0,5	18
Практические занятия	-	-	-	-
Самостоятельная работа студента	3	108	3	108
Проработка учебного материала	2	72	2	72
Курсовой проект	-	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	1	36
Промежуточная аттестация:				экзамен

1.5 Планируемые результаты обучения

Таблица № 2

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ПК-1 <i>Способность принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования</i>			
Знать методы расчёта и основ конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием стандартных средств проектирования	Знать основы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА в соответствие с ТЗ и с применением стандартных средств автоматизации проектирования	Знать <ul style="list-style-type: none"> известные методы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА в соответствие с ТЗ и с применением стандартных средств автоматизации проектирования применяемых материалов и их технологических особенностей нормы проектирования 	Знать <ul style="list-style-type: none"> различные методы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА физико-механические свойства материалов нормы проектирования оболочек элементов ДЛА для простых и сложных нагружений
Уметь составлять расчётные модели нагружения деталей и узлов ДЛА с привлечением стандартных средств автоматизации проектирования	Уметь составлять расчётные методики оценки прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА с применением стандартных средств автоматизации проектирования	Уметь делать оценки прочности и устойчивости корпусных оболочечных конструкций ДЛА с применением норм проектирования и в соответствие с ТЗ	Уметь работать с методами расчёта прочности и устойчивости оболочечных конструкций ДЛА для простых и сложных нагружений из высокопрочных материалов, подлежащих нормированию
Владеть навыками применения стандартных средств автоматизации проектирования отдельных деталей и узлов ДЛА в соответствие с техническим заданием	Владеть навыками применения стандартных средств проектирования корпусных оболочек и силовых элементов ДЛА	Владеть <ul style="list-style-type: none"> навыками применения стандартных средств проектирования оболочек и силовых элементов ДЛА для оценки прочности и устойчивости навыками выбора материалов 	Владеть способностью вести расчёты и проектирование оболочек ДЛА в соответствие <ul style="list-style-type: none"> с техническим заданием с использованием норм и средств автоматизации с рекомендуемыми высокопрочными сталями и сплавами для простых и сложных нагружений
ПК-3 <i>Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений</i>			
Знать конструкцию двигателя на жидком топливе, нормы проектирования на этапе эскизных проектных решений.	Знать <ul style="list-style-type: none"> основные методы расчетов с технико-экономическим обоснованием интегральных изде- 	Знать <ul style="list-style-type: none"> основные методы расчетов с технико-экономическим и эффективным анализом интегральных изделий в целом, 	Знать <ul style="list-style-type: none"> основные методы расчетов с технико-экономическим и эффективным анализом интегральных изделий в целом, критерии применимо-

	лий	<ul style="list-style-type: none"> • критерии применимости расчётных методик, их допустимые области в проектах с технико-экономическим обоснованием при проектировании отдельных конструкций и изделий в целом 	<p>сти расчётных методик, их допустимые области в проектах с технико-экономическим обоснованием при проектировании отдельных конструкций и изделий в целом,</p> <ul style="list-style-type: none"> • вероятностную оценку достоверности расчётных и проектных методик, учитывающих техническую и экономическую составляющую при комплексном анализе проектных решений по современным образцам новой техники
<p>Уметь находить компромисс между различными требованиями, предъявляемыми к проектируемому двигателю и его агрегату.</p>	<p>Уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> • аргументированно обосновать методы проектирования с учётом технической и экономической целесообразности 	<p>Уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> • аргументированно обосновать методы проектирования с учётом технической и экономической целесообразности, • грамотно и аргументированно вести многовариантные расчёты технических изделий в проектах, учитывающих экономическую эффективность 	<p>Уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> • аргументированно обосновать методы проектирования с учётом технической и экономической целесообразности, • грамотно и аргументированно вести многовариантные расчёты технических изделий в проектах, учитывающих экономическую эффективность, • аргументированно доказывать основные выводы, • делать анализ спроектированной конструкции с учётом технической, функциональной и экономической целесообразности, • практически давать оценку различным проектным решениям
<p>Владеть основами технико-экономического анализа при эскизном проектировании двигателя на жидком топливе.</p>	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой ведения расчётных и проектных работ, • основными техническими и экономическими параметрами в проектах разных этапов 	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой ведения расчётных и проектных работ, • основными техническими и экономическими параметрами в проектах разных этапов, • навыками применения модификации расчётных и проектных работ при создании типовой конструкции с предварительным и технико-экономическим 	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой ведения расчётных и проектных работ, • основными техническими и экономическими параметрами в проектах разных этапов, • навыками применения модификации расчётных и проектных работ при создании типовой конструкции со стоимостным и техническим анализом выполненных проектов, • современными методиками технических расчё-

		анализом выполненных проектов	тов и их модернизаций, <ul style="list-style-type: none"> оценками погрешностей, вероятностными характеристиками в средствах проектирования эффективных конструкций
ПК-5 <i>Способность принимать участие в разработке методических и нормативных документов по проектированию двигателей летательных аппаратов и проведении мероприятий по их реализации</i>			
Знать нормативные показатели, применяемые при проектировании двигателя.	Знать <ul style="list-style-type: none"> методические, нормативные документы для реализации в проектах и программах 	Знать <ul style="list-style-type: none"> методические, нормативные документы для реализации в проектах и программах, виды технической, нормативной и методической документации, номенклатуру и технологию реализации проектов 	Знать <ul style="list-style-type: none"> методические, нормативные документы для реализации в проектах и программах, виды технической, нормативной и методической документации, номенклатуру и технологию реализации проектов, современные виды документации, определяющих техническую и методическую базу разработанных проектов и программ, современный технический уровень обеспечения, выполнения и контроля нормативных показателей разработанности проектов и программ
Уметь формировать предложение по реализации проектов и программ испытаний.	Уметь <ul style="list-style-type: none"> выстроить последовательность и форму представления документации на основные виды проектных работ 	Уметь <ul style="list-style-type: none"> выстроить последовательность и форму представления документации на основные виды проектных работ, сформулировать основные требования методического характера в проектах и программах по реализации разработанных конструктивных продуктов 	Уметь <ul style="list-style-type: none"> выстроить последовательность и форму представления документации на основные виды проектных работ, сформулировать основные требования методического характера в проектах и программах по реализации разработанных конструктивных продуктов, формулировать современные требования на разрабатываемые документы, входящие в проекты всех видов, последовательно выстроить систему нормоконтроля технического проекта

<p>Владеть навыками составления нормативных документов и технических условий на сборку, испытание и утилизацию проектируемого двигателя твердого топлива.</p>	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками практической работы с техническими, нормативными и методическими документами, способствующих реализации проектов и программ 	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками практической работы с техническими, нормативными и методическими документами, способствующих реализации проектов и программ, • навыками по разработке рацпредложений и комплекса мероприятий по реализации разработанных проектов и программ 	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками практической работы с техническими, нормативными и методическими документами, способствующих реализации проектов и программ, • навыками по разработке рацпредложений и комплекса мероприятий по реализации разработанных проектов и программ, • современными средствами, нормами и методиками по формированию необходимого и достаточного пакета документов в различных программах и пакетах, • современным уровнем сравнительной оценки завершённых проектов с технической, нормативной и методической составляющей
--	--	--	--

Компетенции, получаемые студентами при изучении дисциплины Б1.В.ДВ.03.01 «Динамика и прочность ракетных двигателей», могут быть использованы при выполнении бакалаврской работы.

РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Общая трудоемкость дисциплины «Динамика и прочность ракетных двигателей» составляет 4 З.Е. (ФГОС-3+). Объем часов учебной работы по формам обучения, по видам занятий и по самостоятельной работе студента представлен в таблице в соответствии с учебным рабочим планом:

Распределение фонда времени по видам занятий Таблица № 3

	Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
			лекции	лаб. раб.	пр. зан	сам. раб.		
Раздел 1. Основные сведения о динамике процессов в ракетных двигателях.								
1.	Тема 1.1. Конструктивно-силовые элементы ЖРД.	4	2			2	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В	Собеседование
2.	Тема 1.2. Модели материалов и напряжений.	12	2	4		6	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В	Контроль отчетов по лаб. работе
3.	Тема 1.3. Колебания в ракетных двигателях.	4	2			2	ПК-1.3 ПК-5.3 ПК-5.У	Собеседование
4.	Тема 1.4. Динамическое нагружение конструкций.	8	2	2		4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-5.3 ПК-5.У	Собеседование
5.	Тема 1.5 Динамические характеристики ЖРД.	4	2			2	ПК-5.3 ПК-5.У	Отчет о самостоятельной работе ФОС ТК-1
6.	Тема 1.6. Волновые процессы в магистралях ЖРД.	8	4			4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-5.3 ПК-5.У ПК-5.В	Собеседование
7.	Тема 1.7. Запуск и выключение двигателя.	20	2	8		10	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-3.3 ПК-3.У ПК-3.В ПК-5.3 ПК-5.У ПК-5.В	Контроль отчета по лаб. работе Собеседование
8.	Тема 1.8. Параметрические колебания.	12	2	4		6	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-5.3 ПК-5.У ПК-5.В	Контроль отчета по лаб. работе
	Подготовка к промежуточной аттестации	36				36		ФОС ПА-1 Экзамен
	Всего за семестр	108	18	18		72		

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Фонд оценочных средств для оценки уровня освоения компетенций включает тестовые задания для текущего контроля (ФОС ТК-1), контрольные вопросы к лабораторным работам, вопросы на зачете по всему пройденному курсу (ФОС ПА-1).

Перечисленный фонд оценочных средств позволяет оценить степень освоения составляющих компетенций: ПК-1, ПК-3 ПК-5. Для оценки уровня усвоения составляющих перечисленных компетенций в тестовые задания и контрольные вопросы включаются вопросы трех уровней сложности, которые соответствуют пороговому, продвинутому и превосходному уровням. Практические навыки, соответствующие оцениваемым компетенциям, определяются по результатам выполнения заданий при выполнении лабораторных работ. Глубина предметных знаний оценивается по содержательности и глубине ответов при собеседовании.

3.1 Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств текущего контроля

№п/п	Наименование раздела (модуля)	Вид оценочных средств	Примечание
1.	Модуль № 1	ФОС ТК-1	Отчет о выполнении самостоятельной работы и контроль задания на лабораторных занятиях

- Примерные контрольные вопросы для самопроверки.
 - Что определяет динамическое нагружение конструкции?
 - Классификация частот колебаний в ракетном двигателе на жидком топливе.
 - Покажите формы осесимметричных колебаний цилиндрической оболочки.
 - Нагрузки, действующие на двигательную установку в полёте.
 - Что такое коэффициент динамичности?
 - Что такое гидравлический удар в трубопроводе?
 - Что такое конструкционные дефекты?
- Вопросы по самостоятельной работе.

- Допущения при создании расчётной схемы, нагруженной внутренним давлением.
- Расчетная схема эскизного проектирования криволинейного участка магистрали жидкого компонента.
- Эксплуатационные дефекты конструкции.
- Факторы, влияющие на прочность при действии переменных сил.

3.2 Оценочные средства для промежуточного контроля.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины, разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

Первый этап: решение практических задач

Типовые тестовые задания:

1. Что такое обобщённый критерий прочности?
2. Численное значение, логарифмического декремента затухания колебаний для стального образца.
3. Параметры включения ЖРДУ.

Второй этап: вопросы к комплексному заданию

Теоретические навыки:

1. Параметрические колебания являются собственными или вынужденными?
2. Количественная характеристика работоспособности ДЛА.
3. Количественная оценка надёжности.

Практические навыки:

Пример типовой задачи:

1. Рассчитать коэффициент динамичности для случая нагружения $T_c=5 \cdot 10^4$ Н и $T_d=6 \cdot 10^4$ Н.
2. Рассчитать коэффициент динамичности многоступенчатой ракеты при $T_c=6 \cdot 10^6$ Н и $T_d=7 \cdot 10^6$ Н.
3. Решить задачу эскизного проектирования на устойчивость камеры сгорания, обращая внимание на последовательность и итерации.

3.3 Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины проведение промежуточной аттестации проводится в два этапа: **тестирование** и **письменный ответ**.

Первый этап проводится в виде тестирования. Тестирование ставит целью оценить пороговый уровень освоения обучающимися заданных результатов, а так же знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки превосходного и продвинутого уровня усвоения компетенций проводится второй этап в виде письменного ответа на контрольные вопросы и решение задач.

3.4 Критерии оценки промежуточной аттестации

Система оценки промежуточной аттестации

Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Выражение в баллах	Словесное выражение
Освоен превосходный уровень усвоения компетенций	от 86 до 100	Отлично
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Хорошо
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Удовлетворительно
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Неудовлетворительно

РАЗДЕЛ 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).

4.1.1. Основная литература:

1. Машиностроение. Энциклопедия в 40 т.: Раздел IV. Расчет и конструирование машин / гл. ред. К. В. Фролов. - М. : Машиностроение. Т. IV-22: в 2-х кн. : Ракетно-космическая техника, Кн. 2, Ч. 2 / И. П. Абрамов [и др.] ; ред. В. П. Легостаев. - 2014. - 548 с.

4.1.2. Дополнительная литература:

2. Волков Е.Б., Сырицин Г.А., Мазинг Г.Ю. Статика и динамика ракетных двигательных установок (в двух томах). Книга т. II. Динамика. М.: Машиностроение, 1978, - 320 с.
3. Прочность ракетных конструкций. Учебное пособие / В.И. Моссаковский и др. М.: Высшая школа, 1990.-359с.
4. Феодосьев В.И. Прочность теплонапряженных узлов ЖРД. М.: Оборонгиз. – 1963. – 212с.
5. Колесников К.С., Рыбак С.А., Самойлов Е.А. Динамика топливных систем ЖРД. М.: Машиностроение, 1975, - 172 с.
6. Статика и динамика тонкостенных оболочечных конструкций. Кармишин А.В., Лесковец В.А., Мяченков В.И., Фролов А.Н. М.: Машиностроение, 1975, - 376 с.
7. Махин В.А., Присняков В.Ф., Белик Н.П. Динамика жидкостных ракетных двигателей. / Под ред. проф. В.А. Махина. М.: Машиностроение, 1969, - 384 с.
8. Белоусов А.И. Динамика и прочность ракетных двигателей. Электронный курс лекций. СГАУ им. Акад. С.П. Королёва (нац. исследовательский университет) Самара. 2013. - 456с. Доступ: <http://repo.ssau.ru/handle/Uчебnye-posobiya/Dinamika-i-prochnost-raketnyh-dvigateli-Elektronnyi-resurs-elektron-kurs-lekcii-55168>

Методическая литература к выполнению лабораторных занятий:

1. Кудрявцев В.М., Дорофеев А.А. и др. Сборник вопросов и задач по основам теории и расчёта ракетных двигателей. Учебное пособие. — Е. Л. Березанская, В. А. Буркальцев, В. Т. Волков и др.; Под ред. В.М. Кудрявцева и А.А. Дорофеева. — М.: Изд-во ЦНИИИТИ КПК, 1995— 228 с.
2. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 571 с.
3. ЖРД РД-170 (11В521) и РД-171 (11Д520). <http://www/Lpre.de/energomach/RD-170/>

4.2. Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.2.1. Основное информационное обеспечение

1. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник. В 10-ти т. / Под ред. акад. В. П. Глушко. – М.: ВИНТИ, 1971 – 1979 гг.
2. Электронные ресурсы:
<http://qorakniq.org/tehnika/>
<http://www.seu.ru/cci/lib/books/tehdeyat/sessia2/03.html>
<http://vestnikmach.bmstu.ru/articles/107/html/files/assets/basic.html/index.html#1>
<http://militaryrussia.ru/blog/topic-671.html>

4.2.2. Дополнительное справочное обеспечение.

3. Ягодников, Д.А. Ракетные двигательные установки. Термины и определения: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Д.А. Ягодников, Н.Я. Ирьянов. – Электрон. дан. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 84 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58406>
4. ГОСТ 9940 – 81 Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.
5. ГОСТ 5632 – 72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
6. ГОСТ 56463 – 2015 Двигатели ракетные жидкостные малой тяги. Общие требования к изготовлению и контролю качества при поставках в эксплуатацию.
7. ГОСТ 53374 – 2009 Двигатели ракетные жидкостные. Общие требования к изготовлению и контролю качества при поставках в эксплуатацию.
8. ГОСТ 56517 – 2015 Двигатели ракетные жидкостные. Правила контроля качества изготовления по предельно допустимым значениям выходных параметров с учетом погрешностей измерений.

4.3. Кадровое обеспечение

4.3.1. Базовое образование

Базовое образование в предметной области «Двигатели ракетные на твердом топливе» с дипломом инженера-механика по ДЛА; магистра со специализацией «Динамика и прочность ракетных двигателей»

4.3.2. Профессионально-предметная квалификация преподавателей

Наличие научных и методических работ по направлению подготовки "Двигатели ЛА" и знание цикла предметов и владение современным уровнем информации о ДЛА на твердом топливе.

4.3.3. Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей

Чтение лекций – доцент, как минимум – старший преподаватель, практика – ассистент и т.д.

РАЗДЕЛ 5. ВНОСИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ

5.1 Лист регистрации изменений, вносимых в рабочую программу дисциплины (модуля) «Динамика и прочность ракетных двигателей»

Лист регистрации изменений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК ИАНТЭ
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					