

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

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

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

«Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях»

Индекс по учебному плану: **Б1.В.08**

Направление подготовки: **24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»**

Квалификация: **инженер**

Специализация: **«Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях»**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **проектно- конструкторская,**
научно –исследовательская

Разработчик: старший преподаватель кафедры «РДЭУ» О.А. Тихонов

Казань 2017 г.

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

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Учебная дисциплина направлена на изучение свойств топлив, применяемых в двигателях летательных аппаратов и энергоустановок на их основе; на освоение методов теплового расчета двигателей и энергоустановок, включающих определение параметров горения химических топлив и последующего течения продуктов сгорания в каналах сложных форм.

1.2 Задачи дисциплины (модуля)

Основные задачи дисциплины:

- изучить энергетические и механические свойства топлив и основные требования, предъявляемых к ним для различных двигателей летательных аппаратов;

- уметь целесообразно производить выбор топлива и соотношение его компонентов в зависимости от назначения летательного аппарата;

- изучить модели и методы расчета равновесных параметров и свойств высокотемпературных гомогенных и гетерогенных систем, равновесных и неравновесных процессов течения реагирующих многокомпонентных смесей;

- изучить зависимости термодинамических и теплофизических свойств от различных параметров;

- уметь готовить исходные данные для проведения термодинамических расчетов, самостоятельно их проводить с помощью программных средств;

- владеть методами контроля достоверности полученных результатов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина «Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях» входит в состав Вариативного модуля Блока 1.

1.4 Объем 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)	2	72	2	72
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>1,5</i>	<i>54</i>	<i>1,5</i>	<i>54</i>
Лекции	1	36	1	36
Лабораторные работы				
Практические занятия	0,5	18	0,5	18
<i>Самостоятельная работа студента</i>	<i>0,5</i>	<i>18</i>	<i>0,5</i>	<i>18</i>
Проработка учебного материала	0,5	18	0,5	18
Курсовой проект				
Курсовая работа				
Подготовка к промежуточной аттестации				
Промежуточная аттестация:	зачет			

1.5 Планируемые результаты обучения

Таблица 2

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
<i>ПК-1 – способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования.</i>			
Знание - основ физико-математического моделирования свойств рабочих тел и процессов в двигателях и энергоустановках	Знание основ расчета свойств рабочих тел и процессов в двигателях и энергоустановках	Знание основ физико-математического моделирования свойств рабочих тел и процессов. методов расчета равновесных состояний в тепловых двигателях и энергоустановках	Знание основ физико-математического моделирования свойств рабочих тел и процессов. методов расчета равновесных состояний. основ неравновесных процессов. основ расчета токсичности в тепловых двигателях и энергоустановках

<p>Умение - использовать основы знаний для моделирования свойств рабочих тел и процессов в двигателях и энергоустановках</p>	<p>Умение использовать основы знаний для проведения оценочных расчетов свойств рабочих тел и равновесных процессов в тепловых двигателях и энергоустановках</p>	<p>Умение использовать основы знаний для расчета свойств рабочих тел и равновесных процессов в тепловых двигателях и энергоустановках, оценки свойств переноса</p>	<p>Умение использовать основы знаний для моделирования свойств рабочих тел и равновесных процессов в тепловых двигателях и энергоустановках, оценки свойств переноса, неравновесности процессов, токсичности</p>
<p>Владение - навыками расчета равновесного состава и свойств продуктов сгорания тепловых двигателей; - навыками использования программных средств для проведения вычислительных работ при проектировании.</p>	<p>Владение навыками расчета равновесного состава продуктов сгорания простейших топливных пар тепловых двигателей, в том числе с использованием программных средств.</p>	<p>Владение навыками расчета равновесного состава продуктов сгорания различных топливных композиций тепловых двигателей и энергоустановок в широком диапазоне исходных данных, в том числе с использованием программных средств.</p>	<p>Владение навыками расчета равновесного состава и свойств продуктов сгорания различных топливных композиций тепловых двигателей и энергоустановок в широком диапазоне исходных данных, оценки свойств переноса, неравновесности, токсичности процессов, в том числе с использованием программных средств.</p>
<p>ПК-26 – способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности</p>			
<p>Знание: - механизмов горения топлива в различных агрегатных состояниях; - физических и математических моделей физико-химических равновесных и неравновесных процессов в двигателях и энергоустановках; - влияния параметров рабочих процессов на геометрию проточных трактов двигателей и энергоустановок.</p>	<p>Знание - базовых механизмов горения топлива в различных агрегатных состояниях; - некоторых физических и математических моделей равновесных процессов в двигателях и энергоустановках; - влияния отдельных параметров рабочих процессов на геометрию проточных трактов двигателей и энергоустановок.</p>	<p>Знание - механизмов горения топлива в различных агрегатных состояниях; - физических и математических моделей равновесных процессов в двигателях и энергоустановках; - влияния параметров рабочих процессов на геометрию проточных трактов двигателей и энергоустановок.</p>	<p>Знание - механизмов горения топлива в различных агрегатных состояниях; - физико-химических равновесных и неравновесных процессов в двигателях и энергоустановках; - влияния параметров рабочих процессов на геометрию проточных трактов двигателей и энергоустановок.</p>

<p>Умение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать и применять физические и математические модели процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном и неравновесном приближении; - использовать физическое и математическое моделирование ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур, параметров течения и свойств реагирующей смеси. 	<p>Умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять физические и математические модели процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном приближении; - использовать физические и математические модели ламинарных пламен для прогнозирования концентраций, температур и параметров течения. 	<p>Умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать и применять физические и математические модели процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном приближении; - использовать физические и математические модели ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур и параметров течения. 	<p>Умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать и применять физические и математические модели процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном и неравновесном приближении; - использовать физические и математические модели ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур, параметров течения, свойств реагирующей смеси.
<p>Владение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки и применения физических и математических моделей процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном и неравновесном приближении; - навыками использования физического и математического моделирования ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур, параметров течения и свойств реагирующей смеси. 	<p>Владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применения физических и математических моделей процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном приближении; - использования физических и математических моделей ламинарных пламен для прогнозирования концентраций, температур и параметров течения. 	<p>Владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разработки и применения физических и математических моделей процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном приближении; - использования физических и математических моделей ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур и параметров течения. 	<p>Владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разработки и применения физических и математических моделей процессов горения и течения в камерах сгорания двигателей и энергоустановок в равновесном и неравновесном приближении; - использования физических и математических моделей ламинарных и турбулентных пламен для прогнозирования концентраций, температур, параметров течения, свойств реагирующей смеси.

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

2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Таблица 3

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Введение.	1	1				ПК- 1.3	Собеседование
Раздел 1. Определение состава топлива и продуктов сгорания в рабочих процессах.							<i>ФОС ТК-1 тесты</i>
Тема 1.1. Расчет условной формулы и термодинамики исходных топлив.	1	1				ПК- 1.3. ПК- 1.У, ПК- 1.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.2. Расчет равновесного состава, термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания топлив.	13	4		6	3	ПК- 1.3. ПК- 1.У, ПК - 1.В. ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Раздел 2. Топлива авиационных и ракетных двигателей.							<i>ФОС ТК-2 тесты</i>
Тема 2.1. Топлива для авиационных двигателей.	8	6			2	ПК- 1.3. ПК- 1.У, ПК- 1.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет по сам-ной работе.
Тема 2.2. Жидкие ракетные топлива (ЖРТ).	8	6			2	ПК- 1.3. ПК- 1.У, ПК- 1.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 2.3. Твердые ракетные топлива (ТРТ).	8	6			2	ПК- 1.3. ПК- 1.У, ПК- 1.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Раздел 3. Рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях.							<i>ФОС ТК-3 тесты</i>
Тема 3.1. Горение газообразного топлива.	11	4		4	3	ПК- 26.3. ПК- 26.У, ПК- 26.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет по сам-ной работе.
Тема 3.2. Горение жидкого топлива.	11	4		4	3	ПК- 26.3. ПК- 26.У, ПК- 26.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.

Тема 3.3. Горение твердого ракетного топлива.	11	4		4	3	ПК- 26.З, ПК- 26.У, ПК- 26.В.	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Зачет							<i>ФОС ПА - комплексное задание</i>
ИТОГО:	72	36		18	18		

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

3.1 Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля (ФОС ТК) является составной частью РП дисциплины (модуля) и хранится на кафедре.

Таблица 5

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Вид оценочных средств	Примечание
1.	Определение состава топлива и продуктов сгорания в рабочих процессах.	ФОС ТК-1	Индивидуальные задания для практических занятий (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-1)
2.	Топлива авиационных и ракетных двигателей.	ФОС ТК-2	Индивидуальные задания для практических занятий (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по второму разделу (модулю) (ФОС ТК-2)
3.	Рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях.	ФОС ТК-3	Индивидуальные задания для практических занятий (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-3)

Типовые оценочные средства для текущего контроля:

При температуре горения топливных пар выше 2000 К

- равновесный состав практически не меняется;
- *необходимо учитывать диссоциацию и ионизацию;
- равновесный состав определяется соединениями, устойчивыми к диссоциации.

Уравнения сохранения вещества – правильный вариант:

$$a) \sum_j a_{ij} n_j + n_i = M_T b_{i_T};$$

$$b) * \sum_j a_{ij} n_j + n_i = M_T b_{i_T};$$

$$c) \sum_j a_{ij} n_j - n_i = M_T b_{i_T}.$$

Вопросы по самостоятельной работе

1. Методы применяемые при расчете равновесного состава, их особенности?
2. И т.п.

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: типовые тестовые задания

1. Зная низшую теплоту сгорания можно оценить температуру горения горючего с учетом полноты сгорания:
 - a) $\eta H_u = \bar{C}_p (1 + \alpha_{ок} K_m^0) \cdot (T - T_{нач})$;
 - b) $\eta H_u = \bar{C}_p (1 + K_m^0) \cdot (T - T_{нач})$;
 - c) $H_u = \bar{C}_p (1 + \alpha_{ок} K_m^0) \cdot (T - T_{нач})$.
2. И т.п.

Второй этап: вопросы к комплексному заданию –

Теоретические навыки:

1. Назвать факторы, способствующие распаду впрыскиваемого жидкого компонента топлива на капли.
2. Назвать факторы, влияющие на скорость горения.
3. Назвать возможные механизмы горения жидких топлив в ЖРД.
4. Особенности процесса сгорания в камерах ВРД.
5. Почему в основных камерах ВРД подвод воздуха осуществляется по всей длине камеры?
6. И т.п.

Практические навыки: решение задачи из билета

Примеры типовых задач:

1. Определить состав продуктов сгорания топлива $O_{2(ж)} + H_{2(ж)}$ при $\alpha_{ок}=6$.
2. Ламинарный газовый поток горючего поступает из горелки в воздух, где он поджигается. Высота пламени – 8 см. Диаметр горелки увеличивают на 50%, а скорость потока уменьшают на 50 %. Как изменится высота пламени? Показать, что высота пламени предварительно не перемешанной смеси не зависит от давления для постоянной массовой скорости.
3. Т.п.

3.3 Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины - зачет проводится в два этапа: **тестирование** и **выполнение письменного задания**.

Первый этап проводится в виде тестирования.

Тестирование ставит целью оценить пороговый уровень освоения обучающимися знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки превосходного и продвинутого уровня усвоения компетенций проводится **Второй этап** в виде **письменного задания**, в которое входит письменный ответ на контрольные вопросы и решение задачи.

3.4 Критерии оценки промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля заносятся в АСУ «Деканат» в баллах.

Таблица 6

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	Зачтено
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Зачтено
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Зачтено
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Незачтено

РАЗДЕЛ 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1.1 Основная литература

1. Ерохин Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: Учебник. – СПб.: Изд-во «Лань», 2015. – 608 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/60037/#2>

2. Бакулин В.Н., Дубовкин Н.Ф., Котова В.Н., Сорокин В.А., Францкевич В.П., Яновский Л.С. Энергоемкие горючие для авиационных и ракетных двигателей. / Под ред. Л.С. Яновского – М.: Изд-во «Физматлит», 2009. – 400 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/49095/#1>

3. Сухов, А.В. Твердые ракетные топлива: учебное пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе» / А.В. Сухов, М.В. Тюгаев, М.М.Фещенок и др. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2006. – 28 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/58420/#2>

4. Сухов, А.В. Топлива жидкостных ракетных двигателей: учебное пособие / А.В. Сухов, К.Э. Парыгин, А.В.Сергеев, И.В.Гавриленко – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2011. – 37 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/52307/#1>

5. Вашурин В.О., Петрикевич Б.Б., Чумаев Д.А. Энергетические характеристики жидких топлив и определение основных параметров камеры ЖРД: Учебное пособие – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008. – 32 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/52286/#2>

6. Вашурин В.О., Петрикевич Б.Б., Чумаев Д.А. Энергетические характеристики твердых и гибридных топлив и определение основных параметров ракетных двигателей: Учебное пособие – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2010. – 36 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/52299/#2>

7. Сорокин В.А., Яновский Л.С., Козлов В.А., Суриков Е.В. Ракетно-прямоточные двигатели на твердых и пастообразных топливах. – М.: Изд-во «Физматлит», 2010. – 320 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/49095/#1>

8. Яновский Л.С., Харин А.А. Химмотологическое обеспечение надежности авиационных газотурбинных двигателей: Монография. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2015. – 264 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=505345>

4.1.2 Дополнительная литература

1. Алемасов, В.Е. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях энергетических установках: Учебное пособие для вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегаллин, А.С. Черенков. – М.: Химия, 2000. – 520 с.

2. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей: Учебник для студентов высших технических учебных заведений/ В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.П.Тишин; Под ред. В.П. Глушко. – М.: Машиностроение, 1989. – 464 с.

3. Кудинов, А.А. Горение органического топлива: Учебное пособие. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2015. – 390 с.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=441989>

4. Рагозин, Н.А. Реактивные топлива. – М.: Изд-во ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1963. – 165 с.

5. Зрелов, В.Н., Пискунов, В.А. Реактивные двигатели и топливо. – М.: Изд-во Машиностроение, 1968. – 312 с.

4.2 Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.2.1 Основное информационное обеспечение

1. Электронные ресурсы НТБ КНИТУ-КАИ
<http://library.kai.ru/index.php?inc=elib>

4.3 Кадровое обеспечение

4.3.1 Базовое образование

Высшее образование в предметной области двигателестроения и/или наличие ученой степени по специальностям 05.07.05, 01.02.05, 01.04.14 и/или ученого звания по указанным специальностям.

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	№ страницы внесения	Дата внесения изменения	Краткое содержание изменений (основание)
1	1	01.02.2019	Изменение наименования учредителя университета. В соответствии с утверждением устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в новой редакции (Приказ № 1042 от 26.11.2018) наименование «Министерство образования и науки Российской Федерации» читать как «Министерство науки и высшего образования Российской Федерации»
2	12	01.02.2020	Внести изменения в п.4.1.2. Дополнительная литература: 6. Химия и контроль качества эксплуатационных продуктов / Э.А. Иртуганова, С.Ю. Гармонов, В.Ф. Сопин. -М.:Инфра-М, 2019. - 528 с.