

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) **авиации, наземного транспорта и энергетики**
Кафедра **реактивных двигателей и энергетических установок**

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины (модуля)

«Тепловая защита»

Индекс по учебному плану: **Б1.Б.32.03**

Специальность: **24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

Квалификация: **инженер**

Специализация **№7 «Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях».**

Вид(ы) профессиональной деятельности **проектно-конструкторский, научно-исследовательский**

Разработчик: доцент кафедры ТиЭМ, к.т.н. Щелчков А.В.

Казань 2017 г.

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

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Овладение теоретическими основами процессов происходящих в теплозащитных покрытиях (материалах) и методов проектирования тепловой защиты двигателей летательных аппаратов и энергетических установок, для подготовки студентов к инженерной деятельности.

В курсе дисциплины излагаются необходимые основы для изучения методов и средств защиты летательных аппаратов; особенностей конвективного и радиационного теплообмена при «активных» и «пассивных» системах тепловой защиты; механизмов разрушения в условиях интенсивного нагрева; методов и средств диагностики основных характеристик теплозащитных покрытий.

1.2 Задачи дисциплины (модуля)

- обеспечение понимания сути происходящих в теплозащитных покрытиях и материалах теплофизических процессов;

- получение представления об эффективных методах проектирования тепловой защиты, теплозащитных покрытиях и материалах, применяемых в современных двигателях летательных аппаратах и энергетических установках;

- получение информации об использовании справочной литературы по теории, методам расчета и проектирования тепловой защиты двигателей летательных аппаратов и энергетических установок;

- получение представления о научно-исследовательской работе и проектно-конструкторской деятельности.

Расширение, углубление и закрепление теоретических знаний, и сочетание теории с практикой достигается на практических занятиях в учебных аудиториях кафедры, а также в период производственной практики.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина «Тепловая защита» входит в состав Базового модуля Блока 1 (дисциплина специализации).

1.4 Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины

В ходе освоения дисциплины «Термодинамика энергосистем» должны быть реализованы компетенции:

ПСК-7.5: способностью разрабатывать физические и математические модели комплекса процессов в системах тепловой защиты авиационных и ракетных двигателей и энергетических установок;

ПСК-7.6 – способность составлять алгоритмы, рассчитывать и проектировать теплонапряженные элементы авиационных и ракетных двигателей и энергетических установок;

ПСК-7.7 - способностью оценивать эффективность тепловой защиты авиационных и ракетных двигателей и энергетических установок с использованием охладителей разных агрегатных состояний (газ, жидкость, твердое тело);

ПСК-7.8 - способностью формулировать задачу и проводить исследования на высокотемпературных газодинамических стендах, выполнять критический анализ и разрабатывать практические рекомендации по проектированию систем тепловой защиты авиационных и ракетных двигателей и энергетических установок

РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1 Структура дисциплины, 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/интерактивные часы)				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
<i>Раздел 1. МЕТОДЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ</i>							<i>ФОС ТК-1 тест</i>
Тема 1.1. Введение. Проблемы тепловой защиты, обоснование необходимости создания теплозащитных систем, задачи и содержание курса.	12	2			10	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У	Текущий контроль
Тема 1.2. Методы тепловой защиты. Поглощение и накопление тепла конденсированными веществами. Конвективное охлаждение.	12	2	4	2	4	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 1.3. Массообменный принцип охлаждения. Радиационное охлаждение. Электромагнитное регулирование теплообмена. Охлаждение тел за счет физико-химических превращений на их поверхности	12	4	5	2	1	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
<i>Раздел 2. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН ПРИ ВЫСОКИХ СКОРОСТЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ ГАЗОВОГО ПОТОКА</i>							<i>ФОС ТК-2тест</i>
Тема 2.1. Газодинамическая картина обтекания тела высокоскоростным потоком. Течение в окрестности точки торможения	12	4		2	6	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 2.2. Физико-химические процессы в сжатом слое. Уравнение многокомпонентного ламинарного пограничного слоя.	12	4	5	2	1	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В;	Отчет о выполнении лабораторной

Коэффициент переноса. Параметры подобия.						ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	работы
Тема 2.3. Аналогия между тепло- и массообменном и трением. Теплообмен в точке торможения. Каталитическая способность поверхности.	12	4		2	6	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 2.4. Распределение теплового потока по поверхности тела. Теплообмен на плоской пластине в турбулентном пограничном слое. поверхности тела. Влияние шероховатости на теплообмен и трение.	12	4	4	2	2	ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В;	Отчет о выполнении лабораторной работы
<i>Раздел 3. СУБЛИМИРУЮЩИЕ И РАЗРУШАЮЩИЕСЯ ТЗП</i>							<i>ФОС ТК-3 тест</i>
Тема 3.1. Физико-химические основы процесса разрушения ТЗП.	12	2		2	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Текущий контроль
Тема 3.2. Сублимирующие и разлагающиеся ТЗП.	12	4		2	6	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В	Текущий контроль
Тема 3.3. Химическое взаимодействие материала с набегающим потоком.	12	2			10	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 3.4. Плавающие ТЗП.	12	2			10	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 3.5. Композиционные ТЗП.	12	2		2	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У	Текущий контроль
Экзамен	36				36	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	<i>ФОС ПА-1 комплексное задание</i>
Всего в 9 семестре:	180	36	18	18	108		
<i>Раздел 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ</i>							<i>ФОС ТК-4 тест</i>
Тема 4.1. Температурное поле незащищенных стенок. Стенки с тугоплавкими покрытиями.	16	4		4	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 4.2 Термические напряжения. Термостойкость материалов.	16	4		4	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У	Текущий контроль
Тема 4.3 Тепловая защита деформируемых элементов конструкций	14	4		4	6	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В	Текущий контроль
Тема 4.4. Методы экспериментального исследования ТЗП.	11	2	5	2	2	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 4.5. Методы имитации теплогазодинамических воздействий	14	4	4	2	4	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
<i>Раздел 5. ПОРИСТОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ</i>							<i>ФОС ТК-5 тест</i>
Тема 5.1. Структура пористых материалов и гидродинамика течения в порах. Теплопроводность пористых тел.	16	4		4	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 5.2. Теплообмен между	16	4		4	8	ПСК-7.53; ПСК-7.5У;	Текущий контроль

пористой матрицей и фильтрующей охлаждающей жидкостью.						ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У	
Тема 5.3. Физические процессы в пристенном слое при вдуве газа в окрестности точки торможения.	14	4		4	6	ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.83; ПСК-7.8У	Текущий контроль
Тема 5.4. Аналогия между тепло- и массообменом и трением. Теплообмен в точке торможения.	14	4	4	4	2	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 5.5. Вдув в турбулентный пограничный слой.	13	2	5	4	2	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Курсовая работа	36				36	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	<i>ФОС ПА-2</i> защита курсовой работы комплексное задание
Экзамен	36				36	ПСК-7.53; ПСК-7.5У; ПСК-7.5В; ПСК-7.63; ПСК-7.6У; ПСК-7.6В; ПСК-7.73; ПСК-7.7У; ПСК-7.7В; ПСК-7.83; ПСК-7.8У; ПСК-7.8В	<i>ФОС ПА-3</i> комплексное задание
Всего в А семестре:	216	36	18	36	126		
ИТОГО:	396	72	36	54	234		

РАЗДЕЛ 3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

3.1.1 Основная литература

1. Быстрицкий, Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник для студ. вузов / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасанганджиев, В. С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2014. - 408 с.

2. Дзюзер, В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей: учеб. пособие для студ., обуч. по напр. подготовки бакалавров и магистров "Строительство" / В. Я. Дзюзер. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2016. - 384 с.

3.1.2 Дополнительная литература

3. Горский В.В. Математическое моделирование процессов тепло- и массообмена при аэротермохимическом разрушении композиционных теплозащитных материалов на кремнеземной основе/ В.В. Горский, П.Я. Носатенко; под ред. П. Я. Носатенко. М.; Научный мир – 2008. 3 экз.

4. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива: научное издание/ А.М. Губертов, В.В. Миронов, Д.М. Борисов и др; под ред. ак. А.С. Коротева. М.; Машиностроение – 2004. 12 экз.

5. Тепловая защита/ Никитин П.В. Учебник. М., Изд-во МАИ, 2006. - 512 с. 5 экз.

6. Г.Ф. Костин Теплообмен и тепловая защита высокоскоростных летательных аппаратов: учебное пособие / Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Челябинский гос. ун-т", Миасский фил. 2007. – 407 с. 1 экз..

7. Тепловая защита Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Под ред. А.В.Лыкова. Энергия, Москва, 1976.-392 с. 1 экз.

8. Теплообменные устройства газотурбинных и комбинированных установок / Н.Д.Грязнов, В.М.Епифанов, В.Л.Иванов, Э.А.Манушин. - М.: Машиностроение. 1985. - 350 с. - 5 экз.

9. Ю. В. Полежаев. Теплообмен и тепловая защита: учебник для технических вузов / - Москва : Янус-К, 2008. - 127 с. 1 экз.

3.1.3 Методическая литература к выполнению практических работ

10. Влияние тугоплавкого покрытия на температурное и напряженное состояние стенки энергетической установки. Методические указания к лабораторной работе. С. Э. Тарасевич; Казань: Изд-во КГТУ, 2000. - 20 экз.

11. Интегральные методы расчета теплоотдачи в соплах. Методические указания к лабораторной работе. С. Э. Тарасевич; Казань: Изд-во КГТУ, 1994. - 20 экз.

12. Исследование защитных свойств газовой завесы. Методические указания к лабораторной работе. С. Э. Тарасевич; Казань: Изд-во КГТУ, 1993.-20 шт.

13. Попов И.А., Щелчков А.В., Коханова С.Я., Яковлев А.Б. Исследование процессов теплообмена: Лабораторный практикум. Под ред. проф. Ю.Ф. Гортышова. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. 158 с. – 20 экз.

14. Попов, Игорь Александрович И.А. Исследование процессов конвективного и радиационного теплообмена: Лабораторный практикум / И.А. Попов, В.А. Филин, А.Б. Шигапов . - Казань: Изд-во КГТУ , 2001 . - 88 с.

15. Болгарский А.В., Голдобеев В.И., Идиатуллин Н.С., Толкачев Д.Ф. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высшая школа, 1972.- 304 с. (В библ. 25 экз.)

16. Попов, Игорь Александрович. Исследование процессов теплообмена: лаб. практикум / И. А. Попов, А. В. Щелчков, А. Б. Яковлев; Мин-во образ-я и науки РФ, ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева. - Казань : Изд-во КНИТУ-КАИ, 2014. - 100 с. (28 экз.).

17. Теплообмен в соплах. Учебно-методическое пособие к курсовой работе / Попов И.А., Щелчков А.Б., Яковлев А.Б., Коханова С.Я. Под общ.ред. С.Э. Тарасевича – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2015 – 88 с.

3.1.4 Методические рекомендации для студентов, в том числе по выполнению самостоятельной работы

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному, практическому занятию и самостоятельному изучению

материала предшествует лекция по данной теме. Успешное освоение материала студентами обеспечивается посещением лекций, лабораторных и практических занятий, разработкой конспекта по темам самостоятельной работы, предоставляемым каждому студенту в электронном виде, а также выполнением курсовой работы.

3.1.5 Методические рекомендации для преподавателей

Успешное освоение материала обеспечивается тесной связью теоретического материала, преподносимого на лекциях и теоретико-экспериментальной работой студентов на практических занятиях.

3.2 Информационное обеспечение дисциплины

3.2.1 Основное информационное обеспечение

1. Щелчков А.В. Тепловая защита [Электронный ресурс]: курс дистанц. обучения по направлению 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, специализация №7 «Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях». ФГОСЗ+(ИАНТЭ)/КНИТУ-КАИ, Казань, 2017. - Доступ по логину и паролю. URL:

https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=17331_1&course_id=2041_1

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/> Компания ООО «РУНЭБ». Контракт № 154 ЕП от 21.06.12 (архив на 10 лет) Лицензионное соглашение №735 от 05.09.2003 (бессрочно).

3. Электронная библиотека КНИТУ-КАИ (полнотексты изданий университета) Правообладатель НТБ КНИТУ-КАИ <http://elibrary.kai.ru/dsweb/HomePage>.

3.2.2 Дополнительное справочное обеспечение

1. Теплоэнергетика и теплотехника [Текст]: справочная серия. В 4-х кн. / под общ.ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. Кн. 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / А.А. Александров, Б.С. Белосельский, А.Г. Вайнштейн и др.; под общ.ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. - М.: Изд-во МЭИ, 2001. - 564 с.

4.3 Кадровое обеспечение

4.3.1 Базовое образование

Высшее образование в предметной области авиационной и ракетнокосмической теплотехнике и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального

образования – профессиональной переподготовки в области теплоэнергетики и теплотехники и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

3.3.2 Профессионально-предметная квалификация преподавателей

Наличие научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению теплоэнергетики и теплотехники, выполненных в течение трех последних лет.

3.3.3 Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей

К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно-педагогической работы (не менее 1 года); практический опыт работы в области теплоэнергетики и теплотехники на должностях руководителей или ведущих специалистов более 3 последних лет.

Обязательное прохождение повышения квалификации (стажировки) не реже чем один раз в три года соответствующее области теплоэнергетики и теплотехники, либо в области педагогики.