

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра авиационной теплотехники и теплоэнергетики

**АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Тепломассообмен»**

Направление подготовки  
24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

Направленность подготовки (профиль)  
Авиационная и ракетно-космическая теплотехника

Квалификация выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

УФА 2016

Исполнитель: профессор Цирельман Цирельман Н. М.

Заведующий кафедрой: Бакиров Бакиров Ф. Г.

## **Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Тепломассообмен» является дисциплиной базовой части учебного плана направления подготовки бакалавров 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «09» февраля 2016 г. № 93.

### **Целью освоения дисциплины является:**

Овладение студентами умениями и навыками расчета теплотехнических процессов в современных двигателях летательных аппаратов.

Конечной целью обучения тепломассообмену является твердое овладение студентами знаниями, умениями и навыками относительно аналитических и экспериментальных методов определения характеристик процессов тепломассообмена, методов решения задач тепломассопередачи и анализа полученных результатов.

### **Задачи** дисциплины подразделяются на:

- учебные;
- воспитательные;
- развивающие.

### **Учебными задачами** дисциплины являются:

- формирование у студентов системы знаний по тепломассообмену;
- формирование у студентов системы компетенций, знаний, умений и навыков по формулированию и постановке практических задач для применения системы знаний по дисциплине, выбору и использованию соответствующих законов и формул;
- формирование у студентов навыков проведения расчетов, анализа и интерпретации результатов расчета.

### **Воспитательными задачами** дисциплины являются:

- формирование у студентов убежденности в необходимости непрерывного обучения при работе по специальности, уверенности в своих силах и возможностях.

### **Развивающей задачей** дисциплины является:

- развитие у студента системного логического мышления.

## **Перечень результатов обучения**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ПКП-2	<p>- закономерности передачи теплоты, вещества (массы), а также теплофизические свойства твердых тел, жидкостей и газов применительно к энергоустановкам ДЛА, тепловым машинам и теплоносителям;</p> <p>- законы и методы исследования и анализа информации, используемые в теории теплообмена для расчета энергоустановок летательных аппаратов;</p> <p>- методы математического анализа и физического моделирования, используемые в теории теплообмена;</p> <p>- базовый аппарат расчета теплообмена, используемый при проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ДЛА;</p>	<p>- проводить анализ процессов теплообмена энергоустановок ДЛА и тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД;</p> <p>- ставить цели и находить пути их достижения на основе методов исследования теплообмена; творчески применять основные закономерности теплообмена в профессиональной деятельности;</p> <p>- применять для решения задач теплообмена прикладные программные средства;</p> <p>- использовать аппарат теории теплообмена при проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных решений;</p> <p>- подготавливать исходные данные по термодинамическим параметрам ДЛА для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений</p>	<p>- основами анализа процессов теплообмена в энергоустановках и тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности;</p> <p>- навыками культуры мышления и анализа информации с использованием законов и методов теории теплообмена при расчете энергоустановок летательных аппаратов;</p> <p>- навыками применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения практических задач теплообмена;</p> <p>- методами проведения расчетов теплообмена с помощью специальных программных средств;</p> <p>- навыками выполнения расчетов теплообмена ДЛА и энергоустановок;</p> <p>- навыками формирования исходных данных по расчетам теплообмена в ДЛА для выбора и обоснования научно-технических решений;</p>

## Содержание разделов дисциплины

№	Наименование и содержание разделов
1	<p><b>Основные понятия и уравнения теплопроводности. Аналитические и численные методы определения нестационарных полей.</b></p> <p>Теплопроводность твердых тел, жидкостей и газов, температура, температурное поле, изотермическая поверхность, изотерма, градиент температуры, плотность теплового потока. Гипотеза Фурье и ее физическое содержание. Вывод уравнения Фурье. Краевые условия задачи о температурном поле. Метод разделения переменных и метод интегральных преобразований в решении задач нестационарной теплопроводности с граничными условиями I, II, III и IV рода для тел простейшей формы с постоянными теплофизическими характеристиками (ТФХ) среды. Метод элементарных тепловых балансов, метод сеток (явная и неявная схемы) и метод конечных элементов применительно к численному расчету температурных полей при зависящих от температуры ТФХ среды. Аналоговое моделирование физических полей.</p>
2	<p><b>Стационарная теплопроводность в телах простейшей формы. Тепловая изоляция.</b></p> <p>Решение задачи о стационарном температурном поле одно- и многослойной плоской и цилиндрической стенки при граничных условиях I и III рода. Нелинейная и стационарная теплопроводность в пластине. Расчет тепловой изоляции трубопроводов</p>
3	<p><b>Основные уравнения переноса теплоты в движущейся среде. Элементы теории подобия и физического моделирования явлений теплопереноса.</b></p> <p>Уравнения неразрывности потока, движения жидкости и газа в форме Навье-Стокса и переноса теплоты (энергии) Фурье-Кирхгофа с учетом изменчивости ТФХ среды. Физический смысл уравнений краевой задачи о переносе теплоты в потоке. Подобие явлений одной физической природы и установление условий, необходимых и достаточных для подобия физических явлений. Числа подобия. Теорема Кирпичева-Гухмана.</p>
4	<p><b>Схема Нуссельта и построение уравнений подобия для описания конвективного теплообмена. Уравнения подобия для описания конвективного теплообмена при вынужденном и при свободном движении/</b></p> <p>Описание процессов переноса тепла у обтекаемой поверхности с привлечением схемы Нуссельта и гипотезы Фурье. Связь числа Нуссельта с критериями Рейнольдса, Пекле, Прандтля, Рэлея. Уравнения подобия для описания конвективного теплообмена при ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения в канале и при обтекании пластины, цилиндра, пучков труб. Особенности гидродинамики и теплообмена при свободной конвекции у горизонтальной трубы и вертикальной плиты и уравнения подобия для их описания. Автомодельность теплообмена при больших числах Рэлея, термическая свободная конвекция над горизонтальными поверхностями и в щелях. Температурный фактор задач конвективного теплообмена.</p>
5	<p><b>Теплообмен излучением твердых тел и газов.</b></p> <p>Механизм излучения электромагнитной энергии твердыми телами, законы излучения Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта, Вина. Интегральная и спектральная степень черноты поверхности тел. Лучистый теплообмен между твердыми телами, экраны, экранно-вакуумная тепловая изоляция. Спектр излучения газов. Степень черноты газовой смеси. Теплообмен излучением между газовым телом и поверхностью твердого тела. Особенности излучения пламен.</p>
6	<p><b>Основные понятия и определения массообмена. Концентрационная массопроводность. Взаимосвязанная тепло-массопроводность.</b></p> <p>Процессы массообмена в современной технике и технологии. Потенциал переноса вещества, плотность потока вещества. Гипотеза Фика, вывод уравнения массопроводности и краевая задача для него. Формирование поля концентраций во времени. Уравнение Фурье и условия однозначности его решения. Вид решений для тел классической формы. Формулы для расчета плотностей потоков тепла и вещества. Система уравнений акад. А.В.Лыкова и проблема ее решения.</p>

7	<p><b>Тепломассообмен при кипении жидкости и при конденсации паров. Тепломассообмен при плавлении и затвердевании (проблема Стефана).</b></p> <p>Механизм теплообмена при кипении жидкости в большом объеме и при ее движении в канале. Формулы для описания теплоотдачи при различных режимах кипения, их критериальное представление. Кризисы кипения. Зависимости для описания теплообмена при движении кипящей жидкости в трубе. Механизм тепломассообмена при пленочной конденсации паров, формулы Нуссельта для теплоотдачи при конденсации на поверхности вертикальной плиты и горизонтальной трубы. Поправки П.Л.Капицы на волнообразование пленки конденсата. Влияние неконденсирующихся газов на процесс конденсации. Критериальные зависимости для описания теплоотдачи при конденсации. Постановка краевой задачи об определении теплового состояния жидкой и твердой фаз и кинематики движения границы их раздела. Аналитические и численные методы решения проблемы Стефана.</p>
8	<p><b>Конвективный массообмен. Тройная аналогия.</b></p> <p>Диффузия и интегральные уравнения диффузионного пограничного слоя. Основные уравнения конвективного тепломассообмена и уравнения подобия для его описания. Подобие процессов тепломассообмена, соотношение Льюиса. Тепломассообмен газового потока с распыленными в нем каплями негорючей жидкости, методики проведения расчета</p>
9	<p><b>Специальные вопросы тепломассопередачи.</b></p> <p>Аппараты для осуществления процессов тепломассопередачи. Конструкторский и поверочный расчеты теплообменников. Методы интенсификации процессов переноса тепла и вещества. Применение оребренных поверхностей и методы их расчета. Особенности переноса теплоты в разреженном газе и при больших скоростях его движения.</p>

Подробное содержание дисциплины, структура учебных занятий, трудоемкость изучения дисциплины, входные и исходящие компетенции, уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенций, учебно-методическое, информационное, материально-техническое обеспечение учебного процесса изложены в рабочей программе дисциплины.