

## АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Теория рабочих процессов поршневых двигателей»

по основной профессиональной образовательной программе по направлению подготовки  
13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень бакалавриата)

**Направленность (профиль):** Двигатели внутреннего сгорания

**Общий объем дисциплины** – 8 з.е. (288 часов)

**В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы компетенции с соответствующими индикаторами их достижения:**

- ПК-2.1: Анализирует влияние условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструктивные решения;
- ПК-2.2: Проводит комплекс расчетов для объекта профессиональной деятельности;
- ПК-2.3: Способен принимать и обосновывать технические решения при создании объекта профессиональной деятельности;
- ПК-3.1: Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок;
- ПК-3.2: Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых двигателей, энергетических машин и установок;

**Содержание дисциплины:**

Дисциплина «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» включает в себя следующие разделы:

**Форма обучения очная. Семестр 6.**

**Объем дисциплины в семестре** – 4 з.е. (144 часов)

**Форма промежуточной аттестации** – Экзамен

**1. Тема 1. Введение..** Транспортная энергетика и перспективные двигатели для транспорта: атомные; электрические; топливные элементы; газотурбинные; с внешним подводом тепла (двигатели Стирлинга); роторно-поршневые (двигатели Ванкеля); поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

Место ДВС в транспортной и стационарной энергетике страны и мира.

Краткий исторический обзор развития ДВС. Классификация ДВС по назначению; по способу смесеобразования; осуществления рабочего цикла, регулирования в связи с изменением нагрузки; по конструктивным особенностям и пр.

Основные направления развития автотракторных ДВС на современном этапе, повышение мощности и экономичности, надежности и долговечности; расширение производства автомобильных дизелей; многотопливность; снижение дымности и токсичности отработавших газов, шумности..

**2. Тема 2. Идеальные и теоретические циклы ДВС..** Общие принципы работы ДВС. Идеальные циклы ДВС. Допущения, принятые при построении идеальных циклов. Отдельные процессы цикла: сжатие, подвод тепла, отвод тепла и их математическое описание. Параметры, характеризующие эффективность и экономичность цикла: среднее давление и КПД цикла.

Мгновенный и произвольный характер подвода тепла к рабочему телу.

Цикл с мгновенным подводом тепла в любой момент между положением поршня в мертвых точках и мгновенным отводом тепла в НМТ. Уравнения для КПД и среднего давления цикла. Влияние момента подвода тепла на КПД. Частный случай - эталонный цикл с мгновенным подводом тепла в ВМТ.

Цикл с произвольным подводом тепла. Влияние динамики, начала и продолжительности подвода тепла на КПД и среднее давление цикла. Циклы с линейной характеристикой подвода тепла в функции степени сжатия, с подводом тепла при постоянном давлении. КПД этих циклов и их сравнении с КПД эталонного цикла. Несвоевременность подвода тепла в цикл и потери тепла, связанные с ней.

Теоретические циклы с подводом и отводом тепла на участках между положениями поршня в мертвых точках. Уравнение для КПД цикла с мгновенным подводом и отводом тепла. Цикл с произвольным характером подвода и отвода тепла. Влияние количества отведенного тепла,

динамики и места (в цикле) отвода на КПД этого цикла.

Неполнота подвода тепла в цикл. Связь КПД теоретического цикла с потерями тепла, обуславливаемыми несвоевременностью и неполнотой подвода, отводом тепла.

Практические выводы по анализу идеальных и теоретических циклов..

**3. Тема 3. Рабочее тело и его свойства..** Топливо - главный источник энергии. Основные требования, предъявляемые к топливам автотракторных двигателей. Виды топлив, используемые в ДВС.

Жидкие топлива - продукты переработки нефти. Состав и важнейшие характеристики жидких топлив: низшая теплота сгорания, детонационная стойкость и способность к самовоспламенению, испаряемость, вязкость и др. Связь между октановым и цетановым числами топлива.

Требования к детонационной стойкости и самовоспламеняемости топлив двигателей с искровым зажиганием и дизелей.

Стандартные топлива ГОСТ 305-82 и ГОСТ 2084-77. Окислитель топлива - кислород воздуха. Состав воздуха.

Стехиометрические уравнения сгорания жидких топлив. Теоретически необходимое количество воздуха для окисления единицы топлива. Состав смеси. Коэффициент избытка воздуха. Среднее (по цилиндру или цилиндрам) и местное (по объему) значения коэффициента избытка воздуха. Однородная и неоднородная, нормальная, обогащенная и обедненная топливовоздушные смеси.

Количество и состав продуктов полного и неполного сгорания жидкого топлива. Коэффициент молекулярного изменения свежего заряда. Недовыделение тепла по причине неполного сгорания топлива.

Газообразное топливо. Виды газообразных топлив и их состав. Основные недостатки и преимущества газообразных топлив по сравнению с жидкими. Низшая теплота сгорания, теоретически необходимое количество воздуха, состав продуктов полного сгорания, молярное изменение при сгорании газообразных топлив.

Токсические составляющие продуктов сгорания и отработавших газов ДВС и их гигиенические характеристики. Природа образования основных токсических составляющих отработавших газов: оксидов азота, углерода, углеводородов - дымление ДВС.

Термодинамические свойства свежего заряда и продуктов сгорания. Теплота сгорания горючих смесей.

Водород - перспективное топливо двигателей наземного транспорта..

**4. Тема 4. Процессы газообмена четырехтактных двигателей..** Параметры, характеризующие качество процессов очистки цилиндров от отработавших газов и наполнения цилиндров свежим зарядом.

Коэффициент остаточных газов и коэффициент наполнения. Массовое наполнение цилиндра свежим зарядом.

Уравнения для коэффициента наполнения и остаточных газов, общие для четырехтактных и двухтактных ДВС.

Мероприятия по повышению качества процессов очистки и массового наполнения современных двигателей. Организация движения рабочего тела в процессе наполнения.

Математическое моделирование процессов газообмена..

**5. Тема 5. Процесс сжатия..** Теплообмен в процессе сжатия. Текущее и среднее значения показателя политропы сжатия. Давление и температура рабочего тела в конце сжатия. Влияние режима работы, конструктивных особенностей и условий эксплуатации ДВС на среднее значение политропы сжатия и параметры рабочего тела к моменту начала подачи топлива. Выбор степени сжатия.

Тепловой баланс в процессе сжатия. Расчетный метод определения среднего значения показателя политропы сжатия (по Мазингу Е.К.). Организация движения рабочего тела в процессе сжатия..

**6. Тема 6. Процессы смесеобразования и сгорания..** Общие положения. Внешнее и внутреннее смесеобразование в ДВС.

Воспламенение и сгорание однородных смесей. Скорость сгорания. Влияние температуры, давления, состава смеси, остаточных газов и др. на скорость сгорания.

Практические выводы (по способу регулирования мощности и пр.) из анализа влияния различных факторов на процесс воспламенения и сгорания однородных смесей..

## **7. Тема 7. Процессы смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием..**

Индикаторные периоды сгорания в двигателях с принудительным зажиганием и их характеристики ("жесткость", максимальное давление и температура цикла, продолжительности отдельных периодов и всего сгорания).

Влияние режимов работы: частоты вращения, нагрузки; регулировочных параметров: состава смеси, угла опережения зажигания; конструктивных факторов: степени сжатия, формы камеры сгорания и расположения свечи зажигания, применяемых материалов поршня и головки цилиндров, системы охлаждения - на индикаторные периоды сгорания.

Мероприятия по увеличению скорости сгорания бедных смесей. Способы послойного смесеобразования и сжигание неравномерно распределенной смеси: бесфоркамерно-факельное зажигание рабочей смеси, форкамерно-факельное зажигание, применение отдельных камер сгорания, расслоение смеси внутри цилиндра с помощью вихревого движения и впрыска топлива в воздушный поток и др. Послойное смесеобразование - одно из главных мероприятий по снижению токсичности отработавших газов.

Случаи аномального развития процесса сгорания в двигателях с искровым зажиганием: детонация, "грохот", калильное зажигание и мероприятия по их устранению..

**8. Тема 8. Процессы смесеобразования и сгорания в дизельных двигателях..** Воспламенение и сгорание неоднородных смесей. Многостадийный многоочаговый характер воспламенения неоднородных смесей - причина жесткой и шумной работы дизелей.

Индикаторные периоды сгорания в дизелях (по А.И.Толстому). Период задержки воспламенения топлива и его влияние на характер протекания последующего сгорания ("жесткость", максимальное давление сгорания и пр.).

Влияние свойств топлива, характеристик топливоподачи (продолжительности и закона подачи, мелкости распыливания), регулировочных параметров и условий эксплуатации дизелей на индикаторные периоды сгорания. Способы снижения "жесткости" и максимального давления сгорания.

Способы смесеобразования в дизелях. Основные принципы объемного, пленочного (пристеночного) и объемно-пленочного смесеобразования. Влияние способа смесеобразования на характер протекания процессов воспламенения и сгорания. Преимущества и недостатки дизелей с различными способами смесеобразования с точки зрения механической нагруженности деталей кривошипно-шатунного механизма: требований, предъявляемых к топливной аппаратуре; использования различных топлив (многотопливности); дымности и токсичности отработавших газов и др..

**9. Тема 9. Тепловыделение в процессе сгорания..** Тепловыделение в процессе сгорания, динамика выделения тепла. Математические выражения для описания характеристик для выделения тепла в дизелях. Расчет характеристик выделения тепла по развернутой индикаторной диаграмме. Связь тепловыделения с жесткостью, максимальным давлением и температурой, экономичностью цикла. Сравнение характеристик выделения тепла в двигателях с искровым зажиганием и в дизелях..

**10. Тема 10. Процесс расширения. Расчет параметров рабочего тела при сгорании и расширении..** Изменение показателя политропы расширения. Влияние догорания топлива, теплоотдачи от газов в стенки, утечек рабочего тела на протекание процесса расширения. Тепловой баланс в процессе расширения (по Гриневецкому-Мазингу). Расчет показателя политропы расширения. Температура и давление рабочего тела в конце процесса расширения.

Расчет параметров рабочего тела в процессе сгорания. Традиционный метод расчета по Гриневецкому-Мазингу и его особенности. Уточненные методы расчета параметров рабочего тела в процессе сгорания, основанные на использовании закономерностей выделения тепла в процессе сгорания..

**Форма обучения очная. Семестр 7.**

**Объем дисциплины в семестре – 4 з.е. (144 часов)**

**Форма промежуточной аттестации – Экзамен**

**1. Тема 11. Индикаторные показатели работы двигателя..** Показатели, характеризующие совершенство преобразования располагаемого тепла, вводимого в цилиндр с топливом, в полезную механическую работу, отдаваемую потребителю: эффективная работа цикла, удельная

эффективная работа цикла или среднее эффективное давление; эффективная мощность, эффективный КПД и удельный эффективный расход топлива. Уравнения связи между эффективными показателями.

Общая схема преобразования располагаемого тепла в полезную механическую работу.

Две стадии преобразования располагаемого тепла. Первая стадия - преобразование располагаемого тепла в механическую (индикаторную) работу газов в цилиндре двигателя. Потери тепла на первой стадии, обуславливаемые неполнотой и несвоевременностью сгорания, теплообменом и диссоциацией продуктов сгорания, необходимостью отдачи тепла холодному телу. Показатели совершенства первой стадии - индикаторные показатели: индикаторная работа цикла, удельная индикаторная работа или среднее индикаторное давление; индикаторная мощность; индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Определение среднего индикаторного давления по расчетной и действительной (рабочей) индикаторным диаграммам четырехтактных и двухтактных двигателей. Коэффициент полноты индикаторной диаграммы. Взаимосвязь между индикаторными показателями. Уравнение зависимости индикаторного КПД от характеристик топлива, окислителя и смеси, от показателей рабочего цикла и его анализ. Определение индикаторного КПД по характеристикам сгорания и потерь тепла, вследствие теплоотдачи. Степень влияния различного рода потерь на первой стадии его преобразования на величину индикаторного КПД..

## **2. Тема 12. Эффективные показатели работы двигателя. Механические потери в ДВС..**

Вторая стадия - преобразование индикаторной работы в полезную механическую работу. Потери работы на второй стадии на преодоление трения в сопрягаемых деталях и самообслуживание двигателя, определяемые как механические или внутренние потери ДВС. Составляющие различного рода механических потерь и их значимость. Показатели механических потерь или среднее давление механических потерь; механический КПД - и взаимосвязь между ними. Уровень механических потерь современных автотракторных ДВС и методы их снижения за счет создания короткоходных конструкций, организации оптимальных условий смазки и охлаждения трущихся поверхностей и др.

Связь между индикаторными и эффективными показателями и показателями механических потерь. Уровень индикаторных и эффективных показателей современных автомобильных и тракторных двигателей.

Влияние режима работы, регулировочных параметров, конструктивных факторов (камера сгорания и др.) на индикаторные и эффективные показатели двигателей с искровым зажиганием и дизелей.

Уровень эффективных показателей современных автомобильных и тракторных двигателей. Номинальная мощность двигателя. Удельная мощность двигателя и способы ее повышения: наддув (газотурбинный, механический, динамический); совершенствование рабочего процесса; увеличение частоты вращения коленчатого вала; переход на двухтактный процесс и др. Анализ способов повышения мощности ДВС..

## **3. Тема 13. Режимы работы и характеристики ДВС..** Режимы работы ДВС. Понятия установившегося и неустойчивого, возможного и действительного режима работы ДВС.

Классификация характеристик ДВС. Скоростные характеристики: абсолютная, внешняя (эксплуатационная), частичная, винтовая, холостого хода. Условия снятия названных характеристик.

Анализ изменения эффективных показателей при работе двигателя по скоростным характеристикам. Устойчивость скоростного режима ДВС при случайном изменении нагрузки. Коэффициент приспособляемости и способы его увеличения. Оценка работы двигателя по скоростным характеристикам. Расчет внешней скоростной характеристики.

Анализ изменения эффективных показателей при работе двигателя по нагрузочным и регуляторным характеристикам. Сравнение нагрузочных характеристик двигателей с искровым зажиганием и дизелей.

Регулировочные, специальные и универсальные характеристики ДВС.

Влияние атмосферных условий на эффективные показатели работы двигателя. Приведение эффективных показателей к нормальным, атмосферным условиям..

## **4. Тема 14. Внешний тепловой баланс и тепловая напряженность двигателей ..** Внешний

тепловой баланс двигателя. Тепловые потери в стенки, с выхлопными газами вследствие химического недогорания топлива и пр. Мероприятия по утилизации потерь тепла в ДВС (высокотемпературные системы охлаждения, теплозащитные покрытия, газотурбинный наддув и др.).

Теплопередача в ДВС и тепловая напряженность двигателей. Теплоотдача от газов к стенке конвекцией и лучеиспусканием. Коэффициент теплоотдачи. Средний тепловой поток, средняя результирующая температура газа. Передача тепла через стенку. Теплоотдача от стенки со стороны газа и охлаждающей жидкости.

Косвенные критерии тепловой напряженности: удельная литровая и поршневая мощность, критерии Костина А.К. и пр.

Экспериментальный метод оценки тепловой напряженности двигателя. Влияние режима работы, конструктивных особенностей и способа форсирования по мощности, условий окружающей среды на тепловую напряженность ДВС. Мероприятия по снижению напряженности двигателей..

**5. Тема 15. Двухтактные двигатели..** Область применения 2-тактных двигателей и особенности их работы по сравнению с 4-тактными.

Газообмен в двухтактных ДВС. Системы продувки. Преимущества и недостатки прямоточных и петлевых систем продувки. Кривошипно-камерная продувка, область ее применения.

Форма продувочных и выпускных органов, их расположение.

Пропускная способность (время-сечение) газораспределительных органов.

Протекание процессов выпуска и продувки-наполнения. Параметры процессов газообмена в двухтактных ДВС: давление и температура продувочного воздуха, коэффициент продувки, давление в цилиндре в момент открытия продувочных органов и пр.

Принятые допущения и исходные уравнения для установления аналитической связи между принятыми параметрами процесса газообмена и время-сечения или отдельных стадий процесса (свободного выпуска и продувки-наполнения, принудительного выпуска). Общая схема расчета процессов газообмена двухтактных ДВС..

**6. Тема 16. Токсичность отработавших газов ДВС..** Проблема охраны окружающей среды - важная проблема современности. ДВС как источник загрязнения окружающей среды. Влияние различных факторов (режим работы, конструктивные особенности, способы смесеобразования и др.) на дымность и основные токсические компоненты отработавших газов двигателей с искровым зажиганием и дизелей. Технико-экологическая оценка двигателя и пути снижения дымности и токсичности ДВС..

**7. Тема 17. Основы моделирования процессов в ДВС..** Математическое моделирование. Виды математических моделей. Решение дифференциальных уравнений. Моделирование процессов газообмена. Расчет параметров газообмена. Подходы к решению процессов смесеобразования и сгорания. Описание процесса тепловыделения. Математическое моделирование процессов топливоподачи, образования вредных веществ, теплообмена..

Разработал:  
доцент  
кафедры ДВС

С.П. Кулманаков

Проверил:  
Декан ФЭАТ

А.С. Баранов