

СОГЛАСОВАНО

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.6 «Теория тепловых двигателей (семинар)»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **13.04.03
Энергетическое машиностроение**

Направленность (профиль, специализация): **Котельные установки и тепловые двигатели**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	С.П. Кулманаков
Согласовал	Зав. кафедрой «»	
	руководитель направленности (профиля) программы	Е.Б. Жуков

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен использовать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках, методов расчетного анализа объектов профессиональной деятельности	ПК-1.1	Оформляет эскизные, технические и рабочие проекты объектов энергетического машиностроения с использованием средств автоматизации проектирования, передового опыта разработки конкурентоспособных изделий энергетического машиностроения
		ПК-1.2	Составляет описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов энергетического машиностроения
		ПК-1.4	Проводит расчеты по проектам объектов энергетического машиностроения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Комбинированные и гибридные силовые установки, Малая энергетика с тепловыми двигателями, Методы снижения токсичности отработавших газов ДВС

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 9 / 324

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	16	0	144	164	179

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 1

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
16	0	64	64	90

Лекционные занятия (16ч.)

1. Тема 1. Введение. Идеальные и теоретические циклы ДВС. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] Транспортная энергетика и перспективные двигатели для транспорта. Место ДВС в транспортной и стационарной энергетике страны и мира. Краткий исторический обзор развития ДВС. Классификация ДВС. Основные направления развития автотракторных ДВС на современном этапе.

Общие принципы работы ДВС. Идеальные циклы ДВС. Отдельные процессы цикла.

Параметры, характеризующие эффективность и экономичность 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.

Цикл с произвольным подводом тепла.

Теоретические циклы с подводом и отводом тепла на участках между положениями поршня в мертвых точках.

Цикл с произвольным характером подвода и отвода тепла.

Неполнота подвода тепла в цикл.

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

2. Тема 2. Рабочее тело и его свойства. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] 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.

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

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.

Низшая теплота сгорания, теоретически необходимое количество воздуха, состав продуктов полного сгорания, мольное 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.

3. Тема 3. Процессы газообмена четырехтактных двигателей. Процесс сжатия. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.) [6,7,8,9] 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.

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.

4. Тема 4. Процессы смесеобразования и сгорания. Процессы смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.) [6,7,8,9] 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.

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.

5. Тема 5. Процессы смесеобразования и сгорания в дизельных двигателях. Тепловыделение в процессе сгорания. Процесс расширения. Расчет параметров рабочего тела при сгорании и расширении. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] 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.

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.

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.

6. Тема 6. Индикаторные показатели работы двигателя. Эффективные показатели работы двигателя. Механические потери в ДВС. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] 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.

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.

7. Тема 7. Режимы работы и характеристики ДВС. Двухтактные двигатели. Внешний тепловой баланс и тепловая напряженность двигателей . {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] 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. Область применения 2-тактных двигателей и особенности их работы по сравнению с 4-тактными.

Газообмен в двухтактных ДВС. Системы продувки. Преимущества и недостатки прямооточных 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.

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.).

8. Тема 8. Основы моделирования процессов в ДВС. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6,7,8,9] 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.

Практические занятия (64ч.)

1. Тепловой расчет двигателя. Определение параметров рабочего тела.(4ч.)[1,7] Освоение метода расчета количества и состава свежего заряда и продуктов сгорания жидкого и газообразного топлив. Проведение практических расчетов и их анализ.

2. Параметры процессов газообмена и сжатия.(4ч.)[1,7] Освоение метода расчета параметров процессов газообмена и сжатия, а также состояния рабочего тела в характерных точках этих процессов. Практическое выполнение расчета и анализ его результатов.

3. Параметры процессов сгорания и расширения.(4ч.)[1,7] Освоение метода расчета параметров процессов и состояния рабочего тела в характерных точках. Практическое выполнение расчета и анализ его результатов.

4. Индикаторные и эффективные показатели, основные размеры двигателя.(4ч.)[1,7] Освоение методики, практическое проведение расчета и анализ его результатов.

5. Тепловой расчет двигателя. Построение индикаторной диаграммы.(4ч.)[1,7] Построение индикаторной диаграммы по результатам проведенного теплового расчета.

6. Моделирование рабочего процесса двигателя.(44ч.)[1,7] Расчет рабочего процесса сгорания двигателя по математической модели DIESEL RK (МГТУ).

Самостоятельная работа (64ч.)

- 1. Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями, другими источниками)(8ч.)[5,6,7,8,9,11,14]** Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями, другими источниками)
- 2. Подготовка к практическим занятиям работам (включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчётов по практическим работам и др.)(10ч.)[5,6,7,8,9,11,14]** Подготовка к практическим занятиям работам (включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчётов по практическим работам и др.)
- 3. Выполнение расчётного задания(30ч.)[1,2,7,11,14]** Выполнение расчётного задания
- 4. Подготовка к зачету, сдача зачета(16ч.)[6,7,8,9,12,13]** Подготовка к зачету, сдача зачета.

Семестр: 2

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 5 / 180

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
0	0	80	100	90

Практические занятия (80ч.)

- 1. Проведение математического моделирования с целью моделирования скоростной или нагрузочной характеристики двигателя.(40ч.)[3,11]** Расчет процесса сгорания двигателя по математической модели DIESEL RK (в удаленном доступе) с целью моделирования скоростной или нагрузочной характеристики двигателя.
- 2. Проведение математического моделирования с целью оптимизация конструктивных параметров двигателя.(40ч.)[9,10]** Расчет процесса сгорания двигателя по математической модели DIESEL RK (в удаленном доступе) с целью оптимизации конструктивных параметров двигателя.

Самостоятельная работа (100ч.)

- 1. Подготовка к практическим работам(35ч.)[3,4,8,9,10,14]** Подготовка к практическим занятиям работам (включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчётов по практическим работам и др.)
- 2. Подготовка к экзамену, сдача экзамена(36ч.)[6,7,8,9,12,13]** Подготовка к

экзамену, сдача экзамена

3. Подготовка курсовой работы(29ч.)[1,7,10,13,14] Подготовка курсовой работы

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Кулманаков С.П. Тепловой расчет ДВС: учебное пособие /С. П. Кулманаков, С. С. Кулманаков.- (pdf-файл : 606 Кбайт).-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014.-95 с. Режим доступа: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kulman-teplo.pdf>

2. Кулманаков С.П. Исследования теоретических циклов ДВС: методические указания /С. П. Кулманаков, С. С. Кулманаков.- (pdf-файл : 404 Кбайта).-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014.-21 с. Режим доступа: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kulman-cikl.pdf>

3. Кулманаков С.П. Обработка индикаторной диаграммы: методические указания /С. П. Кулманаков, С. С. Кулманаков.- (pdf-файл : 548 Кбайт).-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014.-13 с. Режим доступа: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kulman-obrab.pdf>

4. Кулманаков С.П. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» /С. П. Кулманаков, С. С. Кулманаков.- (pdf-файл : 229 Кбайт).- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014.-17 с. Режим доступа: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kulmanov-lrporsh.pdf>

5. Свистула А.Е. Тепловой расчет газового двигателя [Электронный ресурс]: Методические указания.— Электрон. дан.— Барнаул: АлтГТУ, 2015.— Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/svistula-teplo.pdf>, авторизованный

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

6. Хорош, А.И. Дизельные двигатели транспортных и технологических машин [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Хорош, И.А. Хорош. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 704 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4231>.

7. Суркин, В.И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Суркин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12943>.

8. Автомобильные двигатели: Рабочие циклы. Показатели и

характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования/ В.Р.Бурячко, А.В.Гук. – СПб.: НПИКЦ, 2005. – 292 с. (321 экз.)

6.2. Дополнительная литература

9. Баширов, Р.М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета [Электронный ресурс] : учебник / Р.М. Баширов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96242>.

10. Клещин, Э. В. Рабочие процессы, конструкция и основы расчета двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. В. Клещин, В. П. Гилета. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 256 с. — 978-5-7782-1335-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44689.html>

11. Прокопенко, Н. И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / Н. И. Прокопенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1047-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/611> (дата обращения: 09.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Осипов, О.В. Судовые дизельные двигатели [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.В. Осипов, Б.Н. Воробьев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 356 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106877>.

13. Кулагин, В.В. Теория, расчет, проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. В 2 кн. Кн. 2. Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики [Электронный ресурс] : учеб. / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2017. — 280 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107155>.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

14. <http://elib.altstu.ru> - Сайт электронных ресурсов АлтГТУ

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Acrobat Reader
2	LibreOffice
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	IEEE Xplore - Интернет библиотека с доступом к реферативным и полнотекстовым статьям и материалам конференций. Бессрочно без подписки (https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp)
2	Springer - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг (https://www.springer.com/gp https://link.springer.com/)
3	Научные ресурсы в открытом доступе (http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0607.ssi)
4	Российский морской регистр судоходства и раздел издания РС (https://rs-class.org/ и раздел издания РС - https://lk.rs-class.org/regbook/rules)
5	Российский Речной Регистр раздел документы (https://www.rivreg.ru/docs/)
6	Электронная база ГОСТов (http://1000gost.ru/list/1-0.htm)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».