

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шиломаева Ирина Алексеевна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 27.06.2025 16:17:25
Уникальный программный ключ:
8b264d3408be5f4f2b4acb7cfae7e625f7b6d62e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
Тучковский филиал Московского политехнического университета

УТВЕРЖДАЮ
заместитель директора по УВР
_____ О.Ю. Педашенко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.33 Силовые агрегаты

Направление подготовки

**23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов**

Профиль подготовки

Автомобильная техника и сервисное обслуживание

Квалификация (степень)
выпускника
Бакалавр

Форма обучения
заочная

Тучково 2025

Рабочая программа учебной дисциплины «Силовые агрегаты» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 N 916 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 августа 2020 г., регистрационный № 59405).

Организация-разработчик: Тучковский филиал Московского политехнического университета

Разработчик :

доцент, к.т.н.

/ Нанагюлян Ю.С

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Силовые агрегаты» являются:

- ознакомление обучающихся с основами конструкции двигателей и силовых установок транспортных и технологических машин;
- освоение обучающимися сведений о режимах работы, параметрах и методах расчета двигателей.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучить конструкцию двигателей и силовых установок транспортных и технологических машин, режимы работы, параметры и методы расчета двигателей;
- ознакомить студентов с современным состоянием и основными тенденциями совершенствования систем и механизмов двигателей;
- научить студентов самостоятельно находить информацию о направлениях развития конструкций двигателей;
- сформировать у студента потребность к новым знаниям в области мирового двигателестроения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Силовые агрегаты» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, согласно ФГОС ВО для направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Планируемые результаты обучения
ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью	ОПК-6.1 Владеет методами поиска и анализа нормативных правовых документов, регламентирующих различные аспекты профессиональной деятельности в области эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ИОПК-6.2 Использует действующие нормативные правовые документы, нормы и регламенты в инженерно-технической деятельности в области эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ИОПК-6.3 Оформляет специальные документы для осуществления профессиональной деятельности с учетом нормативных правовых актов	Знать: закономерности и наиболее эффективные методы превращения химической энергии топлива в работу в ДВС; сущность и назначение процессов, происходящих в цилиндре ДВС при реализации действительного цикла; основные методы расчета и оценки нагрузок в основных нагруженных механизмах тепловых двигателей Уметь: намечать необходимые мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту ДВС, исходя из современных эксплуатационных, экономических и экологических требований; выбирать рациональные методы организации работы автомобиля, исходя из специфики изменения показателей его силового агрегата; формулировать цель анализа и применять кинематические и динамические расчеты для обеспечения показателей тепловых двигателей Владеть: знаниями по типам и разновидностям двигателей внутреннего сгорания; анализом преимуществ и недостатков применяемых методов организации рабочего процесса ДВС; навыками для объяснения причин и последствий

ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ПК-8.1 Участвует в составе рабочей группы в разработке мероприятий по достижению плановых эксплуатационных показателей транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.2 Участвует в составе рабочей группы в разработке мероприятий по достижению плановых показателей с определением ресурсов, обоснованием набора заданий для подразделений организации, участвующих в техническом обслуживании, ремонте и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.3 Участвует в координации деятельности подразделений организации при реализации перспективных и текущих планов технического обслуживания, ремонта и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.4 Участвует в реализации мероприятий по материально-техническому и кадровому обеспечению подразделений технического обслуживания, ремонта и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин	прекращения работоспособности ДВС Знать: сущность и назначение процессов, происходящих в цилиндре двигателя при реализации действительного цикла; влияние основных конструктивных, эксплуатационных и атмосферно-климатических факторов на протекание процессов в ДВС и на формирование внешних показателей работы двигателя; современные методы улучшения технико-экономических и экологических показателей и характеристик двигателя, включая использование средств электроники Уметь: выбирать оптимальные методы организации работы Т и ТТМО, исходя из специфики изменения показателей его силового агрегата; намечать необходимые мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту ДВС, исходя из современных эксплуатационных, экономических и экологических требований Владеть: методами оценочного расчета с применением ЭВМ показателей работы ДВС в специфических условиях эксплуатации или на местных видах топлива; навыками организации и проведения испытаний ДВС, определения основных показателей работы и характеристик ДВС применительно к условиям автохозяйств и ремонтного производства в целях оптимизации показателей двигателя
---	---	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в часах
Общая трудоемкость дисциплины	144 (4 зачетных единицы)
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	16
Аудиторная работа (всего), в том числе:	16
Лекции	8
Семинары, практические занятия	4
Лабораторные работы	4
Внеаудиторная работа (всего):	
в том числе: консультация по дисциплине	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	128
Вид промежуточной аттестации обучающегося	Экзамен

4.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)							Компетенции
		Всего	Из них аудиторные занятия			Самост оательн ая работа	Курсо вая работа	Контро льная работа	
			Лекции	Лаборато рные работы	Практиче ские/семи нарские				
Тема 1 . Классификация силовых агрегатов. Основные понятия и терминология силовых агрегатов	2-3	21	1	-	-	20	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 2 Альтернативные виды топлива для силовых агрегатов	2-3	11	1	-	-	10	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 3 Термодинамические и действительные циклы	2-3	11	1	-	-	10	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 4 Процессы газообмена в двигателе	2-3	13	1	2	-	10	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 5 Индикаторные, эффективные и оценочные показатели	2-3	25	1	2	2	20	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 6 Режимы работы и характеристики двигателя. Силы, действующие в двигателе	2-3	11	1	-		10	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 7 Конструкция силового агрегата и его механизмов	2-3	23	1	-	2	22	-	-	ОПК-6, ПК-8
Тема 8 Перспективы развития силовых агрегатов	2-3	27	1	-	-	26	-	-	ОПК-6, ПК-8
Итого по дисциплине		144	8	4	4	128			

4.3 Содержание дисциплины «Силовые агрегаты»

Тема 1 Классификация силовых агрегатов. Основные понятия и терминология силовых агрегатов

Понятие об устройстве двигателя, принципе его работы, главных оценочных параметрах двигателя, определяющих основные его мощностные, экономические и габаритные размеры. Классификация двигателей внутреннего сгорания и их основные механизмы и системы. Основные термины и определения ДВС. Назначение, устройство и принцип действия механизмов и систем двигателя внутреннего сгорания. Направления развития автомобильных двигателей: повышение агрегатных мощностей и снижение массогабаритных характеристик, повышение экономичности и надёжности, улучшение экологических характеристик, повышение экономичности и надёжности, улучшение экологических характеристик.

Практическое задание Управление двигателем, методы диагностирования и повышения его надёжности

Тема 2 Альтернативные виды топлива для силовых агрегатов

Основные марки современных топлив для двигателей внутреннего сгорания. Схемы систем питания ДВС. Смесеобразование в карбюраторных и дизельных двигателях и их сравнительная оценка. Принцип работы простейшего карбюратора. Устройство и работа топливных баков, фильтров, насосов низкого и высокого давления, топливопроводов, форсунок, турбокомпрессоров. Газобаллонная установка. Способы очистки воздуха. Наддув двигателей. Типы нагнетателей.

Тема 3 Термодинамические и действительные циклы

Основы теории поршневых двигателей. Понятие рабочего цикла и процессов, входящих в него. Рабочие циклы четырехтактных двигателей. Рабочие циклы двухтактных двигателей. Определение термического КПД. Термодинамические циклы с подводом теплоты при постоянном объёме, постоянном давлении и смешанный цикл. Сравнение показателей циклов при различных способах подвода теплоты и различных ограничивающих условиях. Действительные циклы 4-х тактных ДВС: цикл двигателей с зажиганием от искры, цикл дизеля, понятие о цикле газодизеля. Действительные циклы 2-х тактных ДВС.

Тема 4 Процессы газообмена в двигателе

Процесс впуска, понятие о коэффициенте наполнения. Особенности процессов газообмена при наддуве. Газотурбинный наддув как средство повышения мощности и экономичности двигателя. Процесс выпуска. Понятие о коэффициенте остаточных газов. Фазы газораспределения. Конструктивные факторы, влияющие на коэффициент

наполнения. Влияние скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя на коэффициент наполнения. Процессы смесеобразования в дизелях и газодизелях. Особенности объёмного, объёмно-плёночного и плёночного смесеобразования. Смесеобразование в разделённых камерах сгорания. Особенности смесеобразования при наддуве и при использовании альтернативных топлив. Степень сжатия, её выбор. Термодинамический расчёт параметров рабочего тела в конце сжатия и их значение для различных типов двигателей. Влияние степени сжатия на пусковые свойства двигателя. Влияние технического состояния двигателя на процесс сжатия. Подогрев заряда. Сгорание в карбюраторных двигателях. Детонация. Сгорание в дизелях, факторы на него влияющие.

Лабораторная работа

Снятие нагрузочной характеристики по подаче топлива

Тема 5 Индикаторные, эффективные и оценочные показатели

КПД двигателя: термический, индикаторный и эффективный. Давление: индикаторное и эффективное. Мощности двигателя: индикаторная, эффективная, механическая, литровая и габаритная. Механические потери двигателя. Расход топлива: удельный и часовой. Индикаторная диаграмма действительного цикла работы бензинового и дизельного двигателя.

Практическое занятие

Среднее индикаторное давление, индикаторная мощность и экономичность

Лабораторная работа

Расчет индикаторных и эффективных показателей. Определение механических потерь. Тепловой баланс

Практическое задание

Предпосылки к расчету деталей двигателей на прочность

Тема 6 Режимы работы и характеристики двигателя. Силы, действующие в двигателе

Понятие об установившихся и неуставившихся режимах. Характеристики отдельных видов неуставившихся режимов и их классификация. Факторы, определяющие неуставившиеся режимы. Критерии оценки режимов. Особенности работы двигателей с наддувом на неуставившихся режимах. Сравнительная оценка параметров рабочих процессов на установившихся и неуставившихся режимах. Баланс мощности, развиваемой двигателем и воспринимаемой нагрузкой. Преимущественные эксплуатационные режимы. Понятие о ездовом цикле. ГОСТы на методы стендовых испытаний автомобильных двигателей. Внешняя скоростная характеристика бензиновых и газовых двигателей. Скоростные и регуляторные характеристики дизеля. Понятие о

коэффициенте приспособляемости и запасе крутящего момента. Влияние регулировок и технического состояния двигателя на его скоростную характеристику. Нагрузочные характеристики карбюраторного двигателя и дизеля. Регулировочные характеристики по углу опережения зажигания по составу смеси. Регулировочная характеристика дизеля по углу опережения впрыскивания. Характеристики холостого хода. Краткие сведения о многопараметровых характеристиках.

Газовые силы; развертка индикаторной диаграммы. Силы инерции. Эквивалентная схема КШМ. Определение параметров эквивалентной модели. Силы инерции масс, совершающих возвратно – поступательное и вращательное движение. Суммарные силы и моменты; их зависимость от угла поворота кривошипа. Суммарный крутящий момент многоцилиндрового двигателя. Понятие уравниваемости двигателя. Факторы, вызывающие неуравновешенность одноцилиндрового и многоцилиндрового ДВС. Общие условия уравниваемости и задачи уравнивания.

Тема 7 Конструкция силового агрегата и его механизмов

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) и газораспределительный механизм (ГРМ). Устройство, работа и основные регулировки КШМ и ГРМ. Конструктивные особенности деталей КШМ и ГРМ. Аксиальный и дезаксиальный КШМ. Короткоходные и длинноходные двигатели. Их преимущества и недостатки. Конструкция ГРМ. Основные понятия и определения. Схемы расположения клапанов в ГРМ. Фазы газораспределения.

Общая характеристика электронной системы управления двигателем. Электронный блок управления двигателем. Контактные и бесконтактные электрические датчики автомобильных двигателей. Функциональные системы, входящие в электронную систему управления двигателем. Диагностика электронных систем управления двигателем. Небортовые диагностические средства.

Практическое занятие

Кинематика и динамика КШМ

Тема 8 Перспективы развития силовых агрегатов

Современные проблемы выбора типа двигателя для транспортных машин. Перспективы развития двигателей: роторно-поршневые, газотурбинные, внешнего сгорания и другие типы двигателей. Двигатели внутреннего сгорания работающие на водороде. Двигатели внутреннего сгорания, работающие на сжиженном и сжатом природном газе.

4.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы реализуются путем проведения моделирования процессов, предусматривающих участие обучающихся в выполнении вычислительных работ,

связанных с физической моделью силовых агрегатов.

Объем занятий в форме практической подготовки составляет 4 часа

Вид занятия	Тема занятия	Количество часов	Форма проведения	Коды компетенции
Лабораторная работа 1	Снятие нагрузочной характеристики по подаче топлива	2	Выполнение лабораторной работы. Индивидуальная самостоятельная работа	ОПК-6. ПК-8
Лабораторная работа 2	Среднее индикаторное давление, индикаторная мощность и экономичность	2	Выполнение лабораторной работы Индивидуальная самостоятельная работа	ОПК-6. ПК-8

4.5. Практическая подготовка

Практическая подготовка реализуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Объем занятий в форме практической подготовки составляет 4 часа.

Вид занятия	Тема занятия	Количество часов	Форма проведения	Коды компетенции
Практическое занятие 1	Управление двигателем, методы диагностирования и повышения его надежности	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	ОПК-6 , ПК-8
Практическое занятие 2	Среднее индикаторное давление, индикаторная мощность и экономичность	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	ОПК-6 , ПК-8
Практическое занятие 3	Предпосылки к расчету деталей двигателей прочность	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	ОПК-6 , ПК-8
Практическое занятие 4	Кинематика и динамика КШМ	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная	ОПК-6 , ПК-8

			самостоятельная работа	
--	--	--	---------------------------	--

4.6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом по дисциплине в объеме 128 часов.

Самостоятельная работа реализуется в рамках программы освоения дисциплины в следующих формах:

- работа с конспектом занятия (обработка текста);
- проработка тематики самостоятельной работы;
- написание контрольной работы;
- поиск информации в сети «Интернет» и литературе;
- выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к сдаче зачета, экзамена.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний студентов;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию, учебную и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- развитию исследовательских умений студентов.

Технология организации самостоятельной работы обучающихся включает использование информационных и материально-технических ресурсов филиала:

- библиотеку с читальным залом, компьютерные классы с возможностью работы в Интернет;
- аудитории для самостоятельной работы.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультирование по выполнению задания, который включает цель задания, его содержания, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки.

Во время выполнения обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы и при необходимости преподаватель может проводить индивидуальные и групповые

консультации.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами обучающихся в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем;
- организация самопроверки, взаимопроверки выполненного задания в группе;
- обсуждение результатов выполненной работы на занятии;
- проведение письменного опроса;
- проведение устного опроса; организация и проведение индивидуального собеседования;
- организация и проведение собеседования с группой.

5. Оценочные материалы по дисциплине

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств по дисциплине приведён в Приложении 1 (фонд оценочных средств) к рабочей программе дисциплины.

6. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

6.1 Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник для вузов / Р. М. Баширов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-9222-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189307> (дата обращения:

12.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Калимуллин, Р. Ф. Автомобильные двигатели : учебник / Р. Ф. Калимуллин. — Оренбург : ОГУ, 2019. — 453 с. — ISBN 978-5-7410-2368-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159989> (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Техническая эксплуатация и ремонт силовых агрегатов и трансмиссий: конспект лекций : методические указания / составители Н. А. Загородний [и др.]. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 192 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [62 https://e.lanbook.com/book/162037](https://e.lanbook.com/book/162037) (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Устройство автомобилей. Автомобильные двигатели : учебное пособие для спо / А. В. Костенко, А. В. Петров, Е. А. Степанова [и др.]. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 436 с. — ISBN 978-5-8114-9027-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/183693> (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Автомобиль. Устройство. Автомобильные двигатели : учебное пособие / А. В. Костенко, А. В. Петров, Е. А. Степанова [и др.]. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 436 с. — ISBN 978-5-8114-3997-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130160> (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Волков, В. С. Автомобильные силовые агрегаты : учебное пособие / В.С. Волков, А.П. Лукин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 83 с. - ISBN 978-5- 16-109299-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1209234> (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: по подписке.

Периодика

1. Наука и жизнь / гл. ред. Е.Л. Лозовская ; учред. редакция журнала «Наука и жизнь». — Москва : Наука и жизнь, 2021. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=journal_red&jid=618821. — ISSN 0028- 1263. — Текст : электронный.

2. Журнал технических исследований : сетевой научный журнал / гл. ред. Н. А. Салькова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — URL: <https://znanium.com/catalog/magazines/issues?ref=6de5e665-cd41-11e8-bfa5-90b11c31de4c>. — Текст : электронный.

3. Научное приборостроение / гл. ред. В.Е.Курочкин. — Санкт-Петербург : Институт

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

		многофункциональное устройство	AdobeReader Cisco WebEx Информационно-коммуникационная платформа «Сферум» Образовательная платформа https://mospolytech-tuchkovo.online/
--	--	--------------------------------	---

7. Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Обучение по дисциплине обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Содержание образования и условия организации обучения, обучающихся с ограниченными возможностями здоровья определяются адаптированной образовательной программой, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии).

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного

использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

8. Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

**Фонд оценочных средств
для текущего контроля и промежуточной аттестации при изучении
учебной дисциплины
Б1.О.33 Силовые агрегаты**

Тучково 2025

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код и наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1 . Классификация силовых агрегатов. Основные понятия и терминология силовых агрегатов	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 2 Альтернативные виды топлива для силовых агрегатов	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 3 Термодинамические и действительные циклы	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 4 Процессы газообмена в двигателе	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 ,	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал);

	профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 5 Индикаторные, эффективные и оценочные показатели	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 6 Режимы работы и характеристики двигателя. Силы, действующие в двигателе	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 7 Конструкция силового агрегата и его механизмов	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 , ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.3, ПК-8.4.	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, экзамен
Тема 8 Перспективы развития силовых агрегатов	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью	ОПК-6.1 , ОПК-6.2 , ОПК-6.3 ,ПК-8.1, ПК-8.2 , ПК-8.4,	Лабораторные работы , практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос,

	ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ПК-8.4	собеседование; тест, экзамен
--	--	--------	------------------------------

Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП прямо связаны с местом дисциплины силовые агрегаты в образовательной программе.

Каждый этап формирования компетенции, характеризуется определенными знаниями, умениями и навыками и (или) опытом профессиональной деятельности, которые оцениваются в процессе текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по дисциплине силовые агрегаты и в процессе итоговой аттестации. Дисциплина является промежуточным этапом комплекса дисциплин, в ходе изучения которых у студентов формируются компетенция ОПК-6 и ПК-8. Формирования компетенции ОПК-6 и ПК-8. начинается с изучения дисциплины силовые агрегаты. Завершается работа по формированию у студентов указанных компетенций в ходе учебной практики, производственной практики, государственной итоговой аттестации, выполнении выпускной квалификационной работы. Итоговая оценка сформированности компетенции ОПК-6 и ПК-8 определяется в подготовке и сдаче государственного экзамена, в выполнении и защите выпускной квалификационной работы.

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Назначение, типы, области применения двигателей.
2. Влияние различных факторов на эффективные показатели двигателя. Характеристики двигателей.
3. Условия эксплуатации, режимы работы и требования, предъявляемые к силовым установкам автомобилей и тракторов.
4. Среднее эффективное давление и эффективная мощность. Эффективный К.П.Д. и удельный эффективный расход топлива.
5. Сравнение двигателей внутреннего сгорания с силовыми установками нетрадиционных типов и схем.
6. Теплоиспользование в двигателях.
7. Топлива для автомобильных и тракторных двигателей, альтернативные виды топлива
8. Классификация двигателей.
9. Эффективные показатели двигателя.

10. Тенденции развития автомобильных и тракторных двигателей и их современный технический уровень.
11. Влияние конструктивных особенностей и режимов двигателя на механические потери.
12. Задачи, стоящие перед отечественным двигателестроением по повышению технического уровня двигателей и их конкурентоспособности на мировом рынке.
13. Способы определения механических потерь. Механический К.П.Д. и среднее давление механических потерь.
14. Общее устройство и принцип действия, классификация и показатели автомобильных, тракторных и мотоциклетных двигателей внутреннего сгорания.
15. Потери мощности на трение и привод вспомогательных механизмов.
16. Основные механизмы и системы двигателя, их назначение.
17. Влияние различных факторов на индикаторные показатели двигателей,
18. механические потери в двигателях.
19. Основные механизмы и системы двигателя, их назначение.
20. Влияние различных факторов на индикаторные показатели двигателей,
21. механические потери в двигателях.
22. Рабочие циклы и процессы четырёх- и - двухтактных двигателей с внешним и внутренним смесеобразованием.
23. Среднее индикаторное давление и индикаторная мощность.
24. Индикаторные диаграммы циклов.
25. Продолжительность процесса выпуска в четырехтактных двигателях.
26. Наддув, как наиболее эффективный способ повышения энергетических и других показателей двигателей.
27. Назначение кривошипно-шатунного механизма, его подвижные и неподвижные детали.
28. Теплообмен между рабочим телом и стенками цилиндра и головки в процессе сжатия и действительный политропический процесс расширения.
29. Силы и моменты, действующие в механизме в кривошипно-шатунном механизме.
30. Особенности процесса смесеобразования в дизелях. Процесс горения, периоды процесса сгорания в дизельных двигателях. .
31. Назначение механизма газораспределения. Клапанные и золотниковые механизмы, их преимущества и недостатки, области применения.
32. Образование горючих смесей, сгорание горючих смесей разных составов, пределы воспламеняемости.

33. Нижнеклапанные и верхнеклапанные механизмы газораспределения, их схемы, преимущества и недостатки, энергетические, экономические и габаритные показатели двигателей с этими механизмами.
34. Процесс сгорания в бензиновых и газовых двигателях.
35. Система охлаждения. Назначение системы охлаждения, последствия перегрева и переохлаждения двигателя.
36. Действительная степень сжатия двигателя.
37. Жидкостное и воздушное охлаждения, их преимущества и недостатки.
38. Теплообмен между рабочим телом и стенками цилиндра головки в процессе сжатия и действительный политропический процесс сжатия.
39. Схемы систем жидкостного охлаждения, их агрегаты и конструктивные элементы. Охлаждающие жидкости, области их применения.
40. Продолжительность процесса впуска в четырехтактных двигателях, периоды процесса впуска.
41. Схемы систем воздушного охлаждения, их агрегаты и конструктивные элементы.
42. Системы питания бензиновых двигателей. Назначение систем. Схемы и элементы питания двигателей воздухом.
43. Способы регулирования теплового состояния двигателей с жидкостной и воздушной системами охлаждения.
44. Устройство и принцип работы простейшего карбюратора.
45. Малый и большой круги циркуляции охлаждающей жидкости. Термостаты, их наполнители.
46. Понятия о составе горючей смеси и коэффициенте избытка воздуха.
47. Электромагнитные и гидравлические муфты автоматического изменения частоты вращения вентилятора, их преимущества и недостатки, схемы, датчики включения муфт. Жалюзи.
48. Требования к карбюратору, основные и вспомогательные его устройства.
49. Назначение системы смазки.
50. Способы смесеобразования в дизелях, их схемы, преимущества и недостатки, области применения.
51. Классификации и схемы систем смазки, её агрегаты.
52. Требования к качеству распыливания топлива при различных способах смесеобразования в дизеле.
53. Масляные насосы с внешним и внутренним зацеплением шестерён, маслоприемники насосов.

54. Типовая схема питания дизеля топливом, её элементы и их назначения.
55. Агрегаты для очистки масла, их схемы, конструкции и материалы фильтрующих элементов.
56. Топливные насосы высокого давления много секционного и распределительного типов, их схемы, преимущества и недостатки, области применения.
57. Центробежные фильтры, способы привода их роторов.
58. Топлива для автомобильных и тракторных дизелей, их маркировка. Топливные фильтры.
59. Агрегаты для охлаждения масла, их схемы, преимущества и недостатки.
60. Клапаны системы смазки.
61. Схемы газобаллонных установок для питания двигателей сжатым и сжиженными газами, их преимущества и недостатки.
62. Масляные поддоны штампованные и литые, их преимущества и недостатки.
63. Закрытые и открытые, вытяжные и приточно-вытяжные системы вентиляции картерного пространства, их схемы.
64. Система рециркуляции отработавших газов, её схема и основные элементы.
65. Схемы наддува дизелей и бензиновых двигателей с помощью компрессора с механическим приводом и турбокомпрессора, схема и принцип динамического наддува.
66. Схема и принцип работы роторно-поршневого двигателя. Экономические, габаритные и весовые показатели.
67. Промежуточное охлаждение наддувочного воздуха, типы охладителей, их схемы, преимущества и недостатки.
68. Агрегаты для охлаждения масла, их схемы, преимущества и недостатки.
69. Клапаны системы смазки.
70. Типовая схема питания дизеля топливом, её элементы и их назначения.
71. Электромагнитные и гидравлические муфты автоматического изменения частоты вращения вентилятора, их преимущества и недостатки, схемы, датчики включения муфт. Жалюзи.
72. Системы питания бензиновых двигателей. Назначение систем. Схемы и элементы питания двигателей воздухом.

Критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	теоретическое содержание материала освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному
«хорошо»	теоретическое содержание материала освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом

	сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
«удовлетворительно»	теоретическое содержание материала освоено частично, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки
«не удовлетворительно»	теоретическое содержание материала не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близких к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

2.2 ТИПОВОЕ ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ

1. Какое понятие отсутствует в общей классификации автомобилей:

- а) транспортные;
- б) специальные;
- в) рыночные;
- г) гоночные;
- д) специализированные.

2. Какая группа механизмов входит в устройство автомобиля:

- а) ремиссия;
- б) абсмиссия;
- в) трансмиссия;
- г) форсмиссия.

3. Что на автомобиле является источником механической энергии:

- а) кузов;
- б) двигатель;
- в) шасси;
- г) аккумуляторная батарея;
- д) генератор.

4. Трансмиссия – это ...

- а) механизмы тормозной системы автомобиля;
- б) механизмы рулевого управления автомобиля;
- в) агрегат, вырабатывающий электроэнергию на автомобиле;
- г) блок механизмов, которые передают крутящий момент, от коленчатого вала двигателя к ведущим колёсам автомобиля.

5. Какие агрегаты не входят в состав шасси автомобиля:

- а) трансмиссия;
- б) ходовая часть;
- в) двигатель;
- г) механизмы управления;
- д) грузовая платформа;

е) топливный насос.

6. Какие системы относятся к механизмам управления автомобилем:

- а) система питания;
- б) тормозная система;
- в) система зажигания;
- г) система рулевого управления.

2. Тесты по теме: «Классификация двигателей. Механизмы и системы двигателя внутреннего сгорания»

1. В каких двигателях внутреннего сгорания происходит образование рабочей смеси внутри его цилиндров:

- а) карбюраторных;
- б) инжекторных;
- в) дизельных;
- г) газовых.

2. Какой механизм преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала:

- а) кривошипно-шатунный;
- б) карбюраторный;
- в) инжекторный;
- г) газораспределительный;
- д) свободного хода.

3. Как правильно называется объём, высвобождаемый при движении поршня в цилиндре от верхней мёртвой точки к нижней мёртвой точке:

- а) полный;
- б) рабочий;
- в) камеры сгорания;
- г) картера.

4. С помощью какой системы в двигателе внутреннего сгорания идёт трансформация тока низкого напряжения в ток высокого напряжения:

- а) системы питания; д) системы зажигания;
- б) системы охлаждения; е) системы вентиляции;
- в) системы смазки; ж) системы сигнализации.
- г) системы отопления;

5. Как влияет степень сжатия на мощность и экономичность работы двигателя:

- а) увеличивает;
- б) уменьшает;
- в) влияния не имеет;
- д) накапливает.

6. Какой механизм своевременно впускает в цилиндры двигателя горючую смесь и выпускает отработавшие газы:

- а) кривошипно-шатунный;
- б) газораспределительный.

3. Тесты по теме: «Кривошипно-шатунный механизм»

1. Какую функцию в двигателе выполняет КШМ:

- а) приготавливает горючую смесь из паров топлива и воздуха;
- б) отводит лишнее тепло от деталей двигателя;

- в) преобразует прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала;
 - г) подаёт смазку к трущимся поверхностям деталей двигателя.
2. Какое кольцо предотвращает прорыв газов из над поршневого пространства в картер:
- а) маслосъёмное;
 - б) компрессионное;
 - в) поршневое;
 - г) стопорное.
3. Коленчатый вал не содержит:
- а) шеек;
 - б) щёк;
 - в) языка;
 - г) противовесов.
4. Маховик:
- а) увеличивает компрессию в двигателе;
 - б) равномерно повышает обороты двигателя при нагрузках;
 - в) равномерно вращает коленчатый вал и выводит поршни из мёртвых точек;
 - г) изменяет фазы газораспределения.
5. Какие виды вкладышей предусмотрены в КШМ:
- а) коренные;
 - б) игольчатые;
 - в) шатунные;
 - г) барабанные.
6. Поршневой палец соединяет:
- а) поршень с гильзой цилиндра;
 - б) поршень с коленчатым валом;
 - в) поршень с шатуном;
 - г) поршень с камерой сгорания.
7. От каких факторов происходит падение мощности двигателя:
- а) от увеличенного зазора между вкладышем и шатунной шейкой коленчатого вала ;
 - б) от износа или залегания в канавках компрессионных колец.
4. Тесты по теме: «Газораспределительный механизм»
1. Какую функцию в двигателе выполняет ГРМ:
- а) приготавливает горючую смесь из паров топлива и воздуха;
 - б) отводит лишнее тепло от деталей двигателя;
 - в) своевременно впускает в цилиндры двигателя горючую смесь (воздух) и выпускает отработавшие газы ;
 - г) подаёт смазку к трущимся поверхностям деталей двигателя.
2. Правильное соотношение вращения газораспределительной шестерни и шестерни коленчатого вала:
- а) 1 : 1; б) 1 : 2; в) 1 : 3; г) 1 : 4.
3. Штанга передаёт усилие:
- а) от газораспределительного вала к толкателю; б) от толкателей к коромыслам;
 - в) от толкателей к клапану; г) от клапана к газораспределительной шестерне.
4. Из какого материала выполнена направляющая втулка клапанов:
- а) асбеста; б) стали; в) чугуна; г) металлокерамики.

5. Фазы газораспределения – это...

- а) скорость, с которой выхлопные газы выходят из глушителя;
- б) количество вредных веществ в выхлопных газах;
- в) моменты открытия и закрытия клапанов относительно мёртвых точек, выраженные в градусах поворота коленчатого вала;
- г) скорость открытия и закрытия клапанов относительно мёртвых точек.

6. Внешними признаками неисправности ГРМ двигателя являются:

- а) уменьшение компрессии и хлопки во впускном и выпускном трубопроводах;
- в) падение мощности двигателя и металлические стуки;
- г) все перечисленные факторы.

7. Плохое прилегание клапана к седлу возможно вследствие:

- а) коробления головок клапанов;
- б) заедания стержня клапана в направляющей втулке;
- в) отсутствия зазора между стержнем клапана и коромыслом;
- г) всех перечисленных факторов;

8. Регулировка теплового зазора в клапанах производится для:

- а) обеспечения плотной посадки клапана в седле;
- б) обеспечения плотной посадки клапана в направляющей втулке;
- в) обеспечения плотного прилегания клапана к коромыслу;
- г) обеспечения бесшумной работы газораспределительной шестерни.

5. Тесты по теме: «Система охлаждения»

1. Какую функцию в двигателе выполняет система охлаждения:

- а) приготавливает горючую смесь из паров топлива и воздуха;
- б) отводит тепло от деталей двигателя и передаёт его окружающему воздуху;
- в) своевременно впускает в цилиндры двигателя горючую смесь (воздух) и выпускает отработавшие газы ;
- г) подаёт смазку к трущимся поверхностям деталей двигателя.

2. Пробка радиатора имеет клапан:

- а) перепускной; б) редукционный; в) паровоздушный.

3. Водяной насос:

- а) обеспечивает принудительную вентиляцию картера двигателя;
- б) обеспечивает принудительную циркуляцию охлаждающей жидкости;
- в) обеспечивает принудительную циркуляцию масла.

4. Термостат в системе охлаждения выполняет роль:

- а) насоса; б) преобразователя; в) клапана; г) фильтра.

5. С каким усилием и величиной прогиба должно быть отрегулировано натяжение ремня привода водяного насоса:

- а) 1-2 кг – 5-10 мм; б) 2-3 кг – 15-20 мм; в) 3-4 кг – 10-15 мм; г) 4-5 кг – 15-20 мм.

6. Для удаления накипи каким раствором следует промывать радиатор:

- а) едкого калия; б) едкого натра; в) едкого бария; г) едкого брома.

7. Тосол и антифриз являются:

- а) подогревающими жидкостями;
- б) растворяющими жидкостями;
- в) консервирующими жидкостями;
- г) незамерзающими жидкостями.

8. Что произойдёт, если клапан термостата заляжет в открытом положении:
- а) двигатель будет перегреваться;
 - б) двигатель будет переохлаждаться;
 - в) двигатель будет детонировать;
 - г) двигатель будет работать в штатном режиме.
9. Какие операции по ТО-2 включает система охлаждения:
- а) проверка натяжения ремня привода вентилятора;
 - б) проверка крепления радиатора, водяного насоса и вентилятора;
 - в) проверка работоспособности паровоздушного клапана пробки радиатора;
 - г) смазка подшипников водяного насоса;
 - д) все перечисленные действия.
6. Тесты по теме: «Смазочная система»
1. Какую функцию в двигателе выполняет система смазки:
- а) приготавливает горючую смесь из паров топлива и воздуха;
 - б) отводит тепло от деталей двигателя и передаёт его окружающему воздуху;
 - в) своевременно впускает в цилиндры двигателя горючую смесь (воздух) и выпускает отработавшие газы ;
 - г) обеспечивает подачу масла к трущимся поверхностям деталей и его фильтрацию.
2. В каких единицах измеряется вязкость масла:
- а) джоулях; б) сантистоксах; в) молях; г) байтах; д) люксах.
3. Какой параметр масла, не является его измерителем:
- а) температура застывания; б) стабильность; в) вязкость; г) температура вспышки;
 - д) нагарообразование.
4. Какие типы смазки в ДВС существуют:
- а) разбрызгиванием; б) под давлением; в) все перечисленные; г) самотёком; д) комбинированные.
5. Масляный насос в системе обеспечивает:
- а) фильтрацию масла; б) регенерирование масла; в) создание необходимого давления масла; г) предохраняет систему от избыточного давления масла.
6. Масляный насос какого типа применяется в двигателях внутреннего сгорания:
- а) роторного; б) турбовинтового; в) реактивного; г) шестерёчатого.
7. Какой вид фильтрации масла не применяется в двигателе внутреннего сгорания:
- а) под давлением; б) инжекторный; в) центробежный.
8. Какое давление масла в двигателе опаснее:
- а) повышенное; б) пониженное; в) нормальное.
9. Назначение редукционного клапана в системе:
- а) предохраняет двигатель от пониженного давления масла;
 - б) предохраняет двигатель от повышенного давления масла;
 - в) предохраняет двигатель от загрязнения масла.
10. От каких факторов будет происходить понижение давления масла в двигателе:
- а) от недостаточного уровня масла в системе; б) разжижения масла;
 - в) неисправности масляного насоса; г) от всего перечисленного;
 - д) подтекания масла через неплотности в соединениях маслопроводов.
11. При ТО системы смазки производят замену масла. При этом что ещё необходимо заменить:

- а) масляный насос; б) маслопроводы; в) предохранительный клапан; г) свечи зажигания;
- д) масляный фильтр; е) коммутатор; ж) масляный щуп.

7. Тесты по теме: «Система питания»

1. Какую функцию в двигателе выполняет система питания:

- а) отводит тепло от деталей двигателя и передаёт его окружающему воздуху;
- б) обеспечивает хранение, очистку и подачу топлива, приготавливает горючую смесь из паров топлива и воздуха;
- в) своевременно впускает в цилиндры двигателя горючую смесь (воздух) и выпускает отработавшие газы ;
- г) обеспечивает подачу масла к трущимся поверхностям деталей и его фильтрацию.

2. Какой параметр не относится к характеристике бензина:

- а) испаряемость; б) удельный вес; в) взрываемость; г) теплотворность;
- д) стойкость против детонации.

3. Нормальная топливная смесь – это ...

- а) смесь у которой пропорция топлива и воздуха 1 :17;
- б) смесь у которой пропорция топлива и воздуха 1 :13;
- в) смесь у которой пропорция топлива и воздуха 1 :10;
- г) смесь у которой пропорция топлива и воздуха 1 :15.

4. Топливный насос высокого давления обеспечивает:

- а) очистку топлива; б) подачу топлива к форсункам двигателя;
- в) впрыск топлива в цилиндры двигателя;
- г) извлечение топлива из бака и подачу его к фильтрующему элементу.

5. Детонация – это ...

- а) динамический фактор при движении автомобиля; б) взрывное сгорание топлива;
- в) центробежная сила при повороте автомобиля; г) теплотворность бензина.

6. Экономайзер нужен для:

- а) обеднения горючей смеси; б) обогащения горючей смеси при полной нагрузке;
- в) инвертирования топлива; г) подачи закиси азота.

7. При каких неисправностях в системе питания карбюраторных двигателей будет идти перерасход топлива:

- а) при засорении топливного жиклёра; б) при засорении воздушного жиклёра;
- в) при отказе работы ускорительного насоса; г) при отказе работы экономайзера.

8. Какое дизельное топливо менее вязкое:

- а) летнее; б) зимнее; в) арктическое; г) субтропическое.

9. Какая операция не входит в ТО системы питания:

- а) слив отстоя из топливного бака; б) замена воздушного фильтра;
- в) удаление конденсата из рессивера; г) промывка топливопроводов;
- е) регулировка уровня топлива в поплавковой камере; д) замена топливных фильтров.

8. Тесты по теме: «Электрооборудование автомобиля»

1. Какой прибор является источником тока при не работающем двигателе:

- а) генератор переменного тока; б) коммутатор; в) аккумуляторная батарея;
- г) компрессор; д) реле-регулятор; е) сигнализатор.

2. Какой прибор является источником тока при работающем двигателе:

- а) генератор переменного тока; б) коммутатор; в) аккумуляторная батарея;
- г) компрессор; д) реле-регулятор; е) сигнализатор.

3. Каково назначение реле-регулятора:

- а) трансформирует ток низкого напряжения в ток высокого напряжения;
- б) регулирует напряжение генератора и ограничивает силу тока в электрической цепи;
- в) предохраняет электрическую цепь от коротких замыканий;
- г) преобразует химическую энергию в электрическую.

4. Ампер-час – это ...

- а) напряжение, которое может вырабатывать аккумуляторная батарея;
- б) сила тока, которую может вырабатывать аккумуляторная батарея;
- в) ёмкость аккумулятора, который может давать ток силой а 1А в течении 1Ч;
- г) единица, характеризующая работу реле-регулятора.

5. Катушка зажигания является:

- а) стабилизатором; б) трансформатором; в) выпрямителем;
- г) поджигателем рабочей смеси внутри цилиндров двигателя;
- д) накопителем электрической энергии.

6. Назначение октан-корректора:

- а) это прибор, выполняющий контроль за уровнем топлива в баке;
- б) составная часть прерывателя-распределителя системы зажигания;
- в) контрольно-измерительный прибор, установленный на щитке;
- г) специализированный инструмент слесаря по ремонту автомобилей.

7. Какая неисправность в стартере вызовет отказ в его работе:

- а) подгорание щёток; б) обрыв в обмотках статора; в) всё перечисленное;
- г) обрыв в обмотках ротора; е) отказ работы втягивающего реле.

8. Что не относится к контрольно-измерительным приборам:

- а) амперметр; б) указатель уровня топлива; в) указатель давления масла;
- г) ареометр; д) указатель температуры охлаждающей жидкости; е) манометр.

9. Какой зазор должен быть между электродами свечи:

- а) 0,1 - 0,2 мм; б) 0,3 – 0,4 мм; в) 0,5 – 0,6мм; г) 0,7 – 0,8 мм.

10. Какой зазор должен быть контактами прерывателя-распределителя:

- а) 0,1 - 0,2 мм; б) 0,3 – 0,4 мм; в) 0,5 – 0,6мм; г) 0,7 – 0,8 мм.

9. Тесты по теме: «Трансмиссия автомобиля»

1. Трансмиссия автомобиля – это...

- а) энергонакапливающая передача; б) энергосберегающая передача;
- в) силовая передача; г) модифицированная передача; е) телепередача.

2. Какой узел не относится к трансмиссии автомобиля:

- а) сцепление; б) коробка перемены передач; в) раздаточная коробка;
- г) дифференциал; д) амортизатор; е) главная передача.

3. Сцепление на автомобиле обеспечивает следующие действия:

- а) кратковременно разъединяет двигатель от трансмиссии;
- б) обеспечивает плавное трогание автомобиля с места;
- в) бесшумно переключает передачи; г) выполняет все перечисленные действия.

4. С помощью какого механизма мы можем управлять скоростью вращения и крутящим моментом на ведущих колёсах:

- а) сцеплением; б) раздаточной коробкой; в) дифференциалом;
- г) коробкой перемены передач; д) главной передачей; е) редуктором.

5. Передаточное число – это ...

- а) число характеризующее степень сжатия смеси в цилиндре двигателя;
- б) число тактов при работе двигателя внутреннего сгорания;

в) число, получаемое от деления числа зубьев ведомой шестерни на число зубьев ведущей шестерни.

6. Для чего нужна карданная передача на автомобиле:

- а) для передачи крутящего момента от коробки перемены передач к главной передаче;
- б) для обеспечения передачи крутящего момента от дифференциала на полуоси;
- в) для обеспечения микроклимата в кабине автомобиля;
- г) для передачи крутящего момента от главной передачи к дифференциалу.

7. Назначение дифференциала заключается в следующем:

- а) это механизм, обеспечивающий вращение ведущих колёс автомобиля с разной угловой скоростью;
- б) это механизм, обеспечивающий центробежную очистку масла в двигателе;
- в) это параметр, характеризующий плотность электролита в аккумуляторной батарее;
- г) это параметр, характеризующий, октановое число бензина.

8. Величина свободного хода педали сцепления должна быть:

- а) 1 – 2 мм; б) 3 – 4 мм; в) 5 – 6 мм; г) 7 – 9 мм; д) 10 – 12 мм.

9. Из-за каких неисправностей возможно самопроизвольное выключение передач:

- а) износ зубьев шестерен и муфты синхронизатора; б) неполное зацепление шестерен;
- в) износ фиксирующего устройства; г) всё перечисленное.

10. Тесты по теме: «Ходовая часть автомобиля»

1. Какой узел не относится к ходовой части автомобиля:

- а) рама; б) передний мост; в) задний мост; г) рессорная подвеска; д) колёса;
- е) грузовая платформа; ж) амортизатор; з) шины.

2. Что означает понятие «база автомобиля»:

- а) это всё то, что входит в устройство автомобиля; б) это объём грузовой платформы;
- в) это расстояние между серединами шин передних или задних колёс;
- г) это расстояние между осями передних и задних колёс.

3. Какое соединение применяется при соединении составных частей рамы:

- а) болтовое; б) шпилечное; в) винтовое; г) заклёпочное; д) сварочное.

4. Какая часть не входит в состав автомобильной покрышки:

- а) каркас; б) беговая дорожка (протектор); в) бортовая часть; г) боковая часть;
- д) вулканизационная часть; е) всё перечисленное.

5. Каких типов автомобильных шин не существуют:

- а) диагональные; б) радиальные; в) вертикальные.

6. Амортизаторы на автомобиле выполняют:

- а) преобразование возвратно-поступательного движения во вращательное;
- б) уравнивают крутильные колебания;
- в) гашение колебаний; г) увеличение динамического фактора.

7. Что нужно соблюдать при выполнении демонтажа и монтажа автомобильных шин:

- а) производить работы вдали от автомобиля;

- б) изучить компьютерную диагностику данной операции;
- в) соблюдать правила техники безопасности при выполнении работ;
- г) выполнять работы с использованием гидропресса.

8. Какая минимальная остаточная глубина протектора должна быть у легковых автомобилей:

- а) 0,8 мм; б) 1,0 мм; в) 1,6 мм; г) 2,0 мм.

9. Какая минимальная остаточная глубина протектора должна быть у грузовых автомобилей:

0,8 мм; б) 1,0 мм; в) 1,6 мм; г) 2,0 мм.

10. Какая неисправность не относится к ходовой части автомобиля:

а) увеличенное схождение колёс; б) увеличенный развал колёс; в) порезы, обнажающие корд шины; г) увеличенный износ тормозных колодок; д) погнутость рамы; е) трещины на диске колеса; ж) увеличенный износ шкворней.

11. Тесты по теме: «Системы управления автомобилем»

1. Какая система не относится к управлению автомобилем:

а) тормозная система; б) система питания; в) рулевое управление.

2. Компрессор выполняет следующие действия:

а) нагнетает масло в систему смазки;
б) заставляет циркулировать охлаждающую жидкость;
в) создаёт необходимое давление воздуха для тормозных камер колёс;
г) смешивает топливо и воздух в определённой пропорции для сгорания.

3. Гидроусилитель выполняет следующие действия:

увеличивает циркуляцию охлаждающей жидкости;
б) увеличивает давление масла в системе смазки;
в) нагнетает дизельное топливо к форсункам;
г) обеспечивает вращение рулевого колеса с небольшим усилием.

4. Какая неисправность не относится к рулевому управлению автомобиля:

а) повышенный свободный ход рулевого колеса;
б) заедание подшипников рулевого механизма;
в) повышенный износ вкладышей коленчатого вала;
г) погнутость рулевых тяг;
д) подтекание смазки из картера рулевого механизма.

5. Почему нельзя смешивать тормозные жидкости различных марок:

а) они легко смешиваются; б) они взрываются; в) они расслаиваются;
г) они затвердевают; д) они превращаются в желеобразную массу.

6. Какая неисправность не относится к тормозной системе автомобиля:

подтекание тормозной жидкости; б) поломка пружины, стягивающей колодки;
в) износ подвесного подшипника; г) износ подшипников коленчатого вала компрессора;
д) негерметичность баллонов ресивера; е) износ кулачка эксцентрика.

7. Сколько человек нужно для проведения операции по удалению воздуха, попавшего в гидропривод тормозной системы:

один; б) два; в) три; г) чем больше, тем лучше.

8. Какая операция по ТО тормозной системы с пневмоприводом должна быть выполнена при переходе автомобиля с весенне-летнего периода эксплуатации на осенне-зимний период эксплуатации:

а) покрасить шкив привода компрессора; б) отрегулировать привод гидроусилителя;
в) удалить конденсат из баллонов ресивера; г) заменить резиновые мембраны тормозных камер; д) прокачать воздух с тормозных шлангов.

2.3. ТЕМЫ ДЛЯ ДОКЛАДОВ (РЕФЕРАТОВ)

Условия эксплуатации, режимы работы и требования, предъявляемые к энергетическим установкам автомобилей и тракторов;

Классификацию тепловых двигателей, преимущества и недостатки поршневых двигателей внутреннего сгорания по сравнению с двигателями нетрадиционных типов и схем;

Тенденции развития автомобильных и тракторных двигателей и их современный технический уровень;

Конструкцию основных механизмов ДВС, действующие в них силы, предъявляемые к ним и их деталям требования, конструктивные и технологические методы, обеспечивающие выполнение этих требований, схемы и конструкции узлов и агрегатов систем двигателя;

Термодинамические циклы поршневых и комбинированных двигателей;

Особенности протекания действительных циклов ДВС, свойства рабочих тел, рабочие процессы в ДВС;

Эффективные показатели ДВС, методы их улучшения; экологические показатели работы двигателей, закономерности протекания характеристик двигателей;

Особенности работы и подбора двигателей для транспортных средств различного назначения.

Критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает тему доклада, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер
«хорошо»	Обучающийся в целом раскрывает тему доклада, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера.
«удовлетворительно»	Обучающийся в целом раскрывает тему доклада и допускает ряд неточностей, фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов или их раскрывает содержательно, но допуская значительные неточности
«не удовлетворительно»	Обучающийся не владеет выбранной темой

2.4.ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОЫ

Лабораторная работа 1. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ ПО СОСТАВУ СМЕСИ

Лабораторная работа 2. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Лабораторная работа 3. НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Лабораторная работа 3. НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Лабораторная работа 4. СКОРОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАЕМ

Лабораторная работа 4. СКОРОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Изучение теории автотракторных двигателей предполагает выполнение ряда лабораторных работ по испытанию двигателей. При этом преследуется цель закрепления теоретических знаний по изучаемому курсу, получению практических навыков по испытанию ДВС и анализу результатов этих испытаний.

Настоящие методические указания содержат краткий теоретический материал и рекомендации по выполнению лабораторных работ и составлению отчетов.

Организация лабораторных занятий.

Перед лабораторной работой каждый студент должен внимательно ознакомиться с её программой, методикой проведения опытов, специфическими особенностями в оборудовании и измерительной аппаратуре для данной лабораторной работы, прочитать соответствующие разделы лекций и литературных источников, подготовить необходимые таблицы. После проверки готовности студенты допускаются к лабораторному занятию. Для получения зачёта студент обязан предъявить преподавателю оформленный отчёт по работе, разъяснить методику проведения опытов и обработки результатов, ответить на контрольные вопросы, разъяснить основные выводы по работе

Общие требования техники безопасности.

К выполнению лабораторных и практических работ допускаются студенты, изучившие правила эксплуатации оборудования, применяемого при выполнении работ, и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Опасные производственные факторы в лаборатории испытания ДВС:

- электрические. Напряжение питания испытательных стендов и приборов 380/220 В;
- механические. Вращающиеся части ДВС и испытательных стендов. Особую опасность представляют испытательные стенды. Согласно технической характеристике они имеют предельную частоту вращения. При превышении этой частоты возможно механическое разрушение стенда.
- тепловые. Это нагретые части ДВС и системы удаления отработавших газов из лаборатории.

- пожарная опасность. В лаборатории находятся легко воспламеняемые горючие материалы (топлива и др. жидкости и газы)

Ответственным за исправность лабораторного оборудования и безопасность его эксплуатации является лаборант, закрепленный за лабораторией

Требования безопасности перед началом работы.

Перед выполнением работы ответственный должен убедиться в исправности:

- состояния изоляции электропроводки;
- состояния предохранителей, выключателей и розеток;
- состояния мест соединения проводов и контактов;
- состояния заземляющей проводки;
- состояния ограждающих устройств;
- состояния крепления ДВС, валов, балансирной машины;
- в наличии индивидуальных защитных устройств.

Прежде чем приступить к работе, каждый учащийся должен изучить правила и порядок отключения электроустановки.

Требования безопасности во время работы.

- включение испытательной установки производится только с разрешения преподавателя, после проверки правильности собранных схем.
- перед включением установки должен быть подан предупреждающий сигнал.
- студенты должны выполнять все требования преподавателя, связанные с обеспечением безопасности работ.
- при выполнении работ запрещается переходить, допускать к работе посторонних лиц.
- студенты обязаны следить за тем, чтобы подходы к стенду, пульту управления и защитной аппаратуре были свободными от посторонних предметов.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

В случае возникновения аварийного режима необходимо немедленно перекрыть питание топливом и выключить зажигание испытуемого ДВС. В случае поражения электрическим током необходимо немедленно освободить пострадавшего от действия электрического тока, оказать экстренную медицинскую помощь, вызвать врача.

Требования безопасности при окончании работы.

После выполнения работы тормозная электроустановка должна быть отключена. Перед этим вначале органом управления мощности ДВС (дроссельная заслонка, рейка топливного насоса) уменьшают мощность до нуля, отключают ДВС, Перед этим вначале снимается нагрузка с двигателя все используемое оборудование аккуратно прибрано.

Покидать лабораторию можно только с разрешения преподавателя после проверки исправности лабораторного оборудования.

Ответственность за невыполнение правил

Ответственность за невыполнение положений, определяемых настоящими правилами, несут студенты в соответствии с действующим законодательством.

Лабораторная работа 1.

РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ ПО СОСТАВУ СМЕСИ

Цель работы:

- установить зависимости эффективной мощности, удельного эффективного расхода топлива и других показателей двигателя с искровым зажиганием (ДсИЗ) от коэффициента избытка воздуха или от часового расхода топлива;
- определить мощностной и экономичный составы смеси (α_m , $\alpha_{э}$);
- при снятии серии регулировочных характеристик для разных скоростных режимов и положений дроссельной заслонки определить требования двигателя к мощностному и экономичному составам смеси.

Подготовка двигателя:

ДсИЗ оснащается карбюратором, который позволяет управлять изменением расход бензина при постоянном расходе воздуха. Применяются 2 способа управления расходом топлива. В первом способе карбюратор оборудуют специальной конусной иглой, установленной в отверстии главного топливного жиклера. При отворачивании или заворачивании иглы изменяется проходное сечение жиклера и, следовательно, изменяется расход топлива.

Во втором способе расход топлива изменяют путём изменения давления (разрежения) в поплавковой камере карбюратора. В этом случае поплавковая камера герметизируется и подключается к специальному устройству, которое может создавать в ней избыточное давление или разрежение.

2.1. Основные теоретические положения

Регулировочной характеристикой ДсИЗ по составу смеси (по расходу топлива) называют графические зависимости мощностных, экономических, токсических и других показателей двигателя от состава смеси (коэффициента избытка воздуха) или от часового расхода топлива при постоянной частоте вращения и постоянном (фиксированном) положении дроссельной заслонки.

Состав смеси принято оценивать коэффициентом избытка воздуха, который равен отношению фактического количества воздуха, поступившего в цилиндры двигателя, к

теоретически необходимому (стехиометрическому) для полного сгорания топлива. При испытаниях двигателей коэффициент избытка воздуха определяют по формуле:

$$\alpha = GB/(l_0 \cdot G_t),$$

где GB - часовой расход воздуха, кг/ч;

l_0 - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг воздуха/кг топлива;

G_t - часовой расход топлива, кг/ч.

В качестве примера на рис.1 показана регулировочная характеристика по составу смеси.

Как видно, при увеличении коэффициента избытка воздуха (при обеднении смеси) от $\alpha = 0,7$ до $\alpha = 1,3$ мощность вначале увеличивается, достигает максимума и затем уменьшается. Состав смеси, при котором достигается наибольшая мощность, принято называть мощностным составом смеси. Соответствующий ему коэффициент избытка воздуха обозначают α_m . Для бензиновых двигателей (с однородной гомогенной смесью) мощностной состав при полном открытии дроссельной заслонки находится примерно в пределах $\alpha_m \approx 0,8 \dots 0,9$. В приведенном примере $\alpha_m \approx 0,87$. При таком составе смеси топлива с воздухом скорость химических реакций окисления топлива достигает наибольших значений. С точки зрения горения такая смесь наиболее активна (реакционноспособна). Обогащение или обеднение смеси по отношению к мощностному составу приводит к замедлению активности горения и соответствующему снижению мощности. Кроме того, обогащение смеси ниже α_m , приводит к существенным потерям энергии топлива от химической (недостаток кислорода) неполноты сгорания. Уменьшение же мощности при обеднении смеси выше α_m дополнительно обусловлено уменьшением энергии, вводимой в цикл ДВС из-за уменьшения цикловой дозы топлива при прежней цикловой дозе рабочего тела – воздуха.

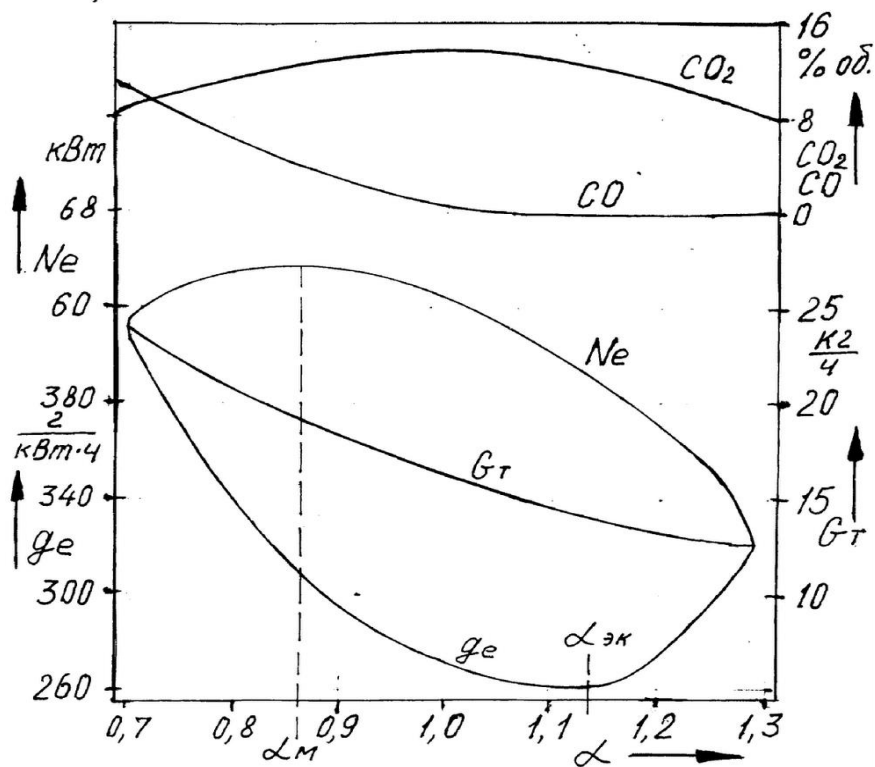


Рис.1 Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по составу смеси

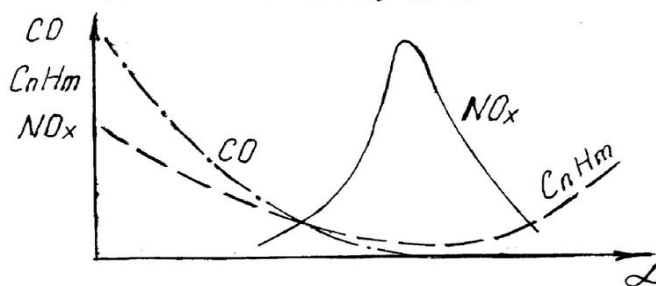


Рис.2 Влияние α на токсические показатели двигателя

Удельный эффективный расход топлива по мере обеднения уменьшается, достигает минимума, а затем увеличивается. Состав смеси, при котором достигается наилучшая экономичность (наименьший удельный эффективный расход топлива или наибольший эффективный КПД), принято называть экономичным составом смеси. Соответствующий ему коэффициент избытка воздуха обозначают $\alpha_{эк}$. В приведенном примере $\alpha_{эк} \approx 1,13$.

Создание рабочих процессов двигателей, позволяющих как можно далее сместить $\alpha_{эк}$ в сторону обеднения – одно из важнейших направлений повышения экономичности ДсИЗ.

При $\alpha_{эк}$ достигается наиболее полное преобразование тепловой энергии (химической энергии топлива) в механическую энергию ДсИЗ. При составах смеси беднее $\alpha_{эк}$ начинается быстрое увеличение удельного расхода топлива. При таком обеднении замедляются процессы

как воспламенения и развития начального очага горения, так и последующего горения смеси. При сильном обеднении смеси резко увеличивается цикловая нестабильность (большие различия пиковых давлений в последовательных циклах), работа двигателя становится неустойчивой вплоть до появления пропусков горения в отдельных цилиндрах и циклах.

Системы топливоподачи и смесеобразования любой конструкции для ДсИЗ с количественным управлением мощностью должны обеспечивать подготовку смеси на всех режимах между $\alpha_{\text{м}}$ и $\alpha_{\text{эк}}$.

При работе ДсИЗ с полным открытием (и близким к полному открытию) дроссельной заслонки от двигателя необходимо получить наибольшую мощность. Поэтому система должна готовить мощностной состав смеси, близкий к можностному, – $\alpha_{\text{м}}$.

При частичном открытии дроссельной заслонки важно обеспечить экономичную работу двигателя и система должен готовить $\alpha_{\text{эк}}$.

При изменении скоростного и нагрузочного режимов ДсИЗ значения $\alpha_{\text{м}}$ и $\alpha_{\text{эк}}$ изменяются. Особенно сильно изменяется $\alpha_{\text{эк}}$ при дросселировании. С прикрытием дроссельной заслонки ухудшаются условия воспламенения и сгорания смеси (уменьшаются давление и температура, увеличивается доля остаточных газов, снижается турбулизация или вихревое движение заряда). В результате двигатель требует более активной (богатой) смеси. Поэтому $\alpha_{\text{эк}}$ смещается в сторону обогащения до значений $\alpha_{\text{эк}} = 0,7 \dots 0,8$ при глубоком дросселировании..

Состав смеси сильно влияет на экологические показатели двигателя (рис.2).

При работе двигателя на обогащённой смеси из-за недостатка кислорода образуется наибольшее количество CO. С обеднением выбросы CO быстро уменьшаются и при $\alpha = 1,05$ становятся пренебрежительно малыми.

Наибольший выброс NOx наблюдается при $\alpha = 1,07 \dots 1,1$. Образование окислов азота зависит от температуры цикла и наличия свободного кислорода. При небольшом обеднении появляется свободный кислород и, в то же время, сохраняются высокие пиковые температуры цикла. При таком составе смеси создаются наиболее благоприятные условия для образования окислов азота.

Наибольшее количество несгоревших углеводородов C_nH_m образуется при работе на обогащённых или сильно обеднённых смесях из-за ухудшения полноты сгорания, особенно в слое заряда, прилегающего к стенкам камеры сгорания.

2.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.

2. Установить заданный преподавателем режим работы двигателя по частоте вращения и положению дроссельной заслонки.

3. Установить богатый состав смеси (примерно $\alpha=0,7$)

3. Поворачивая корпус прерывателя-распределителя, подобрать угол опережения зажигания, при котором весы тормозной установки показывают наибольшее значение крутящего момента.

Частоту вращения двигателя поддерживать постоянной за счет изменения нагрузки.

5. После стабилизации теплового режима записать в протокол испытания показания весов тормозной установки, время замера количество поступившего в двигатель воздуха и топлива, частоту вращения и другие величины.

6. Увеличить коэффициент избытка воздуха примерно на 0,1 и повторить замеры.

7. Повторить операции 2 — 6 на других скоростных и нагрузочных режимах. По мере увеличения коэффициента избытка воздуха мощность будет возрастать, а затем падать. Снятие характеристики прекращают, когда появится заметная неустойчивость работы двигателя.

8. По расчетным формулам для каждой снятой точки характеристики определить эффективную мощность и удельный эффективный расход топлива.

9. Построить в масштабе на миллиметровой бумаге формата А4 зависимости $N_e=f(\alpha)$, $g_e=f(\alpha)$, $G_t=f(\alpha)$.

10. Определить на графиках мощностной (α_m) и экономичный α_k составы смеси.

Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.

2. Графики характеристик с указанием α_m и α_k .

Контрольные вопросы

1. Что называется регулировочной характеристикой по составу смеси?

2. Что называют коэффициентом избытка воздуха?

3. Как изменяется мощность и экономичность двигателя при изменении коэффициента избытка воздуха?

4. Почему при прикрытии дроссельной заслонки уменьшается α_k ?

5. Методика снятия регулировочной характеристики по составу смеси?

6. Какие основные токсичные вещества могут содержаться в отработавших газах ДсИЗ?

7. Как изменяется содержание CO, NOx, CnHm при изменении состава смеси?

3. Лабораторная работа

Лабораторная работа 2.

РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Цель работы:

- приобрести практические навыки в снятии регулировочных характеристик поршневых двигателей по углу опережения зажигания;
- оценить влияние угла опережения зажигания на мощность, экономичность и другие показатели двигателя;
- получить практические навыки определения оптимального угла опережения зажигания для различных режимов работы двигателя;
- научиться анализировать зависимости основных показателей двигателя от угла опережения зажигания, исходя из теории рабочего процесса ДВС.

Подготовка двигателя:

Для успешного выполнения лабораторной работы студент должен предварительно изучить теоретические сведения, методику снятия регулировочных характеристик по углу опережения зажигания, подготовить миллиметровую бумагу для построения графиков. Обработку результатов опыта проводить с помощью микрокалькулятора по формулам, приведенным на плакатах в лаборатории испытания ДВС.

Для снятия регулировочной характеристики по углу опережения зажигания двигатель оснащается устройством, позволяющим во время испытаний поворачивать корпус прерывателя-распределителя таким образом, чтобы осуществлялась возможность изменения угла опережения зажигания в диапазоне $= 0 \dots 60$ поворота коленчатого вала (ПКВ)

3.1. Основные теоретические положения

Регулировочной характеристикой по углу опережения зажигания называют графические зависимости мощности, удельного эффективного расхода топлива и др. показателей двигателя изменения от угла опережения зажигания при постоянстве положении дроссельной заслонки.

Углом опережения зажигания называется угол в градусах поворота коленчатого вала ($^{\circ}$ ПКВ) от момента подачи искры до момента прихода поршня в верхнюю мертвую точку (ВМТ).

Путем изменения этого угла можно управлять положением процесса сгорания (процессом подвода теплоты) относительно ВМТ в действительном цикле ДВС. С точки зрения закономерностей технической термодинамики наиболее высокий термический КПД цикла ДсИЗ можно получить, если теплоту подводить мгновенно в условиях постоянного

объема при положении поршня в ВМТ. Процесс выделения теплоты в действительном цикле ДВС требует определенного времени. В результате реальный процесс выделения теплоты протекает при некотором изменении объема. Чтобы уменьшить снижением КПД, связанное с этим, процесс тепловыделения стремятся организовать как можно ближе к ВМТ, обычно начиная до ВМТ и заканчивая после ВМТ.

На рис. 1 показан участок индикаторной диаграммы, развернутый по углу поворота коленчатого вала, включающий процесс сгорания. Весь процесс сгорания в двигателе с воспламенением от искры условно принято делить на три фазы.

Для определения начальной фазы сгорания на индикаторную диаграмму цикла со сгоранием накладывают индикаторную диаграмму цикла сжатие-расширение без сгорания. Как видно из рис. 1, после подачи искры с углом опережения зажигания (θ) в первой фазе (ϕ_1) сгорания кривые циклов со сгоранием и без сгорания сливаются в одну линию. В этот период происходит формирование и развитие очага горения. Вследствие сравнительно малой плотности количество сгораемой смеси, и, следовательно, выделившейся теплоты невелико. Поэтому на индикаторной диаграмме не наблюдается повышения давления от сгорания над давлением сжатия.

За начало второй фазы сгорания принят момент заметного повышения давления от сгорания над давлением сжатия. За конец второй фазы принимают момент достижения максимума давления (точка Z). Длительность второй фазы обозначена $\phi_2 Z$.

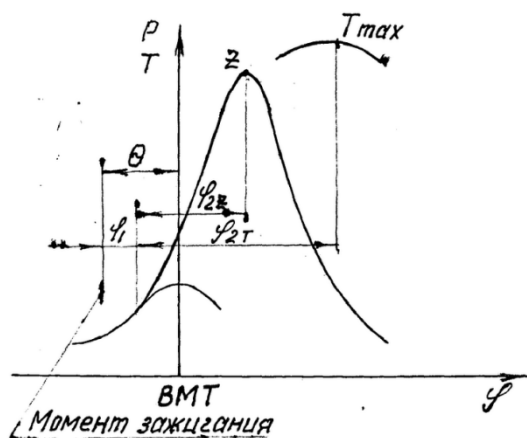


Рис.1. Процесс сгорания по индикаторной диаграмме

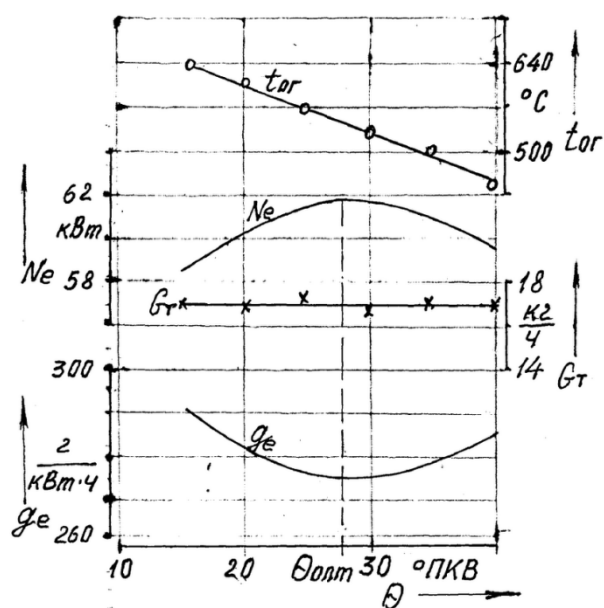


Рис.2. Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания

В период второй фазы выделяется основная часть теплоты (примерно $2/3$), а пламя распространяется практически по всему объему сгорания.

В этих двигателях принято считать период сгорания от момента начала второй фазы до момента достижения максимума температуры цикла (T_{max}) длительностью тепловыделения. Соответственно длительность тепловыделения на рис. 1 обозначена ϕ_{2T} . При нормальной организации сгорания за этот период выделяется 95% теплоты сгораемого топлива.

После окончания второй фазы ϕ_{2Z} начинается третья фаза - фаза догорания. В период третьей фазы происходит догорание смеси после ВМТ. В зависимости от состава смеси, нагрузки (положения дроссельной заслонки), частоты вращения вала двигателя длительность этой фазы может занимать значительную часть хода поршня к нижней мертвой точке (НМТ).

Таким образом основная часть теплоты вводимого в цикл топлива выделяется за период тепловыделения ϕ_{2T} . Положение этой фазы относительно ВМТ решающим образом влияет на мощностные и экономические показатели ДВС.

Угол опережения зажигания, при котором достигается наивыгоднейшее положение ϕ_{2T} относительно ВМТ, и, следовательно, наилучшие при данном режиме показатели ДВС, называется оптимальным углом опережения зажигания - $\theta_{опт}$. Угол $\theta_{опт}$ определяют путем снятия регулировочных характеристик по углу опережения зажигания. Одна из таких характеристик показана на рис. 2. Как видно, максимальная эффективная мощность (N_e) и наименьший удельный эффективный расход топлива (g_e) достигаются при $\theta_{опт}$. Часовой расход топлива (G_t) остается неизменным, а температура отработавших газов ($t_{ог}$) снижается по мере увеличения угла зажигания. Снижение температуры $t_{ог}$ характеризует уменьшение доли теплоты, уносимой с отработавшими газами (ОГ). При углах зажигания, больших оптимального угла, мощность падает, а удельный расход топлива растет. Это связано с тем, что при раннем зажигании увеличиваются потери теплоты в охлаждающую среду и на диссоциацию, а также увеличиваются работа, затрачиваемая на сжатие смеси до прихода поршня в ВМТ, и потери на трение в цилиндропоршневой группе. Рост давления и температур цикла при увеличении угла зажигания может вызвать такие нарушения процесса сгорания, как детонация и преждевременное воспламенение. С уменьшением угла опережения зажигания снижаются пиковые значения давления и температуры в цикле, возрастают цикловая нестабильность сгорания, теплота, выбрасываемая с ОГ, уменьшается степень расширения продуктов сгорания.

Вследствие этого мощность падает, а удельный расход топлива увеличивается. Позднее зажигание приводит также к перегреву двигателя и, особенно, выпускных клапанов.

Угол опережения зажигания существенно влияет на токсичность ОГ (рис. 3).

Содержание окислов азота NO_x возрастает примерно по линейной зависимости с увеличением угла опережения зажигания, что объясняется увеличением максимальных значений температуры циклов.

На содержание окиси углерода угол зажигания влияет мало.

На характер зависимости несгоревших углеводородов SpH_m от угла опережения зажигания влияют конструктивные особенности ДВС, организация процесса сгорания, Коэффициент избытка воздуха. Как правило, уменьшение угла зажигания, особенно на бедных смесях, приводит к снижению выбросов SpH_m , так как из-за повышения температуры ОГ более интенсивно протекают реакции окисления SpH_m в процессе выпуска.

С изменением скоростного и нагрузочного режимов двигателя оптимальный угол опережения зажигания изменяется (рис. 4). Например, для двигателя ВАЗ - 2106 изменение $\theta_{опт}$ по частоте вращения от 1000 до 4000 об/мин составляет около 20 °ПКВ. При увеличении нагрузки двигателя ВАЗ - 2106 от минимальной до полного открытия дроссельной заслонки $\theta_{опт}$ уменьшается примерно на 20...25 °ПКВ (при скорости двигателя 2000 об/мин).

С увеличением частоты вращения двигателя длительность второй фазы в градусах поворота коленчатого вала почти не меняется, так как турбулентная скорость сгорания возрастает примерно пропорционально частоте вращения. Начальная же фаза ϕ_1 , в которой развитие пламени во многом определяется законами ламинарного горения, увеличивается с ростом частоты вращения. При неизменном моменте зажигания это вызывает смещение периода тепловыделения ϕ_{2T} на линию расширения, что, в свою очередь, приводит к ухудшению мощных и экономических показателей ДВС. Чтобы восстановить положение ϕ_{2T} относительно ВМТ, необходимо установить оптимальный угол опережения зажигания $\theta_{опт}$.

При прикрытии дроссельной заслонки, то есть при уменьшении нагрузки, снижается турбулентность заряда и давление в цилиндре двигателя, увеличивается разбавление горючей смеси остаточными газами. Изменение этих факторов приводит к увеличению длительности всех фаз сгорания, поэтому оптимальный угол опережения зажигания увеличивается. Кроме того, при прикрытии дроссельной заслонки изменяется состав смеси. При полных нагрузках (и близких к ним) в ДсИЗ подают обогащенную смесь. При переходе к средним нагрузкам смесь обедняют до экономического состава. Обеднение же смеси увеличивает длительность сгорания, особенно его первую фазу, что приводит к увеличению оптимального угла опережения зажигания. При переходе к малым нагрузкам предел эффективного обеднения смеси уменьшается, и ДсИЗ требует обогащенной смеси. В данном случае изменение

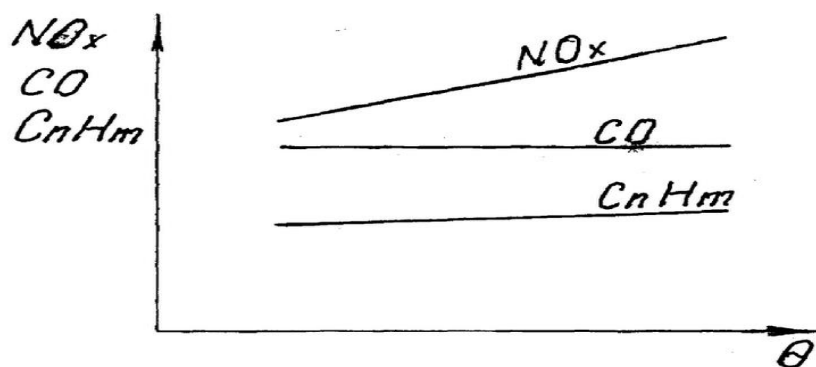


Рис.3. Влияние угла опережения зажигания на токсичные показатели двигателя

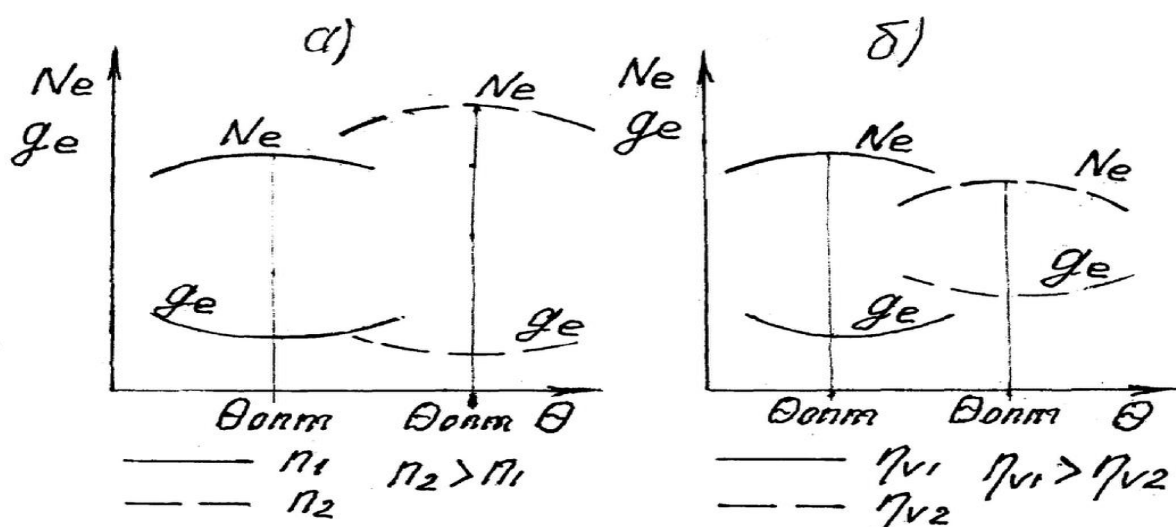


Рис.4. Влияние на оптимальный угол опережения зажигания скорости (α) и наполнения (δ)

оптимального угла определяется изменением процесса сгорания от одновременных уменьшения наполнения и обогащения смеси. При сильно прикрытой дроссельной заслонке давление и температура смеси в момент подачи искры при раннем зажигании оказываются слишком низкими, и смесь перестает воспламеняться. Поэтому в ряде случаев при малых нагрузках оптимальный угол опережения зажигания перестает увеличиваться и может даже несколько уменьшаться с уменьшением нагрузки.

Система зажигания ДСИЗ должна проследивать изменение оптимального угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения и нагрузки (положения органа управления наполнением) двигателя и обеспечивать реальный угол опережения зажигания как можно ближе к оптимальному во всем диапазоне скоростных и нагрузочных режимов ДСИЗ.

В традиционных конструкциях систем зажигания ДСИЗ для приближения реального угла опережения зажигания к оптимальному углу предусмотрены центробежный и вакуумный автоматы опережения зажигания. Центробежный и вакуумный автоматы поддерживают

угол опережения зажигания вблизи оптимального значения при изменении скоростного и нагрузочного режимов двигателя. В условиях эксплуатации, когда нарушается работа центробежного и вакуумного автоматов, ухудшаются экономические и мощностные показатели двигателя. Кроме этого, увеличивается износ двигателя. Например, экспериментально установлено, что увеличение угла опережения зажигания от оптимального угла на 15 °ПКВ увеличивает скорость изнашивания основных деталей почти в два раза.

3.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.
 2. Установить заданный преподавателем режим работы двигателя по частоте вращения, положению дроссельной заслонки, расходу топлива.
 3. Поворачивая корпус прерывателя—распределителя, примерно подобрать угол опережения зажигания, при котором весы тормозной установки показывают наибольшее значение крутящего момента.
 4. Повернуть корпус прерывателя-распределителя в сторону уменьшения угла опережения зажигания, чтобы показания весов тормозной установки снизились на 15...20%. При этом частоту вращения двигателя поддерживать постоянной за счет изменения нагрузки.
 5. После стабилизации теплового режима записать в протокол испытания показания весов тормозной установки, время замера количество поступившего в двигатель воздуха и топлива, частоту вращения, угол опережения зажигания, температуру отработавших газов и другие величины.
 6. Увеличивая угол опережения зажигания на 5 ПКВ, повторить, замеры. По мере увеличения угла опережения зажигания мощность будет возрастать, а затем падать. Снятие характеристик прекращают, когда падение мощности вновь составит 15...20%, или же появится детонация.
 7. Повторить операции 2 - 6 на других скоростных и нагрузочных режимах.
 8. По расчетным формулам для каждой снятой точки характеристики определить эффективную мощность и удельный эффективный расход топлива.
 9. Построить в масштабе на миллиметровой бумаге формата А4 зависимости $N_e=f(\theta)$, $g_e=f(\theta)$, $G_T=f(\theta)$, $\text{тог}=f(\theta)$ и определить оптимальный угол зажигания для каждого режима.
- Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.
2. Графики характеристик с указанием α_m и $\alpha_{жк}$.

Контрольные вопросы

1. Что такое регулировочная характеристика по углу опережения зажигания?

2. Что такое угол опережения зажигания?
3. На какие основные фазы (периоды) принято делить процесс сгорания в двигателе с воспламенением от искры?
4. Как и почему изменяется мощность при изменении угла опережения зажигания?
5. Как и почему изменяется удельный эффективный расход топлива при изменении угла опережения зажигания?
6. Как влияет угол опережения зажигания на температуру отработавших газов?
7. Как влияет частота вращения двигателя и открытие дроссельной заслонки на величину оптимального угла зажигания?
8. Что предусмотрено в конструкции прерывателя- распределителя для автоматического регулирования угла опережения зажигания при изменении скоростного и нагрузочного режимов?
9. Как влияет угол опережения зажигания на токсичность ОГ двигателя?
10. Как влияет угол опережения зажигания на эксплуатационную надежность двигателя?

Лабораторная работа 3.

НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы:

- оценить топливную экономичность и другие показатели двигателя при изменении нагрузки;
- приобрести практические навыки в снятии нагрузочных характеристик карбюраторных двигателей;
- определить нагрузку, при которой двигатель работает с наилучшей экономичностью в заданном скоростном режиме;
- определить мощность (нагрузку), при которой вступает в работу экономайзер карбюратора;
- научиться анализировать зависимости основных показателей двигателя от нагрузки, исходя из теории рабочего процесса ДВС.

Подготовка двигателя:

Двигатель оснащается устройством, фиксирующим дроссельную заслонку при различных положениях во всём диапазоне от закрытого до полностью открытого положения и позволяющего измерять величину открытия заслонки в градусах или в процентах от полного её открытия.

4.1. Основные теоретические положения

Нагрузочной характеристикой карбюраторного двигателя называют зависимость часового, удельного расходов топлива и других показателей от мощности (крутящего момента, среднего эффективного давления) при постоянной скорости двигателя.

Различают два типа нагрузочных характеристик:

- нагрузочная характеристика оптимального по экономичности регулирования двигателя или идеальная нагрузочная характеристика;
- реальная или просто нагрузочная характеристика.

При снятии идеальной нагрузочной характеристики для каждого значения мощности подбирают оптимальный угол опережения зажигания, экономичный состав смеси и оптимальные параметры других систем (например, системы рециркуляции отработавших газов). Идеальная характеристика позволяет оценить предельно возможную экономичность двигателя и степень совершенства его рабочего процесса. Такие характеристики снимают при исследованиях и доводке двигателей. Они служат основой для разработки систем зажигания и питания нового двигателя.

Реальные нагрузочные характеристики снимают при углах опережения зажигания и составах смеси, обеспечиваемых системами зажигания и питания испытуемого двигателя.

По серии таких характеристик, снятых при различных скоростях двигателей, можно оценить фактические экономические и экологические показатели по всему полю рабочих режимов двигателя, выбрать наиболее экономичные режимы работы, что важно при подборе двигателя к автомобилю (трактору) и выборе передаточных чисел трансмиссии. Путём сравнения реальных нагрузочных характеристик с идеальными можно оценить совершенство установленных регулировок систем зажигания и питания двигателя (и др. систем).

Из теории ДВС известно, что мощность двигателя определяется количеством теплоты, вносимой с топливом в единицу времени ($H_u \cdot G_t$, H_u) и эффективностью превращения этой теплоты в работу, оцениваемой эффективным КПД - $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$, т.е.:

$$N_e = (H_u \cdot G_t / 3600) \cdot \eta_i \cdot \eta_m . \quad (1)$$

Часовой расход топлива определяется выражением

$$G_t = 1/\alpha \cdot l_0 \cdot iV_h \cdot \eta_v \cdot \rho_k (120 \cdot n / \tau) \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где H_u – низшая теплота сгорания топлива; η_i – индикаторный КПД; η_m – механический КПД; α – коэффициент избытка воздуха; l_0 – стехиометрическое количество воздуха на 1 кг топлива; iV_h – рабочий объем (литраж) двигателя; η_v – коэффициент наполнения; ρ_k – плотность воздуха на впуске; n – частота вращения двигателя; τ – тактность двигателя.

Учитывая, что нагрузочная характеристика снимается при постоянной частоте вращения $n = \text{const}$, а физико-химические свойства бензина (H_u , l_0), атмосферные условия (ρ_k) и

конструктивные параметры двигателя (iV_h , τ) неизменны, из выражения (1), (2) следует, что эффективная мощность равна

$$N_e = \text{const}(\eta_v/\alpha) \cdot \eta_i \cdot \eta_m, \quad (3)$$

а индикаторная

$$N_i = \text{const}(\eta_v/\alpha) \cdot \eta_i. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) показывают, что управление мощностью при постоянной скорости двигателя возможно за счёт изменения двух режимных факторов: коэффициента наполнения – η_v и коэффициента избытка воздуха – α . В первом случае изменяется количество подаваемого в цилиндры свежего заряда, во втором – качество (состав) горючей смеси. Соответственно, метод управления мощностью путем изменения коэффициента наполнения называют количественным методом управления (регулирования) мощностью, а путем изменения коэффициента избытка воздуха (состава смеси) – качественным методом.

Метод управления мощностью при одновременном изменении η_v и α называют смешанным методом.

Двигатель с внешним смесеобразованием и однородным составом смеси может работать в сравнительно узком диапазоне изменения состава смеси. Поэтому определяющее воздействие на изменение мощности оказывает положение дроссельной заслонки, т. е. количественное наполнение цилиндров горючей смесью. Поэтому такие двигатели называют двигателями с количественным регулированием мощности.

Современные двигатели с искровым зажиганием оснащаются системами впрыскивания топлива, отличающиеся достаточно большим конструктивным разнообразием. В одних системах впрыск бензина осуществляют до цилиндра, и происходит внешнее смесеобразование. В других системах впрыск производят внутрь цилиндра, как в процессе впуска, так и в процессе сжатия, и происходит внутреннее смесеобразование. В этих двигателях как правило реализовано послойное смесеобразование (двигатели с расслоенным зарядом), которое позволяет осуществить процесс сгорания очень бедных смесей – $\alpha = 3$ и более. Широкий диапазон изменения состава смеси от мощностного ($\alpha = 0,8 \dots 0,9$) до экономичного $\alpha \geq 3$ позволяет в широких пределах управлять мощностью за счет изменения качества (состава) смеси. Но все же этого недостаточно, чтобы полностью перейти на качественное управление мощностью, как это осуществляется в дизельных двигателях. Поэтому применяется смешанный метод управления: за счет изменения коэффициента наполнения и за счет изменения коэффициента избытка воздуха. Оптимальное сочетание этих режимных факторов должна обеспечивать электронная система управления двигателем.

К карбюраторным двигателям иногда также применяют термин - двигатели со смешанным регулированием мощности, так как при уменьшении наполнения и вблизи полного открытия дроссельной заслонки смесь обогащают, т. е. воздействуют на мощность путём изменения состава смеси. Совместное изменение η_v и α оказывает сложное воздействие на рабочий процесс и показатели двигателя. При открытии дроссельной заслонки коэффициент наполнения в карбюраторном двигателе по нагрузочной характеристике изменяется примерно в диапазоне $\eta_v = 0,2 \dots 0,85$. На режимах вблизи максимального наполнения желательно от двигателя получить наибольшую мощность и карбюратор должен готовить смесь мощностного состава $\alpha = 0,8 \dots 0,9$. По мере прикрытия дроссельной заслонки желательно, чтобы двигатель работал с наилучшей экономичностью, и карбюратор должен готовить смесь экономичного состава $\alpha = 1,1 \dots 1,15$. Однако при таком составе двигатель способен работать с наилучшей экономичностью до мощности, составляющей примерно $N_e = 0,6 N_{e_{max}}$. Дальнейшее уменьшение мощности за счёт прикрытия дроссельной заслонки заметно ухудшает условия воспламенения и сгорания смеси из-за роста коэффициента остаточных газов, снижения термодинамических параметров состояния смеси к моменту воспламенения (P_c , T_c) и уровня газодинамического состояния (уменьшаются вихревое движение и турбулизация смеси). Чтобы процесс сгорания в этих условиях протекал стабильно с достаточной интенсивностью, требуется наиболее реакционноспособная горючая смесь - смесь более богатого состава. Поэтому по мере снижения мощности ниже $0,6 N_{e_{max}}$ карбюратор должен постепенно обогащать смесь вплоть до $\alpha = 0,8 \dots 0,9$ на режиме холостого хода. Такой характер изменения состава смеси в зависимости от нагрузки автоматически обеспечивается работой всех дозирующих систем карбюратора.

При открытии дроссельной заслонки, начиная с режима холостого хода до достижения мощности примерно $N_e = 0,8 N_{e_{max}}$ постепенное обеднение смеси обеспечивается системой холостого хода и главной дозирующей системой (с системой компенсации) карбюратора. При дальнейшем открытии дроссельной заслонки вступает в работу экономайзер и обогащает смесь до мощного состава на режиме $N_{e_{max}}$.

Ухудшение условий воспламенения и сгорания смеси по мере прикрытия дроссельной заслонки требует более раннего зажигания. Поэтому система зажигания двигателя должна автоматически увеличивать угол зажигания по мере уменьшения наполнения двигателя. В некоторых моделях двигателей на режимах близких к режиму минимальных оборотов холостого хода угол зажигания вновь несколько уменьшают с тем, чтобы к моменту искрового заряда получить более высокую температуру и давление смеси для обеспечения более стабильного развития начального очага горения.

Часовой расход топлива почти прямо пропорционально возрастает с увеличением мощности, но с момента начала работы экономайзера наблюдается характерное его увеличение (рис. 1).

Индикаторный КПД двигателя достигает максимального значения при нагрузке около $0,8N_{\text{max}}$ (рис.2). На этом режиме механический КПД (η_m) достаточно высок и их сочетание ($\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$) обеспечивает на этом режиме наилучшую топливную экономичность двигателя: $g_e = \min$; $\eta_e = \text{const}/g_e = \text{max}$. На режимах $N_e \geq 0,8N_{\text{max}}$ индикаторный КПД снижается преимущественно из-за неизбежного химического недогорания топлива, вызванного обогащением смеси.

Уменьшение индикаторного КПД с понижением нагрузки ниже $0,8N_{\text{max}}$, вызвано отмеченным ранее ухудшением условий воспламенения, сгорания и увеличением их длительности из-за дросселирования свежего заряда, вынужденного по этой причине обогащения смеси, а также увеличением относительных потерь теплоты теплопередачей в стенки.

Из теории двигателей известно, что мощность механических потерь (N_m) главным образом зависит от скорости двигателя. Влияние дросселирования незначительно. При данном анализе им можно пренебречь, как величиной малой, и допустить, что $N_m = \text{const}$. Поэтому изменение механического КПД при дросселировании определяется изменением индикаторной мощности согласно зависимости $\eta_m = 1 - N_m/N_i = 1 - \text{const}/N_i$ (рис.1). При этом эффективный КПД снижается как из-за уменьшения η_i , так и, главным образом, из-за уменьшения η_m . В результате удельный эффективный расход топлива при снижении нагрузки увеличивается, достигая на режиме холостого хода значения $g_e = \text{const}/\eta_e = \text{const}/0 = \infty$.

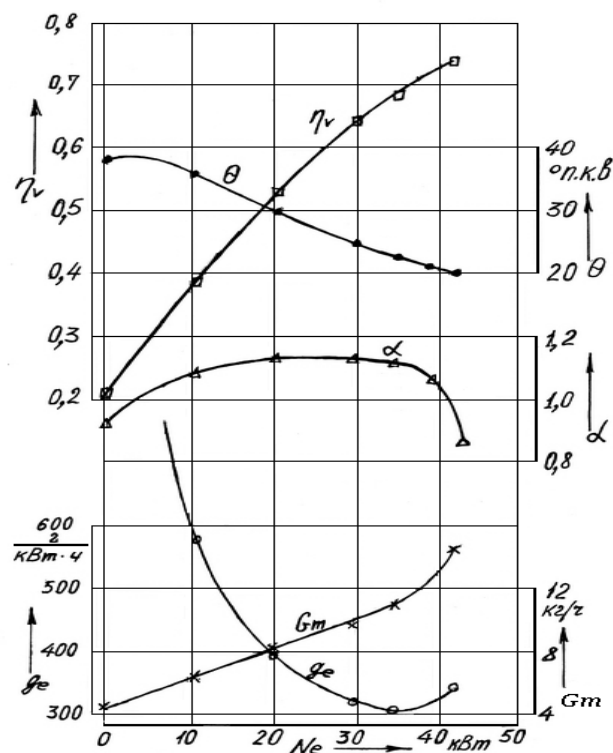


Рис. 1: Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя

4.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.
 2. Установить заданный преподавателем режим работы двигателя по частоте вращения путем плавного открытия дроссельной заслонки.
 3. Провести измерения всех необходимых показателей на первой точке характеристики после стабилизации показаний приборов.
 4. Приоткрыть дроссельную заслонку, зафиксировав её в новом положении. Увеличить нагрузку тормоза для поддержания заданной частоты вращения и после стабилизации теплового состояния двигателя провести измерения на второй точке характеристики.
 5. Продолжить испытания в той же последовательности. Измерение показателей последней точки характеристики проводят при полном открытии дроссельной заслонки. Чтобы более точно найти режим наилучшей экономичности и выявить момент вступления в работу экономайзера в диапазоне нагрузок выше 75% от максимальной интервал открытия дроссельной заслонки уменьшают и точки на характеристике располагают чаще (см. рис. 1).
 6. После обработки результатов испытаний строят кривые нагрузочной характеристики: $G_t = f(N_e)$; $g_e = f(N_e)$; $\alpha = f(N_e)$; $\theta = f(N_e)$; $\eta_v = f(N_e)$ и др.
- Графически должны быть выявлены следующие характерные точки характеристики:

- минимальный удельный эффективный расход топлива;
- часовой расход топлива на режиме холостого хода;
- часовой удельный расход топлива, а также эффективная мощность в процентном отношении от максимальной в момент вступления в работу экономайзера;
- часовой и удельный расход топлива при максимальной мощности;
- коэффициенты избытка воздуха при работе двигателя на холостом ходу, в режиме наилучшей экономичности, в режиме максимальной мощности.

Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.
2. Графики характеристик с указанием характерных точек по п.4.2.

Контрольные вопросы

1. Что называют нагрузочной характеристикой двигателя?
2. Чем отличается реальная нагрузочная характеристика от идеальной или характеристики оптимального регулирования?
3. Что такое количественный и качественный методы управления мощностью?
4. Почему при прикрытии дроссельной заслонки смесь обогащают?
5. Как изменяются η_v , α , θ по нагрузочной характеристике? Назовите факторы, определяющие это изменение.
6. Укажите особенности и причины изменения η_i , η_e , η_m по нагрузочной характеристике.
7. Как изменяется экономичность двигателя по нагрузочной характеристике? Назовите наиболее экономичный режим работы ДВС.
8. Назовите примерные диапазоны изменения η_v и α по нагрузочной характеристике.

Лабораторная работа 4.

НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы:

- оценить топливную экономичность и другие показатели двигателя при изменении нагрузки;
- приобрести практические навыки в снятии нагрузочных характеристик карбюраторных двигателей;
- выбрать часовой расход топлива или коэффициент избытка воздуха (внешнюю нагрузку двигателя), соответствующие наибольшей мощности и наилучшей топливной экономичности
- научиться анализировать зависимости основных показателей двигателя от нагрузки, исходя из теории рабочего процесса ДВС.

Подготовка двигателя:

Двигатель оснащается приводным устройством для перемещения рейки топливного насоса в заданное положение, фиксирования и регистрации данного положения. В учебных опытах привод управляет рейкой через регулятор частоты вращения двигателя.

Можно отключить регулятор частоты, соединив тягу привода кинематически жёстко с рейкой топливного насоса, а также отсоединить на топливном насосе ограничитель подачи топлива. В этом случае можно снять характеристику двигателя в более широком диапазоне изменения внешней нагрузки и найти режим наибольшей мощности.

5.1. Основные теоретические положения

Нагрузочной характеристикой дизельного двигателя называют зависимость его основных показателей ($G_t, g_e, \eta_m, \eta_v, \alpha$ и др.) от нагрузки, оцениваемой N_e (или M_e , или P_e) при постоянной частоте вращения двигателя.

По серии нагрузочных характеристик, снятых при разных, но постоянных в пределах одной характеристики частотах вращения, можно определить наиболее экономичные режимы работы дизеля. Данные этих характеристик можно использовать для расчета агрегатов трансмиссии и др.

В дизелях происходит внутреннее смесеобразование. В этих двигателях топливовоздушная смесь неоднородна по составу из-за неравномерного распределения впрыскиваемого топлива по объёму камеры сгорания. При среднем коэффициенте избытка воздуха, определяемому по формуле $\alpha = G_v / (G_t \cdot l_0)$, в камере сгорания имеются зоны с локальными значениями $\alpha = 0 \dots \infty$. Начальные очаги пламени образуются в зонах с наиболее благоприятными условиями воспламенения при значении $\alpha \approx 0,9$. Такая неоднородность состава смеси обеспечивает в дизелях устойчивые процессы самовоспламенения и сгорания в широком диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха.

Как известно, при постоянной частоте вращения мощность двигателя определяется зависимостью:

$$N_e = \text{const} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_v / \alpha \quad (1).$$

В дизелях отсутствует орган управления коэффициентом наполнения, определяющим количество рабочего тела в цилиндре. Управление мощностью в таких двигателях происходит за счет изменения коэффициента избытка воздуха, характеризующего качество горючей смеси. Поэтому такие двигатели называют двигателями с качественным регулированием мощности.

Качественное управление мощностью обеспечивает устойчивую работу дизеля во всём диапазоне изменения внешней нагрузки - от режима холостого хода до режима

максимальной мощности. Коэффициент избытка воздуха (состав смеси) в данном случае изменяют количеством подаваемого в цилиндры топлива.

Как следует из формулы (1) наибольшая мощность, при прочих равных условиях, достигается при максимуме отношения η_v/α . Это условие выполняется при коэффициенте избытка воздуха порядка $\alpha=1,05$. Однако на практике не допускается работа дизеля при таком составе смеси. Наибольшее обогащение смеси в существующих дизелях ограничивается значением, $\alpha=1,2... 1,5$ (меньшие значения для: дизелей с разделёнными камерами сгорания). При этом мощность примерно на 10% меньше мощности, получаемой при $\alpha=1,05$.

Обогащение смеси до значений α меньше 1,2... 1,5 вызывает увеличение дымности выше допустимого уровня, резкое увеличение удельного расхода топлива и тепловой напряженности двигателя. В результате в несколько раз повышается износ цилиндропоршневой группы. Обычно наименьшее значение α и соответствующая ему мощность ограничиваются для конкретных моделей дизелей по условию допустимой дымности.

Наименьший удельный эффективный расход топлива (g_e , см. рис. 1) у дизелей наблюдается при $\alpha = 2$. Отклонение от этого состава смеси, как в сторону обеднения, так и в сторону обогащения ухудшает топливную экономичность. Такой характер изменения удельного эффективного расхода определяется совместным влиянием на него индикаторного и механического КПД. При обеднении смеси вплоть до значений $\alpha=4... 5$ индикаторный удельный расход уменьшается, а, следовательно, индикаторный КПД, характеризующий эффективность использования теплоты, растёт, так как $\eta_i = \text{const}/g_i$. Это объясняется тем, что с уменьшением цикловой подачи топлива улучшаются условия смесеобразования, происходит более полное сгорание топлива, увеличивается степень последующего его расширения, уменьшаются относительные потери теплоты в стенки и с отработавшими газами. При очень малых подачах топлива, когда, $\alpha > 5$ (режим холостого хода), индикаторный расход увеличивается (индикаторный КПД снижается) из-за ухудшения условий распыливания и сгорания малых доз топлива.

При постоянной частоте вращения двигателя мощность механических потерь изменяется незначительно и при данном анализе приемлемо допущение $N_m = \text{const}$. Поэтому механический КПД снижается при уменьшении нагрузки согласно зависимости $\eta_m = 1 - \text{const}/N_i$.

Таким образом, режим наилучшей топливной экономичности определяется условием $\eta_e = \text{const}/g_e = \eta_i \cdot \eta_m = \text{max}$.

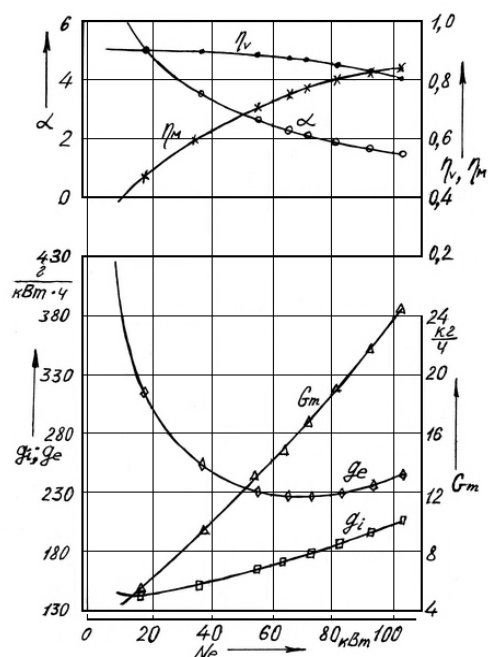


Рис. 1: Нагрузочная характеристика дизельного двигателя

Ухудшение экономичности при обеднении связано со снижением η_m , а при обогащении - со снижением η_i из-за ухудшения условий самовоспламенения и сгорания.

С увеличением мощности массовое количество воздуха, поступающего в цилиндры дизеля, незначительно уменьшается, и коэффициент наполнения снижается (рис 1). Это объясняется тем, что с ростом нагрузки и соответствующим увеличением тепловой энергии, вводимой в цилиндры с топливом, увеличиваются и тепловые потоки в стенки, что ведёт к росту теплонапряжённости всех деталей двигателя. В результате увеличивается подогрев воздуха при наполнении, уменьшается плотность и, соответственно, масса поступающего воздуха.

Высокие степени сжатия дизелей, качественное регулирование мощности, сгорание бедных смесей обеспечивают дизелям в условиях эксплуатации более высокую экономичность в сравнении с карбюраторными двигателями, особенно при работе на частичных нагрузках

На рис.2 приведено сравнение эффективности этих двигателей при работе на номинальном скоростном режиме. Для наглядности мощность и удельный эффективный расход топлива даны в относительных единицах. За 100% принят наименьший удельный эффективный расход дизельного двигателя.

Как видно, на режиме наилучшей топливной экономичности удельный эффективный расход топлива у дизеля примерно на 10.... 15% ниже, чем у карбюраторного двигателя. По мере уменьшения нагрузки удельный расход топлива увеличивается у обоих типов двигателей, но явно видно преимущество дизеля: на малых нагрузках разрыв в топливной

экономичности достигает почти 50%. Это объясняется характером изменения индикаторных КПД. У дизелей индикаторный КПД увеличивается при уменьшении нагрузки, а у карбюраторных ДВС - снижается. Поэтому, в условиях эксплуатации автотракторные дизели расходуют примерно на 30% меньше топлива, чем карбюраторные двигатели.

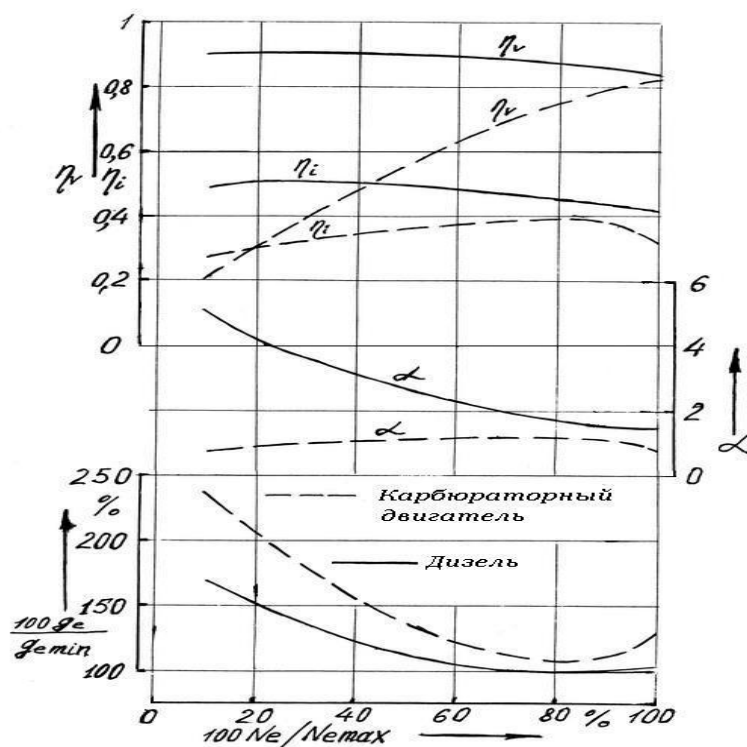


Рис. 2: Сравнение эффективности работы двигателей.

5.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.
2. Установить максимальное значение показания весов тормозной установки путем плавного перемещения рычага привода рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД). Заданный режим работы двигателя по частоте вращения поддерживать изменением внешней нагрузки (тормозной установкой).
3. Провести измерения всех необходимых показателей на первой точке характеристики после стабилизации скорости и показаний приборов.
4. Повернуть рычаг привода ТНВД в сторону уменьшения мощности дизеля, уменьшить нагрузку тормоза для поддержания заданной частоты вращения. После стабилизации теплового состояния двигателя и показания приборов провести измерения на второй точке характеристики.
5. Продолжить испытания в той же последовательности, чтобы получить 6...8 точек характеристики. Измерение показателей последней точки характеристики провести на

режиме холостого хода. Чтобы более точно найти режим наилучшей экономичности в диапазоне нагрузок от N_{max} до $0,5N_{\text{max}}$ измерения следует проводить чаще.

6. После обработки результатов испытаний строят кривые нагрузочной характеристики: $G_t=f(N_e)$; $g_e=f(N_e)$; $\alpha=f(N_e)$; $\eta_v = f(N_e)$ и др.

Графически должны быть выявлены следующие характерные точки характеристики:

- минимальный удельный эффективный расход топлива;
- часовой расход топлива на режиме холостого хода;
- часовой и удельный расходы топлива при максимальной мощности;
- коэффициенты избытка воздуха при работе двигателя на холостом ходу, в режиме наилучшей экономичности, в режиме максимальной мощности.

Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.
2. Графики характеристик с указанием характерных точек по п.5.2.

Контрольные вопросы

1. Что называют нагрузочной характеристикой дизеля?
2. Раскройте понятие "двигатели с качественным регулированием мощности".
3. Почему в дизелях возможно сгорание бедных смесей?
4. Каковы примерные пределы изменения коэффициента избытка воздуха в дизельном двигателе?
5. Объясните изменения основных показателей дизеля (η_v , α , g_i , g_e , η_m) по нагрузочной характеристике.
6. Почему индикаторный КПД дизеля возрастает при снижении нагрузки?
7. Почему коэффициент наполнения дизельного двигателя уменьшается с увеличением нагрузки?
8. Какими факторами ограничивается максимальная нагрузка дизеля при данной частоте вращения?
9. Объясните причины более высокой экономичности дизелей по отношению к карбюраторным двигателям?
10. Дайте сравнительный анализ изменения η_i , g_i , g_e , η_v , α по нагрузочным характеристикам карбюраторного и дизельного ДВС?

Лабораторная работа 4.

СКОРОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Цель работы:

- оценить топливную экономичность и другие показатели при изменении частоты вращения двигателя;

- приобрести практические навыки в снятии скоростных характеристик карбюраторных двигателей;
- найти скоростные режимы максимальной мощности, максимального крутящего момента, наименьшего удельного расхода топлива;
- научиться анализировать зависимости основных показателей двигателя от скорости, исходя из теории рабочего процесса ДВС.

Подготовка двигателя:

Двигатель оснащается приводным устройством для фиксирования дроссельной заслонки карбюратора в заданном положении и регистрации данного положения.

6.1. Основные теоретические положения

Скоростной характеристикой двигателя с искровым зажиганием (ДсИЗ) называется зависимость мощностных, экономических, экологических и др. показателей работы двигателя от его скорости при постоянном положении органа управления наполнением (дроссельной заслонки).

Различают внешние и частичные (внутренние) скоростные характеристики.

Внешней характеристикой называется скоростная характеристика, снятая при полном открытии дроссельной заслонки.

Внешняя скоростная характеристика является основной паспортной характеристикой двигателя. По этой характеристике указываются важнейшие технические показатели двигателя: $N_{ном}$ - номинальная мощность, гарантируемая заводом-изготовителем при номинальной частоте вращения - $n_{ном}$, максимальный крутящий момент M_{max} и соответствующая ему частота вращения - n_m ; минимально устойчивая частота вращения - n_{min} и другие.

В зависимости от комплектности двигателя различают мощность нетто и мощность брутто. При определении мощности нетто двигатель комплектуется вспомогательными устройствами: воздухоочистителем и глушителями шума впуска и выпуска, соответствующими трубопроводами, радиатором, вентилятором системы охлаждения, генератором, устройствами снижения токсичности отработавших газов. Регулировки систем питания и зажигания должны отвечать условиям завода-изготовителя.

При определении мощности брутто проводят испытания без названных узлов и оборудования, которые приводят к росту внутренних потерь на газообмен, ухудшению очистки цилиндров от остаточных газов и наполнения их свежей топливно-воздушной смесью. Поэтому мощность брутто больше мощности нетто.

Анализ скоростной характеристики карбюраторного двигателя позволяет выявить динамические и экономические показатели его работы и оценить испытываемый двигатель в отношении приемистости и быстроходности (см. рис.1)

Коэффициент наполнения вначале возрастает, достигает максимума при скоростном режиме, когда достигается примерно наибольший крутящий момент, а затем падает. При частоте вращения $n < n_{opt}$ наполнение двигателя ухудшено из-за неоптимальности фаз газораспределения. С ростом n фазы газораспределения становятся более благоприятными для наполнения, и η_v повышается до некоторого максимума, а затем начинает интенсивно падать. Снижение наполнения в области высоких скоростей объясняется возрастанием гидравлических потерь на впуске, а также из-за неоптимальности фаз газораспределения более высоким скоростям двигателя.

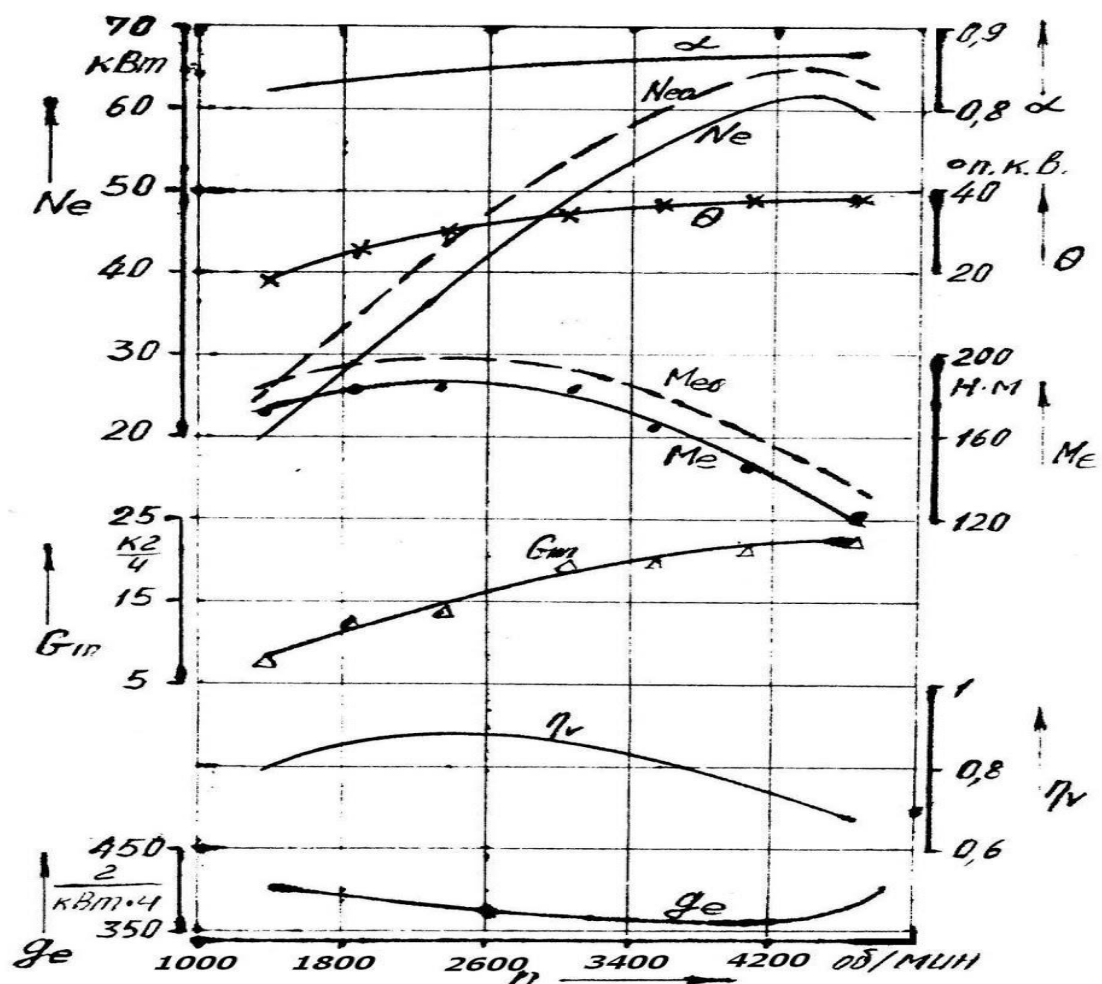


Рис.1 Внешняя скоростная характеристика карбюраторного ДВС

Эффективный крутящий момент определяется зависимостью $Me = const \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m / \alpha$.

Вид кривой $Me = f(n)$ зависит от изменения параметров α , η_v , η_i , η_m по частоте вращения.

Индикаторный КПД η_i с ростом скорости сначала также повышается до некоторого максимума вследствие улучшения смесеобразования и уменьшения потерь на теплоотдачу, а затем начинает снижаться из-за ухудшения сгорания вследствие сокращения времени, отводимого на сгорание.

Механический КПД η_m с ростом скорости неизменно снижается вследствие увеличения механических (внутренних) потерь двигателя..

возрастает на участке $n_{min} \dots n_m$, а затем падает.

Основное влияние на протекание $M_e = f(n)$ оказывает зависимость коэффициента наполнения $\eta_v = f(n)$.

В результате совместного действия перечисленных факторов крутящий момент возрастает на участке $n_{min} \dots n_m$, а затем падает.

По кривой $M_e = f(n)$ внешней скоростной характеристики можно определить важный динамический показатель - коэффициент приспособляемости, равный $K = M_{e_{max}} / M_N$. Здесь M_N – крутящий момент на скоростном режиме максимальной мощности. Коэффициент приспособляемости характеризует способность двигателя к самопреодолению кратковременных перегрузок. Для карбюраторных двигателей по внешней скоростной характеристике $K = 1,25 \dots 1,35$.

На кривой $N_e = f(n)$ можно выделить несколько характерных участков. В интервале от n_{min} до n_m мощность N_e изменяется приблизительно прямо пропорционально n . На участке от n_m до n_N мощность увеличивается медленнее: с одной стороны n двигателя растет и растет число циклов в единицу времени, с другой - M_e падает в силу указанных выше причин. На участке от n_N до n_{max} рост n уже не компенсирует падения M_e , и кривая N_e снижается. Часовой расход топлива G_t вначале растет почти прямо пропорционально n , но в дальнейшем повышение G_t замедляется вследствие падения η_v .

Кривая удельного эффективного расхода топлива $g_e = f(n)$ зависит от характера изменения η_i и η_m при изменении n , о чем было сказано выше. В результате g_e вначале уменьшается, достигает минимума, а затем возрастает.

Частота вращения при максимальной мощности n_N на скоростной характеристике не совпадает с частотой вращения при минимальном удельном расходе топлива n_{ge} : n_{ge} всегда меньше n_N .

Кривая оптимального угла опережения зажигания $\theta_{опт} = f(n)$ показывает рост $\theta_{опт}$ с увеличением скоростного режима, что объясняется большим влиянием уменьшения времени, отводимого на сгорание, по сравнению с улучшением качества смесеобразования вследствие лучшей турбулизации свежего заряда. Увеличение длительности сгорания в

градусах поворота коленчатого вала в основном определяется увеличением начальной (первой) фазы сгорания.

Скоростные характеристики, снимаемые при неполном (но постоянном) открытии дроссельной заслонки, называют частичными.

При прикрытых положениях наблюдается более ранний, то есть на меньших частотах вращения, перегиб кривых мощности и удельного расхода топлива.

6.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.

2. Ввести двигатель в режим, соответствующий началу снятия характеристики: положение дроссельной заслонки - заданное, частота вращения - минимально устойчивая, зажигание – по условиям завода-изготовителя. Дать выдержку при работе двигателя на установившемся режиме не менее 1 мин и произвести запись показаний всех измерительных приборов.

3. Увеличить частоту вращения на 200...300 об/мин путем изменения регулировки тормоза (разгрузки его), дать выдержку на вновь установленном режиме 1-2 мин. Произвести запись показаний всех измерительных приборов.

4. Продолжить испытания в той же последовательности, чтобы получить 6...8 точек характеристики. Закончить снятие характеристики при скорости, на 10% превышающей номинальную скорость двигателя, а при наличии регулятора - при скорости, соответствующей полной разгрузке тормоза.

6. После обработки результатов испытаний построить графики скоростной характеристики:

$$M_e = f(n); \quad N_e = f(n); \quad G_T = f(n); \quad g_e = f(n);$$

$$G_b = f(n); \quad \alpha = f(n); \quad \eta_v = f(n); \quad \theta = f(n)$$

Графически должны быть выявлены следующие характерные точки характеристики:

- максимальная мощность и соответствующая частота вращения;
- максимальный крутящий момент и соответствующая ему частота вращения;
- минимальный удельный эффективный расход топлива и соответствующая частота вращения.

7. Определить коэффициент приспособляемости.

8. Дать объяснение характера влияния частоты вращения на мощность, экономичность и другие показатели работы двигателя.

Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.

2. Графики характеристик с указанием характерных точек по п.6.2.

Контрольные вопросы

1. Что называется скоростной характеристикой карбюраторного двигателя?
2. Чем отличается внешняя скоростная характеристика от частичной скоростной характеристики?
3. Почему мощность брутто больше мощности нетто?
4. Почему при увеличении скорости коэффициент наполнения вначале увеличивается, а затем уменьшается?
5. Почему экономичность двигателя ухудшается при низких и высоких частотах вращения?
6. Что такое коэффициент приспособляемости? Назовите его значения для карбюраторных двигателей.
7. Назовите основные причины, определяющие изменение M_e , N_e , G_t , θ_{opt} от частоты вращения.
8. Изобразите графически протекание основных показателей двигателя при изменении частоты вращения.

Лабораторная работа 4.

СКОРОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы:

- оценить топливную экономичность и другие показатели при изменении частоты вращения двигателя;
- приобрести практические навыки в снятии скоростных характеристик дизельных двигателей;
- найти скоростные режимы максимальной мощности, максимального крутящего момента, наименьшего удельного расхода топлива;
- научиться анализировать зависимости основных показателей двигателя от скорости, исходя из теории рабочего процесса ДВС.

Подготовка двигателя:

Двигатель оснащается приводным устройством для фиксирования рычага управления рейкой топливного насоса высокого давления и регистрации данного положения.

7.1. Основные теоретические положения

Скоростной характеристикой дизельного двигателя называется зависимость мощностных, экономических, экологических и др. показателей двигателя от его скорости при постоянном положении органа управления топливоподачей.

Если орган управления топливоподачей установлен в положении максимальной подачи топлива, то скоростная характеристика называется внешней. Внешняя скоростная

характеристика, снятая с работающим регулятором частоты вращения, является паспортной характеристикой дизеля.

Внешнюю скоростную характеристику можно снять при фиксированном положении рейки, которое соответствует положению рейки на номинальном режиме при управлении через регулятор. Угол опережения впрыскивания соответствует техническим условиям завода-изготовителя. В этом случае зависимости изменения мощности, коэффициента наполнения, часового и удельного эффективного расходов топлива от частоты вращения имеют тот же характер, что и для карбюраторного двигателя.

Однако коэффициент наполнения изменяется не так существенно, как в случае карбюраторного двигателя. Это связано с тем, что впускные тракты дизелей имеют меньше гидравлическое сопротивление, и скорости меняются в более узком диапазоне.

В дизеле при неизменном положении рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД), а, следовательно, при неизменном положении активного хода плунжера плунжерной пары цикловая доза топлива с ростом частоты вращения увеличивается. Поэтому при увеличении частоты вращения в цикл поступает больше тепловой энергии. Количество воздуха, поступающего в цикл, почти неизменно или уменьшается незначительно. Это определяет особенность протекания крутящего момента: крутящий момент незначительно изменяется по частоте вращения и даже может увеличиваться с ростом частоты. Коэффициент приспособляемости ($K = M_{\max}/M_N$) составляет всего 1...1,05. При данных условиях дизель имеет неустойчивую работу при нагрузке, т.е. автоматически не справляется с временными перегрузками.

Для повышения устойчивости работы дизеля к изменяющимся нагрузкам в эксплуатации управление подачей топлива осуществляется через регулятор ТНВД, имеющим специальный корректор. При уменьшении частоты вращения дизеля из-за увеличения внешней нагрузки корректор перемещает рейку ТНВД в сторону повышения цикловой дозы топлива, крутящий момент увеличивается, и дизель автоматически преодолевает увеличение внешней нагрузки. Наличие корректора позволяет увеличить коэффициент приспособляемости до 1,2.

Внешняя скоростная характеристика с регуляторной ветвью представлена на рис. 1. Характеристику можно разделить на 2 области: 1) область работы двигателя, когда в ТНВД работает корректор (корректорная ветвь характеристики; 2) область работы двигателя, когда работает регулятор (регуляторная ветвь характеристики). В корректорной области крутящий момент вначале возрастает, достигает максимума, а затем снижается. Увеличение момента при снижении частоты вращения от номинального скоростного

режима до скоростного режима наибольшего крутящего момента происходит за счет увеличения цикловых доз топлива с помощью корректора.

Остальные кривые на корректорной ветви характеристики изменяются подобно аналогичным кривым внешней скоростной характеристики ДсИЗ. Выделяют те же точки характеристики: максимальная мощность, максимальный крутящий момент, минимальный удельный расход топлива и соответствующие им скорости двигателя.

При работе дизеля по регуляторной ветви скоростной характеристики изменение всех показателей двигателя определяется работой регулятора, который автоматически в зависимости от частоты вращения изменяет цикловую дозу топлива. Коэффициент избытка воздуха изменяется (в зависимости от особенностей рабочих процессов дизелей) от $\alpha=6\dots 8$ на режиме максимальной частоты вращения до $\alpha=1,2\dots 1,5$ на режиме номинальной мощности. Крутящий момент и эффективная мощность равны нулю, а удельный эффективный расход равен бесконечности при максимальной частоте вращения двигателя.

По регуляторной ветви оценивают степень неравномерности работы регулятора по формулам

$$\delta = (n_{\max} - n_{\min}) / n_{cp}; \quad n_{cp} = (n_{\max} + n_{\min}) / 2.$$

7.2. Порядок выполнения работы

1. Запустить и прогреть двигатель.
2. Установить рычаг управления регулятором и зафиксировать в заданном положении. При снятии внешней скоростной характеристики рычаг установить в рабочее положение «до упора»
2. Ввести двигатель в режим, соответствующий началу снятия характеристики: положение рычага управления регулятором - заданное, частота вращения - минимально устойчивая, угол опережения впрыскивания – по техусловиям завода-изготовителя. Дать выдержку при работе двигателя на установившемся режиме не менее 1 мин и произвести запись показаний всех измерительных приборов.
3. Увеличить частоту вращения примерно на 150...200 об/мин путем изменения регулировки тормоза (разгрузки его), дать выдержку на вновь установленном режиме 1-2 мин. Произвести запись показаний всех измерительных приборов.
4. Продолжить испытания в той же последовательности, чтобы получить 6...8 точек характеристики. Для выявления точки перегиба кривой мощности внешнюю нагрузку вблизи предполагаемого значения номинальной мощности изменяют постепенно на небольшую величину (при изменении частоты вращения двигателя с интервалом 30.....50 об/мин).

Закончить снятие характеристики при скорости, соответствующей полной разгрузке тормоза.

6. После обработки результатов испытаний построить графики скоростной характеристики:

$$M_e = f(n); \quad N_e = f(n); \quad G_T = f(n); \quad g_e = f(n);$$

$$G_b = f(n); \quad \alpha = f(n); \quad \eta_v = f(n).$$

Графически должны быть выявлены следующие характерные точки характеристики:

- максимальная мощность и соответствующая частота вращения;
- максимальный крутящий момент и соответствующая ему частота вращения;
- минимальный удельный эффективный расход топлива и соответствующая частота вращения.

7. Определить коэффициент приспособляемости и степень неравномерности работы регулятора

8. Дать объяснение характера влияния частоты вращения на мощность, экономичность и другие показатели работы двигателя.

Отчет должен содержать

1. Копию протокола испытаний.
2. Графики характеристик с указанием характерных точек по п.7.2.

Контрольные вопросы

1. Что называется скоростной характеристикой дизельного двигателя?
2. Чем отличается внешняя скоростная характеристика от частичной скоростной характеристики?
3. Что такое коэффициент приспособляемости? Назовите его значения для дизельных двигателей при работе без корректора и с корректором подачи топлива..
4. Почему экономичность двигателя ухудшается при работе на регуляторе на высоких частотах вращения?
5. Назовите значения коэффициента избытка воздуха при работе дизеля на холостом ходу и полной нагрузке.
7. Назовите основные причины, определяющие изменение M_e , N_e , G_T , $\theta_{опт}$ от частоты вращения.
8. Изобразите графически протекание основных показателей двигателя при изменении частоты вращения.

3. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ДОСТИЖЕНИЕ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации с использованием стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью				
Этап (уровень)	Критерии оценивания			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
знать	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: закономерности и наиболее эффективные методы превращения химической энергии топлива в работу в ДВС	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: закономерности и наиболее эффективные методы превращения химической энергии топлива в работу в ДВС	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: сущность и назначение процессов, происходящих в цилиндре ДВС при реализации действительного цикла	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы расчета и оценки нагрузок в основных нагруженных механизмах тепловых двигателей
уметь	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять работы, описанных в критериях оценивания	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: намечать необходимые мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту ДВС, исходя из современных эксплуатационных, экономических и экологических требований	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выбирать рациональные методы организации работы автомобиля, исходя из специфики изменения показателей его силового агрегата	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: формулировать цель анализа и применять кинематические и динамические расчеты для обеспечения показателей тепловых двигателей
владеть	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками, описанных в критериях оценивания	Обучающийся владеет в неполном объеме и проявляет недостаточность владения знаниями по типам и разновидностям двигателей внутреннего сгорания	Обучающимся допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, частично владеет навыками анализом преимуществ и недостатков применяемых методов организации рабочего	Обучающийся свободно применяет полученные навыки, в полном объеме владеет навыками для объяснения причин и последствий прекращения работоспособности ДВС

			процесса ДВС	
ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации				
знать	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: способы использования в практической деятельности данных оценки технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: способы использования в практической деятельности данных оценки технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: способы использования в практической деятельности данных оценки технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: способы использования в практической деятельности данных оценки технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам
уметь	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния ТиТТМиО, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния ТиТТМиО, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния ТиТТМиО, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния ТиТТМиО, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам
владеть	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет способами использования в практической деятельности данных оценки технического состояния	Обучающийся владеет в неполном объеме и проявляет недостаточность владения способами использования в практической деятельности данных оценки	Обучающийся допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения, частично владеет способами использования в практической деятельности данных оценки	Обучающийся свободно применяет полученные навыки, в полном объеме владеет способами использования в практической деятельности данных оценки технического

	ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	технического состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	состояния ТиТТМиО, полученных с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам
--	---	--	--	--

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания для занятий лекционного типа

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Целесообразно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой дисциплины.

Методические указания для занятий семинарского (практического) типа. Практические занятия позволяют развивать у обучающегося творческое теоретическое мышление, умение самостоятельно изучать литературу, анализировать практику; учат четко формулировать мысль, вести дискуссию, то есть имеют исключительно важное значение в развитии самостоятельного мышления.

Подготовка к практическому занятию включает два этапа. На первом этапе обучающийся планирует свою самостоятельную работу, которая включает: уяснение задания на самостоятельную работу; подбор основной и дополнительной литературы; составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе. Второй этап включает непосредственную подготовку к занятию, которая начинается с изучения основной и дополнительной литературы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. Далее следует подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на практическое занятие или по теме, вынесенной на дискуссию (круглый стол), продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой темы с реальной жизнью. Готовясь

к докладу или выступлению в рамках интерактивной формы (дискуссия, круглый стол), при необходимости следует обратиться за помощью к преподавателю

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Вариант 1

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Области применения и элементы классификации двигателей.
2. Коэффициент наполнения газов в конце процесса впуска.

Решите задачи:

1. Четырехтактный, четырехцилиндровый *ДсВнутрСм* Д-160 с $D = 145$ мм и $S = 205$ мм при $n = 1250$ мин⁻¹ имеет следующие параметры: $p_k = 0,17$ МПа, $T_k = 365$ К и $G_B = 0,21$ кг/с. Определить η_v .
2. *ДсВнутрСм* мощностью 120 кВт имеет $\eta_e = 0,35$. Какое количество топлива двигатель расходует за 1 ч своей работы?

Вариант 2

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Процесс сгорания топлива в дизельном двигателе.
2. Определение максимального давления сгорания в действительном цикле.

Решите задачи:

1. Безнаддувный, восьмицилиндровый *ДсВнутрСм* КамАЗ-740 имеет $G_B = 965$ кг/ч при $n = 3500$ мин⁻¹. $D = S = 120$ мм, $V_c = 0,848 \cdot 10^{-4}$ м³. Средние за цикл значения давления и температуры отработавших газов на выпуске составляют: $p_r = 0,11$ МПа, $t_r = 600$ °С. Определить γ .
2. *ДсВнутрСм* работает при $n = 1800$ мин⁻¹. Определить η_m и g_e при работе двигателя без нагрузки.

Вариант 3

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Термодинамические циклы. Цикл Отто.
2. Процесс расширения. Определение давления и температуры в конце процесса расширения.

Решите задачи:

1. *ДсВнешСм* имеет $n = 3500$ мин⁻¹; $\varepsilon = 7,5$. Определить численное значение параметров рабочего тела в конце такта сжатия (p_c ; T_c).

2. Рассчитать и построить характеристику механических потерь четырехцилиндрового, четырехтактного *ДсВнешСм* с $r = 45$ мм и $D = 90$ мм.

Вариант 4

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Термодинамические циклы. Цикл Дизеля.
2. Индикаторные параметры рабочего цикла.

Решите задачи:

1. Чему равно максимальное давление рабочего тела в цикле со смешанным сгоранием, если известно, что в конце изохорного сгорания его давление равно 7,5 МПа?
2. Рассчитать и построить как функцию n величину η_m четырехцилиндрового, четырехтактного *ДсВнутрСм* постоянной мощности с $r = 80$ мм и $D = 150$ мм при $N_e = 150$ кВт.

Вариант 5

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Литровая мощность и методы форсирования двигателей.
2. Процесс сжатия действительного цикла.

Решите задачи:

1. Безнаддувный *ДсВнутрСм* работает при $n = 1800$ мин⁻¹. Определить величину максимального давления цикла, если известно, что $\varepsilon = 14$, а $\lambda = 1,8$.
2. При работе двигателя с нагрузкой его $\eta_m = 0,75$. Чему будет равен его η_m , если при неизменной n нагрузка на двигатель уменьшится вдвое?

Вариант 6

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Показатели двигателей: напряженности, массогабаритные и экологические.
2. Смесеобразование в бензиновых двигателях.

Решите задачи:

1. *ДсВнешСм* с $\varepsilon = 8$ работает при $n = 4000$ мин⁻¹. Определить численные значения максимального давления рабочего цикла и давления рабочего тела в конце такта расширения.
2. Четырехцилиндровый, четырехтактный *ДсВнутрСм* имеет $N_e = 155$ кВт при $n = 1250$ мин⁻¹, $p_i = 1,25$ МПа. $S = 205$ мм. Определить D .

Вариант 7

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Теплоемкость газов.
2. Воспламенение и сгорание топлива в двигателях с искровым зажиганием.

Решите задачи:

1. Впрыск топлива происходит в момент, соответствующий 349 град ПКВ. Период задержки воспламенения равен 4 град ПКВ. Определить θ .
2. Четырехцилиндровый, четырехтактный $ДсВнутрСм$ развивает $N_e = 120$ кВт при $n = 1000$ мин⁻¹. $D = 130$ мм, $S/D = 1,25$. Определить его N_m и η_m .

Вариант 8

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Построение индикаторной диаграммы двигателя.
2. Детонационное сгорание.

Решите задачи:

1. Каким должен быть θ $ДсВнешСм$, если известно, что $\phi_z = 60$ град ПКВ, а $m = 3,5$?
2. Четырехцилиндровый, четырехтактный $ДсВнешСм$ при $N_e = 50$ кВт и $n = 5400$ мин⁻¹ имеет $g_e = 325$ г/(кВт·ч). $D = 79$ мм, $S = 80$ мм. Определить индикаторные показатели рабочего цикла: p_i , g_i , η_i .

Вариант 9

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Понятие о характеристиках и эксплуатационных режимах работы двигателя.
2. Влияние различных факторов на сгорание в двигателях с искровым зажиганием.

Решите задачи:

1. Каково оптимальное значение угла опережения самовоспламенения топлива в $ДсВнутрСм$, если известны следующие параметры процесса сгорания: $\phi_z = 95$ град ПКВ, $m = 0,15$?
2. На номинальном режиме работы двигатель развивает мощность 150 кВт. Какова его мощность на режиме максимального крутящего момента, если $K_M = 1,08$ и $K_n = 1,35$?

Вариант 10

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Теплота сгорания топлива и топливовоздушных смесей.

2. Процессы смесеобразования в дизелях.

Решите задачи:

1. ЭХС топлива определяется соотношением: $C = 0,870$, $H = 0,126$, $O = 0,004$.

Определить тип топлива. Какое количество воздуха потребуется для полного сгорания 1 кг этого топлива?

2. Известно, что мощность двигателя на режиме максимального крутящего момента равна 100 кВт. K_M и K_n равны соответственно 1,3 и 1,8. Установить тип двигателя и определить его номинальную мощность

Вариант 11

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Определение параметров рабочего цикла двигателя.
2. Процесс сгорания топлива в двигателе с воспламенением от искры.

Решите задачи:

1. G_B $DcBнyтpCм$ равен 500 кг/ч. При каком α работает двигатель, если $G_T = 20$ кг/ч?

2. Двенадцатицилиндровый $DcBнyтpCм$ на номинальном режиме работы развивает $N_e = 600$ кВт при $n = 2000$ мин⁻¹, $\eta_e = 0,35$. K_M и K_n равны соответственно 1,15 и 1,54. Определить $g_{ц}$, G_T , g_e и η_e на режиме максимального крутящего момента.

Вариант 12

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Определение температуры газов в конце процесса впуска.
2. Химические реакции при сгорании топлива.

Решите задачи:

1. За 1 ч работы $DcBнyтpCм$ израсходовал 10 кг топлива. Каков его G_B , если известно, что двигатель работает при $\alpha = 1,5$?

2. Двигатель работает на режиме максимальной мощности при $n = 5600$ мин⁻¹. Определить n_1 на режиме максимального крутящего момента, если $K_n = 1,5$.

Вариант 13

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Определение коэффициента остаточных газов в конце процесса впуска.
2. Количество свежего заряда и теплота сгорания топливовоздушной смеси.

Решите задачи:

1. Режим работы *ДсВнешСм* характеризуется параметрами: $\alpha = 1,15$, $g_e = 305$ г/(кВт·ч). Как изменится G_T , если α увеличить до 1,4?
2. Двенадцатицилиндровый, четырехтактный *ДсВнутрСм* с неразделенной камерой сгорания, $D = 120$ мм и $S = 140$ мм при $n = 2200$ мин⁻¹ имеет $p_i = 1,2$ МПа. Определить все составляющие мощности

Вариант 14

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Состав и количество продуктов сгорания.
2. Регулировочные характеристики двигателей с искровым зажиганием и дизельных двигателей.

Решите задачи:

1. Восьмицилиндровый *ДсВнутрСм* работает по нагрузочной характеристике при $n = 2600$ мин⁻¹. На номинальном режиме $N_e = 150$ кВт, $\eta_e = 0,4$, $\alpha = 1,7$. Как изменится α , если $g_{ц}$ уменьшится на $2,55 \cdot 10^{-5}$ кг/цикл при неизменной n ?
2. Определить параметры рабочего тела в характерных точках рабочего цикла двигателя со смешанным (изохорно-изобарным) сгоранием при $\varepsilon = 16$, если $p_a = p_0$, $T_a = 365$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\lambda = 2$ и $\rho = 1,5$.

Вариант 15

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Термодинамические циклы. Цикл Сабатэ-Тринклера.
2. Нагрузочные характеристики двигателя с искровым зажиганием и дизеля.

Решите задачи:

1. При испытаниях безнаддувного *ДсВнутрСм* определили, что 20 г топлива двигатель израсходовал за 10 с, а 1 м³ воздуха – за 24 с. Определить α .
2. Определить параметры рабочего тела в характерных точках рабочего цикла двигателя с изохорным сгоранием при $\varepsilon = 11$, если $p_a = 0,95p_0$, $T_a = 350$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\mu_T = 115$ и $\lambda = 4,2$

Вариант 16

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Термический КПД теоретических циклов двигателей.
2. Эффективные показатели двигателя.

Решите задачи:

1. Определить величину коэффициента выделения теплоты, а также потери теплоты из-за неполноты сгорания топлива в *ДсВнешСм* при $\alpha = 0,85$.
2. Определить удельную индикаторную работу цикла двигателя со смешанным (изохорно-изобарным) сгоранием при $\varepsilon = 16$, если $p_a = p_0$, $T_a = 365$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\lambda = 2$ и $\rho = 1,5$. Принять $n_2 = 1,26$.

Вариант 17

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Анализ термодинамических циклов поршневых двигателей.
2. Скоростная и регуляторная характеристика дизеля.

Решите задачи:

1. Чему равна теплотворность горючей смеси в *ДсВнешСм*, если он работает при $\alpha = 0,95$?
2. Определить удельную индикаторную работу цикла двигателя с изохорным сгоранием при $\varepsilon = 11$, если $p_a = 0,95p_0$, $T_a = 350$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\mu_T = 115$ и $\lambda = 4,2$. Принять $n_2 = 1,22$.

Вариант 18

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Процесс выпуска и методы снижения токсичности двигателей при их эксплуатации.
2. Тепловые балансы карбюраторного двигателя и двигателя с впрыском топлива.

Решите задачи:

1. При сжигании в цилиндре *ДсВнешСм* 1 кг бензина теряется 5,5 МДж теплоты. При каком α работает двигатель?
2. Определить все составляющие мощности четырехцилиндрового, четырехтактного двигателя с полуразделенной камерой сгорания и при $\varepsilon = 16$, если $p_a = p_0$, $T_a = 365$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\lambda = 2$ и $\rho = 1,5$. При $n = 2100$ мин⁻¹, если $D = 110$ мм и $S = 120$ мм.

Вариант 19

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Процесс выпуска и газообмен в период перекрытия клапанов в действительном цикле.

2. Тепловой баланс дизельного двигателя без наддува и с наддувом.

Решите задачи:

1. Определить значения полной удельной использованной теплоты сгорания в $Dc_{ВнутрСм}$, если известно, что коэффициент эффективности процесса сгорания равен 0,87, $\alpha = 1,6$ и $\gamma = 0,03$. Какова величина Q_z ? Как изменится процесс сгорания, если α увеличить в 1,2 раза?

2. Определить все составляющие мощности шестицилиндрового, четырехтактного двигателя с параметрами при $\varepsilon = 11$, если $p_a = 0,95p_0$, $T_a = 350$ К. $\mu_B = 28,97$. Принять $\mu_T = 115$ и $\lambda = 4,2$. При $n = 4500$ мин⁻¹, если $D = 88$ мм и $S = 92$ мм.

Вариант 20

Дайте ответы на теоретические вопросы:

1. Процесс впуска действительного цикла.
2. Влияние различных факторов на индикаторную мощность и момент.

Решите задачи:

1. Определить численное значение полной удельной использованной теплоты сгорания в $Dc_{ВнешСм}$, если известно, что коэффициенты использования теплоты ψ , избытка воздуха α и остаточных газов γ равны соответственно 0,95, 0,85 и 0,05. Какова величина Q_z ? Как изменится процесс сгорания, если α увеличить до 1,0?
2. Рассчитать и построить как функции угла поворота коленчатого вала двигателя величины x и ω , если $\theta = 10$ град ПКВ, $\phi_z = 120$ град ПКВ и $m = 0,15$. Принять $\Delta\varphi = 10$ град ПКВ

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Восьмицилиндровый четырехтактный $Dc_{ВнутрСм}$ КамАЗ-740Н при частоте вращения коленчатого вала 2600 мин⁻¹ имеет следующие параметры наддува: давление наддува $p_k = 0,158$ МПа, температура наддувочного воздуха $t_k = 98$ °С, расход воздуха через двигатель $GB = 0,297$ кг/с. Конструктивные параметры двигателя: диаметр цилиндра 120 мм, ходпоршня 120 мм. Определить величину коэффициента наполнения η_v .

Решение

Для решения задачи воспользуемся определением коэффициента наполнения η_v — это отношение количества свежего заряда, в действительности поступившего в цилиндр, к тому количеству заряда, которое могло бы заполнить рабочий объем цилиндра при параметрах воздуха, равных параметрам на входе в двигатель:

$$\eta_v = GB / GB_{теор}$$

где GB – действительное количество свежего заряда (действительный расход воздуха), кг/с; $GB_{\text{теор}}$ – теоретическое количество свежего заряда (теоретический расход воздуха), кг/с.

В данной формуле величина действительного расхода воздуха известна из условия задачи. Для определения теоретического расхода необходимо найти рабочий объем цилиндра:

$$Vh = (\pi D^2 / 4) \cdot S$$

где D – диаметр цилиндра, м; S – ход поршня, м.

Если умножить Vh на плотность воздушного заряда, то получится количество воздуха, которое могло бы заполнить рабочий объем одного цилиндра за один цикл.

Плотность воздушного заряда для безнаддувного двигателя, кг/м³:

$$\rho_0 = p_0 \cdot 10^6 / R \cdot T_0$$

где p_0 – давление атмосферного воздуха, МПа; T_0 – температура атмосферного воздуха, К; R – газовая постоянная (для воздуха $R = 287,3$ Дж/(кг·град)).

Для безнаддувных двигателей давление и температура воздуха на входе в двигатель чаще всего принимаются равными соответствующим параметрам при нормальных атмосферных условиях: $p_0 = 0,1013$ МПа и $T_0 = 293$ К, – то есть, без учета потерь давления, обусловленных гидравлическим сопротивлением впускного тракта.

Плотность свежего заряда наддувных двигателей, кг/м³:

$$\rho_0 = p_K \cdot 10^6 / R \cdot T_K$$

где p_K – давление наддува, МПа; T_K – температура наддувочного воздуха, К.

Чтобы определить секундный расход воздуха через один цилиндр, необходимо количество свежего заряда, заполнившего рабочий объем цилиндра, умножить на число рабочих циклов, совершающихся в двигателе за одну секунду. Поскольку полный рабочий цикл четырехтактного двигателя совершается за два оборота коленчатого вала, то, поделив величину частоты вращения коленчатого вала на 2, получим количество циклов в минуту, а разделив полученное значение еще на 60, – количество циклов в одну секунду:

$$N_{\text{Цсек}} = n / 120$$

Для расчета суммарного теоретического расхода воздуха через двигатель необходимо расход одного цилиндра умножить на число цилиндров двигателя i .

В окончательном виде формула для расчета теоретического расхода воздуха через двигатель (в кг/с) запишется в следующем виде:

$$GB_{\text{теор}} = (\pi D^2 / 4) \cdot S \cdot i \cdot (p_K \cdot 10^6 / R \cdot T_K) \cdot (n / 120) = 3,14 \cdot 0,122 \cdot 0,12 \cdot 8 \cdot 0,158 \cdot 10^6 \cdot 2600 / 4 \cdot 287,3 \cdot (273 + 98) \cdot 120 = 0,349$$

Тогда коэффициент наполнения будет равен:

$$\eta_v = 0,297 / 0,349 = 0,85$$

Задача 2. Безнаддувный шестицилиндровый ДсВнутрСм ЯМЗ-236 имеет расход воздуха 745 кг/ч при частоте вращения коленчатого вала 2100 мин⁻¹.

Диаметр цилиндра 130 мм, ход поршня 140 мм, объем камеры сгорания $V_c = 0,00012$ м³.

Средние за цикл значения давление и температура отработавших газов составляют:

$p_r = 0,12$ МПа, $t_r = 700$ °С. Определить величину коэффициента остаточных газов.

Решение;

Продукты сгорания, оставшиеся в цилиндре двигателя в конце процесса выпуска, называются остаточными газами. Коэффициентом остаточных газов называется отношение числа молей остаточных газов M_r к числу молей свежего заряда M_0 :

$$\gamma = M_r/M_0 = [1/\eta_v (\varepsilon - 1)] \cdot (p_r \cdot T_0 / p_0 \cdot T_r)$$

где η_v – коэффициент наполнения; ε – степень сжатия; p_0 и T_0 – давление и температура свежего заряда; p_r и T_r – давление и температура остаточных газов.

Для расчета величины коэффициента остаточных газов необходимо найти значение коэффициента наполнения η_v .

Действительный часовой расход воздуха известен по условию задачи.

Теоретический часовой расход воздуха безнаддувного двигателя без учета потерь давления во впускном тракте, кг/ч:

$$GB_{\text{теор}} = V_h \cdot i \cdot p_0 \cdot 10^6 \cdot n \cdot 3600 / RT_0 \cdot 120$$

где $V_h = (\pi D^2/4) \cdot S = 3,14 \cdot 0,132 \cdot 0,14/4 = 1,86 \cdot 10^{-3}$ м³ – рабочий объем одного цилиндра. Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = GB / GB_{\text{теор}} = 745 / 845 = 0,88$$

Степенью сжатия двигателя называется отношение полного объема цилиндра V_a к объему камеры сгорания V_c :

$$\varepsilon = V_a/V_c = (V_h + V_c)/V_c = V_h/V_c + 1 = 0,00186/0,00012 + 1 = 16,5$$

Тогда коэффициент остаточных газов будет равен:

$$\gamma = [1/0,88 \cdot (16,5 - 1)] \cdot [0,12 \cdot 293 / 0,1013 \cdot (273 + 700)] = 0,026$$

Задача 3. Частота вращения коленчатого вала ДсВнешСм равна 5600 мин⁻¹, а степень сжатия $\varepsilon = 9,9$. Определить численное значение параметров состояния рабочего тела в конце такта сжатия.

Решение

При рассмотрении рабочего цикла двигателя необходимо учитывать различие в понятиях «процесс сжатия» и «такт сжатия».

Процесс сжатия начинается с момента закрытия впускного клапана, то есть, после прохождения поршнем НМТ. Угол запаздывания закрытия впускного клапана $\beta_{ВП}$ составляет 50...70 град ПКВ для ДсВнешСм и 30...40

град ПКВ для ДсВнутрСм. Заканчивается процесс сжатия в момент воспламенения топлива при подходе поршня к ВМТ. Угол опережения воспламенения θ для ДсВнешСм составляет 25...35 град ПКВ до ВМТ, для ДсВнутрСм – 3...15 град ПКВ до ВМТ. Угловая продолжительность процесса сжатия меньше 180 град ПКВ.

Понятие такта сжатия используется в случае идеализации рабочего процесса, когда за начало сжатия принимается НМТ, а за окончание сжатия – ВМТ.

Угловая продолжительность такта сжатия равна 180 град ПКВ.

На начальном этапе сжатия рабочего тела в цилиндре двигателя температура газов меньше температуры внутренней поверхности цилиндра, поршня и крышки цилиндра (головки блока). Происходит подвод тепла к рабочему телу.

В конце сжатия, наоборот, вследствие повышения температуры газов происходит отвод части тепла от рабочего тела в стенки цилиндра. Учитывая значительный перепад температур во второй половине сжатия, теплоотдача в стенки преобладает над обратным процессом. Отчасти упрощая явление и считая, что количество теплоты, отводимое в стенки цилиндра двигателя в течение всего сжатия, постоянно, этот процесс можно рассматривать как политропический.

Параметры состояния рабочего тела в процессе сжатия определяются уравнениям:

$$p = p_a (v_a/v)^{n_1}; T = T_a (v_a/v)^{n_1-1}$$

p , T , v – текущие значения соответственно давления, температуры удельного объема рабочего тела в процессе сжатия; p_a , T_a , v_a – значения давления, температуры и удельного объема рабочего тела в конце процесса впуска (наполнения); n_1 – средняя за процесс величина показателя политропы сжатия.

На основании опытно-экспериментальных данных как для ДсВнешСм, так и для ДсВнутрСм при работе на номинальном режиме $n_1 = 1,32 \dots 1,38$.

Наибольшее влияние на величину n_1 оказывает частота вращения коленчатого вала двигателя n : чем выше n , тем больше значение n_1 , так как сокращается время, приходящееся на процессы теплообмена, и сжатие приближается к адиабатическому.

Приближенное значение n_1 можно определить по формуле:

$$n_1 = 1,41 - 100/n$$

где n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Параметры состояния рабочего тела в конце такта сжатия (при нахождении поршня в ВМТ) определяются по формулам:

$$p_c = p_a (v_a / v_c)^{n_1} = p_a \varepsilon^{n_1}; T_c = T_a (v_a / v_c)^{n_1 - 1} = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$

$n_1 = 1,41 - 100/5600 = 1,392$ и, приняв параметры состояния рабочего тела в конце процесса впуска равными $p_0 = 0,09$ МПа и $T_0 = 330$ К, определим давление и температуру рабочего тела в конце такта сжатия:

$$p_c = 0,09 \cdot 9,9^{1,392} = 2,19 \text{ МПа}$$

$$T_c = 330 \cdot 9,9^{1,392 - 1} = 810 \text{ К}$$

Задача 4. ДсВнутрСм со степенью сжатия $\varepsilon = 15$ работает при частоте вращения коленчатого вала $n = 2000$ мин⁻¹. Определить величину максимального давления рабочего цикла, если известно, что степень повышения давления $\lambda = 2$.

Решение

При выполнении приближенного расчета рабочего цикла ДсВнутрСм реальный процесс сгорания топлива заменяется процессом изохорноизобарного (смешанного) подвода теплоты к рабочему телу (рис. 1).

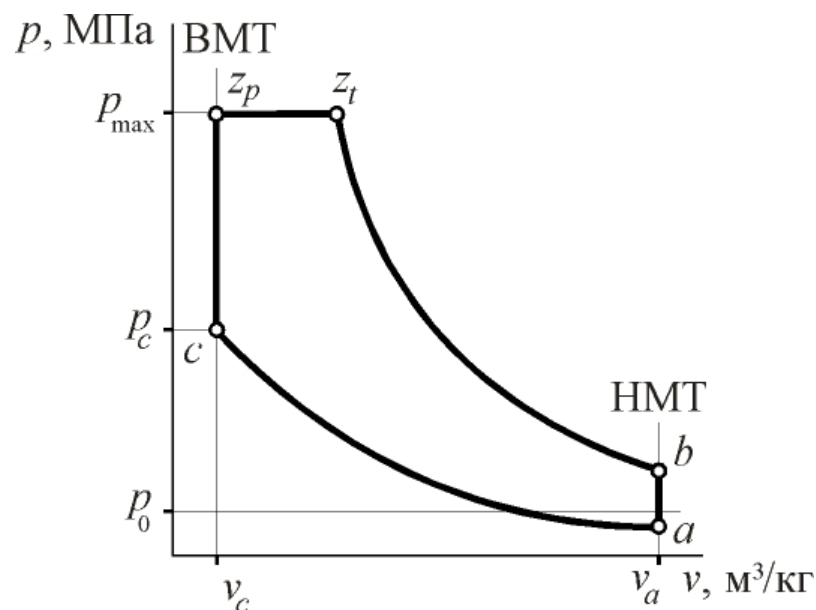


Рис. 1. $p - v$ -диаграмма рабочего цикла со смешанным подводом теплоты к рабочему телу. Сгорание начинается в момент нахождения поршня в ВМТ.

Давление начала сгорания p_c , температура – T_c . Часть топлива сгорает при постоянном объеме рабочего тела ($V = const$). При этом давление возрастает от p_c до p_z , которое (p_z) соответствует концу процесса изохорного сгорания. Оставшаяся часть топлива сгорает при $p = const$. Таким образом, давление p_z является максимальным давлением цикла⁴. При этом соотношение величин p_c и p_z характеризуется степенью повышения давления λ : $\lambda = p_z / p_c$

Для решения задачи необходимо найти величину давления рабочего тела в конце такта сжатия:

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1}$$

Принимаем величину давления рабочего тела в конце такта впуска $p_a = 0,095$ МПа.

Показатель политропы сжатия: $n_1 = 1,41 - 100/2000 = 1,36$

Давление конца сжатия, Мпа: $p_c = 0,095 \cdot 151,36 = 3,78$

Максимальное давление рабочего цикла, Мпа: $p_{max} = p_c \cdot \lambda = 3,78 \cdot 2 = 7,56$

Задача 5. ДсВнешСм со степенью сжатия $\varepsilon = 9,9$ работает при частоте вращения коленчатого вала 5600 мин⁻¹. Определить величину максимального давления цикла и давление рабочего тела в конце такта расширения.

Решение

При упрощенном расчете рабочего цикла ДсВнешСм действительный процесс сгорания представляется в виде изохорного (рис. 2).

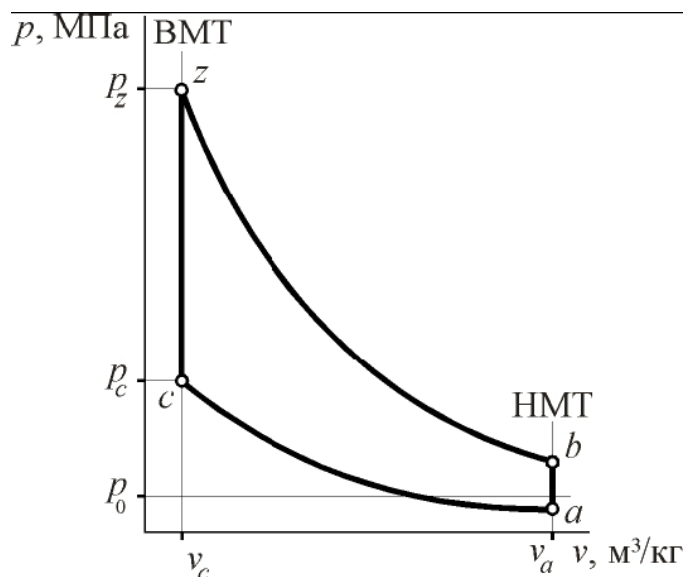


Рис. 2. $p - v$ -диаграмма рабочего цикла с изохорным подводом теплоты к рабочему телу. Процесс сгорания начинается в ВМТ при давлении p_c , протекает при постоянном объеме ($V = const$) и заканчивается в ВМТ при давлении p_z .

Величина p_z рассчитывается с использованием показателя степени увеличения давления λ . Для ДсВнешСм $\lambda = p_z/p_c = 4 \dots 4,55$. Полученные таким методом значения p_z превышают величины p_{max} карбюраторных двигателей, замеряемые экспериментальным путем. Для согласования расчетов с практикой применяют так называемое скругление идеализированной индикаторной диаграммы, полагая, что:

$$p_{max} = 0,85 p_z$$

Процесс расширения рабочего тела в цилиндре как ДсВнешСм, так и ДсВнутрСм протекает примерно по политропическому закону. Давление и температура изменяются в процессе расширения в зависимости от объема согласно уравнениям:

$$P \cdot V^{n_2} = \text{const}; T \cdot V^{n_2-1} = \text{const}$$

где n_2 – показатель политропы расширения.

Согласно опытным данным для изохорного цикла величина среднего показателя политропы расширения $n_2 = 1,18 \dots 1,28$.

При этом необходимо помнить, что для смешанного цикла процесса сгорания, применяемого в ДсВнутрСм, $n_2 = 1,18 \dots 1,24$, а для уточненного цикла с учетом кинетики процесса сгорания при расчете ДсВнешСм $n_2 = 1,30 \dots 1,35$, а ДсВнутрСм $n_2 = 1,35 \dots 1,45$.

Показатель политропы сжатия: $n_1 = 1,41 - 100/5600 = 1,392$

Принимая величину давления конца наполнения $P_a = 0,088$ МПа, рассчитываем давление конца такта сжатия, МПа:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,088 \cdot 9,91,392 = 2,14$$

Давление конца изохорного сгорания, МПа:

$$P_z = P_c \cdot \lambda = 2,14 \cdot 4,3 = 9,2$$

Максимальное давление цикла, МПа:

$$P_{\text{max}} = 0,85 \cdot P_z = 0,85 \cdot 9,2 = 7,85$$

Принимая значение показателя политропы расширения $n_2 = 1,27$,

рассчитываем давление в конце такта расширения, МПа:

$$P_b = P_z \cdot (V_c/V_a)^{n_2} = P_z / \varepsilon^{n_2} = 9,2 / 9,91,27 = 0,5$$

Представленные выше зависимости можно свести в одно уравнение:

$$P_b = P_a \cdot \lambda \cdot \varepsilon^{(n_1/n_2)}$$

Задача 6. Каким должен быть угол опережения зажигания в ДсВнешСм, если известно, что продолжительность процесса сгорания $\varphi_z = 50$ град ПКВ, а показатель характера сгорания $m = 3$?

Решение

Согласно утверждению И.И. Вибе угол опережения зажигания является оптимальным, если к моменту прихода поршня в ВМТ выгорает 30% топлива (рис. 3).

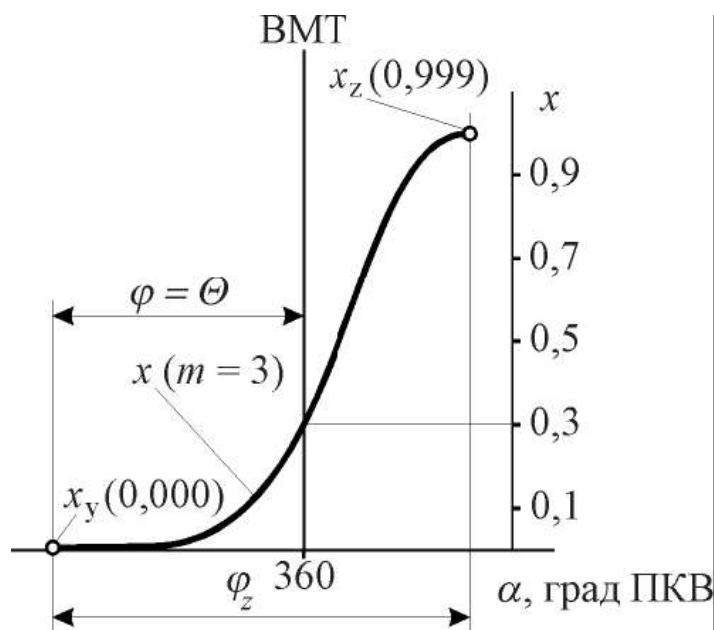


Рис. 3. Характер поведения зависимости доли выгоревшего топлива x от условной продолжительности сгорания ϕ при $m = 0,3$

Воспользуемся уравнением выгорания топлива, предложенным И.И. Вибе для охарактеризования кинетики цепных химических реакций процесса сгорания:

$$x = 1 - e^{C \cdot (\phi/\phi_z)^{m+1}}$$

где C – постоянная Вибе, $C = -6,908$; ϕ – текущее значение угла процесса сгорания, отсчитываемого от начала сгорания, град ПКВ.

Для оптимального угла опережения зажигания доля выгоревшего топлива $x = 0,3$, а текущий угол процесса сгорания $\phi = \Theta_{\text{опт}}$, так как рассматривается момент прихода поршня в ВМТ.

В этом случае уравнение сгорания примет вид: $0,3 = 1 - e^{C \cdot (\Theta_{\text{опт}}/\phi_z)^{m+1}}$

Прологарифмируем полученное выражение:

$$\ln 0,7 = C \cdot (\Theta_{\text{опт}}/\phi_z)^{m+1}$$

Оптимальный угол опережения зажигания, град ПКВ до ВМТ:

$$\Theta_{\text{опт}} = \phi_z (\ln 0,7 - 6,908)^{1/(m+1)} = 50 (-0,3567 / -6,908)^{0,25} = 24$$

Задача 7. Расход воздуха $D_{\text{сВнутрСм}}$ составляет 375 кг/ч. При каком коэффициенте избытка воздуха работает двигатель, если часовой расход топлива равен 14 кг/ч?

Решение

Для количественной оценки соотношения воздуха и топлива, участвующих в процессе сгорания, то есть состава смеси, введено понятие коэффициента избытка воздуха α .

Коэффициент избытка воздуха – это отношение количества воздуха, в действительности поступившего в цилиндр, к тому количеству воздуха, которое необходимо для полного сгорания поданного в цилиндр топлива: $\alpha = GB_{ц}/L0' \cdot GT_{ц}$

где $GB_{ц}$ – действительное количество воздуха, поступившего в цилиндр за один цикл; $GT_{ц}$ – цикловая подача топлива; $L0'$ – количество воздуха, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива.

Для дизельных топлив $L0' = 14,32$ кг воздуха/кг топлива; для бензинов $L0' = 14,85$ кг воздуха/кг топлива.

Если числитель и знаменатель данной формулы умножить на количество циклов в единицу времени и число цилиндров двигателя, то в числителе получится действительный расход воздуха через двигатель GB , а в знаменателе – расход топлива двигателем GT :

$$\alpha = GB/L0' \cdot GT = 375/14,32 \cdot 14 = 1,87$$

Задача 8.

Двенадцатицилиндровый ДсВнутрСм работает при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин⁻¹. На номинальном режиме эффективная мощность составляет 390 кВт, эффективный КПД $\eta_e = 0,43$, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,85$. Как изменится α , если цикловая подача топлива уменьшится на $5,7 \cdot 10^{-5}$ кг/цикл при неизменной частоте вращения коленчатого вала?

Решение

Рассчитать величину цикловой подачи топлива можно, если известен часовой расход топлива. Для его определения воспользуемся формулами расчета удельного эффективного расхода топлива:

$$g_e = 1000 G_T / N_e;$$

$$g_e = 3600 / H_u \cdot \eta_e$$

где H_u – низшая теплота сгорания (теплотворная способность) топлива. Для дизельных топлив $H_u = 42,5$ МДж/кг, для автомобильных бензинов $H_u = 44$

МДж/кг; η_e – эффективный КПД, показывающий, какая часть (доля) теплоты сгоревшего топлива преобразуется в двигателе в эффективную работу.

Приравняем друг другу эти формулы и выразим в явном виде часовой расход топлива, кг/ч:

$$G_T = 3600 \cdot N_e / 1000 \cdot H_u \cdot \eta_e = 3,6 \cdot 390 / 42,5 \cdot 0,43 = 76,8$$

Для расчета величины цикловой подачи необходимо часовой расход топлива разделить на число циклов в час и на число цилиндров двигателя, кг/цикл:

$$GT_{ц} = G_T / 30 \cdot n \cdot i = 76,8 / 30 \cdot 2000 \cdot 12 = 10,7 \cdot 10^{-5}$$

Новое значение цикловой подачи топлива, кг/цикл:

$$GT_{ц}' = (10,7 - 5,7) \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-5}$$

Прежде чем рассчитать новое значение коэффициента избытка воздуха, необходимо найти часовой расход воздуха через двигатель, кг/ч:

$$G_B = \alpha \cdot GT \cdot L_0' = 1,87 \cdot 76,8 \cdot 14,32 = 2035$$

Величина часового расхода топлива при уменьшенной цикловой подаче топлива, кг/ч:

$$GT = GT_{ц}' \cdot 30 \cdot n \cdot i = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 2000 \cdot 12 = 36$$

Для ДсВнутрСм, работающего при неизменной частоте вращения коленчатого вала, с большой степенью точности можно предположить, что расход воздуха через двигатель не меняется в случае изменения цикловой подачи топлива, то есть, расход воздуха дизельным двигателем не меняется при его работе по нагрузочной характеристике.

Новое значение коэффициента избытка воздуха: $\alpha' = 2035/36 \cdot 14,32 = 3,95$

Задача 9.

Определить величину коэффициента выделения теплоты δ , а также потери теплоты в ДсВнешСм, обусловленные неполнотой сгорания топлива, если коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0,9$.

Решение

Сгорание топлива, при котором часть его горючих составляющих превращается в продукты неполного окисления, называют неполным сгоранием.

Причиной неполного сгорания может являться общий недостаток кислорода в горючей смеси при $\alpha < 1$, местный недостаток кислорода в зоне горения вследствие несовершенства смесеобразования или недостаточность времени для сгорания переобедненной смеси⁸.

В случае неполного сгорания имеют место потери теплоты, не выделившейся из топлива при его неполном окислении.

Количество теплоты, выделившейся в процессе сгорания поданного в цилиндр топлива:

$$Q_x = \delta \cdot H_u \cdot GT_{ц}$$

где H_u – низшая теплота сгорания (теплотворная способность) топлива; $GT_{ц}$ – цикловая подача топлива; δ – коэффициент выделения теплоты, учитывающий потери части H_u вследствие неполноты сгорания топлива.

Количество теплоты, идущее на совершение индикаторной работы и на повышение внутренней энергии рабочего тела:

$$Q = \psi \cdot Q_x$$

где ψ – коэффициент использования теплоты, который учитывает потери части выделившейся теплоты в стенки цилиндра, на перетекание газов и потери на диссоциацию.

$$Q = \psi \cdot \delta \cdot H_u \cdot GT_{\text{ц}} = \xi \cdot H_u \cdot GT_{\text{ц}}$$

где $\xi = \psi \cdot \delta$ – коэффициент эффективности процесса сгорания, учитывающий суммарные потери теплоты от неполноты сгорания и теплообмена.

Для $D_{\text{сВнешСм}}$ в случае, когда $\alpha < 1$ и невозможно полное сгорание топлива из-за недостатка воздуха, теплотворная способность смеси рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{исм}} = H_u - \Delta H_u \text{ где}$$

$$\Delta H_u = 4,14 \cdot (1 - \alpha) L_0'$$

– потери теплоты при неполном сгорании 1 кг топлива, МДж/кг.

Коэффициент выделения теплоты:

$$\delta = (H_u - \Delta H_u) / H_u = 1 - \Delta H_u / H_u = 1 - 4,14 \cdot (1 - \alpha) L_0' / H_u =$$

$$1 - 4,14 \cdot (1 - 0,9) \cdot 14,85 / 44 = 0,86$$

Потери теплоты в результате неполного сгорания топлива, МДж/кг:

$$\Delta H_u = H_u (1 - \delta) = 44 \cdot (1 - 0,86) = 6,16$$

Задача 10.

Определить численное значение полной удельной использованной теплоты сгорания в $D_{\text{сВнешСм}}$, если известно, что коэффициент использования теплоты $\psi = 0,87$, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0,9$, коэффициент остаточных газов $\gamma = 0,05$. Как изменится процесс сгорания, если коэффициент избытка воздуха повысить до 1,0?

Решение

Отношение использованной теплоты сгорания к 1 кг рабочего тела называется полной удельной использованной теплотой сгорания⁹:

$$gz = Q / G_{PT}$$

где G_{PT} – количество рабочего тела в одном цикле (за один цикл).

$$G_{PT} = GT_{\text{ц}} \cdot (G_0 + Gr) = GT_{\text{ц}} \cdot (1 + \gamma) \cdot G_0$$

где G_0 – количество свежего заряда на 1 кг топлива; Gr – количество остаточных газов на 1 кг топлива.

Для $D_{\text{сВнешСм}}$:

$$gz = \xi \cdot H_u / (1 + \gamma) \cdot (\alpha \cdot L_0' + 1)$$

Для $D_{\text{сВнутрСм}}$:

$$gz = \xi \cdot H_u / (1 + \gamma) \cdot \alpha \cdot L_0'$$

Если при сгорании топлива коэффициент избытка воздуха $\alpha < 1$,

необходимо учесть величину неполноты сгорания топлива:

$$\xi = \psi \cdot \delta = \psi \cdot [1 - 4,14 \cdot (1 - \alpha)L_0'/Hu] = 0,87 \cdot [1 - 4,14 \cdot (1 - 0,9) \cdot 14,85/44] = 0,748$$

Полная удельная использованная теплота сгорания, МДж/кг:

$$gz = 0,748 \cdot 44 / (1 + 0,05) \cdot (0,9 \cdot 14,85 + 1) = 2,18$$

Если коэффициент избытка воздуха увеличить до $\alpha = 1,0$, то gz станет равной 2,3 МДж/кг, то есть, процесс сгорания улучшится за счет более полного сгорания топлива.

Задача 11.

Рассчитать и построить как функцию частоты вращения коленчатого вала механический КПД ДсВнутрСм постоянной мощности, если известно, что двигатель четырехтактный, восьмицилиндровый, с полуразделенной камерой сгорания, с радиусом кривошипа 70 мм, диаметром цилиндра 130 мм, эффективной мощностью 200 кВт и максимальной частотой вращения коленчатого вала 2000 мин⁻¹.

Решение

При работе двигателя часть индикаторной мощности, развиваемой рабочим телом в цилиндрах, затрачивается на преодоление механических потерь (внутренних – вредных – сопротивлений).

К этим потерям относятся:

- потери на «внешнее», механическое трение в элементах цилиндропоршневой группы (ЦПГ), в подшипниках, зубчатых, цепных и ременных передачах;
- потери на внутреннее трение (гистерезис), обусловленные деформацией – относительными перемещениями атомов – кристаллических решеток материалов деталей двигателя;
- потери насосных ходов – на осуществление процессов впуска свежего заряда и выпуска выпускных газов;
- потери на привод вспомогательных механизмов двигателя – механизма газораспределения (МГР), в том числе на преодоление сил сопротивления сжатых пружин МГР, водяного, масляного, топливного насосов, вентилятора и др.

Качество преобразования индикаторной мощности двигателя в эффективную оценивают величиной механического КПД:

$$\eta_m = p_e / p_i = p_e / (p_e + p_m) = N_e / N_i = N_e / (N_e + N_m)$$

где p_e и p_i – соответственно среднее эффективное и среднее индикаторное давления цикла, МПа; p_m – среднее давление механических потерь, МПа; N_e и N_i – соответственно эффективная и индикаторная мощности двигателя, кВт; N_m

– мощность механических потерь двигателя, кВт.

Среднее давление механических потерь зависит от множества конструктивных и режимных факторов, но наибольшее влияние на величину p_m оказывает частота вращения коленчатого вала.

Для расчета p_m в большинстве случаев используют эмпирическую формулу:

$$p_m = a + b \cdot C_{\Pi}$$

где a и b – эмпирические коэффициенты

Таблица 1

Значения эмпирических коэффициентов a и b , используемых при расчетах среднего давления механических потерь поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания

Тип двигателя		Число цилиндров	a	b
Двигатели с внутренним смесеобразованием	с неразделенными и полуразделенными камерами сгорания	4...6	0,09	0,012
		8	0,04	0,0135
		12	0,03	0,012
	с вихревыми камерами и предкамерами	4...6	0,09	0,0138
Двигатели с внешним смесеобразованием		4	0,08	0,016
		6	0,05	0,015
		8	0,037	0,0113

$$C_{\Pi} = S \cdot n / 30$$

– средняя скорость поршня, м/с.

Рассчитав величину p_m для различных частот вращения коленчатого вала, можно найти соответствующие этим p_m значения мощностей механических потерь:

$$N_m = p_m \cdot V_h \cdot n \cdot i / 30 \cdot \tau$$

где

$$V_h = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot S$$

– рабочий объем одного цилиндра, л (дм³); n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹; i – число цилиндров двигателя;

для четырехтактных двигателей $\tau = 4$ для каждого из выбранных значений частот находить C_{Π} , p_m , N_m , η_m .

Для восьмицилиндрового ДсВнутрСм с полуразделенной камерой сгорания согласно приложению выбираются коэффициенты: $a = 0,04$ и $b = 0,0135$.

Для $n = 200 \text{ мин}^{-1}$ рассчитывается средняя скорость поршня, м/с:

$$СП = 0,14 \cdot 200/30 = 0,93$$

Среднее давление механических потерь, Мпа:

$$p_m = 0,04 + 0,0135 \cdot 0,93 = 0,0525$$

Мощность механических потерь, кВт:

$$N_m = 0,0525 \cdot 1,86 \cdot 200 \cdot 8/30 \cdot 4 = 1,3$$

Механический КПД:

$$\eta_m = 200/(200 + 1,3) = 0,993$$

Аналогичные расчеты выполняются для других выбранных значений частот вращения коленчатого вала, и результаты заносятся в таблицу.

Значения параметров двигателя в функции n

Параметр

Единица

измерения

Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹

Параметр	Единица измерения	Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹					
n	мин ⁻¹	200	600	1000	1400	1800	2000
СП	м/с	0,93	2,80	4,67	6,53	8,40	9,30
p_m	Мпа	0,0525	0,0780	0,1030	0,1280	0,1530	0,1660
N_m	кВт	1,30	5,80	12,77	22,20	34,24	41,16
η_m	ед.	0,993	0,972	0,940	0,900	0,853	0,830

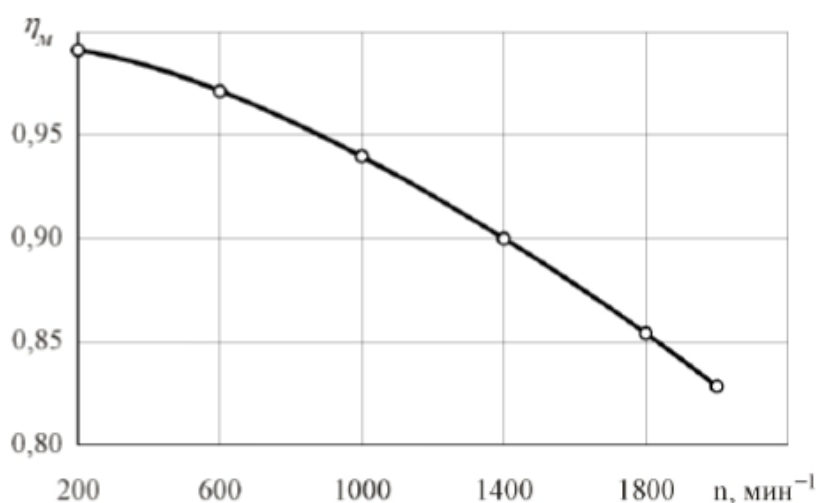


Рис. 4. Зависимость механического КПД ДсВнутрСм постоянной мощности от частоты вращения коленчатого вала

Задача 12.

Четырехтактный, четырехцилиндровый ДсВнешСм развивает эффективную мощность 53 кВт при частоте вращения коленчатого вала 5400 мин⁻¹. Среднее индикаторное давление $p_i = 1,06$ МПа. Ход поршня 80 мм. Определить диаметр цилиндра двигателя.

Решение

Определить величину диаметра цилиндра можно из уравнения для расчета эффективной мощности двигателя:

$$N_e = p_e \cdot V_h \cdot n \cdot i / 30 \cdot \tau = (p_e \cdot n \cdot i / 30 \cdot \tau) \cdot (\pi \cdot D^2 \cdot S / 4)$$

Диаметр цилиндра, мм:

$$D = \sqrt{120 \cdot N_e \cdot \tau / p_e \cdot \pi \cdot S \cdot n \cdot i}$$

В данной формуле известны все величины, кроме среднего эффективного давления p_e . Для его расчета вначале определяется средняя скорость поршня, м/с:

$$C_P = S \cdot n / 30 = 0,08 \cdot 5400 / 30 = 14,4$$

Из таблицы 1 определяются коэффициенты a и b , необходимые для расчета среднего давления механических потерь, МПа:

$$p_m = a + b \cdot C_P = 0,08 + 0,016 \cdot 14,4 = 0,31$$

Среднее эффективное давление цикла, МПа:

$$p_e = p_i - p_m = 1,06 - 0,31 = 0,75$$

При определении диаметра цилиндра величину хода поршня необходимо подставлять в дециметрах (дм), так как в данную формулу рабочий объем цилиндра должен быть подставлен в литрах (дм³):

$$D = \sqrt{120 \cdot 53 \cdot 4 / 0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,08 \cdot 5400 \cdot 4} = 0,79 \text{ или } 79 \text{ мм}$$

Задача 13.

Четырехтактный, восьмицилиндровый ДсВнешСм мощностью 200 кВт при частоте вращения коленчатого вала 4200 мин⁻¹ имеет удельный эффективный расход топлива $g_e = 300$ г/(кВт.ч). Диаметр цилиндра 108 мм, ход поршня 95 мм. Определить индикаторные показатели рабочего цикла: среднее индикаторное давление p_i , индикаторный КПД η_i , удельный индикаторный расход топлива g_i .

Решение

Решение задачи можно начать с определения среднего эффективного давления рабочего цикла:

$$p_e = N_e \cdot 30 \cdot \tau / V_h \cdot n \cdot i$$

Рабочий объем цилиндра, л (дм³):

$$V_h = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot S = 3,14 \cdot 1,082^2 / 4 \cdot 0,095 = 0,87$$

Среднее эффективное давление цикла, МПа:

$$p_e = 200 \cdot 30 \cdot 4/0,87 \cdot 4200 \cdot 8 = 0,82$$

Средняя скорость поршня, м/с:

$$CП = S \cdot n/30 = 0,095 \cdot 4200/30 = 13,3$$

Среднее давление механических потерь, МПа, с учетом коэффициентов a и b из таблицы 1:

$$p_m = a + b \cdot CП = 0,037 + 0,0113 \cdot 13,3 = 0,187$$

Среднее индикаторное давление цикла, МПа:

$$p_i = p_e + p_m = 0,82 + 0,187 = 1,007$$

Индикаторный КПД цикла:

$$\eta_i = \eta_e / \eta_m$$

где η_e – эффективный КПД, характеризующий долю теплоты сгорания топлива, превращающуюся в двигателе в эффективную работу.

$$\eta_e = 3600 / H_u \cdot g_e = 3600 / 44 \cdot 300 = 0,273$$

Механический КПД цикла:

$$\eta_m = p_e / p_i = 0,82 / 1,007 = 0,814$$

Индикаторный КПД цикла:

$$\eta_i = 0,273 / 0,814 = 0,335$$

Удельный индикаторный расход топлива, г/(кВт·ч):

$$g_i = 3600 / H_u \cdot \eta_i = 3600 / 44 \cdot 0,335 = 244$$

Задача 14.

Двигатель на номинальном режиме работы развивает мощность 770 кВт. Какова его мощность на режиме максимального крутящего момента, если известно, что коэффициент приспособляемости по крутящему моменту $K_M = 1,12$, а коэффициент приспособляемости по частоте вращения $K_n = 1,36$?

Решение

Для оценки устойчивости работы двигателя по внешней скоростной характеристике используется понятие коэффициента приспособляемости по крутящему моменту K_M , который представляет собой отношение максимального крутящего момента $M_{e\max}$ (или максимального среднего эффективного давления $p_{e\max}$) к крутящему моменту $M_{e\text{ном}}$ (или среднему эффективному давлению $p_{e\text{ном}}$), соответствующему номинальному режиму работы двигателя [1]:

$$K_M = M_{e\max} / M_{e\text{ном}} = p_{e\max} / p_{e\text{ном}}$$

Коэффициент приспособляемости по крутящему моменту характеризует способность двигателя к преодолению возрастающих моментов сопротивления без необходимости переключения трансмиссии транспортного средства на низшие передачи коробки перемены передач. Он показывает, во сколько раз увеличивается крутящий момент двигателя при уменьшении частоты вращения коленчатого вала от номинальной n_n до n_m , соответствующей режиму максимального крутящего момента.

Скоростной диапазон устойчивой работы двигателя оценивается коэффициентом приспособляемости по частоте вращения коленчатого вала K_n , который представляет собой отношение частоты вращения коленчатого вала на номинальном режиме работы двигателя n_n к частоте вращения вала n_m , соответствующей режиму максимального крутящего момента при работе двигателя по внешней скоростной характеристике:

$$K_n = n_n / n_m$$

Он показывает, во сколько раз уменьшается частота вращения коленчатого вала двигателя под влиянием возросшего момента сопротивления при изменении крутящего момента от M_e ном до $M_{e\max}$. Следовательно, коэффициентом приспособляемости по частоте вращения u_{1082} коленчатого вала оценивается потеря скорости транспортной машины при неизменном передаточном отношении коробки перемены передач в случае увеличения момента сопротивления движению. Крутящий момент двигателя, Н.м:

$$M = 9555 \cdot N_e / n$$

Коэффициент приспособляемости по крутящему моменту:

$$K_M = M_{e\max} / M_{e\text{ ном}} = N_{eM} \cdot n_n / N_{en} \cdot n_m = K_n \cdot N_{eM} / N_{en}$$

где N_{eM} – эффективная мощность двигателя на режиме максимального крутящего момента, кВт; N_{en} – эффективная мощность двигателя на номинальном режиме, кВт.

Мощность двигателя на режиме максимального крутящего момента, кВт:

$$N_{eM} = N_{en} \cdot K_M / K_n = 770 \cdot 1,12 / 1,36 = 634$$

Задача 15.

Восьмицилиндровый ДсВнутрСм на номинальном режиме работы развивает эффективную мощность 200 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2600 мин⁻¹. Эффективный КПД цикла равен 0,368, а коэффициенты приспособляемости двигателя по крутящему моменту и частоте вращения коленчатого вала – соответственно 1,12 и 1,625. Определить величины цикловой подачи и часового расхода топлива, удельного эффективного расхода топлива, а также эффективного КПД двигателя на режиме максимального крутящего момента.

Решение

При проектировании двигателей с целью достижения высоких значений коэффициента приспособляемости по крутящему моменту величину цикловой подачи топлива на режиме максимального крутящего момента увеличивают на 10...15% по сравнению с цикловой подачей топлива на номинальном режиме¹². Для решения данной задачи вначале необходимо определить величину цикловой подачи топлива на номинальном режиме работы двигателя.

Часовой расход топлива двигателем на номинальном режиме, кг/ч:

$$GT_H = g_{en} \cdot N_{en}/1000 = 3600 \cdot N_{en}/1000 \cdot \eta_{en} \cdot Hu = 3,6 \cdot 200/0,368 \cdot 42,5 = 46$$

Цикловая подача топлива на номинальном режиме, кг/цикл:

$$GT_{цн} = GT_H/30 \cdot n_H \cdot i = 46/30 \cdot 2600 \cdot 8 = 0,737 \cdot 10^{-4}$$

Цикловая подача топлива на режиме максимального крутящего момента (соответствующая 115% цикловой подачи топлива на режиме номинальной мощности), кг/цикл:

$$GT_{цм} = 1,15 \cdot GT_{цн} = 1,15 \cdot 0,737 \cdot 10^{-4} = 0,847 \cdot 10^{-4}$$

Для режима максимального крутящего момента определяются следующие величины:

- частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹:

$$n_m = n_H/K_n = 2600/1,625 = 1600$$

- часовой расход топлива, кг/ч:

$$GT_M = GT_{цм} \cdot 30 \cdot n_m \cdot i = 0,847 \cdot 10^{-4} \cdot 30 \cdot 1600 \cdot 8 = 32,5$$

- эффективная мощность двигателя, кВт:

$$N_{em} = N_{en} \cdot KM/K_n = 200 \cdot 1,12/1,625 = 138$$

- удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч):

$$g_{em} = 1000 \cdot GT_M/N_{em} = 1000 \cdot 32,5/138 = 235$$

- эффективный КПД двигателя:

$$\eta_{em} = 3600/Hu \cdot g_{em} = 3600/42,5 \cdot 235 = 0,36$$