

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев М.Г. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

Должность: Проректор по образовательной деятельности Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Дата подписания: «26» марта 2026 г. «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО

Уникальный программный ключ: ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

(Университет Вернадского)

Факультет **Информационного и технического сервиса**

Кафедра **Технологического развития систем жизнеобеспечения
сельских территорий**

Принято Ученым советом
Университета Вернадского
«26» марта 2026 г. протокол № 8



СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

**Студентам 3 курсов направления подготовки бакалавров
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Профиль: «Цифровые системы автомобильного сервиса»**

Балашиха 2026

Составитель

к.т.н., доцент кафедры Технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий А. В. Ферябков
УДК 631.372/075.5/

Силовые агрегаты: Методические указания по изучению дисциплины и задания для практической работы / Университет Вернадского; сост. А.В. Ферябков. - М., 2026.

Предназначены для студентов 3 курсов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль «Цифровые системы автомобильного сервиса»

Утверждены методической комиссией факультета Информационного и технического сервиса

Рецензенты: доцент кафедры Технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий, к.т.н., доцент А. С. Сметнев;
доцент кафедры Технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий, к.т.н., доцент К. В. Кулаков (Университет Вернадского)

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Цифровые системы автомобильного сервиса» относится к вариативной части ООП. Методические указания по данной дисциплине составлены в соответствии с рабочей учебной программой и рабочими учебными планами, утвержденными Ученым советом.

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель:

Дать будущим специалистам знания по конструкции силовых агрегатов, необходимые для их эффективной эксплуатации в агропромышленном производстве.

Задачи:

– изучение конструкции двигателей внутреннего сгорания, применяемых в транспортных и технологических машинах агропромышленного комплекса;
– изучение эффективных и оценочных показателей двигателей внутреннего сгорания.

Студент должен обладать следующими компетенциями:

– Обладать готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ОПК-3)

- Обладать знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности (ПК-15);

– Обладать способностью в составе коллектива исполнителей к выполнению теоретических, экспериментальных, вычислительных исследований по научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-19);

- Обладать знаниями правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, используемого в отрасли, конструкций, инженерных систем и оборудования предприятий по эксплуатации и ремонту техники (ПК-21);

- Обладать методами опытной проверки технологического оборудования и средств технологического обеспечения, используемых в отрасли (ПК-34)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

– основы теории динамики двигателя внутреннего сгорания, определяю-

щей его эксплуатационно-технологические свойства;

- основы расчета основных деталей и систем двигателя внутреннего сгорания;

- основные направления и тенденции совершенствования двигателя внутреннего сгорания;

- требования к эксплуатационным свойствам двигателей автомобилей и тракторов.

Уметь:

- выбирать тип автомобиля и трактора с техническими и конструктивными параметрами двигателя, соответствующими технологическим требованиям и условиям его работы на данном предприятии;

- эффективно использовать автомобили в конкретных условиях с.-х. производства;

- выполнять основные расчеты с использованием ЭВМ и анализировать работу отдельных механизмов и систем двигателей внутреннего сгорания;

- применять полученные знания для самостоятельного освоения новых конструкций автомобилей и тракторов.

- использовать математический аппарат для обработки технической информации и анализа данных, связанных с использованием двигателей внутреннего сгорания;

- использовать физические законы для овладения основами расчетов двигателя внутреннего сгорания;

- использовать знания в области химии, физики, гидравлики и теплотехники для освоения теоретических основ и практики при решении инженерных задач в сфере эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

Владеть навыками:

- выполнения расчетов основных механизмов и систем двигателей внутреннего сгорания;

- самостоятельного анализа и оценки режимов работы двигателей внутреннего сгорания.

1.2. Библиографический список

Основной

1. Баширов, Р.М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник / Р.М. Баширов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-2741-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96242> (дата обращения: 11.10.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Степанов, В. Н. Автомобильные двигатели : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Н. Степанов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 149 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-07814-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт : [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/423798> (дата обращения: 27.05.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительный

3. Андрусенко, О.Е. История создания двигателя внутреннего сгорания. Поиск универсального двигателя : учебное пособие / О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко, С.О. Барышников, Ю.И. Матвеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-3384-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115486> (дата обращения: 11.10.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Суркин, В. И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей : учебное пособие / В. И. Суркин. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1486-4 — Текст : электронный // ЭБС Лань : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/12946> (дата обращения: 18.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Малышев, В. С. Двигатели внутреннего сгорания: основы конструкции : учебное пособие. / В. С. Малышев, А. А. Бабошин. — Мурманск : МГТУ, 2011. — Ч. 1. — 138с. — ISBN 9785861856423. — Текст : непосредственный.

6. Нерсесян, В. И. Двигатели тракторов : учеб. пособие для нач. проф. образования / В. И. Нерсесян. — Москва : Издательский центр «Академия», 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-7695-4743-0. — Текст : непосредственный.

7. Лиханов, В. А. Конструкция двигателей УМЗ-4216 : учебное пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров. — Киров: Вятская ГСХА, 2014. — 61 с. — Текст : электронный // ЭБС «AgriLib» : [сайт]. — URL: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/4376> (дата обращения: 27.05.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Мелисаров, В. М. Тепловой расчет и тепловой баланс карбюраторного двигателя и двигателя с впрыском топлива : учебное пособие / В. М. Мелисаров, П. П. Беспалько, М. А. Каменская. — Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2009. — 128 с. —

100 экз. — ISBN 978-5-8265-0875-6. — Текст : электронный // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» : [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/342/68342> (дата обращения: 27.05.2019).

9. Лиханов, В. А. Расчет автомобильных двигателей : учебное пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров. — 2-е изд., испр. и доп. — Киров: Вятская ГСХА, 2008. — 176 с. — Текст : электронный // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» : [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/278/75278> (дата обращения: 27.05.2019).

10. Гаврилов, А. А. Расчет циклов поршневых двигателей : учебное пособие / А. А. Гаврилов, М. С. Игнатов, В. В. Эфрос. — Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2003. — 124 с. — ISBN 978-5-89368-392-7. — Текст : электронный // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» : [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/808/65808> (дата обращения: 27.05.2019).

11. Лиханов, В. А. Конструкция автотракторных двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров, О. П. Лопатин. — Киров : Вятская ГСХА, 2005. — 202 с. — Текст : электронный // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» : [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/287/75287> (дата обращения: 27.05.2019).

12. Штайн, Г. В. Рабочие процессы, конструкция, основы расчета тепловых двигателей и энергетических установок : методические указания к лабораторным работам / Г. В. Штайн. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2004. — 33 с. — Текст : электронный // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» : [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/608/46608> (дата обращения: 27.05.2019).

13. ДИЗЕЛЬ-РК : система расчета и оптимизации двухтактных и четырехтактных двигателей внутреннего сгорания [для учебных целей] / разработчик: «МГТУ им.Н.Э.Баумана». — Москва. — URL: <http://www.diesel-rk.bmstu.ru> (дата обращения: 19.02.2019). — Электронная программа : электронная.

1.3. Распределение учебного времени по модулям (разделам) и темам дисциплины, часы

Таблица 1.1 – Распределение учебного времени по разделам дисциплины, ч

№ п/п	Наименование модулей и тем дисциплины	Всего, ч	В том числе, ч				Рекомендуемая литература
			лекции	Лабораторные занятия	практические занятия	самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль 1. Двигатели внутреннего сгорания как источники энергии		16,0 (10,0)	2,0 (1,0)	-	-	14,0 (9,0)	1, 2, 3
1.	Тема 1. Особенности двигателей внутреннего сгорания	8,0 (5,0)	1,0 (0,5)	-	-	7,0 (4,5)	1, 2, 3
2.	Тема 2. Поршневые двигатели внутреннего сгорания	8,0 (5,0)	1,0 (0,5)	-	-	7,0 (4,5)	1, 2, 3
Модуль 2. Принципы и показатели работы двигателей внутреннего сгорания		100,0 (85,0)	6,0 (3,0)	-	6,0 (4,0)	88,0 (78,0)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
1.	Тема 1. Принципы работы двигателей внутреннего сгорания	20,0 (15,0)	1,0 (0,5)	-	-	19,0 (14,5)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
2.	Тема 2. Показатели и характеристики двигателей внутреннего сгорания	60,0 (55,0)	4,0 (2,0)	-	6,0 (4,0)	50,0 (49,0)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
3.	Тема 3. Силы, действующие на детали двигателя при его работе	20,0 (15,0)	1,0 (0,5)	-	-	19,0 (14,5)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Модуль 3. Конструкции основных механизмов и деталей двигателей внутреннего сгорания		100,0 (85,0)	4,0 (2,0)	6,0 (4,0)	-	90,0 (79,0)	1,2, 4, 6, 10, 11
1.	Тема 1. Базовые (корпусные) детали и механизмы двигателей внутреннего сгорания	40,0 (35,0)	2,0 (1,0)	3,0 (2,0)	-	35,0 (32,0)	1,2, 4, 6, 10, 11
2.	Тема 2. Системы двигателей внутреннего сгорания	60,0 (50,0)	2,0 (1,0)	3,0 (2,0)	-	55,0 (47,0)	1,2, 4, 6, 10, 11
Итого		216 (180)	12,0 (6,0)	6,0 (4,0)	6,0 (4,0)	192,0 (166,0)	

Примечание: В скобках указаны часы для студентов с сокращенным сроком обучения.

Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ

2.1. Модуль 1. Двигатели внутреннего сгорания как источники энергии

2.1.1. Содержание модуля 1

Тема 1. Особенности двигателей внутреннего сгорания

Тепловые машины, двигатели внешнего и внутреннего сгорания, их место в энергетике. История развития двигателестроения.

Тема 2. Поршневые двигатели внутреннего сгорания

Конструктивные схемы поршневых двигателей внутреннего сгорания, их достоинства и недостатки. Перспективы развития двигателей внутреннего сгорания.

2.1.2. Методические указания по изучению модуля 1

Изучение модуля рекомендуется начать с анализа общего состояния энергетики в нашей стране и мире, изучить разнообразные традиционные и альтернативные виды топлив, применяемые для выработки энергии, изучить современное состояние и прогноз топливно-энергетического баланса страны.

Экономия топливно-смазочных материалов является одной из важных проблем сельскохозяйственного производства, успешность решения которой зависят от целого ряда факторов. Так большой эффект дает увеличение приходящихся на один трактор сельскохозяйственных машин. Изучая данный модуль необходимо уяснить, что из себя представляет коэффициент эластичности энергопотребления и чему он равен в растениеводстве и животноводстве, а также понять основные пути экономии топлива в агропромышленном комплексе.

Ознакомиться с историей создания тепловых машин и двигателей внутреннего сгорания (ДВС). На сегодня основным энергетическим источником в сельскохозяйственном производстве стали ДВС, применяемые в автомобилях, тракторах, комбайнах и др. К тепловым машинам относятся, кроме ДВС, паровые двигатели, двигатели Стирлинга, холодильные установки и т.д.

Важно уяснить классификацию двигателей, каково их назначение. Знать различия и особенности работы двигателей с искровым зажиганием и дизельных двигателей. Изучить всё многообразие существующих конструкций ДВС практически невозможно. Знание общих принципов работы ДВС является тем ключом, с помощью которого можно изучить и освоить новые конструкции.

Так же в данном модуле следует изучить основные конструктивные размеры кривошипно-шатунного механизма ДВС, объёмы цилиндра, схемы рабо-

ты двухтактного и четырёхтактного ДВС, схемы компоновок многоцилиндровых ДВС.

В конце изучения данного модуля необходимо сделать выводы о путях возможного совершенствования конструкций автотракторных ДВС. Современные ДВС широко оснащаются электронными системами управления, повышающими их эффективность и экологическую безопасность.

2.1.3. Вопросы для самоконтроля

1. По каким признакам классифицируются двигатели внутреннего сгорания?
2. Перечислите технико-экономические показатели двигателей.
3. Назовите основные конструктивные размеры и параметры ДВС.
4. В чем основное отличие циклов двух- и четырехтактного двигателей?
5. Почему мощность двухтактных двигателей почти в два раза больше, чем четырехтактных?
6. Что собой представляет литраж двигателя?
7. У четырехцилиндрового автомобильного двигателя диаметр цилиндра $D = 120$ мм, а коэффициент короткоходности 1,0. Чему равен его литраж?
8. Что из себя представляет мощность двигателя и в каких единицах она измеряется?
9. Чем отличаются эффективная, номинальная, максимальная и эксплуатационная мощности?
10. Что собой представляют мощности нетто и брутто?
11. В каких единицах измеряется частота вращения коленчатого вала двигателя и в каких пределах она находится?
12. Что собой представляет крутящий момент и какова связь между ним и мощностью?
13. Что собой представляет и в каких пределах меняется удельная масса двигателя?
14. Какими параметрами оценивается надежность двигателя?
15. У двигателя с искровым зажиганием с диаметром и ходом поршня по 100 мм и со степенью сжатия 10 при ремонте уменьшился радиус кривошипа коленчатого вала на 0,5 мм. Как изменились при этом объемы цилиндра (камеры сжатия, рабочий и полный) и степень сжатия?
16. У двигателя с диаметром и ходом поршня по 100 мм увеличили толщину прокладки между головкой и цилиндром на 1 мм. При этом какие объемы цилиндра и как изменились? Изменилась ли степень сжатия?
17. Определите объем камеры сжатия, рабочий и полный объемы цилиндра двигателя, если ход поршня 120 мм, коэффициент короткоходности 0,9 и степень сжатия 16.
18. Мощность может измеряться в кВт и л. с; $\text{kВт}=1,36$ л.с. Получается, что мощность и сила одно и тоже? Но ведь это разные величины. Чем объяснить это несоответствие?

2.1.4. Задания для самостоятельной работы

Задание 1 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Приведите примеры возможных альтернативных топлив для автотракторных двигателей (биогаз, рапсовое масло и др.). Перечислите их достоинства и недостатки. Обоснуйте, что сдерживает применение на практике того или иного альтернативного топлива.

Задание 2 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Опишите, что из себя представляет коэффициент эластичности энергопотребления и чему он равен в растениеводстве и животноводстве. К каким показателям нужно стремиться в данных отраслях?

Задание 3 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Перечислите основные конструкционные размеры кривошипно-шатунного механизма ДВС и объемы цилиндра. Что такое литраж двигателя и как он учитывается при маркировке легковых автомобилей?

Задание 4 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Приведите и объясните схему работы двухтактных ДВС с кривошипно-камерной и с клапанно-щелевой продувкой. Перечислите преимущества двухтактных двигателей, есть ли перспектива их развития в будущем?

Задание 5 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Приведите и объясните схемы работы четырехтактных дизельных и ДВС с искровым зажиганием. Как изменятся показатели работы ДВС при увеличении степени сжатия?

Задание 6 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Как работают многоцилиндровые ДВС и как в них располагают цилиндры? Приведите схемы компоновки многорядных двигателей. Как увеличить мощность ДВС без увеличения его размеров?

2.2. Модуль 2. Принципы и показатели работы двигателей внутреннего сгорания

2.2.1. Содержание модуля 2

Тема 1. Принципы работы двигателей внутреннего сгорания

Основные понятия и определения. Рабочие циклы и способы их осуществления. Понятие об индикаторной диаграмме. Особенности рабочих цик-

лов при различных условиях подвода теплоты (идеальные двигатели, работающие по циклам Отто, Дизеля, Тринклера-Сабатэ).

Тема 2. Показатели и характеристики двигателей внутреннего сгорания

Показатели эффективности: среднее индикаторное давление и индикаторная мощность; среднее эффективное давление и эффективная мощность. Показатели экономичности: КПД и удельный расход топлива. Показатели совершенства конструкции. Показатели надёжности. Экологическая безопасность двигателей внутреннего сгорания. Скоростная и нагрузочная характеристики двигателей внутреннего сгорания. Принципы регулирования мощности и частоты вращения.

Тема 3. Силы, действующие на детали двигателя при его работе

Схема движущих сил и сил сопротивления, действующих на кривошипно-шатунный механизм двигателя внутреннего сгорания. Моменты сил, действующие в двигателе и способы их уравнивания.

2.2.2. Методические указания по изучению модуля 2

Данный модуль следует изучать с понятия индикаторной диаграммы. Рабочий цикл ДВС может изображаться в виде $P-V$ (индикаторной) диаграммы - зависимости давления газов от объема надпоршневого пространства (рис. 2.1). Площадь этой диаграммы представляет собой полезную работу, совершаемую газами за один рабочий цикл. Индикаторная диаграмма снимается с использованием специальных датчиков-индикаторов. Отсюда и ее название - индикаторная.

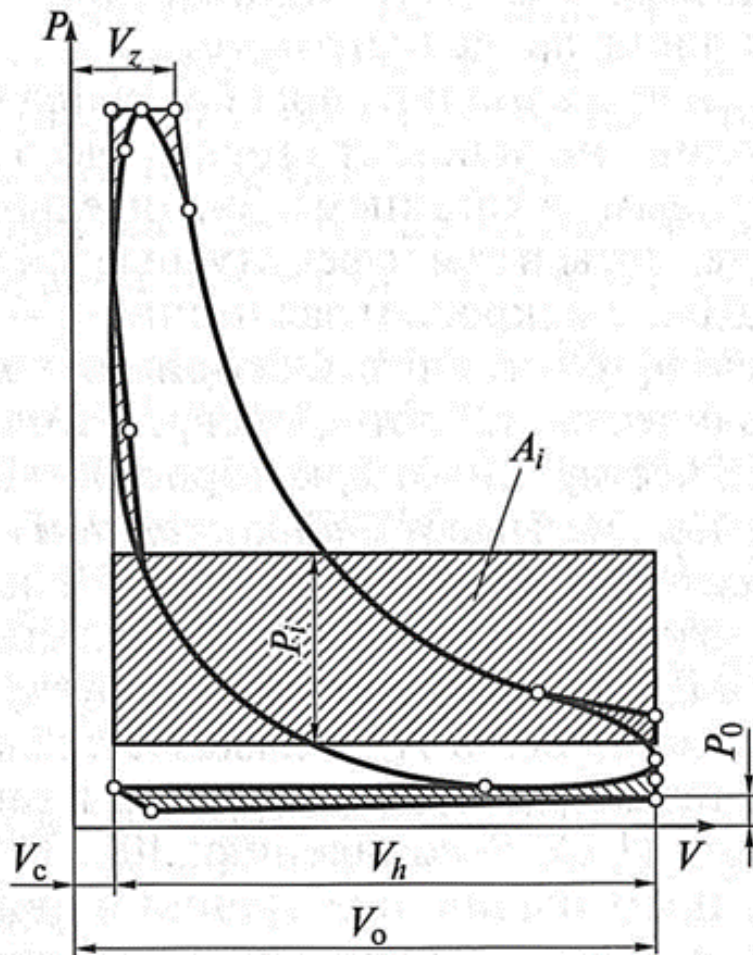


Рис. 2.1. Индикаторная диаграмма рабочего цикла четырехтактного ДВС: A_i – индикаторная работа; P_i – среднее индикаторное давление; P_0 – атмосферное давление; V_0 – полный объем; V_z – объем с наивысшим давлением; V_h – рабочий объем; V_c – объем камеры сжатия.

Для того чтобы оценить степень совершенства рабочего цикла, индикаторную диаграмму, полученную на двигателе, сопоставляют с теоретической диаграммой, в которой для упрощения сложного рабочего цикла отдельные его процессы заменены легко поддающимися исследованию элементарными термодинамическими процессами, составляющими термодинамический цикл. В отличие от рабочих циклов, протекающих в реальных двигателях, в термодинамических циклах отсутствуют какие-либо потери, кроме отдачи теплоты холодному источнику.

Индикаторные диаграммы термодинамических циклов двигателей внутреннего сгорания различаются между собой по характеру процессов передачи теплоты. В современных поршневых двигателях в зависимости от характера выделения теплоты при сгорании топлива рабочие циклы приближаются к термодинамическим циклам с подводом теплоты или при постоянном объеме (рис. 2.3), или при постоянном давлении (рис. 2.4), или к смешанному циклу с подводом части теплоты при постоянном объеме и части теплоты при постоянном давлении (рис. 2.5).

Далее изучаем понятия о среднем индикаторном давлении и индикаторной мощности; среднем эффективном давлении и эффективной мощности. Показатели экономичности: КПД и удельный расход топлива. Показатели совершенства конструкции. Показатели надёжности. Экологическую безопасность двигателей внутреннего сгорания. Скоростную и нагрузочную характеристики двигателей внутреннего сгорания. Принципы регулирования мощности и частоты вращения.

Также в данном модуле следует изучить силы, действующие в ДВС, которые можно разделить на движущие силы и силы сопротивления.

Движущие силы — это силы давления газов в цилиндре и силы инерции возвратно-поступательно движущихся частей. Сила тяжести кривошипно-шатунного механизма в двигателях с вертикальным расположением цилиндров при движении поршня вниз способствует его движению, при движении вверх — противодействует. Силы сопротивления делят на силы полезного и вредного сопротивления. Силами полезного сопротивления являются силы сопротивления потребителя энергии двигателя; силами вредного сопротивления — силы трения поршня и поршневых колец о стенку цилиндра, силы трения в подшипниках, силы трения о воздух и т. п., на преодоление которых затрачивается дополнительная работа.

Главными силами являются силы давления газов и силы инерции в двигателе, а также силы полезного сопротивления потребителя энергии; остальными силами вследствие их относительной малости обычно пренебрегают. Все силы, действующие в двигателе, переменные во времени. Находя для ряда положений кривошипно-шатунного механизма (угла φ) тангенциальные усилия (касательные силы) графически (или аналитически) можно построить представленную на рисунке 2.2 развернутую диаграмму тангенциальных усилий T для рассматриваемого цилиндра двигателя.

Для многоцилиндрового двигателя диаграмма усилий T строится сложением диаграмм всех цилиндров (с учетом угла «заклинки» вала).

На диаграмме $\rho = T_{cp}$. По величине ρ можно найти крутящий момент M_k и мощность N_e двигателя, используя их, проверить правильность построения индикаторной диаграммы:

$$N_e = M_k \cdot \omega = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho \cdot r \cdot \frac{\pi}{30} \cdot \eta_m, \quad (2.1)$$

где D — диаметр цилиндра;

r — радиус кривошипа;

π — частота вращения коленчатого вала двигателя;

η_m — механический к.п.д. двигателя.

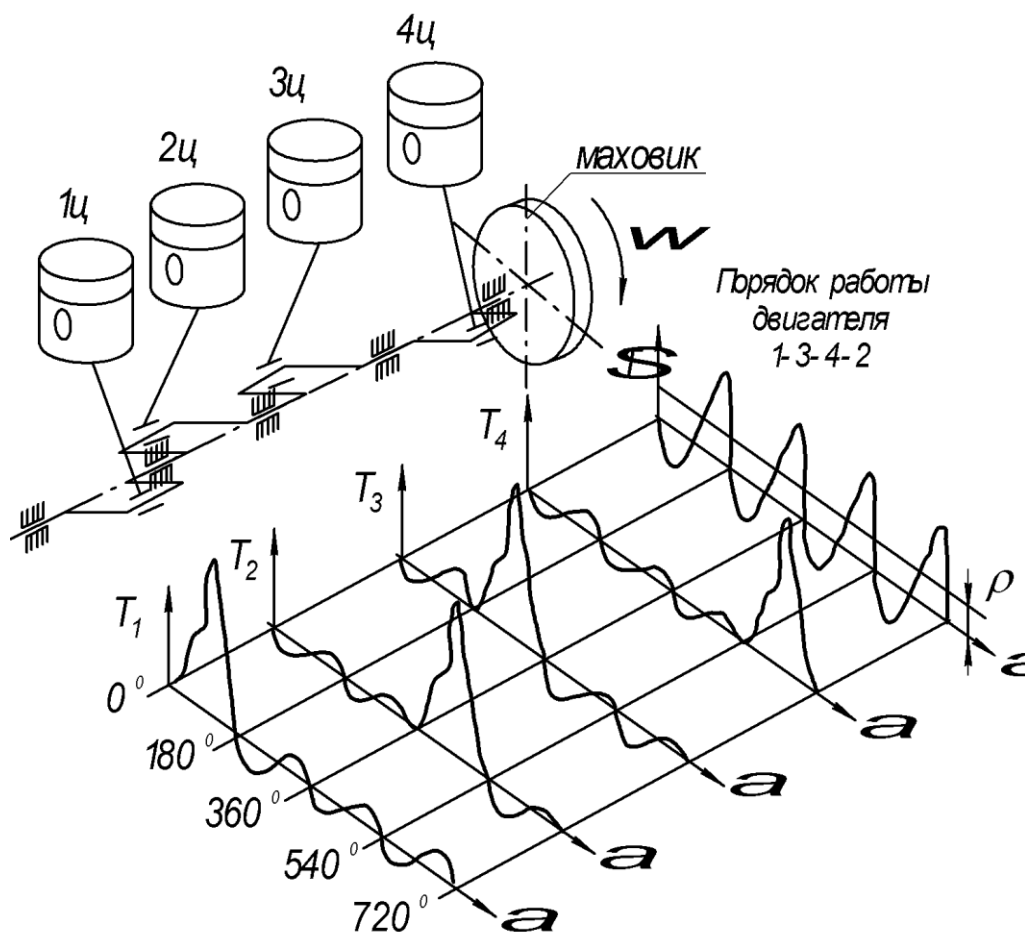


Рис. 2.2. Схема расположения поршней и диаграммы тангенциальных усилий отдельных цилиндров (T_1 , T_2 , T_3 и T_4), и суммарной всех цилиндров (ΣT); ρ - среднее тангенциальное усилие

Как видно из диаграммы рис. 2.2, тангенциальное усилие и, следовательно, крутящий момент являются переменными величинами. В многоцилиндровом двигателе все силы, действующие на детали кривошипно-шатунного механизма одного цилиндра, создают соответствующие моменты относительно центра масс всего двигателя. Переменные силы и моменты в двигателе вызывают его колебание на опорах, вибрацию отдельных деталей и могут привести к нарушению работы и отказам. Поэтому двигатель стремятся уравновесить, что достигается соответствующим выбором углов между кривошипами коленчатого вала, соответствующим расположением цилиндров и установкой специальных противовесов.

2.2.3. Вопросы для самоконтроля

1. Приведите индикаторную диаграмму двухтактного двигателя.
2. Приведите индикаторную диаграмму четырехтактного двигателя.
3. Чем развернутая индикаторная диаграмма отличается от свернутой?
4. Приведите принципиальную схему механического датчика, для экспериментального снятия индикаторной диаграммы двигателя.

5. Как работают пьезокварцевый и тензометрический датчики, используемые для снятия индикаторной диаграммы ДВС?
6. Чем отличаются эффективная, номинальная, максимальная и эксплуатационная мощности?
7. Что собой представляют мощности нетто и брутто?
8. Что собой представляет крутящий момент и какова связь между ним и мощностью?
9. Что собой представляет и в каких пределах меняется удельная масса двигателя?
10. У ДВС с искровым зажиганием с диаметром и ходом поршня по 100 мм и со степенью сжатия 10 при ремонте уменьшился радиус кривошипа коленчатого вала на 0,5 мм. Как изменились при этом объемы цилиндра (камеры сжатия, рабочий и полный) и степень сжатия?
11. У двигателя с диаметром и ходом поршня по 100 мм увеличили толщину прокладки между головкой и цилиндром на 1 мм. При этом какие объемы цилиндра и как изменились? Изменилась ли степень сжатия?
12. При работе по какому циклу достигается наибольшая экономичность идеального двигателя? Чем это объясняется?
13. У цикла Отто повысили степень сжатия с 8 до 10. Как при этом изменился его термический КПД?
14. При работе по какому циклу достигается наибольшая экономичность в реальном двигателе? Чем это объясняется?
15. Перечислите преимущества и недостатки ДВС с искровым зажиганием.
16. Чем объяснить, что преимущество дизелей по экономичности больше проявляются на малых нагрузках?
17. Почему с увеличением степени нарастания давления снижается степень предварительного расширения?
18. Чем отличаются режимы работы автомобильных и тракторных двигателей и как это влияет на выбор типа двигателя?
19. Чем объяснить сложность конструкции дизелей (по сравнению с ДВС с искровым зажиганием)?
20. Идеальный двигатель является 2- или 4-тактным?
21. Как определить количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания кг топлива?
22. Что собой представляет коэффициент избытка воздуха и в каких пределах он меняется?
23. На каких режимах работы коэффициент избытка воздуха в ДВС с искровым зажиганием может быть меньше единицы?
24. Что собой представляет коэффициент молярного изменения?
25. Из каких основных элементов состоит воздух?
26. Из каких основных элементов состоит жидкое топливо нефтяного происхождения?
27. Расположите топлива - дизельное, бензин, этанол и рапсовое масло по

мере возрастания теплоты сгорания.

28. Расположите топлива - дизельное, бензин, этанол и рапсовое масло по мере возрастания теплоты сгорания смеси.

29. Как изменится часовой расход топлива при переходе от бензина на этанол?

30. Почему регулирование в карбюраторных двигателях называют количественным?

31. Как протекают процессы смесеобразования и сгорания в ДВС с искровым зажиганием?

32. Почему карбюраторные двигатели называют двигателями с внешним смесеобразованием?

33. Почему воспламенение в ДВС с искровым зажиганием называют точечным высокотемпературным?

34. Что собой представляет жесткость процесса сгорания топлива, в каких единицах она измеряется и в каких пределах изменяется?

35. При какой организации процесса сгорания достигается максимальная экономичность работы ДВС с искровым зажиганием?

36. Что собой представляет опережение зажигания и в каких пределах оно находится?

37. Почему при слишком раннем опережении зажигания экономичность работы двигателя оказывается низкой?

38. Почему при слишком позднем опережении зажигания экономичность работы двигателя оказывается низкой?

39. Почему при использовании автомата опережения зажигания возрастает экономичность работы двигателя?

40. Почему при использовании вакуум-регулятора возрастает экономичность работы двигателя?

41. Что собой представляет поверхностное воспламенение и как можно выявить его наличие?

42. В чем заключается химическая сущность детонационного воспламенения и сгорания?

43. В каких случаях детонацию считают сильной?

44. Почему не допустимо детонационное сгорание?

45. Какое свойство топлива характеризуется его октановым числом?

46. Перечислите конструктивные факторы, влияющие на вероятность возникновения детонационного сгорания.

47. Назовите эксплуатационные факторы, способствующие снижению вероятности возникновения детонационного сгорания.

48. Как влияет нагарообразование на вероятность возникновения детонационного сгорания? Почему при впрыске спирта (воды) снижается вероятность возникновения детонационного сгорания?

49. Почему при факельно-искровом зажигании снижается вероятность возникновения детонационного сгорания и повышается экономичность работы

двигателя?

2.2.4. Задания для самостоятельной работы

Задание 1 (ОПК-3, ПК-15, ПК-19, ПК-21, ПК-34)

Опишите процессы, происходящие в идеальном двигателе, работающем по циклу Отто (рис. 2.3).

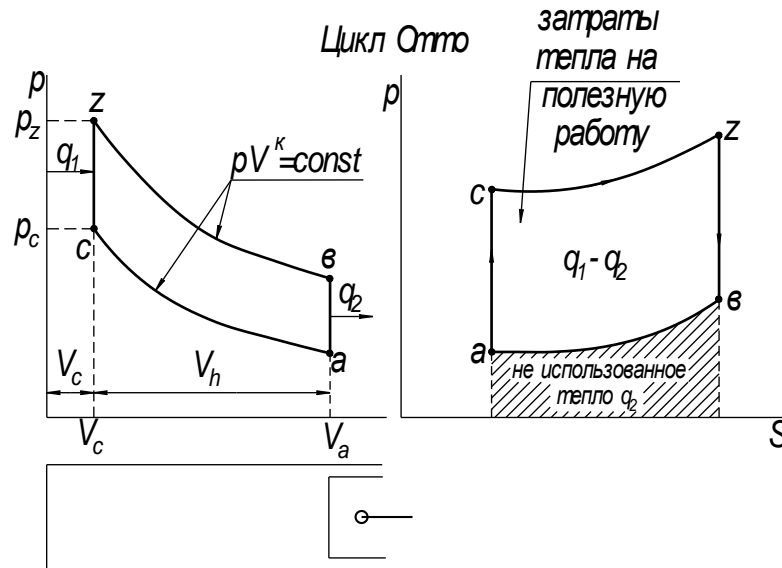


Рис 2.3. P-V и T-S диаграммы идеальных двигателей: а) с подводом теплоты при V=const (цикл Отто)

Задание 2 (ОПК-3, ПК-15, ПК-19, ПК-21, ПК-34)

Опишите процессы, происходящие в идеальном двигателе, работающем по циклу Дизеля (рис.2.4).

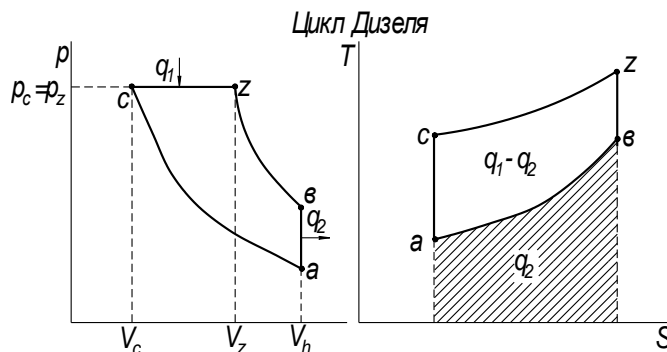


Рис. 2.4. P-V и T-S диаграммы идеальных двигателей: с подводом теплоты при p=const (Дизеля)

Задание 3 (ОПК-3, ПК-15, ПК-19, ПК-21, ПК-34)

Опишите процессы, происходящие в идеальном двигателе, работающем по циклу Тринклера-Сабатэ (рис. 2.5)

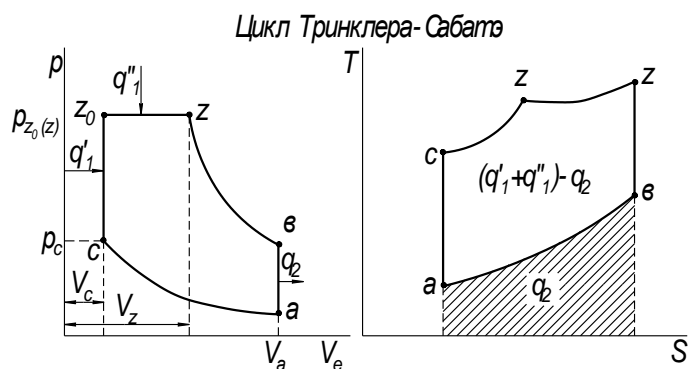


Рис. 2.5. P-V и T-S диаграммы идеальных двигателей с подводом части теплоты при $V=\text{const}$ и другой части - при $p=\text{const}$ (Тринклера-Сабатэ)

Задание 4 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Что из себя представляет удельный расход топлива и каковы достигнутые его значения?

Задание 5 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Как доказать, что к.п.д. дизелей больше чем у ДВС с искровым зажиганием?

Задание 6 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Охарактеризуйте процесс образования рабочей смеси, который представляет собою совокупность процессов распыливания топлива и его перемешивания с поступившим в цилиндр двигателя свежим воздухом и газами, оставшимися в нем от предыдущего цикла (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Схематическое изображение процессов смесеобразования и сгорания

Задание 7 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Что из себя представляет коэффициент избытка воздуха и почему он у дизелей больше чем у ДВС с искровым зажиганием? Приведите доказательства.

Задание 8 (ОПК-3,ПК-15, ПК-19, ПК-21,ПК-34)

Что из себя представляет теоретически необходимое количество воздуха? Выведите аналитическое выражение для определения теоретически необходимого количества воздуха для сгорания 1 кг топлива

Задание 9 (ОПК-3, ПК-15, ПК-19, ПК-21, ПК-34)

Дизель работает на топливе с низшей теплотой сгорания 42,5 МДж/кг с коэффициентами избытка воздуха $\alpha = 1,3$ и остаточных газов $\omega_g = 0,03$. Чему будет равна при этом теплота сгорания одного кмоля топливно-газовой смеси, если теоретически необходимое количество воздуха составляет 11,1 м³?

Задание 10 (ОПК-3, ПК-15, ПК-19, ПК-21, ПК-34)

Как определить теплоемкости газа – объемные, мольные, при постоянном объеме, при постоянном давлении?

2.3. Модуль 3. Конструкции основных механизмов и деталей двигателей внутреннего сгорания

2.3.1. Содержание модуля 3

Тема 1. Базовые (корпусные) детали и механизмы двигателей внутреннего сгорания

Кривошипно-шатунный механизм. Поршень. Поршневые кольца. Шатун. Коленчатый вал. Механизм газораспределения. Впускные и выпускные клапаны. Механизмы передач двигателей внутреннего сгорания. Корпус двигателя. Конструктивные способы исполнения блоков цилиндров и головок блока цилиндров.

Тема 2. Системы двигателей внутреннего сгорания

Воздухоснабжение и выпускные системы двигателей внутреннего сгорания. Топливная система. Смазочная система. Система охлаждения. Система пуска. Другие системы, применяемые на современных двигателях внутреннего сгорания.

2.3.2. Методические указания по изучению модуля 3

При изучении системы питания двигателей, помимо ознакомления с их конструкцией, следует обратить особое внимание на различные способы компенсации качества горючей смеси в карбюраторных двигателях, методы регулировки топливной аппаратуры дизельных и карбюраторных двигателей, на использование турбонаддува как средства повышения динамических и экономических показателей дизелей.

Необходимо изучить назначение смазочной системы, способы подвода масла к трущимся поверхностям, классификацию систем смазки и основные

элементы, составляющие смазочной системы, и их назначение. Уясните, как работает комбинированная смазочная система, роль и назначение в ней различных клапанов, контрольных приборов, фильтров, масляного радиатора.

При изучении системы охлаждения двигателя необходимо уяснить, до какой температуры следует охлаждать цилиндры двигателя. Помимо общих конструктивных вопросов, относящихся к этой системе, надо уяснить также разницу между отдельными системами жидкостного и воздушного охлаждения, ясно понять преимущества и недостатки каждой системы. Изучите устройство и действие радиаторов, термостатов и паровоздушных клапанов, а также основные операции ухода за системой охлаждения в разные периоды времени года.

Рассматривая вопрос о принципе действия центробежного регулятора, надо прежде всего уяснить его назначение, взаимозависимость регулятора от режима работы двигателя и хорошо понять, что в любом равновесном положении величина силы, действующая на муфту регулятора от центробежных сил грузов, уравнивается силой, действующей на муфту от затяжки пружины (или нескольких пружин).

При изучении режимов работы регуляторов необходимо уяснить принцип действия всережимного регулятора, обеспечивающего экономичную работу двигателя на различных скоростных режимах

При изучении системы пуска двигателей следует обратить внимание на дополнительные устройства, обеспечивающие пуск дизелей при низких температурах окружающего воздуха, и на особенности устройства пусковых двигателей и передач к коленчатому валу дизеля, а также на технику безопасности при пуске.

2.3.3. Вопросы для самоконтроля

1. Как в дизелях камеры сгорания влияют на жесткость процесса сгорания?
2. Как обеспечивается подвод смазки к коренным и шатунным шейкам коленчатого вала?
3. Каковы конструктивные особенности поршневых колец современных дизелей, и какие конструктивные мероприятия предусматриваются для увеличения их долговечности?
4. Каковы особенности устройства кривошипно-шатунного механизма V-образных ДВС?
5. Из каких соображений выбирается форма камеры сгорания у двигателей с искровым зажиганием и дизелей?
6. Какие требования предъявляются к форме камер сгорания современных двигателей?
7. Приведите требования, предъявляемые к шатунам автомобильных и тракторных двигателей. Из какого материала они изготавливаются?
8. Опишите конструкцию и материал современных вкладышей шатунных и

коренных подшипников автотракторных двигателей.

9. Из каких материалов изготавливаются клапаны, направляющие втулки клапанов? Основные требования к этим материалам и их свойства.

10. Из каких материалов выполняются распределительные валы и толкатели газораспределительного механизма? Какой термообработке они подвергаются?

11. Выполните схему и объясните назначение и работу декомпрессионного устройства дизеля.

12. Опишите устройство и принцип работы воздухоочистителя тракторного двигателя.

13. Опишите устройство и принцип работы основных типов масляных фильтров автотракторных двигателей.

14. Опишите устройство и принцип работы диафрагменного топливного насоса.

15. Объясните необходимость качественного изменения смеси в карбюраторе.

16. Опишите устройство и принцип работы устройства для обеспечения холостого хода одного из карбюраторов. Как производится регулировка холостого хода?

17. Выполните описание процесса смесеобразования в дизелях.

18. Дайте описание работы плунжерной пары насоса распределительного типа.

19. Объясните принцип работы всережимного регулятора частоты вращения коленчатого вала двигателя.

20. Опишите конструкцию и принцип работы турбокомпрессора дизеля.

21. Опишите устройство и принцип работы системы питания дизеля.

22. Опишите конструкцию и принцип работы центрифуги.

23. Опишите работу ограничителя частоты вращения коленчатого вала, который устанавливается в двигателях с искровым зажиганием.

24. Опишите конструкцию и принцип работы комбинированной смазочной системы двигателя.

25. Для чего применяются корректирующие устройства в регуляторе?

26. Опишите конструкцию и принцип работы ограничителя частоты вращения автомобильного двигателя с искровым зажиганием.

27. Опишите устройство и принцип работы смазочной системы одного из отечественных дизелей.

28. Опишите устройство и принцип работы системы охлаждения одного из отечественных тракторных дизелей.

29. Опишите конструкцию и принцип работы воздушного охлаждения одного из отечественных тракторных дизелей с описанием принципов действия отдельных элементов.

30. Опишите конструкцию и принцип работы жидкостного охлаждения двигателя.
31. Объясните назначение термостата в системе охлаждения, опишите его принцип действия.
32. Чем обеспечивается равномерность охлаждения всех гильз цилиндров двигателя?
33. Какой тип системы жидкостного охлаждения имеет дизель, а какой – пусковой двигатель?
34. В чем состоит назначение термостата? Когда открываются его клапаны?
35. Какие детали нужно заменить при подтекании воды через дренажное отверстие водяного насоса?
36. В каком порядке регулируют натяжение ремней привода вентилятора?
37. Что нужно делать, если двигатель постоянно перегревается?
38. Какие детали двигателя смазываются под давлением, какие разбрызгиванием?
39. В чем заключается принцип работы шестеренного масляного насоса?
40. Как происходит очистка масла в центрифуге?
41. За счет чего обеспечивается вращение ротора реактивной центрифуги, активно-реактивной центрифуги?
42. Какой клапан определяет давление в главной масляной магистрали?
43. Что нужно делать при падении давления масла в системе ниже нормального?
44. Как без разборки определить, работает или не работает центрифуга?
45. Что может произойти, если забьется сапун системы вентиляции картера?
46. Для чего служит кривошипно-шатунный механизм?
47. Какие неисправности могут возникнуть при нарушении правила затяжки гаек крепления головки цилиндров?
48. Почему диаметр головки поршня меньше диаметра его юбки?
49. Как собирается палец с поршнем?
50. Для чего нужен зазор в стыке поршневого кольца?
51. Как измерить зазор в стыке поршневого кольца?
52. Каков порядок установки поршневых колец на поршень?
53. К чему ведет износ или закоксование поршневых колец?
54. Чем ограничивается осевое перемещение коленчатого вала?
55. Какие метки имеются на торце гильзы цилиндра, поршне, шатуне?
56. Как определяется положение поршня первого цилиндра в верхней мертвой точке (ВМТ) в конце такта сжатия?
57. Для чего служит механизм газораспределения?
58. Почему диаметр тарелок впускных клапанов больше, чем у выпускных?

59. Для чего и чем обеспечивается проворачивание клапанов некоторых двигателей во втулках?
60. Для чего нужен зазор между клапаном и коромыслом?
61. При износе каких поверхностей деталей распределительного механизма уменьшается зазор между клапаном и коромыслом?
62. В чем вред слишком большого зазора между клапаном и коромыслом?
63. Чем удерживается распределительный вал от осевого перемещения?
64. В какой последовательности регулируют клапаны?
65. Как влияет на работу двигателя неправильная установка распределительных шестерен?
66. Что такое пусковая частота вращения? Чему она равна для дизелей?
67. Какие механизмы и приборы применяются при запуске основного двигателя?
68. Какие процессы происходят в цилиндре пускового двигателя за рабочий цикл?
69. Каким образом смазываются детали пускового двигателя?
70. В какой последовательности при запуске управляют положением воздушной и дроссельной заслонок?
71. Чему равна частота вращения пускового двигателя, которую поддерживает регулятор?
72. Для чего нужен редуктор пускового двигателя?
73. Что нужно сделать, если автомат выключения срабатывает (отъединяет двигатели) при первых вспышках в цилиндрах и не дает возможности завести двигатель?
74. Что нужно делать, если пробуксовывает сцепление?
75. Сколько ступеней очистки воздуха имеет воздухоочиститель изучаемого двигателя?
76. За счет чего повышается мощность двигателя при установке на него турбокомпрессора? Как проверить, работает или нет турбокомпрессор?
77. Для чего сделано отверстие в крышке горловины бака?
78. Почему промывка элементов фильтра тонкой очистки производится при работе двигателя на максимальной частоте вращения холостого хода?
79. Какие детали подкачивающей помпы выполняют роль предохранительного клапана?
80. Для чего установлена резиновая прокладка в корпусе насоса ручной прокладки?
81. За счет чего в плунжерной паре секционных насосов высокого давления изменяется подача топлива?
82. Что произойдет с работой двигателя при нарушении работы нагнетательного клапана, разгрузочного пояса нагнетательного клапана?

83. Куда нужно переместить дозатор насоса распределительного типа (вверх или вниз), чтобы увеличить подачу топлива?
84. Чем отличаются момент начала подачи и момент начала впрыска?
85. Что изменяет тракторист, перемещая рычаг (педаль) акселератора - подачу топлива или скоростной режим двигателя?
86. В каком положении находится рейка (дозатор) топливного насоса при номинальном скоростном режиме?
87. Какое устройство регулятора вступает в работу при перегрузке, при запуске двигателя?
88. Почему сопла форсунки просверлены под разными углами?
89. Что произойдет с работой двигателя при неплотном закрытии иглы форсунки, при нерезком окончании впрыска?
90. Почему нельзя затягивать гайки при сборке и установке форсунки, нажимных штуцеров насоса более положенного усилия затяжки?
91. В какой последовательности разбирают карбюратор?
92. Из каких основных частей состоит карбюратор?
93. Какие системы имеет карбюратор?
94. Из каких деталей состоит экономайзер? Как он действует?
95. Какие детали образуют ускорительный насос? Как он действует?
96. Где расположены топливные и воздушные жиклеры?
97. Как работает карбюратор на средних нагрузках двигателя?
98. Как работает карбюратор на полных нагрузках двигателя?
99. Где расположены регулировочные винты карбюратора и что ими регулируют?
100. Для чего нужен ограничитель максимальной частоты вращения и как он действует?
101. Имеются ли различия в устройстве впускного и выпускного клапанов топливного насоса, и являются ли они взаимозаменяемыми?
102. Чем достигается изменение количества топлива, которое подает насос при изменении расхода топлива двигателем?
103. Являются ли топливные насосы двигателей ЗМЗ-53 или ЗИЛ-130 взаимозаменяемыми?
104. В какой последовательности разбирают фильтр грубой очистки топлива?
105. Как очищается топливо в фильтре тонкой очистки?

2.3.4. Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Изучите кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы двигателя (на примере двигателя Д-240 и его модификаций)

1. С помощью иллюстраций изучите устройство кривошипно-шатунного и распределительного механизмов, запомните название всех деталей, а также найдите эти детали на иллюстрациях. Уясните взаимное расположение деталей и как они соединяются с другими деталями.

2. Изучите конструкцию блок-картера двигателя. Уясните назначение его приливов, обработанных площадок, отверстий.

Рассмотрите устройство цилиндра. Запомните: гильзы сортируют по внутреннему диаметру на три группы и маркируют буквами Б, С и М, а клеймо наносят на верхний бурт гильзы.

Познакомьтесь с устройством головки цилиндров, рассмотрите ее полости, каналы, отверстия и уясните их назначение. Запомните устройство металлоасбестовой прокладки между головкой цилиндров и блок-картером.

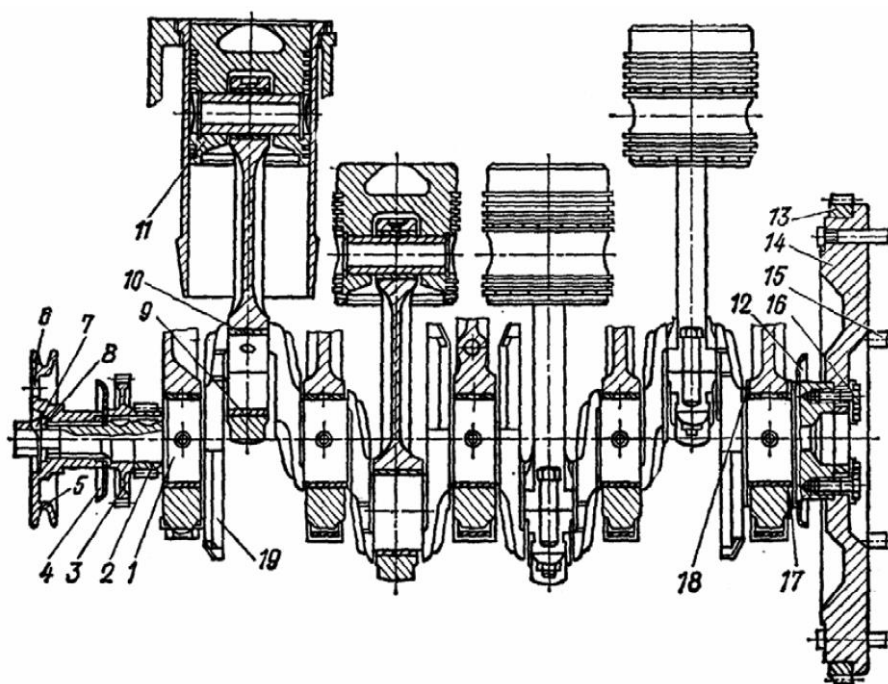


Рис. 2.7. Кривошипно-шатунный механизм двигателя Д-240:

1 - коленчатый вал; 2 - шестерня; 3 - шестерня привода масляного насоса; 4 - передний маслоотражатель; 5 - шкив; 6 - болт; 7 - стопорная шайба; 8 - шайба; 9 - нижний вкладыш; 10 - верхний вкладыш; 11 - поршень; 12 - задний маслоотражатель; 13 - венец маховика; 14 - маховик; 15 - болт сцепления; 16 - болт маховика; 17 - нижнее упорное полукольцо; 18 - верхнее упорное полукольцо; 19 - противовес

3. Изучите устройство поршня 11 (рис. 2.7). Следует знать, что зазор между юбкой поршня и гильзой цилиндра холодного двигателя - 0,18...0,22 мм.

Для обеспечения таких зазоров поршни по диаметру юбки сортируют тоже на три размерные группы, обозначаемые, соответственно, буквами Б, С и М на днище поршня, и при сборке двигателя группа поршня должна соответствовать группе гильзы. Найдите это клеймо.

Поршневой комплект, т.е. поршень с кольцами и пальцем, устанавливаемый на двигатель, подбирают по массе, разница между комплектами не должна превышать 15 г.

Рассмотрите поршневой палец. Запомните: пальцы по наружному диаметру сортируются на две размерные группы, которые отмечают черной или желтой краской, наносимой на внутреннюю поверхность пальца.

Изучите поршневые кольца. Верхнее компрессионное кольцо хромированное, нижние - с незаметным на глаз конусом, маслосъемные кольца скребкового типа. На торцевой поверхности конусных колец нанесена метка «верх», которая должна быть обращена к днищу поршня. Следует знать, что маслосъемное кольцо с дренажными окнами на торце устанавливается в верхней части канавки, кольцо без окон - под ним; выточки на наружной поверхности маслосъемных колец должны быть обращены вниз, а замки поршневых колец следует равномерно распределять по окружности.

3. Изучите устройство шатуна. Их комплектуют по массе. Разность масс шатунов в одном комплекте должна быть не более 12 г. Шатунные вкладыши изготавливают из сталеалюминовой ленты с антифрикционным сплавом. Шатуны, так же, как и поршни с пальцами, в комплект на один двигатель подбираются одинаковой маркировки (желтый и черный цвета).

Маркировка наносится по внутреннему диаметру втулки верхней головки. Найдите эту маркировку.

4. Изучите устройство стального коленчатого вала. Определите, чем ограничивается его осевое перемещение.

При установке вкладышей следует обращать внимание на обозначение размерной группы вкладыша по высоте. Размеры групп наносят на внутреннюю поверхность и обозначают знаком «+» или «-». В один комплект должно быть собрано два вкладыша с маркировкой «+» и «-».

Обратите внимание на конструкцию маховика; уясните, чем и как он фиксируется в определенном положении и крепится к валу.

5. Рассмотрите детали клапанного механизма (рис. 2.8, а). Решите, почему тарелки клапанов имеют различный диаметр. Запомните: фаска тарелок клапанов наплавлена прочным металлом на никелевой основе. Уясните, между какими деталями клапанного механизма зажаты две пружины.

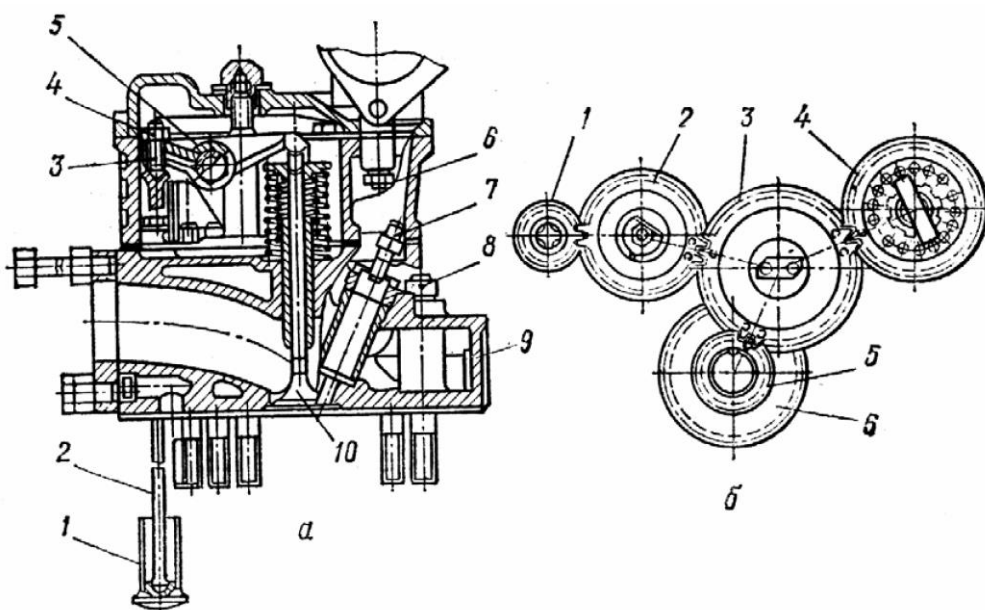


Рис. 2.8. Газораспределительный механизм двигателя Д-240: а - механизм газораспределения двигателя Д-240: 1 - толкатель; 2 - штанга; 3 - регулировочный винт; 4 - гайка регулировочного винта; 5 - коромысло; 5 - шпилька крепления впускного коллектора; 7 - шпилька крепления форсунки; 8 - гайка стакана форсунки; 9 - стакан форсунки; 10 - впускной клапан; б - установка шестерен газораспределения двигателя Д-240: 1 - шестерня привода насоса НШ-10У; 2 - шестерня распределительного вала; 3 - промежуточная шестерня; 4 - шестерня привода топливного насоса; 5 - шестерня коленчатого вала; 6 - шестерня привода масляного насоса

7. Изучите устройство распределительного вала. Обратите внимание на конструкцию втулок и их материал. Определите последовательность расположения впускных и выпускных кулачков на распределительном валу. Подумайте, чем удерживается вал от осевых перемещений.

Рассмотрите распределительные шестерни (рис. 2.8, б) и определите назначение каждой из них. Ознакомьтесь с конструкцией толкателя. Нижняя поверхность толкателя имеет сферическую форму днища. Определите, для чего это нужно.

Уясните конструкцию штанги и коромысла, как крепится стойка коромысла к головке цилиндров.

8. Изучите порядок регулировки зазоров клапанного механизма (0,25 мм на прогретом двигателе), учитывая указания и особенности его конструкции у двигателя Д-240.

Задание 2. Изучите систему охлаждения и смазочную систему двигателя (на примере двигателя Д-240 и его модификаций)

Последовательность выполнения задания:

Рассмотрим отдельно систему охлаждения и смазочную систему.

Система охлаждения.

б. С помощью плаката изучите устройство и работу системы охлаждения.

Система охлаждения - жидкостная, организованная, с принудительной циркуляцией (у Д-240 - закрытая). Вспомните, что означают эти определения.

Система состоит из водяной рубашки 4 и 6 (рис. 2.9), блока и головки цилиндров (у двигателя А-01М две головки); водяного насоса 1; соединительных патрубков 13, 14 и 28; радиатора 20; вентилятора 22 и шторы 24.

7. Рассмотрите (с использованием плаката) расположение водяных каналов в блоке и головке, найдите в блоке водораспределительный канал 2, вспомните его назначение. Обратите внимание на подвод воды для охлаждения гнезд клапанов и форсунок в головке блока. Найдите места крепления водоотводящей трубы от блока, место установки термостата (у Д-240).

8. Рассмотрите расположение радиатора, способ крепления его к раме и двигателю. Изучите, как крепятся верхний 19 и нижний 27 баки радиатора с сердцевинной 20, как уплотняется сердцевина с баками. Найдите место расположения сливного крана 26.

Рассмотрите расположение шторы 24 на тракторе и механизм управления ею.

9. Изучите крышку заливной горловины радиатора. Рассмотрите, как обеспечивается уплотнение между крышкой и горловиной бака радиатора, из какой зоны выводится трубка 7 (рис. 2.10, в), впаянная в горловину.

Изучите по схеме устройство и действие воздушного 4 и парового 3 клапанов крышки. Паровой клапан срабатывает при увеличении давления в системе на 0,03 МПа. Воздушный клапан срабатывает при понижении давления в системе на 0,001 МПа, что может быть, например, при остывании двигателя. Воздушный клапан впускает в систему воздух, что исключает повреждение трубок радиатора и других тонкостенных деталей под действием атмосферного давления.

Запомните: закрывать крышку нужно плотно, заворачивая до упора, а открывать - осторожно, особенно при горячем двигателе. На горячем двигателе крышку открывать запрещается.

Двигатели оборудованы паровоздушными клапанами (система охлаждения закрытая).

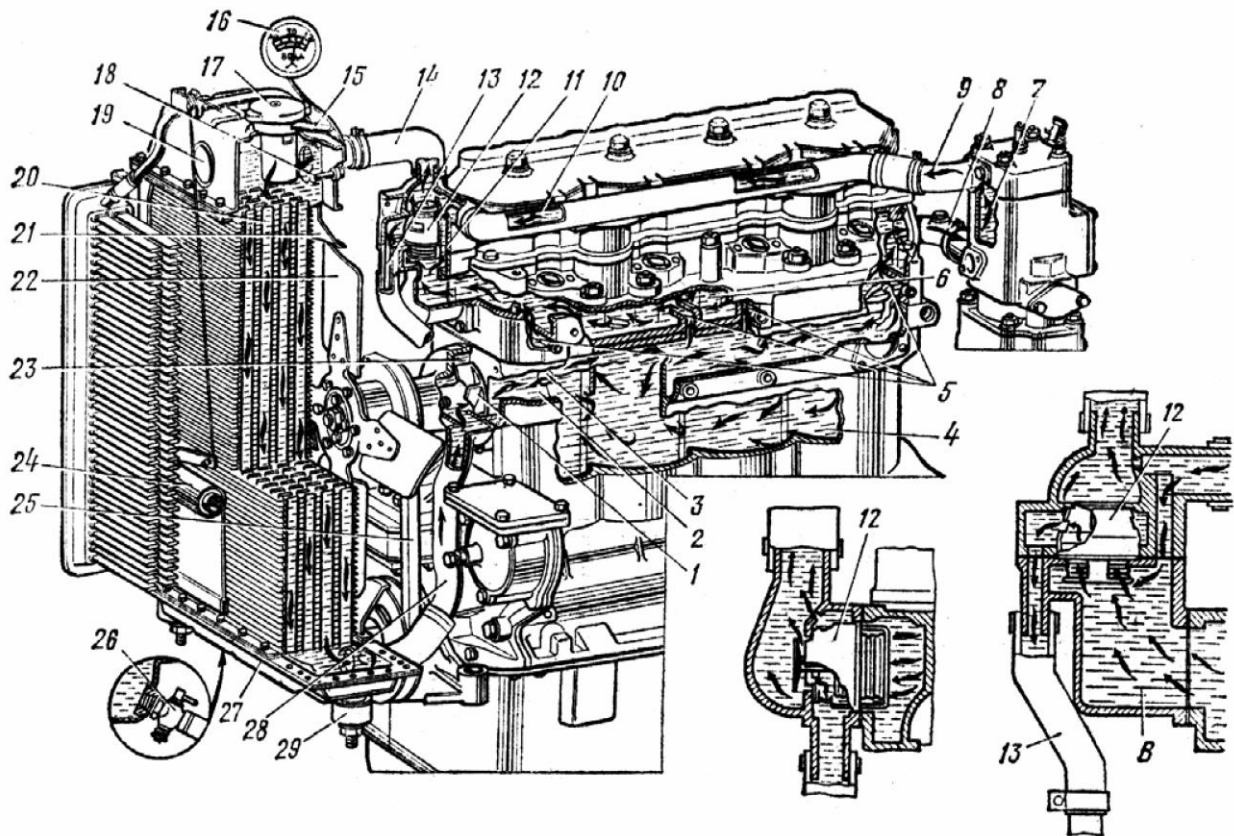


Рис. 2.9. Система охлаждения двигателя Д-240Л:

1 - водяной насос, 2 - водораспределительный канал; 3 - отверстия, соединяющие водораспределительный канал с водяной рубашкой; 4 - водяная рубашка блока цилиндров; 5 - каналы водяной рубашки; 6 - водяная рубашка головки; 7 - водяная рубашка пускового двигателя; 8, 9, 13, 14 и 28 - патрубки; 10 - водоотводящая труба; 11 - корпус термостата; 12 - термостат; 15 - пароводяная трубка; 16 - указатель термометра; 17 - крышка заливной горловины; 18 - датчик термометра; 19 - верхний бак радиатора; 20 - сердцевина радиатора; 21 - кожух вентилятора; 22 - вентилятор; 23 - трос; 24 - шторка; 25 - ремень; 26 - сливной кран; 27 - нижний бак радиатора; 29 - амортизатор

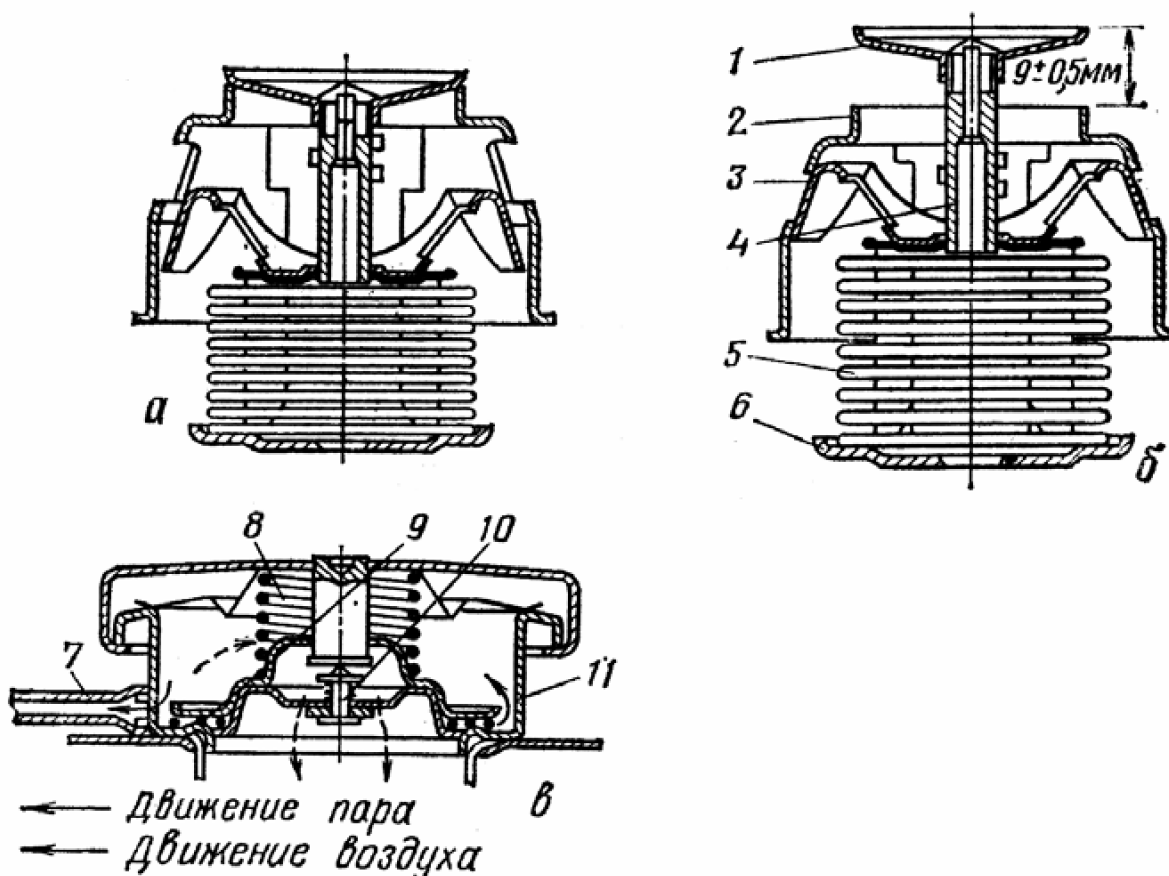


Рис. 2.10. Крышка заливной горловины (а) и термостат (б, в):

1 - паропроводная трубка; 2 - пружина парового клапана; 3 - паровой клапан; 4 - воздушный клапан; 5 - горловина радиатора; 6 - нижняя крышка; 7 - сиффон; 8 - стержень; 9 - боковой клапан; 10 - центральный клапан; 11 - корпус; б, в - положение клапанов термостата при температуре жидкости менее и более 70 °С

5. Ознакомьтесь с расположением вентилятора и водяного насоса.

Изучите работу насоса. При вращении крыльчатки водяного насоса в центральной зоне образуется пониженное давление, благодаря чему вода через входной канал поступает к крыльчатке. Под действием центробежной силы, возникающей в результате вращения крыльчатки, жидкость отбрасывается от ее центра к краям и под давлением подается через выходной канал в систему.

6. По плакату или рис. 2.10 а, б изучите работу термостата и его конструкцию. Вспомните, когда и куда поступает жидкость через отверстие круглого клапана 11, через отверстия боковых клапанов. Обратите внимание, что если один клапан открыт, то другой закрыт. Подумайте, зачем это нужно.

7. Регулировка натяжения ремней привода вентилятора. При нажатии на наиболее длинную ветвь ремня с усилием 30...40 Н прогиб должен быть 10...15 мм.

Во время работы необходимо поддерживать тепловой режим двигателя, контролируемый по указателю температуры воды в кабине. Температура воды в системе должна быть в пределах 80...100 °С.

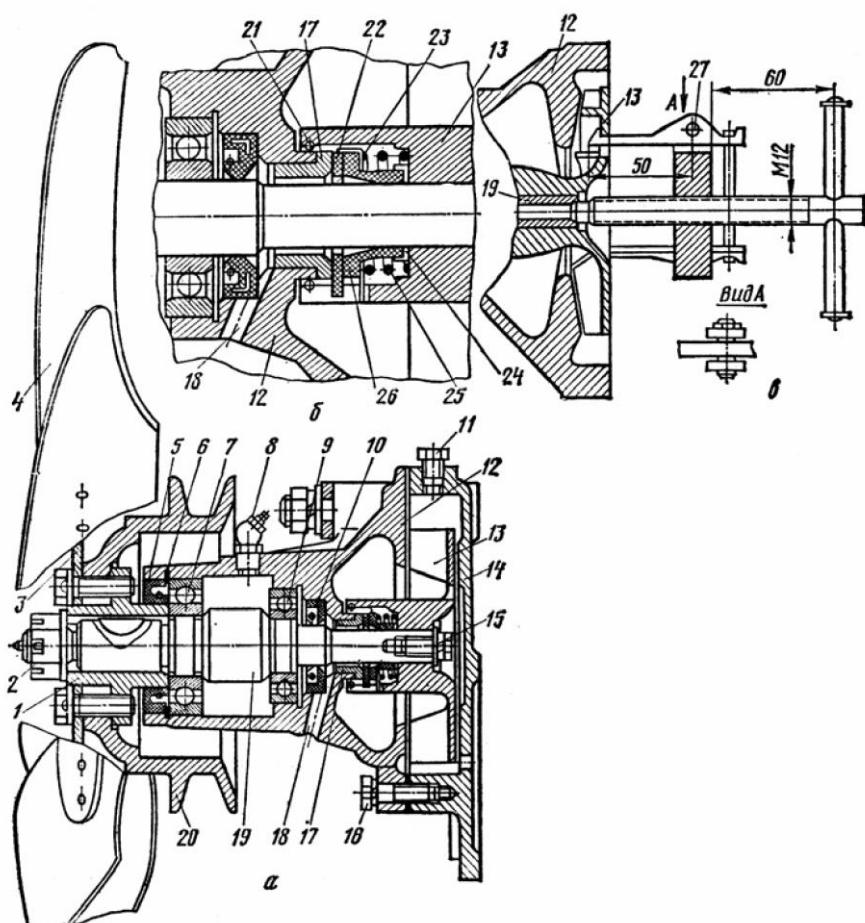


Рис. 2.11. Водяной насос и вентилятор: в сборе (а), уплотнение водяного насоса (б), снятие крыльчатки водяного насоса (в):

1 - ступица шкива; 2 - гайка; 3 - крестовина вентилятора; 4 - лопасть вентилятора; 5 и 10 - манжетные уплотнения; 6 и 21 - стопорные кольца; 7 и 5 - подшипники; 8 - масленка; 11 - пробка; 12 - корпус насоса; 13 - крыльчатка насоса; 14 - крышка насоса; 15 и 16 - болты; 17 - опорная втулка; 18 - дренажное отверстие; 19 - вал; 20 - шкив; 22 - уплотняющая шайба; 23 - обойма уплотнения; 24 - кольцо манжеты; 25 - пружина; 26 - уплотняющая манжета; 27 - съёмник

Задание 3. Изучите систему пуска двигателя (на примере пусковых устройств двигателя СМД-60/62)

Последовательность выполнения задания:

1. Рассмотрите расположение на дизеле пускового двигателя, его соединение с дизелем, связь системы охлаждения пускового и основного двигателей, расположение силовой передачи пускового двигателя.

2. Изучите (по плакату и рис. 2.12) работу двухтактного карбюраторного пускового двигателя. При изучении одновременно рассматривайте процессы, происходящие как над поршнем (в цилиндре двигателя), так и под поршнем (в кривошипной камере). Найдите на плакате детали основных частей двигателя:

- кривошипно-шатунного механизма;
- механизма газораспределения золотникового типа;

- систем питания, смазочной, зажигания, охлаждения, пуска.

Рассмотрите расположение и уясните назначение окон в цилиндре и картере. Изучите последовательность перекрытия поршнем окон.

3. Изучите систему питания двигателя. По плакату повторите устройство и работу системы питания. В топливном баке найдите пробку заливной горловины и отверстие в ней. В нижней части бака установлен фильтр.

Изучите работу карбюратора К-06 на основных режимах (рис. 2.13): запуск двигателя (воздушная заслонка закрыта, дроссельная приоткрыта), работа на холостом ходу (воздушная заслонка открыта, дроссельная прикрыта), рабочий режим (воздушная и дроссельная заслонки открыты).

4. Рассмотрите смазочную систему двигателя.

5. Изучите термосифонную систему охлаждения двигателя. Проследите путь движения воды, рассмотрите расположение каналов в цилиндре и головке.

6. Уясните, где расположены и как крепятся магнето, искровые свечи зажигания и провода высокого напряжения на двигателе.

7. Изучите схему пуска. Запускается двигатель стартером СТ-352Д с дистанционным управлением. Найдите расположение дублирующего механизма запуска, который применяется при выходе из строя электрического запуска.

8. Изучите устройство и действие регулятора. Проследите действие шариков на подвижную муфту, муфты - на рычаг регулятора и рычаг управления дроссельной заслонкой. Подумайте, чем управляет регулятор: подачей топлива или подачей количества смеси. Определите, чем изменяется предварительное натяжение пружины, как это сказывается на работе двигателя?

9. Изучите редуктор пускового двигателя (рис. 2.14). Вспомните его назначение. По плакату рассмотрите составные части передачи: шестеренный редуктор, сцепление, обгонную муфту и автомат выключения. Изучите схему их действия.

Рассмотрите устройство сцепления, изучите взаимосвязь между ведущей частью муфты (шестерней 19 с ведущими дисками 20) и ведомой частью (ведомыми дисками 21), обоймой обгонной муфты 34.

Рассмотрите устройство обгонной муфты, изучите ее действие. Поверните вал по ходу вращения и против хода. Определите, когда происходит жесткое соединение обоймы с валом, когда они разъединяются. Поставьте ступицу на место. Проверьте наличие роликов и пружин обгонной муфты.

Повторите назначение автомата выключения, его работу, положение грузиков перед пуском и во время запуска основного двигателя.

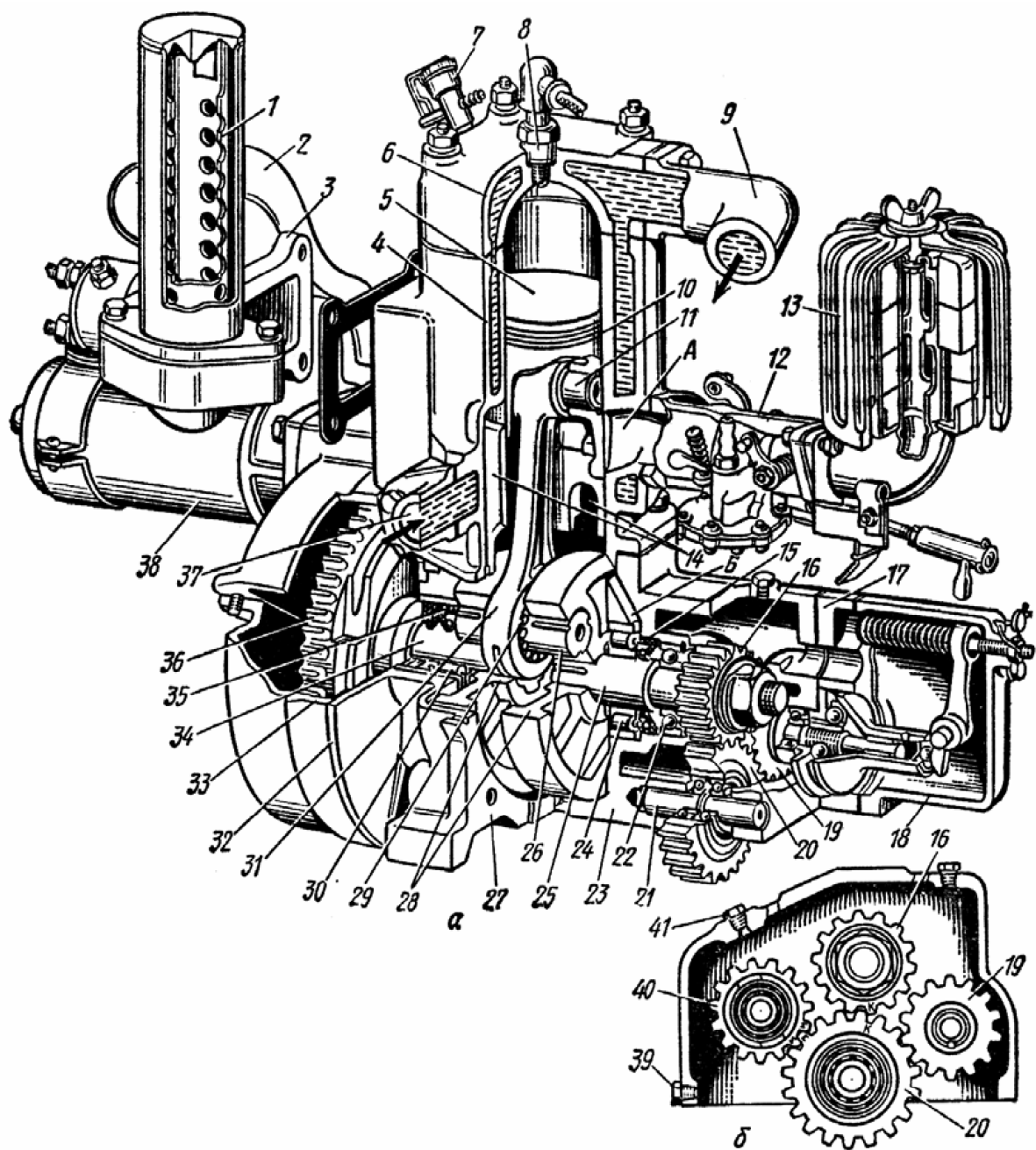


Рис. 2.12. Пусковой двигатель П-10УД (а) и схема расположения шестерен (б):

1 - глушитель; 2 - выхлопная труба; 3 - выпускной патрубок; 4 - цилиндр; 5 - поршень; 6 - головка цилиндра; 7 - заливной краник; 8 - свеча; 9 и 37 - водяные патрубки; 10 - поршневое кольцо; 11 - поршневой палец; 12 - карбюратор; 13 - воздухоочиститель; 14 - продувочный канал; 15 и 35 - резиновые манжеты; 16, 19, 20 и 40 - шестерни: коленчатого вала, привода регулятора, промежуточная, привода магнето; 17 - промежуточная плита; 18 - крышка регулятора; 21 - ось промежуточной шестерни; 22, 24, 29 и 30 - подшипники; 23 и 27 - передняя и задняя половины картера; 25 и 34 - цапфы коленчатого вала; 26 - палец (шатунная шейка) коленчатого вала; 28 - щека вала; 31 - шатун; 32 - плита кожуха маховика; 33 - кожух маховика; 36 - маховик; 38 - стартер; 39 и 41 - резьбовые пробки; А - впускной канал; М и К - метки на шестернях; Б - смазочный канал

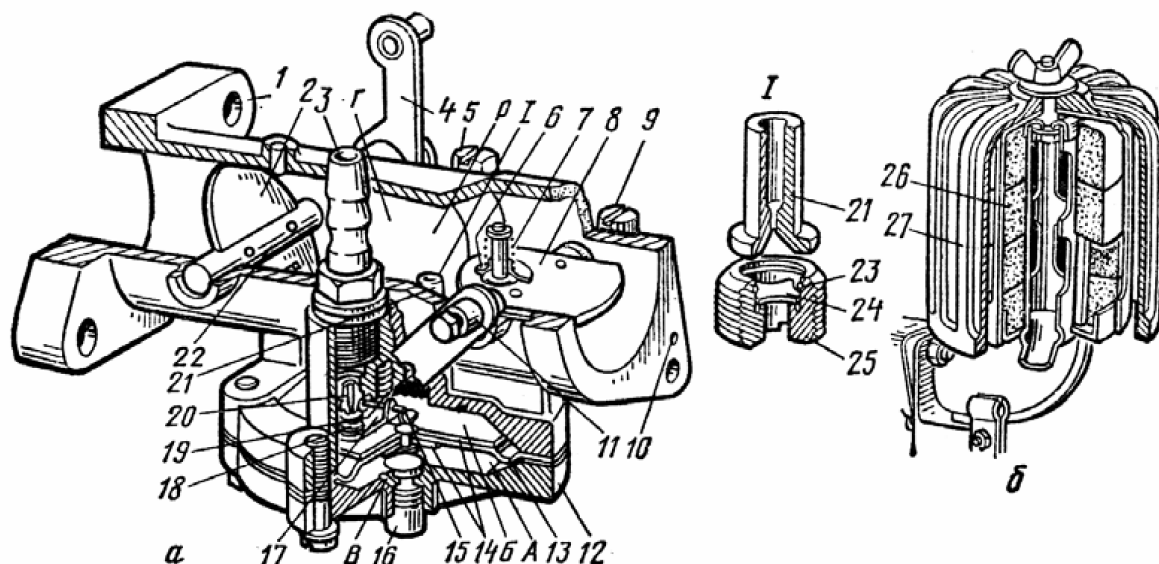


Рис. 2.13. Карбюратор типа К-06 (а) и воздухоочиститель (б):

1 - корпус; 2 - дроссельная заслонка; 3 - штуцер топливного шланга; 4 -рычаг дроссельной заслонки; 5 - винт регулировки положения заслонки; 6 -клапан воздушной заслонки; 7 - пружина клапана; 8 - воздушная заслонка; 9 - регулировочный винт холостого хода; 10 - воздушный жиклер холостого хода; 11 - рычаг воздушной заслонки; 12 - крышка диафрагмы; 13 - диафрагма; 14 - накладки диафрагмы; 15 - ось; 16 - кнопка утопителя; 17 - рычажок топливного клапана; 18 - топливный клапан; 19 - возвратная пружина; 20 - седло клапана; 21 - жиклер-распылитель главной дозирующей системы; 22 - ось; 23 - ограничительное кольцо; 24 - обратный клапан; 25 -седло обратного клапана; 26 - фильтрующий элемент воздухоочистителя; 27 - колпак воздухоочистителя

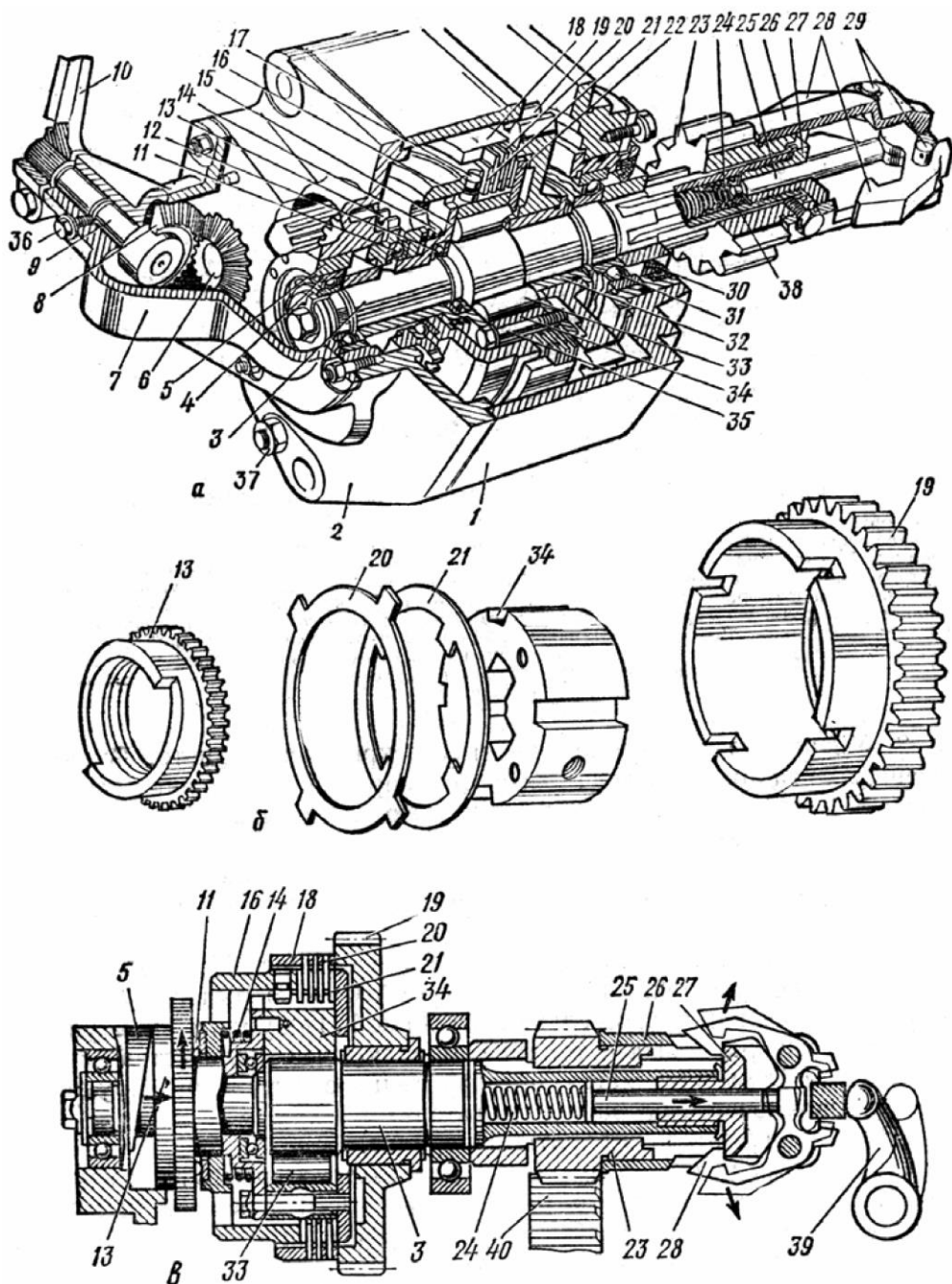


Рис. 2.14. Механизмы передачи системы пуска: а - редукторная часть в сборе; б - детали сцепления; в - обгонная муфта; 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - вал; 4, 11, 12 и 31 - подшипники; 5 - неподвижный упор; 6 - коническая шестерня; 7 - крышка механизма включения; 8 - сектор; 9 - валик; 10 - рычаг; 13 - подвижный упор; 14, 24 и 33 - пружины; 15 - ступица обгонной муфты; 16 - нажимной диск; 17 - штифт; 18 - ведущий барабан; 19 - шестерня редуктора; 20 и 21 - ведущие и ведомые диски; 22 - упорный диск; 23 - шестерня автомата выключения; 25 - толкатель; 26 - держатель; 27 - направляющая втулка; 28 - груз-защелка; 29 - ось груза; 30 - манжета; 32 - втулка; 33 - ролик; 34 - обойма обгонной муфты; 35 - стяжной болт; 36 - фиксирующий болт; 31 - гайка; 39 - рычаг включения автомата; 40 - венец маховика

Задание 4. Изучите систему питания двигателя (на примере двигателя ЯМЗ-240 и его модификаций)

Последовательность выполнения задания:

1. С помощью плаката изучите общее устройство и работу системы питания. Проследите путь топлива от бака до форсунки. Найдите на тракторе все приборы системы питания, рассмотрите, как они закреплены.

2. Изучите фильтр тонкой очистки топлива (рис. 2.15).

Запомните: на двигателе Д-240 установлен топливный насос УТН-5А, а на двигателях Д-144 и Д-37Е - этот же насос или насос НД-21/4-14 распределительного типа.

3. С помощью плаката изучите устройство и работу насоса УТН-5А. Он имеет четыре секции, сходные по конструкции с секциями насоса ЯМЗ-240Б.

Рассмотрите и изучите устройство гильзы и плунжера (рис. 2.16).

Рассмотрите устройство для управления поворотом плунжера и регулировки: поворотную втулку 26 и зубчатый сектор 28, рейку 27. Ознакомьтесь с деталями насоса: кулачковым валом, толкателями.

4. Изучите конструкцию топливного насоса распределительного типа НД-21/4. Он имеет одну плунжерную пару, которая обслуживает четыре цилиндра двигателя. Насос устроен аналогично насосу НД-22/6. Отличие состоит в том, что НД-21/4 имеет одну секцию, на кулачковом валу находится один кулачок с четырьмя выступами, в головке просверлены четыре отверстия и установлены четыре нажимных штуцера с нагнетательными клапанами.

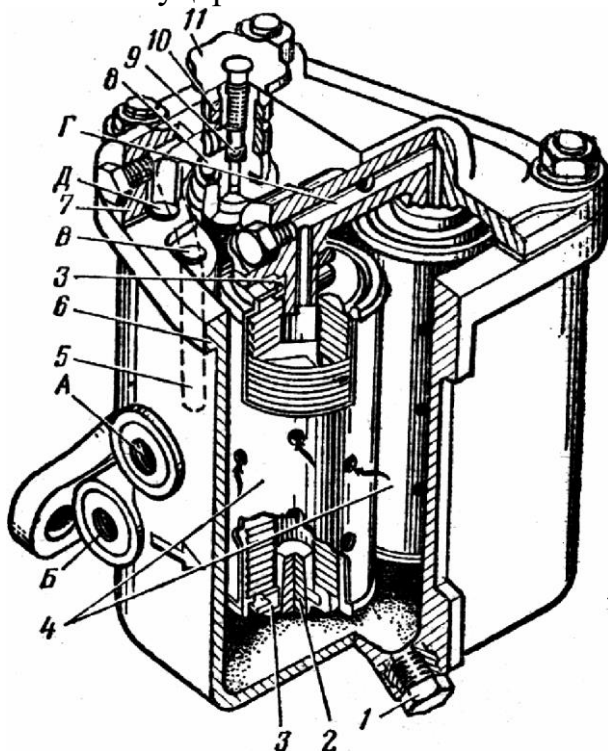


Рис. 2.15. Фильтр тонкой очистки топлива двигателя Д-240:

1 - пробка отверстия для слива отстоя; 2 - упорный штырь; 3 - резиновое уплотнение; 4 - фильтрующие элементы; 5 - трубка отвода воздуха; 6 - корпус фильтра; 7 - крышка корпуса; 8 - штуцер продувочного вентиля; 9 - запорный шарик; 10 - гайка зажима поворотного угольника; 11 - рукоятка продувочного вентиля; А - вход топлива; Б - выход топлива; В - канал для неочищенного топлива; Г - каналы крышки; Д - канал для очищенного топлива

Привод насосов УТН-5 и НД-21/4 устроен так же, как привод насосов двигателей А-41.

5. На двигателе Д-240 устанавливают форсунку ФД-22, а на двигателях Д-37Е и Д-144 - форсунку БТА, которая отличается размерами (ее распылитель имеет не четыре, а три сопла).

6. По плакату или рис. 2.17 рассмотрите устройство регулятора насоса УТН-5А. На выступающем в корпус регулятора конце кулачкового вала насоса крепится ступица 26. На ней шарнирно закреплены четыре грузика 23. Внутренние рычаги грузиков упираются в муфту 19, а она - в рычаги 9 и 13 регулятора. На основной рычаг 9 воздействует пружина 6, натяжение которой может изменяться рычагом 34 управления регулятором. Этот рычаг соединен тягами с рычагом акселератора, находящимся в кабине трактора. Тракторист, изменяя положение акселератора, меняет натяжение пружины 6, чем переводит двигатель на нужный скоростной режим. Промежуточный рычаг 13 имеет корректорное устройство 10, на него же воздействует пружина 7 обогатителя.

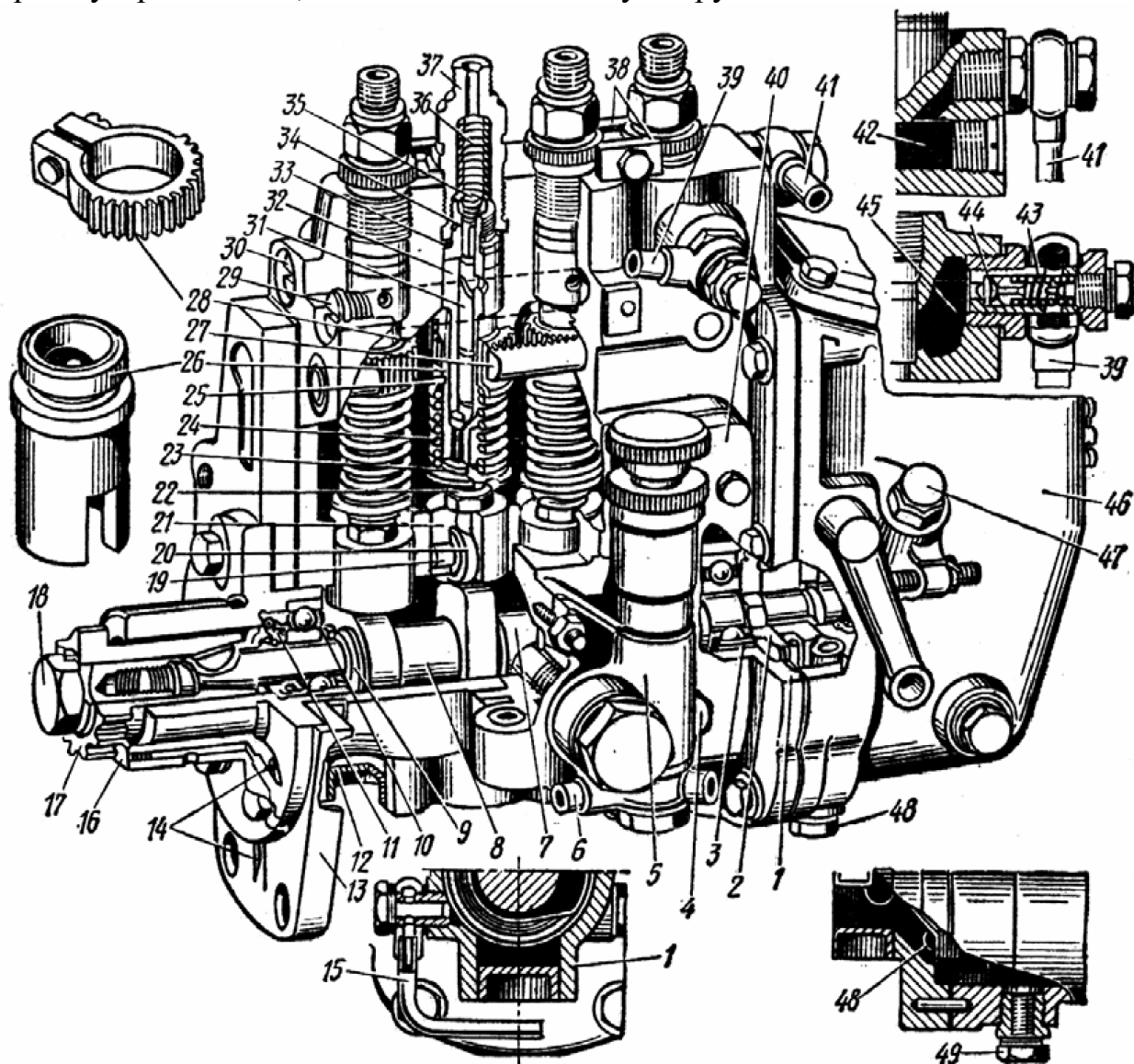


Рис. 2.16. Топливный насос УТН-5:

1 - корпус насоса; 2 - шайба амортизатора; 3 - стакан подшипника; 4 - заглушка; 5 - подкачивающий насос; 6 - штуцер топливопроводов; 7 - эксцентрик привода подкачивающего насоса; 8 - кулачковый вал; 9 - шайба; 10 - маслоотражатель; 11 - самоподжимная манжета; 12 - пробка; 13 - установочный фланец насоса; 14 - канал подвода масла к подшипнику шестерни привода; 15 - трубка поддержания уровня масла в картере; 16 - установочный фланец; 17 - шлицевая втулка; 18 - стопорный болт; 19 - ось толкателя; 20 - ролик толкателя; 21 - толкатель; 22 - регулировочный винт толкателя; 23 - нижняя тарелка пружины плунжера; 24 - пружина плунжера; 25 - верхняя тарелка пружины; 26 - поворотная втулка; 27 - рейка; 28 - зубчатый сектор; 29 и 30 - пробка-заглушка; 31 - плунжер; 32 - гильза; 33 - прокладка; 34 - седло нагнетательного клапана; 35 - нагнетательный клапан; 36 - пружина клапана; 37 - нажимной штуцер; 38 - зажимы; 39 - отводящий топливопровод; 40 - крышка; 41 - подводящий топливопровод; 42 - топливоподводящий канал; 43 - пружина перепускного клапана; 44 - перепускной клапан; 45 - топливоотводящий канал; 46 - регулятор; 47 - пробка маслосливного отверстия; 48 - пробка сливного отверстия; 49 - канал, соединяющий полости насоса и регулятора

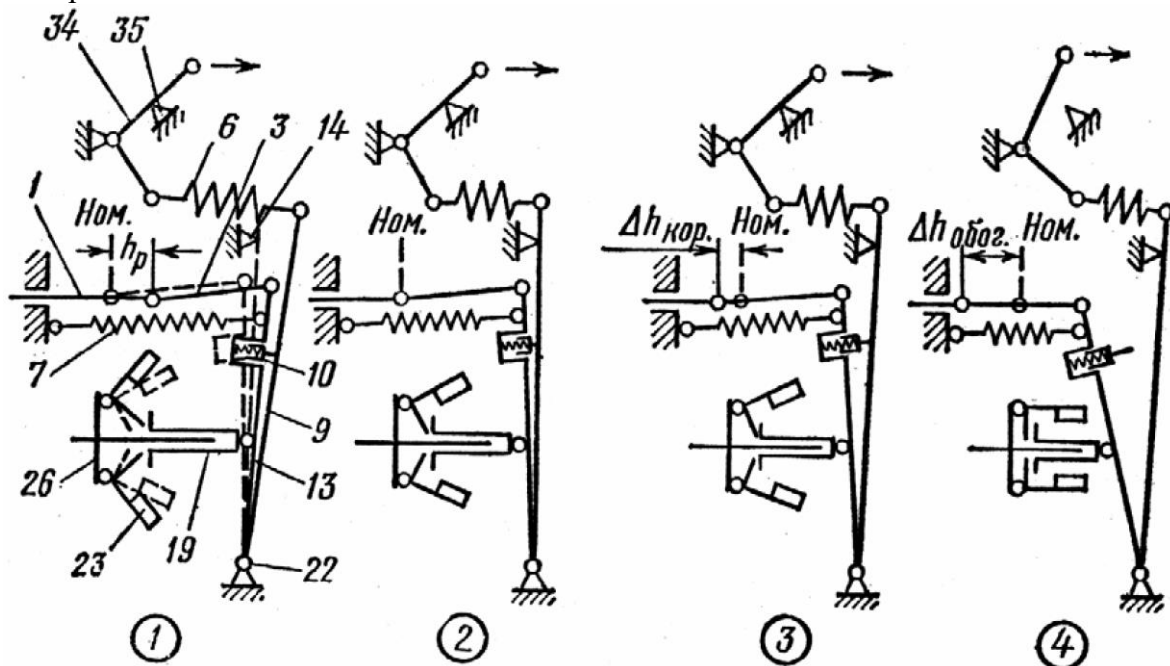


Рис. 2.17. Схема действия регулятора насоса УТН-5А при различных режимах работы двигателя:

1 - рейка топливного насоса; 3 - тяга рейки; 6 - пружина регулятора; 7 - пружина обогатителя; 9 - основной рычаг; 10 - корпус корректора; 13 - промежуточный рычаг; 14 - болт номинала; 19 - подвижная муфта; 23 - грузы; 26 - ступица грузов; 34 - рычаг управления; 35 - регулировочный упорный винт рычага управления (остальные позиции см. рис. 62); I - максимальная частота вращения холостого хода; II - режим номинальной частоты вращения; III - режим перегрузки; IV - режим запуска двигателя

9. Изучите работу регулятора на основных режимах работы двигателя (рис. 2.17).

Максимальная частота вращения холостого хода. На этом режиме грузики максимально раздвинуты под действием центробежной силы и отодвигают муфту 19 и рычаги 9 и 13 регулятора, которые прижаты друг к другу, в крайнее правое положение. Рейка также перемещена вправо, в положение минимальной подачи топлива. При увеличении нагрузки частота вращения двигателя падает,

центробежная сила уменьшается, грузики несколько сближаются. Пружина регулятора перемещает сложенные рычаги 9 и 13 влево. Рейка насоса также перемещается влево, что обеспечивает увеличение подачи.

Режим номинальной частоты вращения (номинальная нагрузка). При номинальной нагрузке основной рычаг упирается в болт 14 номинальной подачи топлива и не может перемещаться больше влево. Это приводит к тому, что пружина 6 выключается из работы.

Режим перегрузки. При дальнейшем увеличении нагрузки центробежная сила становится настолько малой, что пружина корректора 10, упираясь в остановившийся рычаг 9, перемещает дальше влево промежуточный рычаг 13 и рейку 1, обеспечивая дальнейшее увеличение подачи топлива.

Режим запуска двигателя. При запуске двигателя центробежная сила незначительна, и грузики сложены, что позволяет пружине 7 обогатителя переместить промежуточный рычаг 13 максимально влево, а вместе с ним и рейку 1. Это обеспечивает почти двукратную подачу топлива, что необходимо для запуска холодного двигателя.

8. По рис. 2.16 рассмотрите устройство регулятора. Привод регулятора выполнен в виде шайбы 28, жестко посаженной на кулачковый вал. Шайба через четыре резиновых сухаря 27 соединяется со ступицей 26. Подобное устройство позволяет смягчать нагрузки, возникающие при резких изменениях частоты вращения двигателя. На ступице 26 на осях 17 крепятся четыре грузика 23. На валу установлен упорный шарикоподшипник 21 и надета муфта 19 с впрессованной внутри бронзовой втулкой. Муфта упирается в стальную закаленную пяту 18 промежуточного рычага 13. Оба рычага 9 и 13 имеют одну ось 22 в нижней части корпуса. Отклонение промежуточного рычага от основного ограничивается болтом 15. В промежуточный рычаг ввернут корпус корректора 10, в котором находится пружина корректора 31. Жесткость этой пружины регулируется пробкой 30. Пружина поджимает штифт 11 корректора, который стремится разжать рычаги 9 и 13. Также за промежуточный рычаг крепится пружина 7 обогатителя. Верхний конец промежуточного рычага связан с рейкой 1 топливного насоса. Верхний конец основного рычага 9 связан с пружиной 6 регулятора. Другой конец пружины соединен с серьгой 4. Отверстия в серьге позволяют вворачивать пружину в них и изменять ее жесткость.

На внешней стороне корпуса регулятора имеется болт 35, который ограничивает ход рычага управления регулятором, а на задней стенке корпуса - винт 12 ограничения максимально допустимой частоты вращения и болт 14 номинальной подачи. Регулятор насоса НД-21/4 устроен так же, как и насоса НД-22/6.

9. Форсунки регулируют на давление начала впрыска 17,5 МПа. В регуляторе и насосе УТН-5А устанавливаются положение болта 14 номинальной подачи топлива, номинальную частоту вращения двигателя винтом 35; регулируют количество и равномерность подачи топлива секциями поворотом втулки относительно зубчатого сектора; проверяют и регулируют момент начала пода-

чи топлива регулировочным винтом толкателей, подачу топлива на максимальной частоте вращения холостого хода, количество подаваемого топлива на режиме перегрузки изменяют затяжкой пружины корректора.

На двигателе Д-240 момент опережения подачи устанавливают в положении, когда установочный болт картера маховика входит в углубление маховика, т.е. на 26° до ВМТ. На двигателе Д-144 в момент начала подачи топлива указатель, закрепленный на крышке распределительных шестерен, должен совпадать с меткой Т на шкиве коленчатого вала. Один градус угла поворота коленчатого вала соответствует расстоянию на шкиве у Д-240 1,6 мм, у Д-37Е и Д-144 - 2,12 мм.

10. Изучите особенности системы питания двигателя Д-21 А. В ней имеется только один элемент фильтра тонкой очистки топлива, расположенный в общем корпусе с фильтром грубой очистки (в отдельном колпаке). Топливо подается насосом распределительного типа НД-21/2, подобным насосу НД-21/4, но кулачок вала этого насоса имеет только два выступа.

Рассмотрите на двигателе Д-21 А и тракторе Т-21 А расположение и крепление топливного бака, воздухоочистителя, фильтров, насоса и форсунок. Обратите внимание на указанные выше отличительные особенности.

Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1. Характеристика контрольных заданий

Практическая работа должна выполняться студентом после изучения всего курса.

Предметом практической работы является расчет рядного четырехцилиндрового ДВС с искровым зажиганием (карбюраторного двигателя).

По табл. 3.1 в соответствии с последней предпоследней цифрой шифра устанавливаются заданная мощность N_e , кВт (первая строчка в столбце варианта), частота вращения коленчатого вала n , мин⁻¹ (вторая строчка в столбце варианта) и степень сжатия ε (третья строчка в столбце варианта).

Исходные величины задания N_e и n даны для номинального режима работы двигателя.

Таблица 3.1 - Исходные данные для расчёта

		Последняя цифра зачётной книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра зачётной книжки	0	56	64	70	101	103	70	88	263	292	182
		4800	5400	5400	4800	4800	3800	2200	2000	1700	1900
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	1	56	64	70	101	103	70	88	263	292	182
		4800	5400	5400	4800	4800	3800	2200	2000	1700	1900
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	2	57	65	71	102	104	71	89	264	293	183
		4900	5500	5500	4900	4900	3900	2300	2100	1800	2000
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	3	56	64	70	101	103	70	88	263	292	182
		4900	5500	5500	4900	4900	3000	2300	2100	1800	2000
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	4	59	67	73	104	106	73	91	266	295	185
		5000	5600	5600	5000	5000	4000	2400	2200	1900	2100
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	5	57	65	71	102	104	71	89	264	293	183
		5000	5600	5600	5000	5000	4000	2400	2200	1900	2100
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	6	59	67	102	104	106	73	91	266	295	185
		5100	5700	5700	5100	5100	4100	2500	2300	2000	2200
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	7	60	68	74	105	107	74	92	267	296	186
		5100	5700	5700	5100	5100	4100	2500	2300	2000	2200
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	8	60	68	74	105	107	74	92	267	296	186
		5200	5800	5800	5200	5200	4200	2600	2400	2100	2300
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5
	9	61	69	75	106	108	75	93	268	297	187
		5200	5800	5800	5200	5200	4200	2600	2400	2100	2300
		12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5

3.3. Методические рекомендации по выполнению практической работы

3.3.1. Оформление практической работы

Практическая работа оформляется в виде электронного текстового документа формата А4 (210 X 297). Работа должна содержать титульный лист, установленного университетом образца.

Работа сдаётся в электронном виде в электронной информационно-образовательной среде университета.

3.3.2. Рекомендации по выполнению практической работы

1. Краткая техническая характеристика рассчитываемого двигателя

Таблица 3.2 - Краткая техническая характеристика двигателя

№ п/п	Наименование показателя	Условные обозначения	Единица измерения	Значения
1	Тип двигателя	—	—	бенз
2	Число и расположение цилиндров	i	—	4P
3	Номинальная мощность	Ne	кВт	*
4	Номинальная частота вращения коленчатого вала	n_N	мин ⁻¹	*
5	Степень сжатия	ϵ	—	*

* Данные из задания

2. Тепловой расчёт двигателя

2.1. Общие сведения

Тепловой расчет позволяет с достаточной степенью точности аналитическим путем определить основные параметры вновь проектируемого двигателя, а также проверить степень совершенства действительного цикла реально работающего двигателя.

Отношение действительного количества воздуха, участвующего в сгорании 1 кг топлива, к теоретически необходимому количеству воздуха называется коэффициентом избытка воздуха (α).

Относительное изменение объема при сгорании характеризуется величиной химического коэффициента молекулярного изменения горючей смеси (μ_0), который представляет собой отношение количества молей продуктов сгорания к количеству молей горючей смеси.

Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси (μ) представляет собой отношение общего количества молей газов в цилиндре после сгорания к числу молей до сгорания.

Коэффициент дозарядки ($\varphi_{доз}$) характеризует дополнительное наполнение цилиндра после прохода поршня н.м.т.

Коэффициент остаточных газов (γ_r) характеризует качество очистки цилиндра от продуктов сгорания.

Коэффициент наполнения (η_v) представляет собой отношение действительного количества свежего заряда, поступившего в цилиндр, к тому количе-

ству, которое могло бы поместиться в рабочем объеме цилиндра при условии, что температура и давление в нем равны температуре и давлению среды, из которой поступает свежий заряд.

Индикаторная мощность двигателя (N_i) – работа, совершаемая газами внутри цилиндра в единицу времени.

Индикаторный КПД (η_i) – характеризует степень использования в действительном цикле теплоты топлива для получения полезной работы и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной индикаторной работе цикла, ко всему количеству теплоты, внесенной в цилиндр с топливом.

Среднее эффективное давление (P_e) представляет собой отношение эффективной работы на валу двигателя к единице рабочего объема цилиндра.

Отношение среднего эффективного давления к индикаторному называется механическим КПД двигателя (η_m).

Полезная работа, получаемая на валу двигателя в единицу времени, называется эффективной мощностью (N_e).

Отношение количества теплоты, эквивалентной полезной работе на валу двигателя, к общему количеству теплоты, внесенной в двигатель с топливом, называется эффективным КПД (η_e).

2.2 Выбор топлива

В соответствие с заданной степенью сжатия ε (из задания) можно использовать бензин марки АИ-92.

2.2.1 Средний элементарный состав и молекулярная масса бензина

$C=0,855$; $H=0,145$ и $m_T=(110 - 120)$ кг/кмоль.

2.2.2 Низшая теплота сгорания топлива

$$H_u = 33,91C + 125,60H - 10,89(O - S) - 2,51(9H + W), \quad (3.1)$$

где W – количество водяных паров в продуктах сгорания массовой или объемной единицы топлива.

$$H_u = 33,91 \cdot 0,855 + 125,6 \cdot 0,145 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,145 = 43,93 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 43930 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.3 Параметры рабочего тела

2.3.1 Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right), \quad (3.2)$$

где L_0 – теоретически необходимое количество воздуха в кмоль для сгорания 1 кг топлива, кг возд./кг топл.

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right), \quad (3.3)$$

где l_0 - теоретически необходимое количество воздуха в кг для сгорания 1 кг топлива, кг возд./кг топл.

2.3.2 Коэффициент избытка воздуха

Обеспечивает наиболее экономичный режим работы двигателя с меньшей токсичностью продуктов сгорания $\alpha = 0,8 - 0,96$

2.3.3 Количество горючей смеси

$$M_1 = \alpha L_0 + \frac{1}{m_T}, \quad \frac{\text{кмольгор.см.}}{\text{кгтопл}} \quad (3.4)$$

где L_0 —теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг возд./кг топл;

m_T - молекулярная масса паров топлива, кг/кмоль (110-120 кг/кмоль)

α - коэффициент избытка воздуха.

2.3.4 Количество отдельных компонентов продуктов сгорания при значении коэффициента, зависящего от отношения количества свободного водорода и оксида углерода $K=0,47$ и принятых скоростных режимах. В продуктах сгорания находятся следующие компоненты:

CO – оксид углерода

H₂O - вода

CO₂ – углекислый газ

N₂ - азот

H₂ – водород

а) Количество углекислого газа

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} + 2 \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0 \frac{\text{кмоль}CO_2}{\text{кгтопл}} \quad (3.5)$$

б) Количество оксида углерода

$$M_{CO} = 2 \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0 \frac{\text{кмоль}CO}{\text{кгтопл}} \quad (3.6)$$

в) Количество воды

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2K \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208L_0 \frac{\text{кмоль}H_2O}{\text{кгтопл}} \quad (3.7)$$

г) Количество свободного водорода

$$M_{H_2} = 2 \cdot K \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 \frac{\text{кмоль}H_2}{\text{кгтопл}} \quad (3.8)$$

д) Количество азота

$$M_{N_2} = 0,792\alpha L_0 \frac{\text{кмоль}N_2}{\text{кгтопл}} \quad (3.9)$$

2.3.5 Общее количество продуктов сгорания

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{H_2} \frac{\text{кмоль пр.сг.}}{\text{кгтопл.}} \quad (3.10)$$

2.4 Параметры окружающей среды и остаточные газы

2.4.1 Давление и температура окружающей среды

$$p_0 = 0,1 \text{ МПа} \text{ и } T_0 = 293 \text{ К}$$

2.4.2 Температура остаточных газов

Температура остаточных газов выбирается из пределов $T_r = 900 - 1100^\circ \text{ К}$

2.4.3 Давление остаточных газов

Давление остаточных газов – в цилиндре двигателя перед началом процесса наполнения всегда содержится некоторое количество остаточных газов, находящихся в объеме камеры сгорания. Большие значения P_r принимают для двигателей с высокой частотой вращения коленчатого вала

$$Pr = (1,05 - 1,25) \cdot p_0, \text{ МПа} \quad (3.11)$$

2.5 Параметры процесса впуска

2.5.1 Температура подогрева свежего заряда

С целью получения хорошего наполнения двигателей на номинальных скоростных режимах принимается из пределов $\Delta T_N = 0 - 20^\circ \text{ C}$

2.5.2 Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{p_0 \cdot 10^6}{R_B T_0}, \text{ кг/м}^3 \quad (3.12)$$

где $R_B = 287$ Дж/(кг·град) - удельная газовая постоянная для воздуха

2.5.3 Потери давления на впуске

$$\Delta p_a = (0,05 - 0,20)p_0 \quad (3.13)$$

2.5.4 Давление в конце впуска

$$P_a = P_0 - \Delta P_a \quad (3.14)$$

2.5.5 Коэффициент остаточных газов

Характеризует качество очистки цилиндра от продуктов сгорания. Определяется без учета продувки и дозарядки ($\varphi_{oc} = \varphi_{доz} = 1$).

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} \quad (3.15)$$

Пределы изменения γ_r (0,04 – 0,10)

2.5.6 Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} \quad (3.16)$$

Пределы изменения T_a (320 ...370 К), ΔT (0...25⁰С)

2.5.7 Коэффициент наполнения

Характеризует полноту наполнения цилиндра свежим зарядом горячей смеси.

Пределы изменения η_v (0,7 – 0,9).

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} (\varepsilon \cdot p_a - p_r) \quad (3.17)$$

2.6 Параметры процесса сжатия

2.6.1 Средний показатель адиабаты сжатия

Средний показатель адиабаты сжатия κ_1 определяется по номограмме (Приложение 1), на основе величины ε (заданное) и рассчитанной T_a

$$\kappa_1 =$$

При выборе n_1 учитывается, что с уменьшением частоты вращения теплоотдача от газов в стенки цилиндра увеличивается, а n_1 уменьшается по сравнению с κ_1 более значительно.

Показатель политропы сжатия n_1 в зависимости от κ_1 устанавливается в следующих пределах:

$$n_1 = (\kappa_1 - 0,01) \dots (\kappa_1 - 0,04)$$

2.6.2 Давление в конце сжатия

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа} \quad (3.18)$$

Пределы изменений: $p_c = 0,9 - 2,0$ МПа

2.6.3 Температура в конце сжатия

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ } ^\circ\text{К} \quad (3.19)$$

Пределы изменений: $T_c = 600 - 800$ К

2.6.4 Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия:

а) свежей смеси (воздуха)

$$(m c_V)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} t_c, \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}} \quad (3.20)$$

$$t_c = T_c - 273^0 \text{С}, \quad (3.21)$$

где t_c – температура в конце сжатия.

б) остаточных газов

Определяется методом интерполяции по таблице 3.3, при известных частоте вращения n , коэффициента избытка воздуха α , и температуры остаточных газов t_c .

$$(mc_V'')_{t_0}^{t_c}, \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$$

в) рабочей смеси

$$(mc_V')_{t_0}^{t_c} = \frac{1}{1 + \gamma_r} [(mc_V)_{t_0}^{t_c} + \gamma_r (mc_V'')_{t_0}^{t_c}], \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{°C}} \quad (3.22)$$

где $(mc_V)_{t_0}^{t_c}$ - средняя молярная теплоемкость в конце сжатия свежей смеси;

$(mc_V'')_{t_0}^{t_c}$ - средняя молярная теплоемкость в конце сжатия остаточных газов

Таблица 3.3 - Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания

Температура $t, \text{°C}$	Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания, кДж/(кмоль·град), бензина при α											
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
0	21,683	21,786	21,880	21,966	22,046	22,119	22,187	22,123	22,065	22,011	21,962	21,916
100	21,902	22,031	22,149	22,257	22,356	22,448	22,533	22,457	22,388	22,325	22,266	22,216
200	22,140	22,292	22,431	22,559	22,676	22,784	22,885	22,796	22,722	22,650	22,584	22,523
300	22,445	22,618	22,776	22,921	23,055	23,173	23,293	23,200	23,115	23,036	22,964	22,898
400	22,777	22,968	23,143	23,303	23,450	23,586	23,712	23,613	23,521	23,437	23,360	23,289
500	23,138	23,345	23,534	23,707	23,867	24,014	24,150	24,045	23,948	23,859	23,777	23,702
600	23,507	23,727	23,929	24,113	24,284	24,440	24,586	24,475	24,373	24,280	24,193	24,114
700	23,882	24,115	24,328	24,523	24,702	24,868	25,021	24,905	24,798	24,700	24,610	24,527
800	24,249	24,493	24,715	24,919	25,107	25,280	25,441	25,319	25,208	25,106	25,012	24,925
900	24,608	24,861	25,092	25,304	25,500	25,680	25,847	25,720	25,604	25,498	25,400	25,309
1000	24,949	25,211	25,449	25,668	25,870	26,056	26,229	26,098	25,977	25,867	25,766	25,672
1100	25,276	25,545	25,791	26,016	26,224	26,415	26,593	26,457	26,333	26,219	26,114	26,016
1200	25,590	25,866	26,118	26,349	26,562	26,758	26,940	26,800	26,672	26,554	26,446	26,345
1300	25,887	26,168	26,426	26,662	26,879	27,080	27,265	27,121	26,989	26,868	26,757	26,653
1400	26,099	26,456	26,719	26,959	27,180	27,385	27,574	27,426	27,291	27,166	27,051	26,945
1500	26,436	26,728	26,995	27,240	27,465	27,673	27,866	27,714	27,575	27,447	27,330	27,221
1600	26,685	26,982	27,253	27,501	27,729	27,941	28,136	27,981	27,836	27,708	27,588	27,477
1700	26,924	27,225	27,499	27,751	27,983	28,197	28,395	28,236	28,091	27,958	27,835	27,722
1800	27,147	27,451	27,728	27,983	28,218	28,434	28,634	28,473	28,324	28,188	28,063	27,948
1900	27,359	27,667	27,948	28,205	28,442	28,661	28,863	28,698	28,548	28,409	28,282	28,164
2000	27,559	27,870	28,153	28,413	28,652	28,873	29,078	28,910	28,757	28,616	28,487	28,367
2100	27,752	28,065	28,351	28,613	28,854	29,077	29,283	29,113	28,958	28,815	28,684	28,562
2200	27,935	28,251	28,539	28,803	29,046	29,270	29,478	29,306	29,148	29,004	28,870	28,747
2300	28,104	28,422	28,712	28,978	29,223	29,449	29,658	29,484	29,324	29,177	29,042	28,917
2400	28,268	28,588	28,879	29,147	29,394	29,621	29,832	29,655	29,494	29,345	29,209	29,082
2500	28,422	28,744	29,037	29,305	29,553	29,782	29,993	29,815	29,652	29,502	29,364	29,236
2600	28,570	28,892	29,187	29,458	29,706	29,936	30,149	29,969	29,804	29,653	29,513	29,384
2700	28,711	29,036	29,332	29,604	29,854	30,085	30,298	30,116	29,950	29,797	29,657	29,527
2800	28,847	29,173	29,470	29,743	29,994	30,226	30,440	30,257	30,090	29,936	29,794	29,663

2.7 Параметры процесса сгорания

2.7.1 Коэффициент молекулярного изменения горючей смеси

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} \quad (3.23)$$

2.7.2 Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad (3.24)$$

2.7.3 Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания и теплоты сгорания рабочей смеси

$$\Delta H_u = 119950(1 - \alpha)L_0, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.25)$$

$$H_{\text{раб.см}} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1(1 + \gamma_r)} \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль раб.см.}} \quad (3.26)$$

2.7.4 Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания

$$(mc''_v)_{t_0}^{t_z} = \frac{1}{M_2} [M_{\text{CO}_2} (mc''_{\text{vCO}_2})_{t_0}^{t_z} + M_{\text{CO}} (mc''_{\text{vCO}})_{t_0}^{t_z} + M_{\text{H}_2\text{O}} (mc''_{\text{vH}_2\text{O}})_{t_0}^{t_z} + M_{\text{H}_2} (mc''_{\text{vH}_2})_{t_0}^{t_z} + M_{\text{N}_2} (mc''_{\text{vN}_2})_{t_0}^{t_z}] \quad (3.27)$$

$\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$

где M_{CO_2} – количество углекислого газа,

M_{CO} – количество оксида углерода,

$M_{\text{H}_2\text{O}}$ – количество водяного пара,

M_{H_2} – количество водорода,

M_{N_2} – количество азота,

$(mc''_{\text{vCO}_2})_{t_0}^{t_z}$ – средняя молярная теплоемкость углекислого газа,

$$(mc''_{\text{vCO}_2})_{t_0}^{t_z} = (39,123 + 0,003349t_z), \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{°C}};$$

$(mc''_{\text{vCO}})_{t_0}^{t_z}$ – средняя молярная теплоемкость оксида углерода,

$$(mc''_{\text{vCO}})_{t_0}^{t_z} = (22,490 + 0,001430t_z), \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{°C}};$$

$(mc''_{\text{VH}_2\text{O}})_{t_0}^{t_z}$ - средняя молярная теплоемкость водяного пара,

$$(mc''_{\text{VH}_2\text{O}})_{t_0}^{t_z} = (26,67 + 0,004438t_z), \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}^\circ\text{C}};$$

$(mc''_{\text{VH}_2})_{t_0}^{t_z}$ - средняя молярная теплоемкость водорода,

$$(mc''_{\text{VH}_2})_{t_0}^{t_z} = (19,678 + 0,001758t_z), \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}^\circ\text{C}};$$

$(mc''_{\text{VN}_2})_{t_0}^{t_z}$ - средняя молярная теплоемкость азота,

$$(mc''_{\text{VN}_2})_{t_0}^{t_z} = (21,951 + 0,001457t_z), \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}^\circ\text{C}}.$$

2.7.5 Коэффициент использования теплоемкости

Зависит от совершенства организации процессов смесеобразования и сгорания топлива, в расчетах ξ_Z выбирается по опытным данным в зависимости от конструктивных особенностей двигателя. Пределы изменений ξ_Z (0,8 – 0,95) для карбюраторных двигателей, ξ_Z (0,9 – 0,96) для двигателей с электронным впрыском.

2.7.6 Температура в конце видимого процесса сгорания

$$\xi_Z H_{\text{раб.см.}} + (mc'_V)_{t_0}^{t_c} t_c = \mu (mc''_V)_{t_0}^{t_z} t_z, \quad (3.28)$$

где $(mc'_V)_{t_0}^{t_c}$ - теплоемкость продуктов сгорания рабочей смеси;

$(mc''_V)_{t_0}^{t_z}$ - средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания.

$$T_z = t_z + 273, K$$

$$At_z^2 + Bt_z - C = 0, \text{ }^\circ\text{C}$$

Эмпирические коэффициенты для карбюраторных двигателей:

$$A=0,002202; B=26,143; C=81893$$

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

Пределы изменений T_z (2400÷3100) K

2.7.7 Максимальное давление сгорания: теоретическое

$$p_z = \frac{p_c \mu \Gamma_z}{T_c}, \text{ МПа} \quad (3.29)$$

Пределы изменений p_z (3,5 – 7,5 МПа)

2.7.8 Максимальное давление сгорания: действительное (давление конца сгорания)

$$p_{zД} = 0,85 p_z \quad (3.30)$$

Пределы изменений p_{z0} (3,0 – 6,5 МПа)

2.7.9 Степень повышения давления

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}, \quad (3.31)$$

Пределы изменения λ (3,2 – 4,2)

2.8 Параметры процесса расширения

2.8.1 Средние показатели адиабаты и политропы расширения

Средний показатель адиабаты расширения k_2 определяется по номограмме (приложение 2) при заданном ε для соответствующих значений α и T_z , а средний показатель политропы расширения n_2 оценивается по величине среднего показателя адиабаты.

$$k_2 =$$

Среднее значение величины n_2 изменяется в пределах

$$n_2 = (1,23 - 1,30)$$

Принимаю $n_2 =$

2.8.2 Давление в конце процесса расширения

$$p_b = \frac{p_{zД}}{\varepsilon^{n_2}} \text{ МПа} \quad (3.32)$$

Пределы изменения p_b (0,35 – 0,6 МПа).

2.8.3 Температура в конце процесса расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} \quad (3.33)$$

Пределы изменения T_b (1200 – 1700 К).

2.9 Параметры процесса выпуска

2.9.1 Проверка ранее принятой температуры остаточных газов

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} \quad (3.34)$$

$$\Delta T_r = \frac{|T_{r \text{ расч}} - T_{r \text{ прин}}|}{T_{r \text{ расч}}} \cdot 100\% \quad (3.35)$$

Погрешность не должна превышать более 3%.

2.10 Индикаторные параметры рабочего цикла

2.10.1 Теоретическое среднее индикаторное давление

$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (3.36)$$

2.10.2 Среднее индикаторное давление

$$p_i = \varphi_u p'_i, \quad (3.37)$$

где φ_u - коэффициент полноты диаграммы

Коэффициент полноты диаграммы для карбюраторных двигателей

$$\varphi_u = 0,94 - 0,97$$

Пределы изменения для бензиновых двигателей $p_i = 0,6 - 1,4 \text{ МПа}$

2.10.3 Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива

Характеризует степень использования теплоты топлива на получение работы.

$$\eta_i = \frac{p_i l_0 \alpha}{H_u \rho_0 \eta_V} \quad (3.38)$$

где l_0 - теоретически необходимое количество воздуха в кг для сгорания 1 кг топлива;

ρ_0 - плотность заряда на впуске;

H_u - низшая теплота сгорания топлива, мДж ($H_u = 43,93 \frac{\text{мДж}}{\text{кг топл}}$)

Величина η_i составляет (0,30 – 0,40) для карбюраторных двигателей

2.10.4 Индикаторный удельный расход топлива

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i}, \quad \frac{z}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} \quad (3.39)$$

Установленные пределы g_i для карбюраторных двигателей

$$(210 - 275) \frac{z}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

Установленные пределы g_i для двигателей с электронным впрыском

топлива $(180 - 230) \frac{z}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$

2.11 Эффективные показатели двигателя

2.11.1 Средняя скорость поршня на номинальном режиме работы двигателя принимаем равной:

$$V_{n.c.p.} = 8,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ход поршня, мм определим по формуле.

$$S = \frac{V_{n.c.p.} \cdot 30}{n_N}, \quad \text{м} \quad (3.40)$$

Среднее давление механических потерь для бензиновых двигателей:

$$p_M = 0,034 + 0,0113 \cdot V_{n.c.p.} \quad \text{МПа} \quad (3.41)$$

2.11.2 Среднее эффективное давление

$$p_e = p_i - p_M, \quad \text{МПа} \quad (3.42)$$

Пределы изменения для карбюраторных двигателей p_e (0,6 – 1,1 МПа)

2.11.3 Механический КПД

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} \quad (3.43)$$

Пределы изменения η_m (0,75 – 0,92).

2.11.4 Эффективный КПД

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad (3.44)$$

Установленные пределы η_e (0,25 – 0,38).

2.11.5 Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e}, \quad \frac{г}{кВт \cdot ч} \quad (3.45)$$

Установленные пределы g_e (230 – 310) $\frac{г}{кВт \cdot ч}$.

$$g_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e}, \quad \frac{г}{кВт \cdot ч}$$

2.12 Основные параметры цилиндра и двигателя

2.12.1 Литраж двигателя, дм³

$$V_l = \frac{30\tau N_e}{p_e n} \quad (3.46)$$

2.12.2 Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{V_l}{i} \quad (3.47)$$

2.12.3 Диаметр цилиндра, дм

Определяется по предварительно принятому ходу поршня.

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot S}} \quad (3.48)$$

По окончательно принятым значениям D и S определяем конечные значения показателей двигателя.

2.12.4 Площадь поршня

$$F_n = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 100} \quad \text{см}^2 \quad (3.49)$$

2.12.5 Индикаторная мощность двигателя

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau} \quad (3.50)$$

2.12.6 Эффективная мощность двигателя

$$N_e = \frac{p_e V_l n}{30 \tau} \quad \text{кВт} \quad (3.51)$$

2.12.7 Литровая мощность двигателя

$$N_l = \frac{N_e}{V_l} \frac{\text{кВт}}{\text{дм}^3} \quad (3.52)$$

2.12.8 Крутящий момент

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{\pi \cdot n} \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (3.53)$$

2.12.9 Часовой расход топлива

$$G_T = N_e g_e \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \quad (3.54)$$

2.13 Построение расчетной круговой индикаторной диаграммы

Круговая индикаторная диаграмма представляет собой зависимость изменения давлений, возникающих внутри цилиндра двигателя от изменения объема цилиндра (графическое изменение).

Вводим свои данные в документ Excel (можно скачать в ЭиОС)

2.14 Тепловой баланс

2.14.1 Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом

$$Q_0 = H_u \cdot \frac{G_T}{3,6} \cdot \frac{\text{Дж}}{c} \quad (3.55)$$

2.14.2 Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1 с

$$Q_e = 1000N_e \cdot \frac{\text{Дж}}{c} \quad (3.56)$$

$$q_e = \frac{Q_e}{Q_0} \cdot 100\%$$

(77)

2.14.3 Теплота, отданная охлаждающей среде

$$Q_B = c i D^{1+2m} n^m \cdot \frac{(H_u - \Delta H_u)}{(\alpha H_u)} \cdot \frac{\text{Дж}}{c} \quad (3.57)$$

где c (0,45÷0,53) - коэффициент пропорциональности для четырехтактных двигателей;

m (0,5÷0,7) - показатель степени для четырехтактных двигателей, принимаю

$$q_B = \frac{Q_B}{Q_0} \cdot 100\% \quad (3.58)$$

2.14.4 Теплота, потерянная с отработавшими газами

$$Q_r = \left(\frac{G_T}{3,6} \right) \left\{ M_2 \left[(mc_v)_{t_0}^r + 8,315 \right] t_r - M_1 \left[(mc_v)_{t_0}^{20} + 8,315 \right] t_0 \right\} \frac{\text{Дж}}{c} \quad (3.59)$$

где $(mc_v)_{t_0}^r$ - теплоемкость остаточных газов, (определена по табл. 2 методом интерполяции при α и при известной температуре остаточных газов t_r);

$(mc_v)_{t_0}^{20} = 20,775 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$ - теплоемкость свежего заряда, (определена по таблице

для воздуха, методом интерполяции при $\alpha =$ и при температуре $t=20^\circ\text{C}$).

$$q_r = \frac{Q_r}{Q_0} \cdot 100\% \quad (3.60)$$

2.14.5 Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания рабочей смеси

$$Q_{nc} = \Delta H_u \frac{G_T}{3,6} \frac{Дж}{с} \quad (3.61)$$

$$q_{nc} = \frac{Q_{nc}}{Q_0} \cdot 100\% \quad (3.62)$$

2.14.6 Неучтенные потери теплоты

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_B + Q_r + Q_{nc}) \frac{Дж}{с} \quad (3.63)$$

$$q_{ост} = \frac{Q_{ост}}{Q_0} \cdot 100\% \quad (3.64)$$

2.14.7 Составляющие теплового баланса

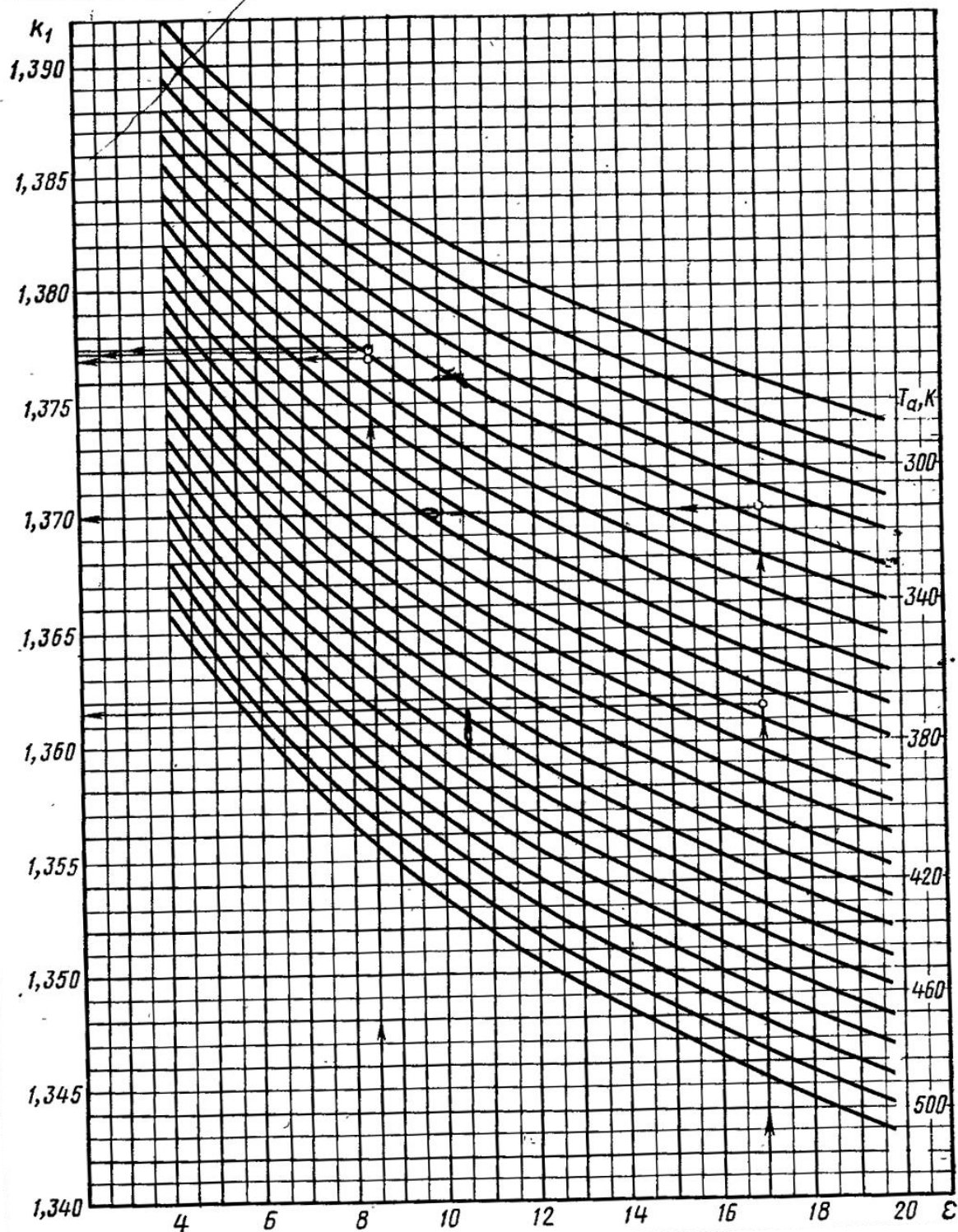
Таблица 3.4 - Тепловой баланс

Обозначение	Состав теплового баланса	$Q, \frac{Дж}{с}$	$q, \%$
Q_0	Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом		
Q_e	Теплота, эквивалентная эффективной работе		
Q_B	Теплота, отданная охлаждающей среде		
Q_r	Теплота, унесенная с отработавшими газами		
Q_{nc}	Теплота, потерянная из-за неполноты сгорания топлива		
$Q_{ост}$	Неучтенные потери		

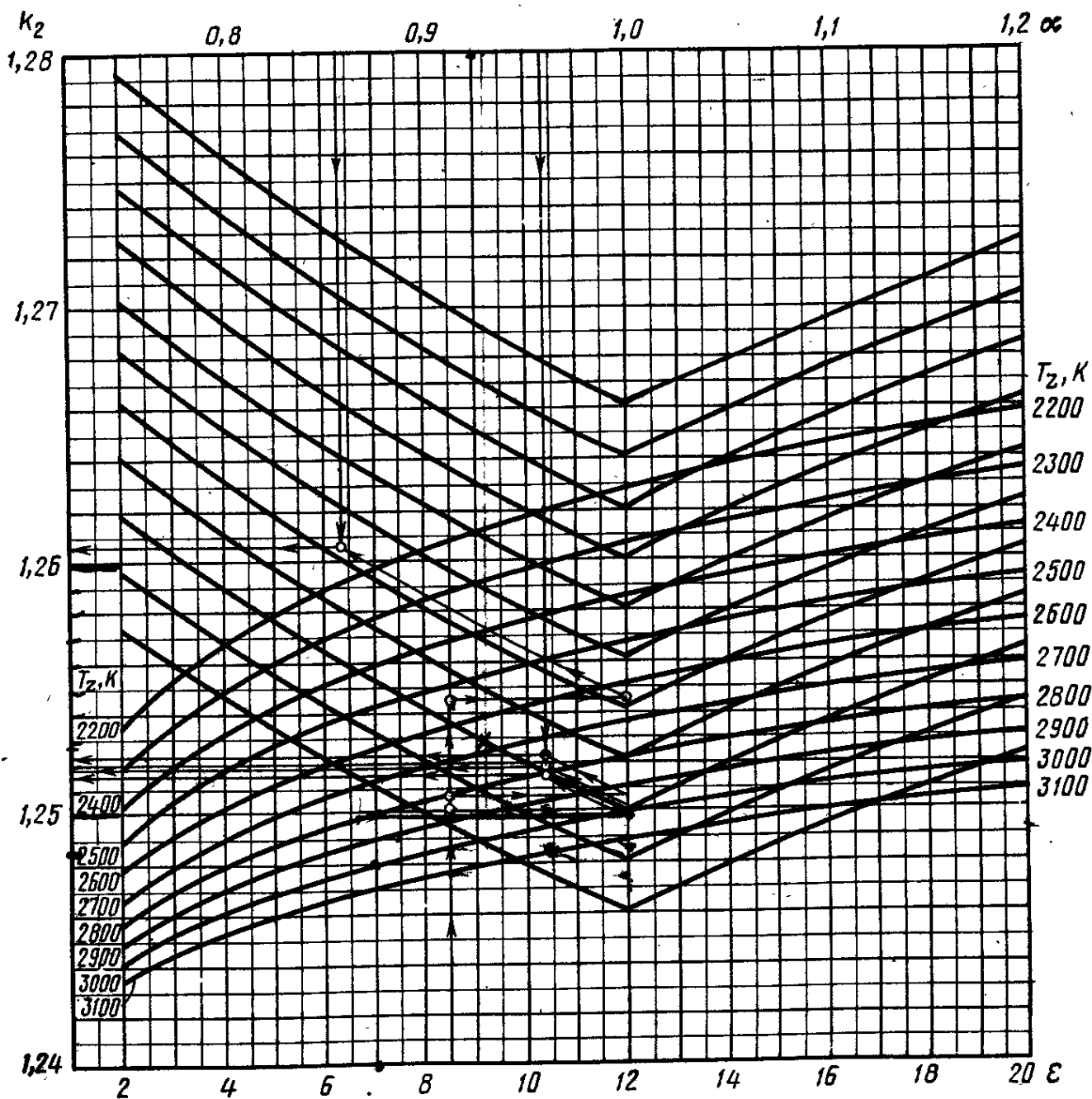
Вывод:

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1- Номограмма для определения показателя адиабаты сжатия (для учебных целей)



Приложение 2- Номограмма определения показателя адиабаты расширения κ_2 для бензинового двигателя (для учебных целей)



Оглавление

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	3
1.1. Цели и задачи дисциплины	3
1.2. Библиографический список	5
1.3. Распределение учебного времени по модулям (разделам) и темам дисциплины, часы ..	7
Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ	8
2.1. Модуль 1. Двигатели внутреннего сгорания как источники энергии.....	8
2.1.1. Содержание модуля 1	8
2.1.2. Методические указания по изучению модуля 1	8
2.1.3. Вопросы для самоконтроля.....	9
2.1.4. Задания для самостоятельной работы.....	10
2.2. Модуль 2. Принципы и показатели работы двигателей внутреннего сгорания	10
2.2.1. Содержание модуля 2	10
2.2.2. Методические указания по изучению модуля 2	11
2.2.3. Вопросы для самоконтроля.....	14
2.2.4. Задания для самостоятельной работы.....	17
2.3. Модуль 3. Конструкции основных механизмов и деталей двигателей внутреннего сгорания	19
2.3.1. Содержание модуля 3	19
2.3.2. Методические указания по изучению модуля 3	19
2.3.3. Вопросы для самоконтроля.....	20
2.3.4. Задания для самостоятельной работы.....	24
Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ	40
3.1. Характеристика контрольных заданий	40
3.3. Методические рекомендации по выполнению практической работы.....	41
3.3.1. Оформление практической работы	41
3.3.2. Рекомендации по выполнению практической работы	42
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	58