

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Курганский государственный университет

Кафедра "Автомобильный транспорт и автосервис"

Транспортная энергетика

Программа и методические указания для студентов
заочной формы обучения специальности 190702 (240400)
“Организация и безопасность движения
(автомобильный транспорт)”

Курган 2004

Кафедра "Автомобильный транспорт и автосервис"

Дисциплина "Транспортная энергетика"
(специальность 190702 (240400))

Составил: старший преподаватель Дик И.И.

Утверждены на заседании кафедры " 1 " декабря 2004 г.

Рекомендованы методическим советом
университета " " 2004 г.

Введение

В дисциплине "Транспортная энергетика" рассматриваются теоретические основы работы автомобильных двигателей и их систем. Курс имеет целью дать студенту систему знаний о факторах, формирующих энергетические, экологические, эксплуатационные и другие показатели и характеристики двигателей.

Дисциплина состоит из двух основных частей:

- 1 Основы технической термодинамики.
- 2 Основы теории, показатели и характеристики автомобильных двигателей.

В первой части рассматриваются основные законы термодинамики, термодинамические процессы, дифференциальные уравнения термодинамики, циклы двигателей внутреннего сгорания.

Во второй части изучаются процессы, проходящие в цилиндре двигателя и сопровождающие превращение химической энергии топлива в механическую работу; определяются показатели, оценивающие работоспособность, экономичность и экологичность двигателя, и выясняются пути повышения этих показателей; изучаются способы приготовления смеси в различных типах двигателей и вопросы, связанные со смесеобразованием и соответствующей аппаратурой; рассматриваются вопросы микропроцессорного управления работой двигателя.

Для изучения курса рекомендуется следующая литература:

- 1 Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. школа, 1980. - 469 с.
- 2 Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1984. – 335 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. заведений).
- 3 Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей.: Учеб. пособие для вузов/ А.И. Колчин, В.П. Демидов – 3-е изд. перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.
- 4 Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей.: Учеб. пособие для вузов/ 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.
- 5 Глазырин А.В., Грачев В.В. Снижение токсичности автомобильных двигателей.: Учебное пособие. - Курган: Изд-во КГУ, 2000. -98 с.

1 Содержание дисциплины

1.1 Теоретический курс

1 Введение

Тепловые двигатели, классификация. Преимущества и недостатки двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Классификация поршневых ДВС.

2 Основы технической термодинамики и теплотехники

Термодинамические параметры состояния. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Теплота и работа. Термодинамическое равновесие.

Основные законы идеальных газов. Уравнение состояния идеальных газов. Универсальное уравнение состояния идеального газа.

Смесь идеальных газов. Основные свойства газовых смесей. Газовая постоянная смеси газов. Средняя молярная масса.

Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия.

Теплоемкость газов. Основные определения. Аналитические выражения теплоемкостей. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость смесей идеальных газов. Энтропия. Тепловая TS-диаграмма.

Термодинамические процессы идеальных газов. Общие вопросы исследования процессов. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.

Второй закон термодинамики. Круговые термодинамические процессы. Термический КПД цикла. Прямой обратимый цикл Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики.

Термодинамические циклы ДВС: смешанный, с подводом теплоты при постоянном объеме, с подводом теплоты при постоянном давлении. Параметры и показатели теоретических циклов. Анализ и сравнение циклов.

Виды теплообмена, основные понятия и определения. Теплопроводность при стационарном режиме. Закон Фурье. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок. Теплоотдача, коэффициент теплоотдачи. Лучистый теплообмен. Лучисто-конвективный теплообмен. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через ребристую стенку.

3 Действительные циклы поршневых ДВС

Рабочие процессы четырехтактных двигателей с искровым зажиганием. Рабочие процессы четырехтактных дизелей. Рабочие процессы двухтактных двигателей. Методы форсирования двигателей. Показатели работы двигателей. Понятие о характеристиках и эксплуатационных режимах работы ДВС.

Протекание газообмена в четырех- и двухтактных двигателях. Показатели очистки и наполнения цилиндра. Температура конца процесса впуска. Давление в процессе газообмена. Уравнение коэффициента остаточных га-

зов. Коэффициент наполнения цилиндра. Факторы, влияющие на коэффициенты остаточных газов и наполнения.

Процесс сжатия. Выбор степени сжатия. Теплообмен в процессе сжатия. Показатель политропы сжатия. Давление и температура конца сжатия.

Процесс сгорания. Сгорание моторных топлив. Коэффициент избытка воздуха. Горючая смесь. Продукты полного и неполного сгорания топлива. Теплота сгорания. Теплоемкость рабочего тела. Смесеобразование в бензиновых двигателях. Особенности смесеобразования в газовых двигателях. Сгорание топлива в двигателях с воспламенением от искры. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на протекание процесса. Нарушение процесса сгорания в двигателях с воспламенением от искры. Смесеобразование в дизелях. Впрыскивание и распыливание топлива. Разделенные и неразделенные камеры сгорания. Сгорание топлива в дизелях. Влияние различных факторов на протекание процесса. Расчет температуры и давление конца сгорания.

Процесс расширения. Теплообмен в процессе расширения. Показатель политропы. Давление и температура конца расширения.

4 Индикаторные и эффективные показатели

Индикаторные показатели. Индикаторная диаграмма. Среднее индикаторное давление действительного цикла. Индикаторная мощность. Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива. Влияние различных факторов на индикаторные показатели.

Внутренние потери двигателя. Мощность и среднее давление механических потерь. Механический КПД. Зависимость механических потерь от режима работы двигателя.

Эффективные показатели. Эффективная мощность и среднее эффективное давление. Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива. Литровая и поршневая мощности. Пути повышения мощности и экономичности двигателя.

5 Системы питания, наддува и автоматическое регулирование двигателя

Карбюраторные системы. Простейший карбюратор, его характеристика. Наивыгоднейшая характеристика карбюратора. Главная система, система холостого хода, экономайзер принудительного холостого хода, пусковое устройство, устройства обогащения смеси, ускорительный насос. Ограничитель максимальной частоты вращения. Многокамерные карбюраторы. Карбюратор с электронным управлением.

Системы впрыскивания бензина. Системы распределенного и центрального впрыска. Электронное и механическое регулирование подачи топлива. Электронные системы управления двигателем. Структура и принципы микропроцессорного управления. Основы функционирования микропроцессорных схем.

Системы питания газовых двигателей. Системы питания сжиженным и сжатым газом.

Топливные системы дизелей. Системы разделенного и неразделенного типа. Регулирование цикловой подачи. Топливные насосы высокого давления многоплунжерные и распределенного типа. Закрытые форсунки. Характеристики топливоподачи. Корректирование скоростных характеристик топливоподачи.

Системы наддува. Механический, газотурбинный и комбинированный наддув. Охлаждение воздуха. Регулирование давления наддува. Особенности применения наддува в двигателях с воспламенением от искры.

Автоматическое регулирование двигателя. Устойчивость режима работы. Необходимость установки на двигатель автоматических регуляторов частоты вращения. Автоматические регуляторы частоты вращения: предельные, двухрежимные, всережимные.

6 Экологические характеристики ДВС

Токсичность и дымность отработавших газов (ОГ). Основные определения. Нормирование токсичности и дымности ОГ двигателей. Токсичность ОГ двигателей с искровым зажиганием, способы снижения токсичности. Токсичность и дымность ОГ дизелей, способы снижения токсичности и дымности.

7 Характеристики двигателей

Нагрузочные характеристики. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием. Нагрузочная характеристика дизеля.

Скоростные характеристики. Скоростная характеристика двигателя с искровым зажиганием. Внешняя и частичные скоростные характеристики. Скоростная и регуляторная характеристики дизеля. Скоростная характеристика двигателя с наддувом.

1.2 Лабораторные занятия

1 Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя	-	4 часа
2 Скоростная характеристика карбюраторного двигателя	-	4 часа
3 Скоростная характеристика дизеля	-	4 часа

2 Контрольная работа

Для выполнения контрольной работы нужно выбрать вариант задания согласно таблице 2.1. Выбор производится по двум последним цифрам номера зачетной книжки.

Таблица 2.1 - Выбор варианта задания

Пред- последний	Последний									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Номер варианта задания									
1,2,3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,5,6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7,8,9,0	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Номер варианта находится на пересечении вертикали (последняя цифра номера зачетной книжки) и горизонтали (предпоследняя цифра). Например, если номер зачетной книжки студента 941745, то номер варианта задания - 15.

Исходные данные для выполнения контрольной работы приведены в таблице 2.2.

Расшифровка обозначений исходных данных:

- D/S - диаметр цилиндра / ход поршня, мм;
- i - число и расположение цилиндров (P - рядное, V-образное);
- n_N - частота вращения двигателя при максимальной мощности, мин⁻¹;
- ε - степень сжатия;
- ρ - степень предварительного расширения;
- P_a - давление конца впуска, МПа;
- P_c - давление конца сжатия, МПа;
- P_z - давление конца сгорания, МПа;
- P_b - давление конца расширения, МПа;
- P_r - давление остаточных газов, МПа;
- P_k - давление наддува, МПа.

Тип двигателя (бензиновый, дизель) определяется по степени сжатия и прототипу.

Контрольная работа выполняется в следующем объеме:

- а) определение основных показателей двигателя;
- б) построение индикаторной диаграммы.

Таблица 2.2 – Исходные данные для выполнения контрольной работы

№	D/S	i	n_N	ε	ρ	P_a	P_c	P_z	P_b	P_r	P_k	Прототип
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	67/67	4P	5400	9,5	1	0,091	1,97	7,78	0,43	0,12	-	ВАЗ-2108
2	81/77	2P	5400	8,3	1	0,086	1,46	5,95	0,42	0,12	-	ВАЗ-1111
3	90/90	4P	4500	8,2	1	0,085	1,3	6,09	0,44	0,11	-	ЗМЗ-402
4	86/82	8V	3400	7,5	1	0,085	1,37	5,53	0,42	0,11	-	ЗИЛ-130
5	113/108	8V	2800	18,0	1,72	0,09	4,95	6,43	0,33	0,115	-	ЗИЛ-645
6	79/66	4P	5500	8,8	1	0,086	1,66	6,87	0,45	0,11	-	ВАЗ-2108

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	87/87	8V	3200	6,7	1	0,087	1,15	4,89	0,43	0,115	-	ЗМЗ-53А
8	88/84	6P	2650	6,5	1	0,088	1,16	4,95	0,48	0,115	-	ГАЗ-52
9	75/79	4P	5000	8,5	1	0,091	1,64	6,81	0,45	0,11	-	АЗЛК-412
10	99/99	8V	2700	18,5	1,43	0,166	8,35	13,36	0,54	0,15	0,18	ЯМЗ-238Н
II	135/101	8V	2600	18,0	1,28	0,092	4,55	7,73	0,33	0,12	-	ЯМЗ-238
12	94/94	4P	6000	10,5	1	0,088	2,15	8,08	0,43	0,125	-	ВАЗ-2108
13	75/75	4P	5200	8,0	1	0,089	1,54	6,38	0,49	0,125	-	АЗЛК-412
14	81/85	4P	4800	20,0	1,42	0,15	8,8	12,3	0,45	0,136	0,17	ВАЗ-342
15	79/67	4P	5800	8,8	1	0,085	1,67	6,85	0,45	0,11	-	ВАЗ-2101
16	80/70	2P	5800	7,1	1	0,085	1,18	5,16	0,43	0,12	-	ВАЗ-1111
17	120/122	8V	2400	17,0	1,42	0,144	6,63	11,9	0,50	0,132	0,16	КамАЗ-744
18	74/78	4P	5300	9,2	1	0,09	1,83	7,49	0,49	0,105	-	ВАЗ-2101
19	122/131	8V	2100	16,0	1,32	0,174	7,54	12,1	0,53	0,164	0,19	ЯМЗ-238Н
20	84/84	4P	5000	8,8	1	0,086	1,7	7,04	0,46	0,118	-	ЗМЗ-402
21	118/118	8V	2800	16,4	1,27	0,092	4,25	8,5	0,34	0,105	-	КамАЗ-740
22	78/78	4P	4200	21,0	2,1	0,092	5,48	6,57	0,39	0,12	-	ВАЗ-341
23	127/127	6V	2200	17,0	1,45	0,092	4,62	7,86	0,37	0,12	-	ЯМЗ-236
24	110/121	6V	2750	17,8	1,63	0,09	4,67	6,54	0,35	0,115	-	ЯМЗ-236
25	142/142	8V	2100	16,0	1,41	0,09	4,06	7,3	0,37	0,11	-	ЯМЗ-238
26	78/82	4P	5600	8,6	1	0,086	1,67	6,79	0,46	0,118	-	АЗЛК-412
27	72/72	4P	5600	9,8	1	0,089	1,99	8,07	0,46	0,118	-	ВАЗ-21102
28	92/83	6P	2650	6,5	1	0,087	1,1	4,79	0,46	0,115	-	ГАЗ-52
29	90/78	8V	3200	6,6	1	0,087	1,15	4,86	0,45	0,115	-	ЗИЛ-130
30	93/88	4P	5000	9,8	1	0,082	1,78	7,15	0,41	0,112	-	ЗМЗ-406

2.1 Определение основных показателей двигателя

Расчет производится для режима максимальной мощности с целью определения основных показателей работы двигателя.

2.1.1 Индикаторные показатели

На основании данных задания определяются основные параметры двигателя.

Рабочий объем цилиндра V_h , л,

$$V_h = \pi D^2 S / 4. \quad (1)$$

Объем камеры сгорания V_c , л,

$$V_c = V_h / (\varepsilon - 1). \quad (2)$$

Полный объем цилиндра V_a , л,

$$V_a = V_h + V_c. \quad (3)$$

Рабочий объем (литраж) двигателя V_l , л,

$$V_l = V_h \cdot i. \quad (4)$$

Расчетное среднее индикаторное давление P_i' , МПа,

- бензиновый двигатель

$$P_i' = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]; \quad (5)$$

- дизель

$$P_i' = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]; \quad (6)$$

где δ - степень последующего расширения $\delta = \varepsilon / \rho$;

n_1, n_2 - показатели политроп сжатия и расширения.

Средние значения показателей политроп определяются как:

$$n_1 = \frac{\lg P_c - \lg P_a}{\lg \varepsilon}; \quad n_2 = \frac{\lg P_z - \lg P_b}{\lg \delta},$$

Среднее индикаторное давление P_i , МПа,

$$P_i = P_i' \varphi_n, \quad (7)$$

где φ_n - коэффициент полноты индикаторной диаграммы.

Коэффициент полноты принимается равным:

для бензинового двигателя 0,94-0,97;

для дизеля 0,92-0,95

Индикаторная мощность N_i , кВт,

$$N_i = \frac{P_i V_h i n_N}{30\tau}, \quad (8)$$

где τ - коэффициент тактности двигателя.

Плотность заряда на впуске ρ_k , кг/м³,

$$\rho_k = 10^6 P_k / (287 T_k), \quad (9)$$

где P_k - давление наддува, МПа;

T_k - температура свежего заряда, К.

Для двигателей без наддува $P_k = P_o, T_k = T_o$.

Для двигателей с наддувом без охлаждения наддувочного воздуха

$$T_k = T_o (P_k / P_o)^{0,394}.$$

Для двигателей с наддувом и охлаждением наддувочного воздуха

$$T_k = T_o (P_k / P_o)^{0,394} - \Delta T_k,$$

где ΔT_k - уменьшение температуры наддувочного воздуха при установке охладителя.

Коэффициент остаточных газов γ_r

$$\gamma_r = \frac{(T_k + \Delta T) P_r}{T_r (\varphi_{\text{доз}} \varepsilon P_a - P_r)}, \quad (10)$$

где ΔT - подогрев свежего заряда, К;

$\varphi_{\text{доз}}$ - коэффициент дозарядки.

Рекомендации по выбору ΔT и $\varphi_{\text{доз}}$ даны в приложении А.

Коэффициент наполнения η_v определяется по выражению:

$$\eta_v = \varphi_{\text{доз}} \frac{\varepsilon P_a}{\varepsilon - 1 P_k} \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \gamma_r T_r}. \quad (11)$$

Индикаторный КПД цикла η_i

$$\eta_i = \frac{l_o \alpha P_i}{H_u \eta_v \rho_k}, \quad (12)$$

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

H_u - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

α - коэффициент избытка воздуха.

Для бензинового двигателя $l_o=14,957$ кг/кг,

$H_u=44$ МДж/кг;

для дизеля

$l_o=14,452$ кг/кг,

$H_u=42,5$ МДж/кг.

Рекомендации по выбору α даны в приложении А.

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

$$g_i = \frac{3,6 \cdot 10^3}{\eta_i \cdot H_u}. \quad (13)$$

3.1.2 Эффективные показатели

Среднее эффективное давление P_e , МПа,

$$P_e = P_i - P_m, \quad (14)$$

где P_m - среднее давление механических потерь, МПа, определяемое по выражению

$$P_m = (a + b V_{п.ср}) \cdot (P_k / P_o)^{0,1},$$

где a, b - постоянные для данного типа двигателя коэффициенты;

$V_{п.ср}$ - средняя скорость поршня, м/с,

$$V_{п.ср} = S n_N / 30.$$

Рекомендации по выбору коэффициентов даны в приложении А.

Эффективная мощность двигателя N_e , кВт,

$$N_e = \frac{P_e V_h i n_N}{30 \tau}. \quad (15)$$

Литровая мощность двигателя N_l , кВт/л,

$$N_l = \frac{P_e n_N}{30 \tau}. \quad (16)$$

Эффективный крутящий момент двигателя M_e , Н·м,

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \cdot \frac{N_e}{n_N}. \quad (17)$$

Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \eta_i \eta_m, \quad (18)$$

где η_m - механический КПД, определяемый по формуле

$$\eta_m = P_e / P_i.$$

Удельный эффективный расход топлива g_e , г/(кВт·ч),

$$g_e = g_i / \eta_m. \quad (19)$$

Часовой расход топлива G_T , кг/ч,

$$G_T = g_c N_c / 1000. \quad (20)$$

2.2 Построение индикаторной диаграммы

На основании данных задания производится построение индикаторной диаграммы действительного цикла двигателя (рисунок 1а, 1б).

При построении диаграммы ее масштабы рекомендуется выбирать с таким расчетом, чтобы получить высоту равной 1,2-1,7 ее основания. Отрезок АВ, соответствующий рабочему объему цилиндра V_h , рекомендуется выбирать равным ходу поршня в масштабе 1:1; 1,5:1 или 2:1. Масштаб давлений рекомендуется выбирать 0,02; 0,025; 0,04; 0,05; 0,07-0,1 МПа/мм.

Отрезок ОА, соответствующий объему камеры сгорания V_c , рассчитывается по формуле

$$OA = AB / (\varepsilon - 1) \text{ мм}, \quad (21)$$

отрезок $z'z$ для дизелей $z'z = OA(\rho - 1)$.

Затем на диаграмме наносятся давления в характерных точках P_a, P_c, P_z, P_b, P_r . Построение политроп сжатия и расширения производится аналитическим или графическим методами.

При этом необходимо определить ординаты промежуточных расчетных точек по уравнению политропы:

- сжатия $PV^{n1} = \text{const}$;

- расширения $PV^{n2} = \text{const}$.

Для политропы сжатия $P_x V_x^{n1} = P_a V_a^{n1}$, откуда

$$P_x = P_a (V_a / V_x)^{n1}, \quad (22)$$

где P_x, V_x - давление и объем в искомой промежуточной точке.

Отношение V_a / V_x изменяется в пределах $I-\varepsilon$.

Аналогично для политропы расширения

$$P_x = P_b (V_b / V_x)^{n2}, \quad (23)$$

Отношение V_b / V_x изменяется для карбюраторного двигателя в интервале $I-\varepsilon$, для дизелей – $I-\delta$.

Результаты расчета политроп сжатия и расширения аналитическим методом сводятся в таблицу (таблица 3).

Таблица 3 - Результаты расчета точек политроп

Политропа сжатия					Политропа расширения				
V_a / V_x	V_x , л	P_x , МПа	V_x , мм	P_x , мм	V_b / V_x	V_x , л	P_x , МПа	V_x , мм	P_x , мм
1					1				
·					·				
ε					δ				

Для получения действительной индикаторной диаграммы $rr'a'a''c'fc''z_d b'b''a'r$ (скругление индикаторной диаграммы) производится выбор:

- фаз газораспределения (открытие a' и закрытие a'' впускного клапана, открытие b' и закрытие g' выпускного клапана);
- угла опережения зажигания (впрыска) - точка c' ;
- периода задержки воспламенения - отрезок $c'f$;
- угла, соответствующего максимальному давлению сгорания (точка z_d).

Также производится расчет:

- значения давления в верхней мертвой точке процесса сгорания $P_{c''}$, МПа, $P_{c''}=(1,15-1,25)P_c$;

- значения максимального давления процесса сгорания P_{z_d} , МПа, (бензиновый двигатель $P_{z_d}=0,85P_z$, дизель $P_{z_d}=P_z$).

Для определения местоположения указанных точек устанавливается связь между углом φ поворота коленчатого вала и перемещением поршня

$$AX = AB[(1-\cos\varphi) + \lambda(1-\cos2\varphi)/4]/2, \quad (24)$$

где λ - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна ($\lambda=0,25-0,3$).

Расчеты положения точек сводятся в таблицу (таблица 4).

Таблица 4 - Положения точек диаграммы

Обозначение точки	Положение точки	φ , град	Расстояние AX, мм

Соединяя плавными кривыми точки, получим скругленную действительную индикаторную диаграмму.

2.3 Указания по выполнению контрольных работ

Контрольную работу можно выполнять в ученической тетради.

Математические формулы, входящие в текст, пишутся в отдельной строке, после формулы дается обозначение символов, входящих в нее.

Таблицы должны иметь порядковую нумерацию и название. Располагать в тексте таблицы, а также рисунки необходимо вблизи от первой ссылки на них.

Все слова в записке необходимо писать полностью, за исключением общепринятых и допускаемых сокращений, а также стандартных сокращений размерностей физических и других величин.

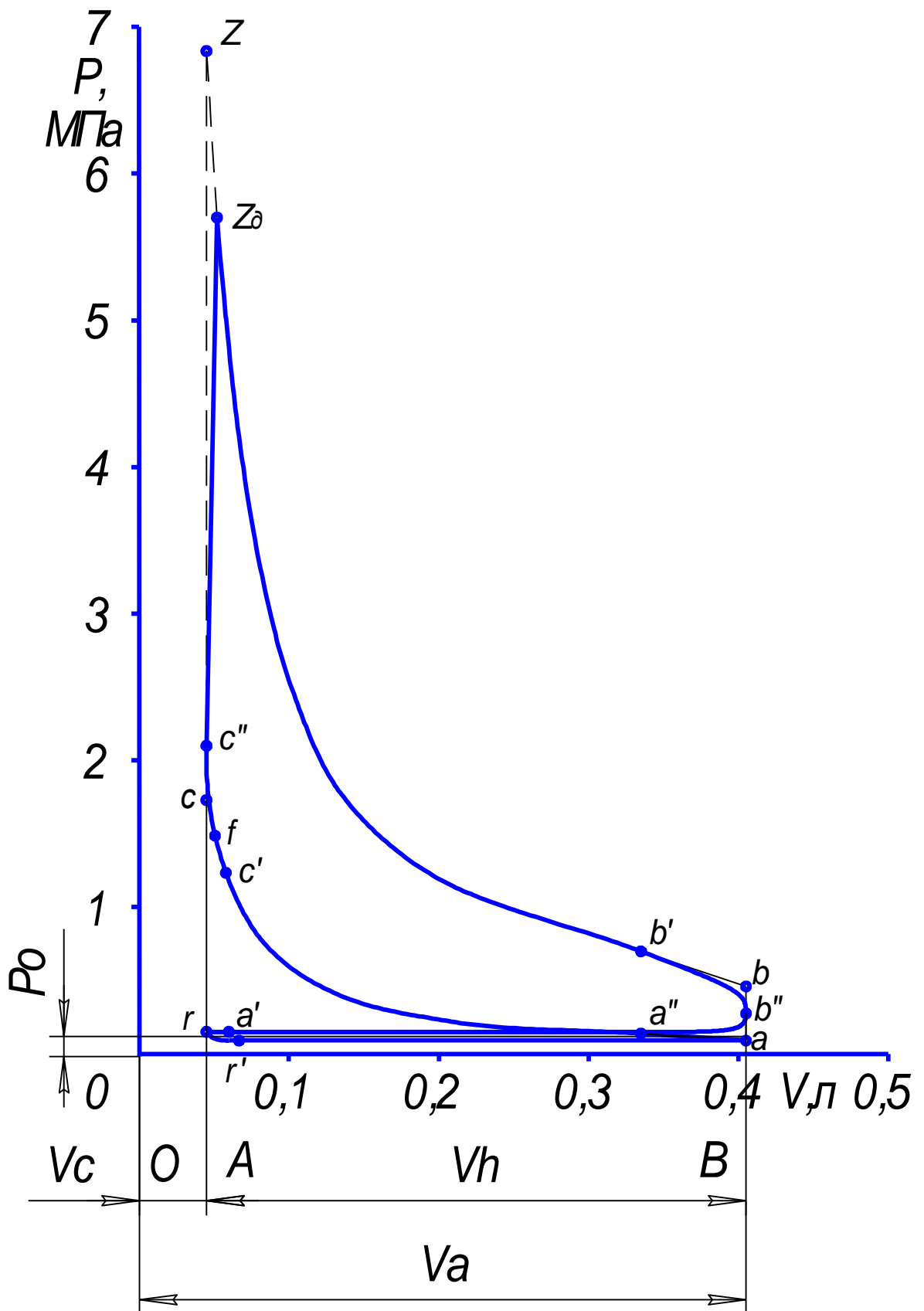


Рисунок 1а – Индикаторная диаграмма бензинового двигателя

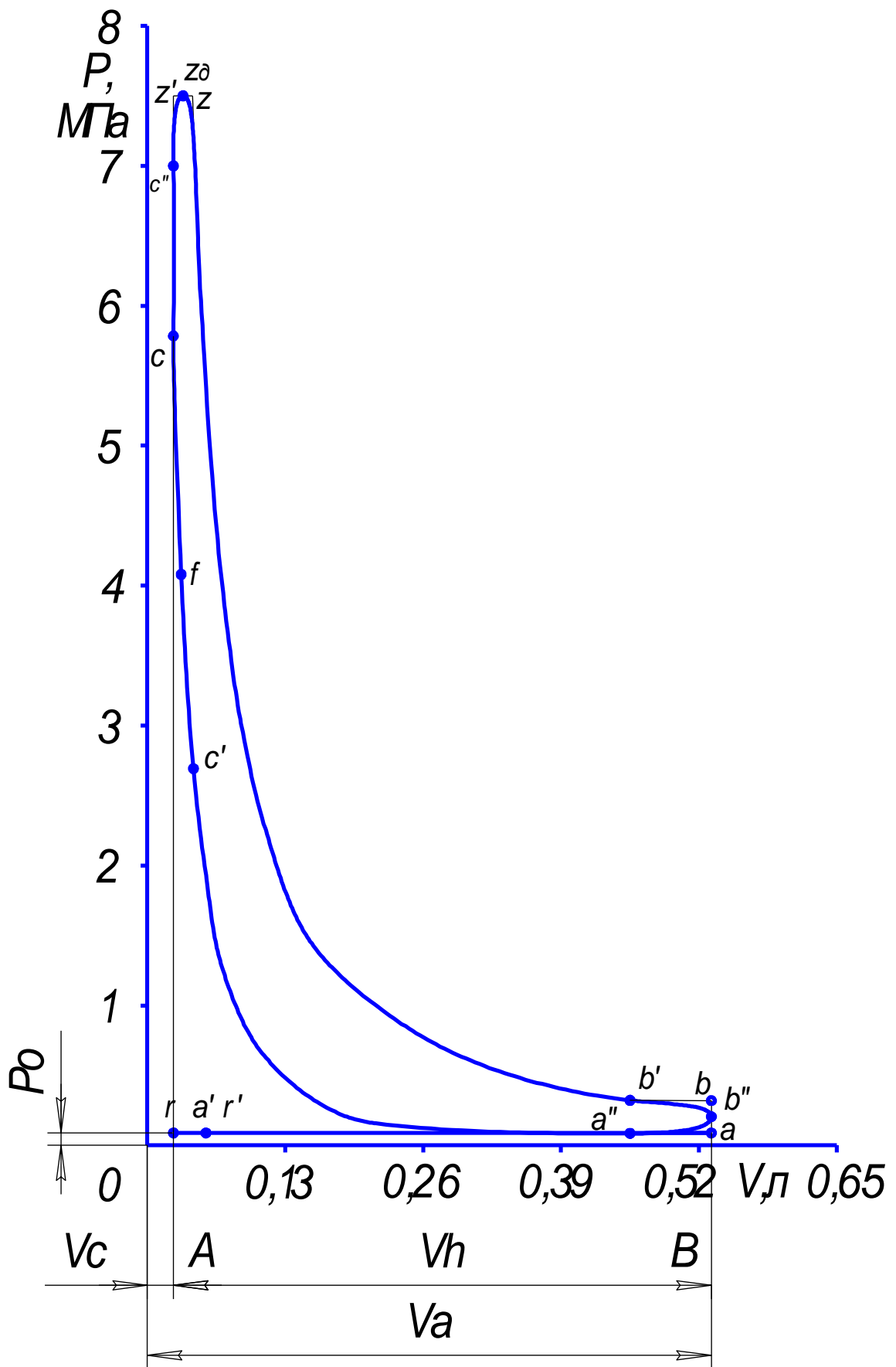


Рисунок 16 – Индикаторная диаграмма дизеля

Приложение А

Рекомендации по проведению расчета показателей работы двигателя (справочное)

Коэффициент дозарядки

Для повышения наполнения цилиндра свежим зарядом в современных быстроходных двигателях впускной клапан закрывается после н.м.т., что позволяет, используя скоростной напор, инерционные и волновые явления во впускной системе, ввести в цилиндр двигателя дополнительную массу свежего заряда (дозарядка). Дозарядка в основном зависит от соответствующего подбора фаз газораспределения (прежде всего от величины угла запаздывания закрытия впускного клапан) и частоты вращения коленчатого вала. Коэффициент дозарядки $\varphi_{\text{доз}}$ на режиме максимальной мощности равен 1,12-1,15.

Однако при уменьшении частоты вращения двигателя вследствие уменьшения кинетической энергии заряда (при постоянной величине угла запаздывания) дозарядка уменьшается и происходит выброс свежего заряда во впускную систему (обратный выброс).

Возможны два вида регулировки закономерности изменения коэффициента наполнения двигателя от частоты вращения (подбором угла запаздывания):

быстроходная регулировка, обеспечивающая максимальное использование явления дозарядки на номинальном режиме (большая величина угла запаздывания закрытия впускного клапана). При постоянном угле запаздывания при такой регулировке уменьшается коэффициент наполнения при низких частотах, а следовательно, и крутящий момент.

тихоходная регулировка, при которой явление дозарядки на номинальном режиме практически не используется (небольшой угол запаздывания). При такой регулировке уменьшается обратный выброс, коэффициент наполнения при низких частотах увеличивается. Коэффициент дозарядки при тихоходной регулировке $\varphi_{\text{доз}} = 1$.

Выбор вида регулировки зависит от режима работы, наиболее часто встречающемся в эксплуатации. Согласно статистических данных, двигатели легковых автомобилей большую часть времени работают на повышенных частотах, двигатели грузовых - на режиме максимального крутящего момента (на некоторых легковых автомобилях - внедорожниках применена тихоходная регулировка коэффициента наполнения двигателя).

Подогрев свежего заряда

В процессе наполнения температура свежего заряда несколько увеличивается благодаря подогреву от нагретых деталей двигателя. Величина по-

догрева ΔT зависит от расположения и конструкции впускного трубопровода, системы охлаждения, наличия специального устройства для подогрева, быстроходности двигателя и наддува.

В зависимости от типа двигателя значения ΔT принимают:

для бензиновых двигателей	0 - 20 ⁰
для дизелей без наддува	10 - 40 ⁰
для дизелей с наддувом без охлаждения наддувочного воздуха	(-5) - (+10) ⁰

В карбюраторных двигателях и двигателях с центральным впрыском бензина для улучшения испарения топлива применяют подогрев впускного трубопровода. В двигателях с распределенным впрыском необходимость подогрева впускного трубопровода отпадает.

В дизелях с наддувом величина подогрева свежего заряда снижается благодаря уменьшению температурного перепада между деталями двигателя и наддувочным воздухом. При повышении температуры наддувочного воздуха (высокие давления наддува) возможны и отрицательные значения ΔT .

При установке охладителя температура наддувочного воздуха понижается до значений, незначительно превышающих температуру окружающей среды. Охлаждение наддувочного воздуха в дизелях применяют только при среднем и высоком наддуве.

Во всех типах двигателей при повышении частоты вращения ΔT увеличивается вследствие уменьшения времени контакта свежего заряда с горячими деталями двигателя.

Температура остаточных газов

В зависимости от типа двигателя, степени сжатия, частоты вращения и коэффициента избытка воздуха устанавливается значение температуры T_r , К, остаточных газов в пределах:

для бензиновых двигателей	900 - 1100
для дизелей	600 - 900

При выборе величины T_r необходимо иметь в виду, что при увеличении степени сжатия и обогащении рабочей смеси температура остаточных газов снижается, а при увеличении частоты вращения - возрастает.

Коэффициент избытка воздуха

Значение коэффициента избытка воздуха α на номинальном режиме работы находится в следующих пределах:

бензиновые двигатели	0,8 - 0,96
дизели с объемным смесеобразованием	1,5 - 1,7
дизели с разделенной камерой сгорания	1,25 - 1,45
дизели с наддувом	1,35 - 2

Для заданных размеров цилиндра уменьшение (до определенных пределов) коэффициента избытка воздуха приводит к увеличению мощности двигателя. Однако с обогащением смеси увеличивается неполнота сгорания, ухудшается экономичность и увеличивается термическая напряженность двигателя.

Среднее давление механических потерь

Среднее давление механических потерь p_m , МПа, определяют из выражения

$$P_m = (a+bV_{п.ср}) \cdot (P_k/P_o)^{0,1}.$$

Значения коэффициентов a и b , приведенных в таблице (для двигателей без наддува), зависят от типа, конструкции, размеров и количества цилиндров.

Таблица А1 - Значения коэффициентов a и b в уравнении p_m

Тип двигателя	a , МПа	b , МПа с/м
Дизели с неразделенной камерой сгорания	0,105	0,012
Дизели с разделенной камерой сгорания	0,105	0,0138
Бензиновые двигатели: S/D > 1	0,05	0,0155
S/D < 1	0,04	0,0135

Дизели для легковых автомобилей изготавливают на базе соответствующих бензиновых двигателей, поэтому величину p_m можно принять равной величине базового двигателя.

Фазы газораспределения

В современных быстроходных двигателях открытие впускного клапана происходит в среднем за $10-35^\circ$ до прихода поршня в в.м.т, а закрытие – через $40-85^\circ$ после н.м.т. Открытие выпускного клапана происходит за $40-80^\circ$ до н.м.т, закрытие – через $10-50^\circ$ после в.м.т.

Угол опережения зажигания в быстроходных двигателях при работе на номинальном режиме колеблется в пределах $30-40^\circ$ поворота коленчатого вала (пкв), угол опережения впрыска – в пределах $15-25^\circ$.

Положение точки f , зависящее от продолжительности периода задержки воспламенения, определяется величиной угла $c'f$, изменяющегося в пределах $5-18^\circ$ пкв, для дизелей – $8-12^\circ$ пкв.

Положение точки z_d по горизонтали для бензиновых двигателей – угол $8-12^\circ$ пкв, для дизелей - $z'z / 2$.

Значения углов зависит от частоты вращения двигателя и вида регулировки закономерности изменения коэффициента наполнения двигателя от частоты вращения.

Дик Иван Иванович

Транспортная энергетика

Программа и методические указания для студентов
заочной формы обучения специальности 190702 (240400)
“Организация и безопасность движения
(автомобильный транспорт)”

Компьютерный набор: И.И. Дик

Редактор: Н.М. Кокина

Подписано к печати		Бумага тип. № 1
Формат 60x84 1/16	Усл.п.л. 1,25	Уч. изд. л. 1,25
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Издательство Курганского государственного университета,
640669 г. Курган, ул. Гоголя 25.

Курганский государственный университет, ризограф.