

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.12.2021 15:45:50  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 13 » 06 2021 г.



### СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания к самостоятельной работе и  
практическим занятиям для студентов направления подготовки  
23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов»

Курск 2021

УДК 629

Составители: Е.В. Агеева, С.В. Хардигов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент, зав. каф ТМиТ

*А.Ю. Алтухов*

**Современные проблемы и направление развития конструкций автомобилей** : Методические указания к самостоятельной работе и практическим занятиям для студентов направления подготовки 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Агеева, С.В. Хардигов. Курск, 2021. 37 с.

Представлены общие сведения по решению практических задач по дисциплине «Современные проблемы и направление развития конструкций автомобилей». Приведены основные методы решения задач, что помогает усвоить и глубже понять теоретические положения курса. В методические указания включены вопросы для повторения пройденного материала.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. Уч.-изд.л Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно

Юго–Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Порядок выполнения практических занятий требования к выполнению отчёта.....	4
<b>Практическое занятие №1</b> <i>Расчет термодинамического цикла поршневых двигателей с подводом теплоты при постоянном объеме.....</i>	6
<b>Практическое занятие № 2</b> <i>Определение индикаторных параметров рабочего цикла и эффективных показателей двигателя.....</i>	20
<b>Практическое занятие № 3</b> <i>Определение основных параметров цилиндра и двигателя.....</i>	23
<b>Практическое занятие № 4</b> <i>Тепловой баланс двигателя.....</i>	26
<b>Вопросы для подготовки к экзамену.....</b>	33
<b>Библиографический список .....</b>	37

## **Порядок выполнения практических занятий требования к выполнению отчёта.**

На первом занятии, студентам сообщают содержание и цели практических занятий по дисциплине, знакомят с документацией и графиком выполнения работ.

Прежде чем приступить к выполнению работы, студент должен изучить ее содержание по данным методическим указаниям, после чего преподаватель путем опроса проверяет готовность студентов к работе.

Предварительной подготовкой к практическим занятиям студенты занимаются дома. При домашней подготовке необходимо повторить теоретический материал. При незнании теоретических выкладок студенты к выполнению практического занятия не допускаются.

После выполнения практического занятия студенты предъявляют преподавателю отчет, оформленный в соответствии с требованиями. После защиты результатов работы и оценки ее качества преподавателем студенты допускаются к следующей работе.

Отчет по практическим занятиям выполняется на писчей бумаге стандартного формата А4 (297×210). Все листы сшиваются в папке скоросшивателем или переплетаются. Допускается выполнение отчета по практическим занятиям в общей тетради.

Содержание отчета следует иллюстрировать таблицами, схемами, рисунками и т.д. Графическому материалу по тексту необходимо давать пояснение в виде ссылок на рисунки и схемы, а внизу под графическим материалом обязательно выполнять подрисовочную надпись.

В тексте отчета не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

В отчете используется сплошная нумерация страниц. На титульном листе номер страницы не проставляется.

Титульный лист является первой страницей отчета и заполняется по определенным правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения и кафедры, по которой выполняются работы.

В среднем поле пишется: «Отчет по практическим занятиям по дисциплине...» Далее ближе к левому краю указываются фамилия, имя и отчество студента, курс, группа (шифр), а к правому краю (чуть ниже) указываются фамилия, имя, отчество преподавателя, а также его ученая степень и ученое звание.

В нижнем поле указывается место выполнения работ и год выполнения (без слова «год»).

Титульный лист оформляется печатным шрифтом (или набранным на компьютере). В случае выполнения отчета в тетради титульный лист оформляется печатным шрифтом от руки.

После титульного листа помещается содержание (оглавление), где

приводятся все заголовки работ и указываются страницы, на которых они помещены. Необходимо помнить, что все заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении.

Схемы, рисунки, графики необходимо выполнять карандашом, черной пастой или тушью на листах писчей, чертежной или миллиметровой бумаги, которые вкладываются в отчёт. При необходимости можно использовать листы нестандартного формата.

## Практическое занятие №1

**Тема:** *Расчет термодинамического цикла поршневых двигателей с подводом теплоты при постоянном объеме.*

**Цель занятия.** *Изучение методики расчета термодинамического цикла с подводом теплоты при постоянном объеме.*

### Методические указания

В начале каждого занятия студенту необходимо тщательно изучить теоретический материал, после чего выполнить расчет параметров цикла согласно заданию, выбираемому из таблицы. Затем изложить полученный материал в тетради для практических занятий.

### 1. Основные теоретические предпосылки

Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме называется циклом Отто по имени немецкого конструктора Н.А. Отто, осуществившего этот цикл в 1876 г.

Идеализированный замкнутый цикл, термодинамически эквивалентный циклу Отто (рис. 1), состоит из двух адиабат (кривые 1 – 2 и 3 – 4) и двух изохор (прямые 2 – 3 и 4 – 1). Работа, производимая двигателем за цикл, выражается площадью фигуры 12341. Так как в этом цикле участвует одно и то же рабочее тело, то линии впуска и выпуска отсутствуют.

Кривая 1 – 2 соответствует процессу адиабатного (условно без теплообмена) сжатия газа; в это время поршень перемещается от нижней мертвой точки (н.м.т.) к верхней мертвой точке (в.м.т.).

При положении поршня в в.м.т. и постоянном объеме  $V_2$  (прямая 2 – 3) осуществляется подвод теплоты  $Q_1$  к рабочему телу. При этом давление и температура рабочего тела повышаются.

При движении поршня от в.м.т. к н.м.т. (кривая 3 – 4) происходит процесс адиабатного расширения газа (рабочего тела).

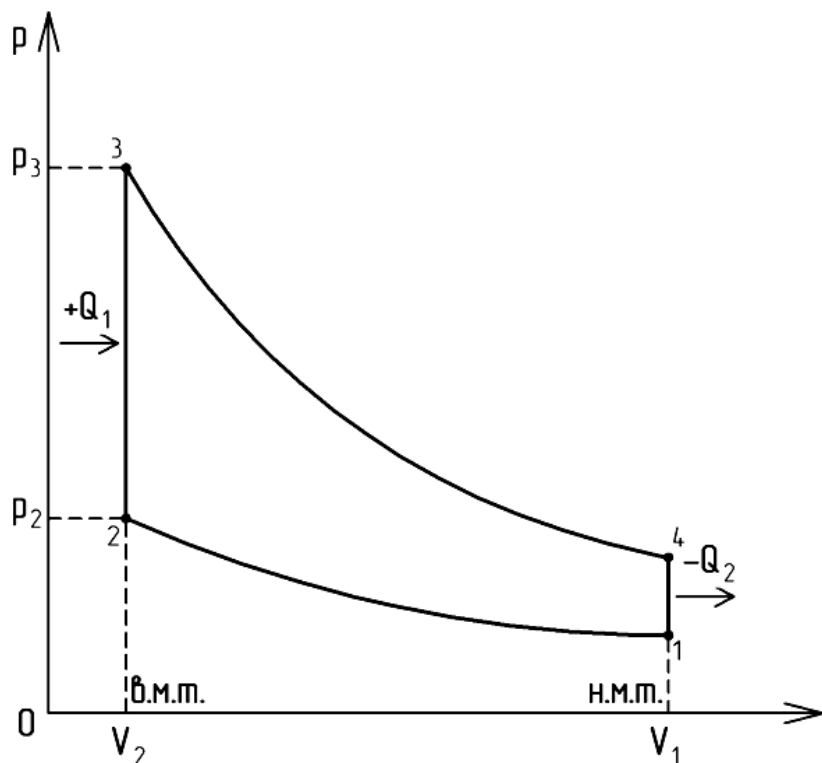


Рис. 1.  
Индикаторная  
диаграмма  
термодинамического  
цикла Отто.

Отвод теплоты ( $-Q_2$ ) от рабочего тела к холодильнику соответствует прямой 4 – 1 и осуществляется при постоянном объеме  $V_1$ , когда поршень находится в н.м.т.

Характеристиками цикла являются степень сжатия  $\varepsilon$  и степень повышения давления  $\lambda$ .

*Степень сжатия* показывает, во сколько раз уменьшается объем рабочего тела в процессе сжатия

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}, \quad (1)$$

где  $V_1$  – полный объем цилиндра при положении поршня в н.м.т.;

$V_2$  – объем цилиндра над поршнем при его положении в в.м.т.  
(объем камеры сгорания).

*Степень повышения давления* показывает, во сколько раз повышается давление рабочего тела в результате подвода к нему теплоты при постоянном объеме

$$\lambda = \frac{p_3}{p_2}, \quad (2)$$

где  $p_3$  – давление рабочего тела в конце подвода теплоты;

$p_2$  – давление рабочего тела в начале подвода теплоты.

Так как параметры начального состояния (точка 1) всегда известны, то параметры всех других состояний могут быть выражены через  $p_1$  (начальное давление),  $V_1$  (начальный объем) и  $T_1$  (начальная температура).

## Объем рабочего тела

Точка 1 индикаторной диаграммы соответствует объему газа, значение которого определяется из выражения.

$$V_1 - V_2 = V_h \quad (3)$$

где  $V_h$  – объем вытесняемый поршнем при его перемещении от Н.М.Т. до В.М.Т. или рабочий объем цилиндра.

Так как

$$V_2 = V_1 - V_h, \quad (4)$$

то подставив (4) в (1), имеем:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_1 - V_h} \quad (5)$$

или

$$V_1 = \varepsilon V_1 - \varepsilon V_h \quad (6)$$

Откуда

$$V_1 = \frac{\varepsilon V_h}{\varepsilon - 1} \quad (7)$$

Точка 2 соответствует объему газа, определяемого и формулы (1).

$$V_2 = \frac{V_1}{\varepsilon} \quad (8)$$

Подставив в (8) формулу (7), получим:

$$V_2 = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} \quad (9)$$

Объем газа, соответствующий точке 3, равен объему газа,



соответствующему точке 2, а объем газа, соответствующей точке 4, равен объему газа, соответствующему точке 1. Поэтому:

$$V_3 = V_2 \text{ и } V_4 = V_1 \quad (10)$$

### Давление рабочего тела

Давление газа, соответствующее точке 2 на индикаторной диаграмме, определяется исходя из того, что процесс сжатия (кривая 1-2) адиабатный, т.е. из уравнения:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^k \quad (11)$$

где  $k$  – показатель адиабаты - величина, равная отношению удельной изобарной теплоемкости  $C_p$  к удельной изохорной теплоемкости  $C_v$ .

$$K = \frac{C_p}{C_v} \quad (12)$$

Подставив (1) в (11) получаем:

$$p_2 = p_1 \varepsilon^k \quad (13)$$

Давление, соответствующее точке 3, определяем из (2)

$$p_3 = \lambda p_2 \quad (14)$$

Подставив (13) в (14) получаем:

$$p_3 = p_1 \lambda \varepsilon^k \quad (15)$$

Давление, соответствующее точке 4, определяем из соотношения для адиабатного процесса расширения:

$$\frac{p_4}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^k \quad (16)$$

Зная (10), из (16) получаем:

$$p_4 = p_3 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^k \quad (17)$$

или с учетом (1):

$$p_4 = p_3 \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^k = \frac{p_3}{\varepsilon^k} \quad (18)$$

Подставив (15) в (18) получаем:

$$p_4 = p_1 \lambda \quad (19)$$

### Температура рабочего тела

Температура, соответствующая точке 2, определяется из следующего выражения, связывающего температуру и давление в адиабатном процессе:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \quad (20)$$

С учетом (1) из (20) имеем:

$$T_2 = T_1 \varepsilon^{k-1} \quad (21)$$

Температура, соответствующая точке 3, определяется из соотношения параметров  $p$  и  $T$  при изохорном процессе (прямая 2 - 3), т.е. из выражения:

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3}{p_2} \quad (22)$$

С учетом (2) из (22) имеем:

$$T_3 = \lambda T_2 = \lambda T_1 \varepsilon^{k-1} \quad (23)$$

Температура, соответствующая точке 4, определяется из следующей формулы:

$$\frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} \quad (24)$$

С учетом (10) имеем:

$$\frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} \quad (25)$$

С учетом (1) и (23) из (25) имеем:

$$T_4 = T_3 \left( \frac{1}{\varepsilon} \right)^{k-1} = \lambda T_1 \quad (26)$$

### **Внешняя теплота и работа цикла**

Процесс, соответствующий кривой 1 - 2 на индикаторной диаграмме, является адиабатными. Поэтому для него  $Q = 0$

В изохорном процессе (прямая 2 - 3) подводится теплота  $Q_1$ , величина которой согласно первому закону термодинамики определяется по формуле:

$$Q_1 = C_v (T_3 - T_2) \quad (27)$$

Значения  $T_3$  и  $T_2$  определяются по (21) и (23), подставив их в (27), получаем:

$$Q_1 = C_v T_1 \varepsilon^{k-1} (\lambda - 1) \quad (28)$$

Процесс, соответствующий кривой 3 – 4, также адиабатный и для него также  $Q = 0$ .

В изохорном процессе (прямая 4 - 1) теплота отводится, а количество отводимой теплоты определяется по формуле:

$$Q_2 = C_v (T_4 - T_1) \quad (29)$$

Температура  $T_4$  определяется по формуле (26)

Подставив (26) в (29) имеем:

$$Q_2 = C_v (\lambda T_1 - T_1) = C_v T_1 (\lambda - 1) \quad (30)$$

Работа цикла определяется из выражения:

$$L_u = Q_1 - Q_2 \quad (31)$$

$$L_u = C_v T_1 \varepsilon^{k-1} (\lambda - 1) - C_v T_1 (\lambda - 1)$$

$$L_{\ddot{o}} = \tilde{N}_v T_1 (\lambda - 1) \cdot (\varepsilon^{k-1} - 1) \quad (32)$$

### **Термический КПД цикла и удельная работа (среднее давление) цикла**

Термический КПД цикла определяется по формуле:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (33)$$

Подставив (28) и (30) в (33), получаем:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v T_1 (\lambda - 1)}{C_v T_1 \varepsilon^{k-1} (\lambda - 1)} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (34)$$

Удельную работа цикла (среднее давление) определяем по формуле:

$$p_t = \frac{L_u}{V_1 - V_2} \quad (35)$$

Подставив (32) в (35), имеем:

$$p_t = \frac{C_v T_1 (\lambda - 1) (\varepsilon^{k-1} - 1)}{V_1 - V_2} \quad (36)$$

Преобразуем знаменатель выражения (36):

$$V_1 - V_2 = V_1 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) = V_1 \left(1 - \frac{1}{\frac{V_1}{V_2}}\right) = V_1 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) = V_1 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$

Тогда выражение (36) примет вид:

$$p_t = \frac{c_V T_1 (\lambda - 1) \varepsilon (\varepsilon^{k-1} - 1)}{V_1 (\varepsilon - 1)} \quad (37)$$

Известно, что показатель  $k$  адиабаты сжатия и расширения определяется по формуле:

$$k = \frac{c_p}{c_V} = \frac{c_V + R}{c_V} = 1 + \frac{R}{c_V} \quad (38)$$

где  $C_p$  – теплоемкость рабочего тела при постоянном давлении;  $C_v$  – теплоемкость рабочего тела при постоянном объеме;  $R$  – удельная газовая постоянная.

Из (38) находим:

$$\tilde{N}_v = \frac{R}{k-1} \quad (39)$$

Подставив (39) в (37), получаем:

$$p_t = \frac{RT_1(\lambda-1)\varepsilon(\varepsilon^{k-1}-1)}{V_1(k-1)(\varepsilon-1)} \quad (40)$$

Запишем уравнение Клайперона для точки 1

$$p_1V_1 = RT_1 \quad (41)$$

Из (41) получаем

$$\frac{RT_1}{V_1} = p_1 \quad (42)$$

Подставив (42) в (40), имеем:

$$p_t = \frac{p_1(\lambda-1)\varepsilon(\varepsilon^{k-1}-1)}{(k-1)(\varepsilon-1)} \quad (43)$$

Преобразуем сомножитель  $(\varepsilon^{k-1}-1)$ , входящий в формулу (43)

$$\varepsilon^{k-1}-1 = \varepsilon^{k-1} - \frac{\varepsilon^{k-1}}{\varepsilon^{k-1}} = \varepsilon^{k-1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right) \quad (44)$$

Подставив (44) в (43), и имеем:

$$p_t = \frac{p_1(\lambda-1)\varepsilon\varepsilon^{k-1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right)}{(k-1)(\varepsilon-1)} = \frac{p_1(\lambda-1)\varepsilon^k \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right)}{(k-1)(\varepsilon-1)} \quad (45)$$

Зная из (34), что  $\left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right) = \eta_t$ , окончательно получаем:

$$p_t = \frac{p_1(\lambda-1)\varepsilon^{k-1}}{(k-1)(\varepsilon-1)} \eta_t \quad (46)$$

## 2. Решение типовой задачи

Для идеальной (воображаемой) тепловой машины, работающей по циклу Отто (рис. 2), рассчитать термодинамические параметры состояния рабочего тела:

- 1) объем камеры сгорания (объем рабочего тела в конце хода сжатия);
- 2) полный объем (объем рабочего тела в начале хода сжатия);
- 3) степень сжатия;
- 4) объем, давление и температуру в точках 1, 2, 3 и 4;
- 5) термический к.п.д.;
- 6) удельную работу цикла (среднее давление цикла).

На основе расчетных данных построить индикаторную диаграмму в  $p - V$  координатах.

*Исходные данные:*  $a = 10$  мм;  $S = 100$  мм;  $\lambda = 3$ ;  $D = 80$  мм;  $k = 1,35$ .

**Решение:**

Объем камеры сгорания определяется по формуле

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot a,$$

где  $D = 80$  мм = 0,8 дм – диаметр цилиндра;

$a = 10$  мм = 0,1 дм – высота камеры сгорания.

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 0,1 = 0,0502 \text{ дм}^3$$

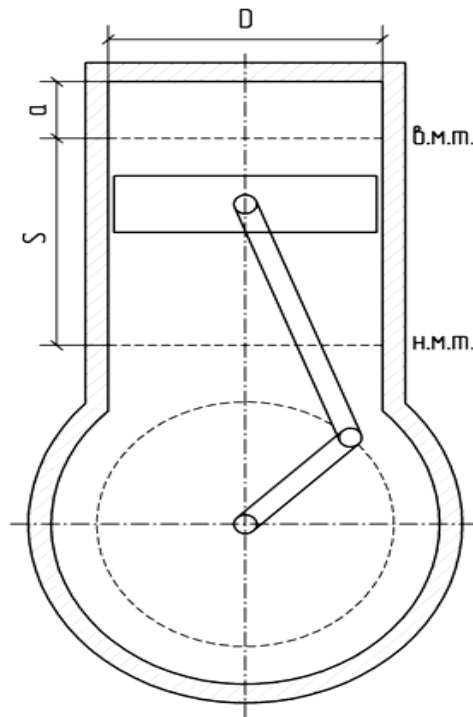


Рис. 2. Схема идеальной (воображаемой) тепловой машины.

Рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S,$$

где  $S = 100 \text{ мм} = 1,0 \text{ дм}$  – ход поршня.

$$V_h = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 1,0 = 0,502 \text{ дм}^3$$

Полный объем цилиндра

$$V_1 = V_2 + V_h = 0,0502 + 0,502 = 0,552 \text{ дм}^3$$

Степень сжатия

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{0,552}{0,0502} = 10,6$$

Параметры состояния в точке 1 принимаем следующие: объем  $V_1 = 0,552 \text{ дм}^3$ ; давление  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ; температура  $T_1 = 300 \text{ К}$ .

Параметры состояния в точке 2:

Объем  $V_2 = 0,0502 \text{ дм}^3$

Давление  $p_2 = p_1 \varepsilon^k = 0,1 \cdot 10,6^{1,35} = 2,42 \text{ МПа}$

Температура  $T_2 = T_1 \varepsilon^{k-1} = 300 \cdot 10,6^{1,35-1} = 685,45 \text{ К}$

Параметры состояния в точке 3:

Объем  $V_3 = V_2 = 0,0502 \text{ дм}^3$

Давление  $p_3 = p_1 \lambda \varepsilon^k = 0,1 \cdot 3 \cdot 10,6^{1,35} = 7,27 \text{ МПа}$

Температура  $T_3 = T_1 \lambda \varepsilon^{k-1} = 300 \cdot 3 \cdot 10,6^{1,35-1} = 2056 \text{ К}$

Параметры состояния в точке 4:

Объем  $V_4 = V_1 = 0,552 \text{ дм}^3$



Давление  $p_4 = p_1 \lambda = 0,1 \cdot 3 = 0,3$  Мпа

Температура  $T_4 = T_1 \lambda = 300 \cdot 3 = 900$  К

Термический к.п.д.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{10,6^{1,35-1}} = 0,562$$

Удельная работа цикла (среднее давление цикла)

$$p_t = \frac{p_1(\lambda - 1)\varepsilon^k}{(k - 1)(\varepsilon - 1)} \eta_t = \frac{0,1 \cdot (3 - 1) \cdot 10,6^{1,35}}{(1,35 - 1) \cdot (10,6 - 1)} \cdot 0,562 = 0,81 \text{ Мпа}$$

Индикаторная диаграмма цикла (рис. 1.3) строится следующим образом.

В системе координат  $p - V$  при  $V_1 = 0,552$  дм<sup>3</sup> на график наносятся значения  $p_1 = 0,1$  Мпа и  $p_4 = 0,3$  Мпа, а при  $V_2 = 0,0502$  дм<sup>3</sup> – значения  $p_2 = 2,42$  Мпа и  $p_3 = 7,27$  Мпа.

Для построения адиабаты сжатия (кривая 1 – 2) и адиабаты расширения (кривая 3 – 4) необходимо знать координаты хотя бы одной промежуточной точки для каждой кривой. Найдем ординаты точек 5 и 6 при  $V_5 = V_6 = 0,25$  дм<sup>3</sup>.

Давление в точке 5 находим из соотношения для адиабатного процесса сжатия

$$\frac{p_5}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_5}\right)^k$$
$$p_5 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_5}\right)^k = 0,1 \cdot \left(\frac{0,552}{0,25}\right)^{1,35} = 0,291 \text{ Мпа}$$

Давление в точке 6 определяем из соотношения для адиабатного процесса расширения

$$\frac{p_6}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_6}\right)^k$$
$$p_6 = p_3 \left(\frac{V_3}{V_6}\right)^k = 7,27 \cdot \left(\frac{0,0502}{0,25}\right)^{1,35} = 0,832 \text{ Мпа}$$

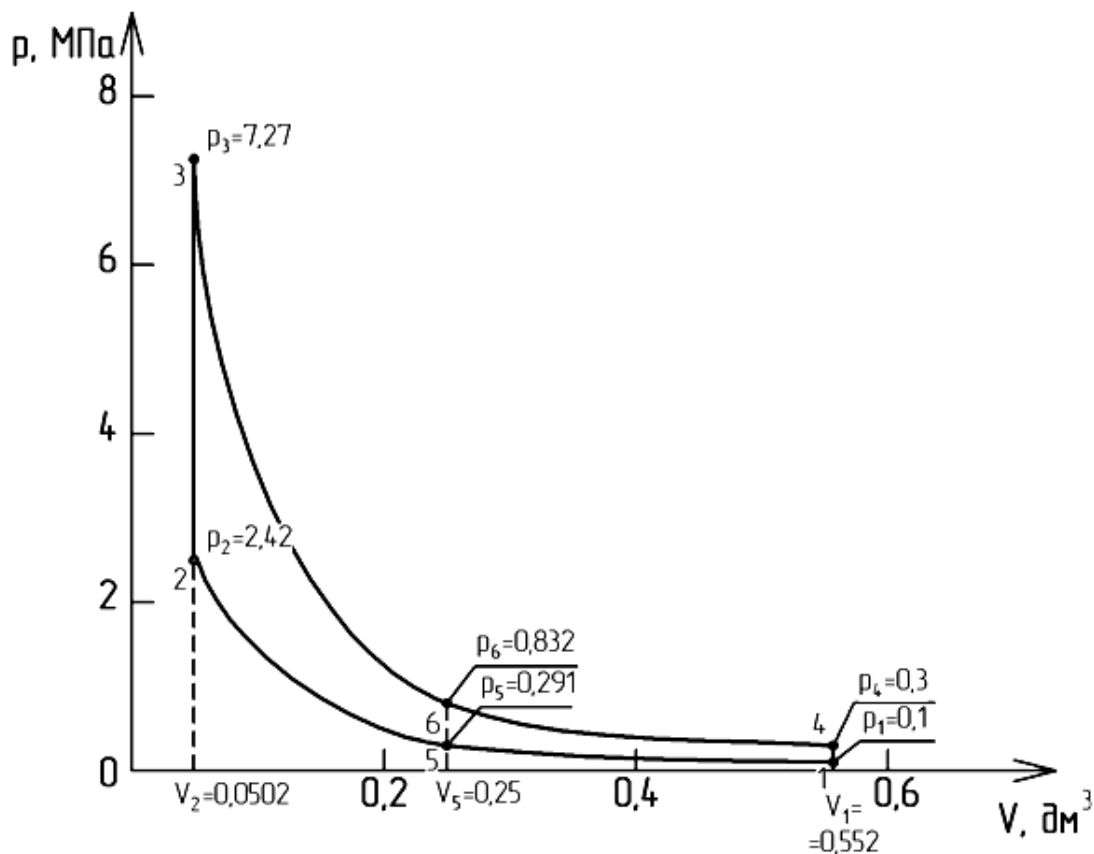


Рис. 3. Расчетная индикаторная диаграмма цикла Отто.

### 3. Задания и варианты для самостоятельного решения задачи

Для идеальной (воображаемой) тепловой машины с диаметром цилиндра  $D = 80$  мм, работающей по циклу Отто, рассчитать термодинамические параметры состояния рабочего тела:

- 1) объем рабочего тела в конце хода сжатия (объем камеры сгорания);
- 2) объем рабочего тела в начале хода сжатия (полный объем цилиндра);
- 3) степень сжатия;
- 4) объем, давление и температуру в точках 1, 2, 3 и 4;
- 5) термический к.п.д.;
- 6) удельную работу цикла (среднее давление цикла).

На основе расчетных данных построить индикаторную диаграмму в  $p - V$  координатах.

Исходные данные для расчета берутся из нижеследующей таблицы в зависимости от предпоследней и последней цифр шифра (номера зачетной книжки).

Исходные данные по вариантам

			<i>Последняя цифра шифра</i>									
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
<b>Предпоследняя цифра шифра</b>	<b>1,2</b>	<i>a, мм</i>	6	7	9	9	10	8	7	9	6	7
		<i>S, мм</i>	60	50	70	50	50	50	60	60	60	50
		$\lambda$	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5
		<i>k</i>	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,35	1,35
	<b>3,4</b>	<i>a, мм</i>	9	9	10	8	7	9	6	7	9	9
		<i>S, мм</i>	70	50	50	50	60	60	60	50	70	50
		$\lambda$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3
		<i>k</i>	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,4	1,4	1,4	1,4
	<b>5,6</b>	<i>a, мм</i>	10	8	7	9	6	7	9	9	10	8
		<i>S, мм</i>	50	50	60	60	60	50	70	50	50	50
		$\lambda$	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
		<i>k</i>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	<b>7,8</b>	<i>a, мм</i>	7	9	6	7	9	9	10	8	7	9
		<i>S, мм</i>	60	60	60	50	70	50	50	50	60	60
		$\lambda$	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
		<i>k</i>	1,3	1,3	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
<b>9,0</b>	<i>a, мм</i>	6	7	9	9	10	8	7	9	6	7	
	<i>S, мм</i>	60	50	70	50	50	50	60	60	60	50	
	$\lambda$	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
	<i>k</i>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	

## Практическое занятие №2

**Тема:** *Определение индикаторных параметров рабочего цикла и эффективных показателей двигателя.*

**Цель занятия:** *Изучение методики определения индикаторных параметров рабочего цикла и эффективных показателей двигателя.*

### Методические указания

В начале занятия студенту необходимо тщательно изучить материал, после чего выполнить расчет параметров рабочего цикла и эффективных показателей двигателя согласно выданному заданию, а полученные результаты занести в итоговую таблицу. Затем изложить полученный материал в тетради для практических занятий в следующей последовательности:

1. Расчет теоретического среднего индикаторного давления  $p'_i$ ;
2. Расчет среднего индикаторного давления  $p_i$ ;
3. Расчет индикаторного КПД  $\eta_i$ ;
4. Расчет индикаторного удельного расхода топлива  $g_i$ ;
5. Расчет среднего давления механических потерь  $p_M$ ;
6. Расчет среднего эффективного давления  $p_e$ ;
7. Расчет механического КПД  $\eta_M$ ;
8. Расчет эффективного КПД  $k_2$  и эффективного удельного расхода топлива  $g_e$ .

### 1. Определение индикаторных параметров рабочего цикла

К индикаторным параметрам рабочего цикла относятся теоретическое среднее индикаторное давление, среднее индикаторное давление, индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива.

**Теоретическое среднее индикаторное давление** определяется по формуле:

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

**Среднее индикаторное давление** определяем по формуле:

$$p_i = \varphi_u \times p'_i, \quad (2)$$

где  $\varphi_u$  – коэффициент полноты диаграммы. Принимаем  $\varphi_u = 0,96$  для карбюраторного двигателя и  $\varphi_u = 0,98$  для двигателя с впрыском топлива.

**Индикаторный КПД** определяем по формуле:

$$\eta_i = \frac{p_i l_0 \alpha}{H_u \rho_0 \eta_V} \quad (3)$$

**Индикаторный удельный расход топлива** определяется по формуле:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \times \eta_i} \quad (4)$$

### **Определение эффективных показателей двигателя**

К эффективным показателям двигателя относятся среднее давление механических потерь, среднее эффективное давление, механический КПД, эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива.

**Среднее давление механических потерь** для бензиновых двигателей с числом цилиндров до шести и отношением  $S/D \leq 1$  определяется по формуле

$$p_M = 0,034 + 0,0113 V_{n.ср.} \quad (5)$$

где  $V_{n.ср.}$  – средняя скорость поршня:

$$V_{n.ср.} = \frac{S n_N}{3 \times 10^4} \quad (6)$$

где  $S$  – ход поршня

Для высокофорсированных двигателей с электронным впрыском среднее давление механических потерь определяется по формуле:

$$p_M = 0,024 + 0,0053 V_{n.ср.} \quad (7)$$

Предварительно принимаем ход поршня  $S$  равным 78 мм для карбюраторного двигателя и 77 мм для двигателя с впрыском топлива.

Среднее эффективное давление определяем по формуле:

$$p_e = p_i - p_M \quad (8)$$

Механический КПД определяется по формуле:

$$\eta_M = \frac{p_e}{p_i} \quad (9)$$

Эффективный КПД  $\eta_e$  и эффективный удельный расход топлива  $g_e$  определяются по формулам

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M \quad (10)$$

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \quad (11)$$

Для остальных режимов индикаторные параметры рабочего цикла ( $p'_i, p_i, \eta_i, g_i$ ) и эффективные показатели двигателя ( $V_{n.c.p.}, p_M, p_e, \eta_M, \eta_e, g_e$ ) заполнить в итоговую таблицу 1.

Таблица 1 - Итоговые значения индикаторных параметров рабочего цикла и эффективных показателей двигателя

Параметры	Значения параметров			
	1000	3200	5600	6000
$n, \text{мин}^{-1}$				
$p'_i, \text{МПа}$				
$p_i, \text{МПа}$				
$\eta_i$				
$g_i, \text{г/кВт} \times \text{ч}$				
$V_{n.c.p.}, \text{м/с}$				
$p_M, \text{МПа}$				
$p_e, \text{МПа}$				
$\eta_M$				
$\eta_e$				
$g_e, \text{г/кВт} \times \text{ч}$				

## Практическое занятие № 3

**Тема:** *Определение основных параметров цилиндра и двигателя.*

**Цель занятия:** *Изучение методики определения основных параметров цилиндров и двигателей.*

### Содержание занятия:

- 1) Литраж двигателя автомобиля;
- 2) Рабочий объём одного цилиндра двигателя;
- 3) Диаметр цилиндра двигателя;
- 4) Площадь поршня двигателя;
- 5) Мощность двигателя автомобиля;
- 6) Крутящий момент двигателя;
- 7) Расход топлива.

### Методические указания

В начале занятия студенту необходимо тщательно изучить материал, после чего выполнить расчет основных параметров цилиндров и двигателей согласно выданному заданию, а полученные результаты занести в итоговую таблицу. Затем изложить полученный материал в тетради для практических занятий в следующей последовательности:

1. Расчет литража двигателя  $V_L$ ;
2. Расчет рабочего объёма одного цилиндра  $V_h$ ;
3. Расчет диаметра цилиндра  $D_{\text{цилиндра}}$ ;
4. Расчет площади поршня  $F_n$ ;
5. Расчет мощность двигателя автомобиля  $N_e$ ;
6. Расчет литровой мощности двигателя  $N_L$ ;
7. Расчет крутящего момента  $M_e$ ;
8. Расчет часового расхода топлива  $G_T$ .

### Определение основных параметров цилиндра и двигателя

К основным параметрам цилиндра и двигателя относятся литраж, рабочий объём одного цилиндра, диаметр цилиндра, ход поршня, площадь поршня, мощность двигателя, литровая мощность двигателя, крутящий момент и часовой расход топлива.

Литраж двигателя определяется по формуле

$$V_{\text{Л}} = \frac{30\tau N_e}{p_e n}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – тактность двигателя;  $N_e$  – эффективная мощность двигателя;  $n$  – частота вращения коленчатого вала.

Рабочий объём одного цилиндра определяется по формуле

$$V_h = \frac{V_{\text{Л}}}{i}, \quad (2)$$

где  $i$  – число цилиндров

Диаметр цилиндра  $D$ . Так как ход поршня предварительно был принят двигателя согласно выданному заданию, то диаметр цилиндра определяем по формуле

$$D = 2 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{V_h}{\pi S}} \quad (3)$$

Окончательно принимаем для карбюраторного двигателя

Остальные параметры и показатели двигателя определяем по окончательно принятым значениям  $D$  и  $S$ .

Площадь поршня

$$F_n = \frac{\pi D^2}{4 \times 100} = \frac{3,14 \times 72^2}{4 \times 100} = 47,76 \text{ см}^2 \quad (4)$$

Литраж двигателя

$$V_{\text{Л}} = \frac{\pi D^2 S i}{4 \times 10^6} = \frac{3,14 \times 78^2 \times 78 \times 4}{4 \times 10^6} = 1,49 \text{ л}, \quad (5)$$

Мощность двигателя

$$N_e = \frac{p_e V_{\text{Л}} n}{30\tau}, \text{ кВт} \quad (6)$$



Литровая мощность двигателя

$$N_{\text{л}} = \frac{N_e}{V_{\text{л}}}, \text{ кВт/л} \quad (7)$$

Крутящий момент

$$M_e = \frac{3 \times 10^4 N_e}{\pi n}, \text{ Нм} \quad (8)$$

Часовой расход топлива

$$G_T = N_e g_e \times 10^{-3}, \text{ кг} \quad (9)$$

Рассчитанные для всех режимов значения  $N_e$ ,  $N_{\text{л}}$ ,  $M_e$  и  $G_T$  привести в таблицу 1.

Таблица 1 - Итоговые значения параметров двигателя

Параметры	Значения параметров			
$n, \text{ мин}^{-1}$				
$F_n, \text{ см}^2$				
$V_{\text{л}}, \text{ л}$				
$N_e, \text{ кВт}$				
$N_{\text{л}}, \text{ кВт/л}$				
$M_e, \text{ Нм}$				
$G_T, \text{ кг}$				

## Практическое занятие № 4

**Тема:** *Тепловой баланс двигателя.*

**Цель занятия:** *Изучение методики расчета теплового баланса двигателя автомобиля.*

### Содержание занятия:

- 8) Общий вид внешнего теплового баланса;
- 9) Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом;
- 10) Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1с;
- 11) Теплота, потерянная с отработавшими газами;
- 12) Теплота, передаваемая охлаждающей среде;
- 13) Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания;
- 14) Неучтенные потери теплоты.

### Методические указания

В начале занятия студенту необходимо тщательно изучить материал, после чего выполнить расчет теплового баланса двигателя автомобиля согласно выданному заданию, а полученные результаты занести в итоговую таблицу. Затем изложить полученный материал в тетради для практических занятий в следующей последовательности:

1. Расчет количества теплоты введенной в двигатель с топливом  $Q_0$ ;
2. Расчет теплоты эквивалентной эффективной работе двигателя за 1с  $Q_e$ ;
3. Расчет теплоты потерянной с отработавшими газами  $Q_G$ ;
4. Расчет теплоты переданной охлаждающей среде  $Q_B$ ;
5. Расчет теплоты, потерянной из-за химической неполноты сгорания  $Q_{н.с.}$ ;
6. Расчет неучтенных потерь теплоты  $Q_{ост}$ ;
7. Построение графика теплового баланса.

### Тепловой баланс двигателя

Тепло, выделяющиеся при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, не может быть полностью преобразовано в полезную механическую работу.

В термодинамическом цикле эффективность превращения тепла в работу оценивается термическим коэффициентом полезного действия  $\eta_t$ , который всегда меньше единицы вследствие передачи части тепла холодному источнику. В реальном двигателе потери тепла возрастают из-за трения, теплообмена, неполноты сгорания и других причин. В связи с этим эффективный КПД  $\eta_e$  имеет меньшее значение по сравнению с величиной  $\eta_t$ .

Распределение тепловой энергии топлива, сгорающего в двигателе, наглядно иллюстрируется составляющими внешнего теплового баланса, которые определяются при установившемся тепловом состоянии двигателя в процессе его испытаний. Приблизительно составляющие теплового баланса можно найти аналитически по данным теплового расчёта двигателя.

Тепловой баланс позволяет определить тепло, превращенное в полезную эффективную работу, т.е. установить степень достигнутого совершенства теплоиспользования и наметить пути уменьшения имевшихся потерь.

В общем виде внешний тепловой баланс двигателя может быть представлен в виде следующих составляющих:

$$Q_0 = Q_e + Q_{\Gamma} + Q_B + Q_{н.с.} + Q_{ост}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом;  $Q_e$  – теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за  $1с$ ;  $Q_{\Gamma}$  – теплота, потерянная с отработавшими газами;  $Q_B$  – теплота, передаваемая охлаждающей среде;  $Q_{н.с.}$  – теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива;  $Q_{ост}$  – неучтенные потери теплоты.

Знание абсолютных значений составляющих теплового баланса позволяет осуществить количественную оценку распределения теплоты в двигателе. Если же необходимо сравнить распределение теплоты в различных двигателях или оценить степень теплоиспользования конкретного двигателя, то составляющие теплового баланса удобнее представить в относительных величинах, например, в процентах по отношению ко всей теплоте, подведенной с топливом:

$$q_0 = q_e + q_{\Gamma} + q_B + q_{н.с.} + q_{ост.} = 100\% \quad (2)$$

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом, определяется по формуле:

$$Q_o = \frac{H_u G_T}{3,6}, \quad (3)$$

Для карбюраторного двигателя при режиме  $n_N = 5600 \text{ мин}^{-1}$

$$Q_o = \frac{43930 \times 18,186}{3,6} = 221920 \text{ Дж/с}$$

Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1с определяется по формуле

$$Q_e = 1000 \times Ne \quad (4)$$

$$Q_e = 1000 \times 60,42 = 60420 \text{ Дж/с}$$

Теплота, потерянная с отработавшими газами, определяется по формуле

$$Q_\Gamma = \frac{G_T}{3,6} \{M_2 [(mC_V'')_{t_r}^{t_r} + 8,315]t_r - M_1 [(mC_V)_{t_o}^{t_o} + 8,315]t_o\} \quad (5)$$

где  $(mC_V'')_{t_o}^{t_r}$  – теплоемкость отработавших газов (определяется по таблице 3.1 лабораторной работы №3 методом интерполяции для режима  $n_N$  при  $\alpha_{n_N}$  и  $t_o = T_r - 273 = \text{°C}$ );  $(mC_V)_{t_o}^{t_r}$  – теплоемкость свежего заряда (определяется по таблице 8.1 методом интерполяции при  $t_o = T_r - 273 = \text{°C}$ ),

Таблица 1

Средняя молярная теплоемкость отдельных газов.

Температура °C	Средняя молярная теплоемкость отдельных газов при постоянном объёме, кДж/(кмоль×град)						
	<i>Воздух</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	<i>N<sub>2</sub></i>	<i>H<sub>2</sub></i>	<i>CO</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>
<i>0</i>	20,759	20,960	20,705	20,303	20,809	27,546	25,185
<i>100</i>	20,839	21,224	20,734	20,621	20,864	29,799	25,428
<i>200</i>	20,985	21,617	20,801	20,759	20,989	31,746	25,804
<i>300</i>	21,207	22,086	20,973	20,809	21,203	33,442	26,261
<i>400</i>	21,475	22,564	21,186	20,872	21,475	34,936	26,776
<i>500</i>	21,781	23,020	21,450	20,935	21,785	36,259	27,316
<i>600</i>	22,091	23,447	21,731	21,002	22,112	37,440	27,881
<i>700</i>	22,409	23,837	22,028	21,094	22,438	38,499	28,476
<i>800</i>	22,714	24,188	22,321	21,203	22,756	39,450	29,079
<i>900</i>	23,008	24,511	22,610	21,333	23,062	40,304	29,694
<i>1000</i>	23,284	24,804	22,882	21,475	23,351	41,079	30,306
<i>1100</i>	23,548	25,072	23,142	21,630	23,623	41,786	30,913
<i>1200</i>	23,795	25,319	23,393	21,793	23,878	42,427	31,511
<i>1300</i>	24,029	25,549	23,627	21,973	24,113	43,009	32,093
<i>1400</i>	24,251	25,763	23,849	22,153	24,339	43,545	32,663
<i>1500</i>	24,460	25,968	24,059	22,333	24,544	44,035	32,211
<i>1600</i>	24,653	26,160	24,251	22,518	24,737	44,487	33,743
<i>1700</i>	24,837	26,345	24,435	22,698	24,917	44,906	34,262
<i>1800</i>	25,005	26,520	24,603	22,878	25,089	45,291	34,756
<i>1900</i>	25,168	26,692	24,766	23,058	25,248	45,647	35,225
<i>2000</i>	25,327	26,855	24,917	23,234	25,394	45,977	35,682
<i>2100</i>	25,474	27,015	25,063	23,410	25,537	46,283	36,121
<i>2200</i>	25,612	27,169	25,202	23,557	25,666	46,568	36,540
<i>2300</i>	25,746	27,320	25,327	23,744	25,792	46,832	36,942
<i>2400</i>	25,871	27,471	25,449	23,908	25,909	47,079	37,331
<i>2500</i>	25,993	27,613	25,562	24,071	26,022	47,305	37,704
<i>2600</i>	26,120	27,753	25,672	24,234	26,120	47,515	38,060
<i>2700</i>	26,250	27,890	25,780	24,395	26,212	47,710	38,395
<i>2800</i>	26,370	28,020	25,885	24,550	26,300	47,890	38,705

Определив по табл.1 практической работы №6,  $(mC_V'')_{t_0}^{t_r}$ , и по табл. 1, что  $(mC_V'')_{t_0}^{t_r}$ , с учётом известных значений  $t_0$ ,  $t_r$ ,  $M_r$  и  $G_T$  для режима  $n_N$  можно вычислить теплоту потерянную с отработавшими газами  $Q_{Г}$ .

Теплота, передаваемая охлаждающей среде, определяется по формуле:

$$Q_B = \frac{CiD^{1+2m}n^m(H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u} \quad (6)$$

где  $C = 0,45 - 0,53$  – коэффициент пропорциональности для четырехтактных двигателе;  $i$  – число цилиндров;  $D$  – диаметр цилиндра, см.;  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя при минимальных оборотах, мин<sup>-1</sup>;  $m = 0,5 - 0,7$  показатель степени для четырехтактных двигателей на минимальных оборотах принимается несколько меньшим, а на остальных большим.

Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания, определяется по формуле

$$Q_{H.C.} = \frac{\Delta H_u \times G_T}{3,6} \quad (7)$$

Неучтённые потери теплоты определяются по формуле

$$Q_{ост} = Q_o - (Q_e + Q_{\Gamma} + Q_B + Q_{H.C.}) \quad (8)$$

Рассчитанные режимы составляющие теплового баланса представить в таблицу 2.

Таблица 2 - Значения составляющих теплового баланса.

Составляющие теплового баланса	Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин <sup>-1</sup>							
	$Q, \text{Дж/с}$	$q, \%$	$Q, \text{Дж/с}$	$q, \%$	$Q, \text{Дж/с}$	$q, \%$	$Q, \text{Дж/с}$	$q, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теплота, эквивалентная эффективной работе								
Теплота, передаваемая охлаждающей среде								
Теплота, унесенная с отработавшими газами								
Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива								
Неучтённые потери теплоты								
Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом		100		100		100		100

По данным таблицы 2 построить график теплового баланса двигателя, примерный график теплового баланса представлен на *рисунке 1*.

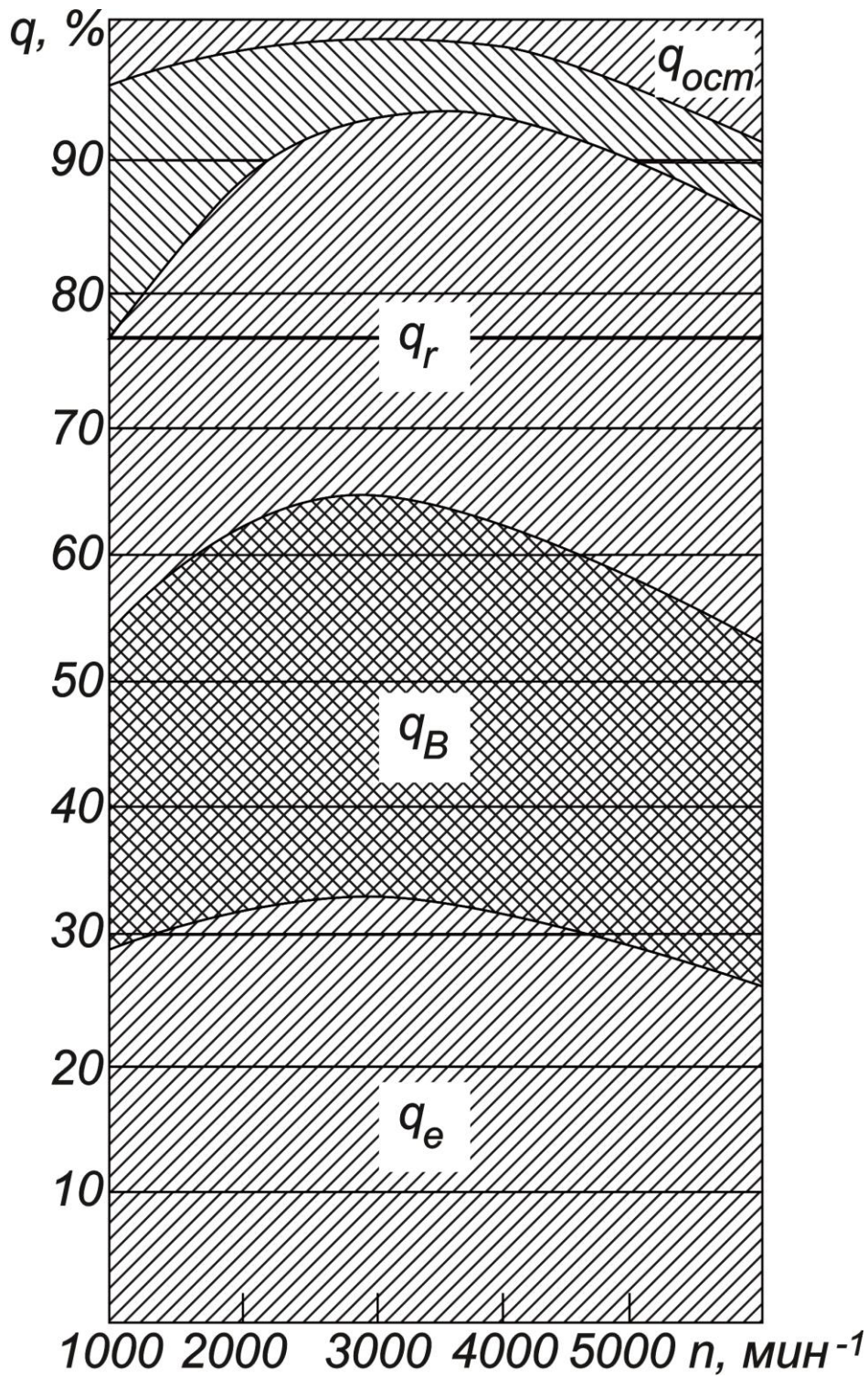


Рис. 1. Зависимость составляющих теплового баланса карбюраторного двигателя от частоты вращения коленчатого вала.



## Вопросы для подготовки к экзамену

1. Назначение, классификация и конструкции муфт сцепления. Фрикционные муфты сцепления.
2. Определение основных размеров фрикционных муфт сцепления и проверка их на износ и нагрев. Число и размеры поверхностей трения. Момент трения муфты сцепления.
3. Расчетный момент трения. Коэффициент трения и допускаемые удельные давления для материалов, используемых при изготовлении поверхностей трения.
4. Понятие наружного, внутреннего радиуса поверхности трения и радиуса приложения равнодействующей сил трения.
5. Оценка износостойкости муфты сцепления.
6. Работа буксования и удельная работа буксования.
7. Материал для изготовления дисков муфт сцепления.
8. Нажимные диски.
9. Варианты снижения температуры поверхностей трения муфты.
10. Расчет валов муфты сцепления.
11. Формы пружин муфт сцепления.
12. Конструкции механизмов управления муфтами сцепления.
13. Расчет механизма управления муфтой сцепления.
14. Понятие рабочего и свободного хода нажимной втулки выключения сцепления.
15. Конструкции рычагов управления постоянно замкнутыми муфтами сцеплений.
16. Определение передаточного числа главной передачи.
17. Диапазоны передаточных чисел.
18. Назначение классификация и конструкции коробок передач.
19. Требования, предъявляемые к коробкам передач.
20. Расчет передаточных чисел основной коробки передач.
21. Требования, предъявляемые при определении передаточного числа первой ступени.
22. Выбор числа передач.
23. Выбор передаточных чисел промежуточных передач.
24. Выбор передаточных чисел дополнительной коробки передач.
25. Назначение, классификация и конструкция соединительных муфт.
26. Требования, предъявляемые к соединительным муфтам.
27. Жесткие, полужесткие, упругие и шарнирные соединительные муфты.

28. Конструкции упругих соединительных муфт с резиновыми втулками и резиновыми блоками.
29. Конструкции шарнирных соединительных муфт: муфты неравных угловых скоростей и муфты равных угловых скоростей.
30. Шариковые соединительные муфты равных угловых скоростей.
31. Общая конструкция задних мостов ТМО: центральная (главная) передача, дифференциал, механизм поворота, конечные передачи (колесные редукторы), блокировочные устройства, полуоси, тормоза и пр.
32. Требования к центральной (главной) передаче.
33. Механизмы поворота гусеничной техники. Требования к механизму поворота. Механизмы поворота с одинарным и двойным потоками мощности.
34. Дифференциалы. Простые дифференциалы и двойные дифференциалы.
35. Муфты поворота. Планетарные механизмы поворота.
36. Тормоза транспортных и технологических машин.
37. Требования, предъявляемые к тормозам.
38. Конструкции колодочных тормозов.
39. Конструкции дисковых тормозов.
40. Особенности расчета ленточных, колодочных и дисковых тормозов.
41. Проверка тормозов на износ и нагрев.
42. Дифференциалы колесных ТМО.
43. Требования, предъявляемые к дифференциалам.
44. Дифференциалы простые и блокирующиеся.
45. Конструкции шестеренчатых, червячных и кулачковых дифференциалов.
46. Дифференциалы повышенного трения.
47. Дифференциалы самоблокирующиеся и с принудительной блокировкой.
48. Расчет деталей дифференциалов.
49. Конечные передачи: шестеренчатые с неподвижными валами - одинарные и двойные; планетарные - с внешним и внутренним зацеплением; цепные конечные передачи.
50. Требования к конечным передачам. Конструкции конечных передач.
51. Конечные передачи, расположенные около ведущих колес.
52. Конечные передачи, расположенные около дифференциала.

53. Расчетные схемы конечных передач.
54. Классификация приводов.
55. Приводы непосредственного действия и приводы с усилителями.
56. Допускаемые силы и работа для управления машиной.
57. Приводы непосредственного действия: механические и гидравлические.
58. Схемы расчета механического и гидравлического приводов.
59. Приводы с усилителями.
60. Пружинные механические усилители.
61. Усилители, использующие энергию двигателя ТМО: гидравлические, пневматические, электрические и механические.
62. Гидравлические усилители: конструкция и области применения.
63. Пневматические усилители: принципиальная схема, основные агрегаты.
64. Компрессоры, влагомаслоуловители, рессиверы, распределители.
65. Принципиальная схема пневматического крана со следящим действием. Назначение и схема конструкции.
66. Ведущие, направляющие и поддерживающие колеса.
67. Требования к колесам.
68. Колеса с жесткими ободьями и с пневмошинами.
69. Расчет среднего удельного давления на опорную поверхность.
70. Сцепные качества пневмошин.
71. Способы повышения тяговых качеств ТМО с пневмошинами: шины с регулируемым давлением; догрузка ведущих колес.
72. Назначение и требования, предъявляемые к рулевым управлениям.
73. Классификация рулевых управлений.
74. Методы поворота: с помощью управляемых колес и методом торможения ведущих колес.
75. Управляемые колеса: одно, два и все управляемые колеса.
76. Передаточное число рулевого механизма.
77. Конструкции рулевых механизмов: шестеренчатые, червячные рулевые механизмы и механизмы выполненные в виде винта и гайки.
78. К.п.д. рулевого механизма.
79. Рулевой привод.
80. Схема рулевой трапеции.

81. Требования к качению колес при повороте.
82. Теоретические и действительные углы поворота направляющих колес ТМО.
83. Особенности конструкции рулевой трапеции при независимой подвеске колес.
84. Схема поворота колесной машины без рулевой трапеции.
85. Конструкции рулевых тяг и рычагов.
86. Усилители рулевых управлений: конструкция и классификация.
87. Усилители пневматические и гидравлические.
88. Усилители совмещенные и отдельные.
89. Конструкции распределителей: обеспечивающие следящее действие по перемещению; обеспечивающие следящее действие по перемещению; комбинированные распределители.
90. Расчет элементов рулевого управления.
91. Определение максимального момента, создаваемого машинистом ТМО.
92. Определение момента сопротивления повороту управляемых колес.
93. Расчет элементов усилителя: статический, динамический, гидравлический и расчет элементов на прочность.
94. Компоновка рулевого управления на ТМО.
95. Назначение остова и требования, предъявляемые к нему.
96. Остов ТМО безрамный, полурамный и рамный.
97. Безрамный остов, как соединение картеров механизмов или несущий кузов.
98. Рамы: лонжеронные, центральные и комбинированные.
99. Валы отбора мощности (ВОМ). Назначение ВОМ.
100. Валы отбора мощности: зависимые, частично независимые, независимые и синхронные. Расположение ВОМ: заднее, переднее и боковое.
101. Расчет элементов вала отбора мощности. Причины поломок ВОМ.
102. Приводные шкивы.

## Библиографический список

1. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей: учебное пособие / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов, А.А. Макушин. – М. : Инфра-Инженерия, 2013. – 448 с.
2. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник / В.К. Вахламов, – М.: Академия, 2008. – 480 с.
3. Автомобили. Основные термины: толковый словарь / А.Н. Нарбут, Ю.И. Егоров. – М.: Астрель; АСТ, 2002. – 416 с.
4. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: учебное пособие для вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегаллин, А.С. Черенков. – М.: Химия, 2000 . – 520 с.
5. Современные проблемы и направления развития конструкций автомобилей [Текст] : учебное пособие для студентов, обуч. по направлению подготовки 23.04.03 «Эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов» очной и заочной форм обучения / Е. В. Агеев [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т, Орловский гос. ун-т им. И. С. Тургенева. – Курск : Унив. кн., 2017. – 407 с.