



Новосибирский государственный аграрный университет

Инженерный институт



Кафедра «Автомобили и тракторы»

Тракторы и автомобили

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы

Новосибирск 2017

Кафедра автомобили и тракторы

Тракторы и автомобили: методические указания по выполнению расчетно-графической работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; Сост.: Е.А. Булаев, П.И. Федюнин, С.П. Матяш, С.П. Сальников, С.В. Речкин, В.А. Вальков– Новосибирск, 2017.- 12 с.

Рецензент : канд. техн. наук., доцент С.Г. Щукин

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Тракторы и автомобили», направлению подготовки 35.03.06 –Агроинженерия

Утверждены и рекомендованы к изданию методической комиссией Инженерного института (протокол № 10 от 30 мая 2017 г.)

Введение

Тепловой расчет рабочих процессов двигателей на различных видах топлива

В связи с тем, что газовые двигатели создаются на базе карбюраторных и дизельных двигателей без изменения их основных размеров тепловой расчет двигателя при изменении топлива проводится с целью определения изменения параметров рабочего процесса, мощностных и экономических показателей по сравнению с жидким топливом.

Использование газового топлива может осуществляться либо при неизменной степени сжатия, либо с ее повышением. Увеличение степени сжатия проводится либо постановкой новой головки блока с уменьшенной камерой сгорания, либо установкой поршней с увеличенной головкой поршня. На двигателях легковых автомобилей, имеющих высокую степень сжатия ε (8...10), перевод на газовое топливо (как правило, сжиженный газ) проводят без изменения степени сжатия.

Ниже приводится методика теплового расчета рабочих процессов всех типов двигателей.

1.1. Параметры свежего заряда рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха (в кмоль/кг топлива для жидкого топлива и в кмоль/кмоль газа для газового топлива) для полного сгорания:

а) бензина, состава $C=0.855$; $H=0.145$:

$$L_0 = (C/12 + H/4)/0.21;$$

б) дизельного топлива состава $C=0.86$; $H=0.13$; $O=0.01$:

$$L_{0\text{дт}} = (C/12 + H/4 - O/32)/0.21;$$

в) сжатого и сжиженного природного газа $CH_4=C_n H_m$:
 $n=1$, $m=4$ (кмоль воздуха/ кмоль топлива) ,

$$L_{г.т.} = (n + m/4)/0.21;$$

г) сжиженного газа, состоящего из 52% пропана (C_3H_8) и 48% бутана (C_4H_{10}):

$$L_0 = [(n_1 + m_1/4)0.52 + (n + m/4)0.48]/0.21;$$

д) газодизельного топлива, состоящего из сжатого газа:

$$L_{г.т.} = (n + m/4)/0.21;$$

и 15...20% дизельного топлива:

$$L_0 = L_{г.т.} + (15...20)L_{0\text{дт}}.$$

Количество свежего заряда в конце впуска для:

а) бензина: $M_1 = \alpha L_0 + 1/\mu_T$;

$\alpha = (0.8...0.9)$, $\mu_T = 100...120$ кг/кмоль.

б) дизельного топлива: $M_1 = \alpha L_0$;

$\alpha = 1.4...1.6$;

в) газового топлива с искровым зажиганием:

$M_1 = \alpha L_0 + 1$; $\alpha = (0.8...0.9)$ для сжиженного и $\alpha = 1.0$ сжатого газа;

г) газодизеля: $M_1 = (1 + \alpha L_{0г.т.}) + M_{1\text{д.т.}}$;

$M_{1\text{д.т.}} = [0.15...0.20]\alpha L_{0\text{дт}}$ - количество свежего заряда из расчета дизельного топлива, $\alpha = 1.2...1.8$ – общий коэффициент избытка воздуха.

1.2. Параметры рабочего тела в процессе впуска

Давление и температура окружающей среды принимается:
 $P_0 = 0.1013$ МПа , $T_0 = 293$ К.

Давление в конце впуска $P_a = P_0 - \Delta P$,

где ΔP – потери давления на впуске из-за сопротивления впускной системы.

Величина ΔP лежит в пределах: для двигателей работающих на:

а) бензине – $(0.1 \dots 0.15)P_0$;

б) дизельном топливе – $(0.05 \dots 0.10)P_0$;

в) сжиженном газе – $(0.18 \dots 0.20)P_0$;

г) газодизельном топливе – $(0.12 \dots 0.18)P_0$.

Давление остаточных газов $P_r = P_0 + \Delta P$.

Температура остаточных газов, К: $T_r = 700 + 0.067n$ – для карбюраторных двигателей;

$T_r = 500 + 0.133n$ – для дизелей, где n – частота вращения.

Для газового топлива T_r уменьшается на 50...100%.

Коэффициент остаточных газов

$$\gamma = (T_{cm} + \Delta t) / T_r + P_r / (\varepsilon P_a - P_r);$$

где T_{cm} – температура смеси воздуха с газовым топливом.

Для двигателей работающих на жидком топливе $T_{cm} = T_0$.

$$T_{cm} = (\alpha L_0 T_0 + T_{газ}) / (1 + \alpha L_0),$$

где $T_{газ} = T_0 + \Delta t$ – температура газового топлива на входе в цилиндр , $\Delta t = 20 \dots 30^0$ – подогрев газа.

Температура газа в конце впуска :

$$T_a = (T_{cm} + \Delta t + \gamma T_r) / (1 + \gamma);$$

Δt – подогрев газа при прохождении газа от смесителя до цилиндра. Для двигателя работающего на жидком топливе подогрев заряда в процессе впуска составляет:

$\Delta t = 0 \dots 10^0$ для карбюраторных двигателей и $\Delta t = 20 \dots 40^0$ для дизелей.

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \varepsilon P_a T_{cm} / (\varepsilon - 1) T_a P_0 (1 + \gamma).$$

1.3. Процесс сжатия

Давление и температура заряда в конце сжатия:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1}, T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1}.$$

Показатель политропы сжатия n_1 для жидких топлив рассчитывается по эмпирическому уравнению:

$n_1 = 1.41 - 110/n$; для газового топлива n_1 принимается равным 1.37...1.39

Средняя молярная теплоемкость заряда (кДж/кмоль газа) в конце процесса сжатия для всех двигателей:

$$mc_{vc} = 20.16 + 1.74 \cdot 10^{-3} T_c.$$

1.4. Процесс сгорания

Количество продуктов сгорания (кмоль/кг топлива или кмоль/кмоль газа) для:

а) карбюраторных двигателей:

$$M_2 = C/12 + H/2 + 0.79\alpha L_0;$$

б) дизелей: $M_2 = C/12 + H/2 + (\alpha - 0.21)L_0$;

в) сжатого газа: $M_2 = M_1 + m/4$;

г) газодизельного топлива: $M_2 = M_2' + M_2''$,

где $M_2' = C/12 + H/2 + (\alpha - 0.21)rL_0$ - количество продуктов сгорания дизельного топлива; $r = 0.15 \dots 0.20$ - доля дизельного топлива.

$M_2' = M_1 + m/4$ - количество продуктов сгорания газа;

д) сжиженного газа:

$$M_2 = [(n + m/4)0.52C_3H_8 + (n + m/4)0.48C_4H_{10}] + 0.79\lambda L_0;$$

Коэффициент молекулярного изменения:

$$\mu = M_2 / M_1;$$

Потери теплоты из-за недостатка воздуха при $\alpha < 1$
 $\Delta H_u = 1.33H_u(1 - \alpha)$.

Коэффициент активного тепловыделения:

$\xi = 0.96 - 2n \cdot 10^{-5}$ - для газовых и бензиновых двигателей;

$\xi=1-n10^{-4}$ – для дизелей и газодизелей.

Температура газов в конце сгорания определяется из уравнения сгорания для:

а) бензиновых ($H_u=43900$ кДж/кг):

$$[\xi(H_u - \Delta H_u / M_1(1 + \gamma))] + mc_{vc} T_c = \mu mc_{vz} T_z;$$

б) дизельного топлива ($H_u=42500$ Дж/кг):

$$[\xi H_u / M_1(1 + \gamma)] + (mc_{vc} + \lambda R) T_c = \mu mc_{pz} T_z;$$

в) газового топлива:

$$[22.4\xi(H_u - \Delta H_u) / M_1(1 + \gamma)] + mc_{vc} T_c = \mu mc_{vz} T_z;$$

для сжатого газа $H_u=33700$ кДж/м³, $\Delta H_u=0$, для сжиженного газа $H_u=98000$ кДж/м³;

г) газодизельного топлива:

$$\xi(22.4H_{уг.т.} + rH_{уд.т.}) / M_1(1 + \gamma) + (mc_{vc} + \lambda R) T_c = \mu mc_{pz} T_z.$$

Средняя молярная теплоемкость (кДж/моль град) продуктов сгорания для:

а) бензинового и газового топлива:

$$mc_{vz} = (18.4 + 2.6\alpha) + (15.5 + 13.8\alpha)10^{-4} T_z.$$

б) дизелей и газодизелей:

$$mc_{pz} = (20.2 + 0.96/\alpha) + (15.5 + 13.8/\alpha)10^{-4} T_z + 8.315.$$

В результате решения уравнений получим новые уравнения вида:

$$mc_{vz} = a + bT_z;$$

$$mc_{pz} = a + bT_z.$$

После подстановки этих значений в уравнение сгорания их правые части принимают вид:

$$\mu(a + bT_z)T_z.$$

Величина степени повышения давления λ для дизелей и газодизелей принимается равной 2.0...2.5 с меньшими значениями для газодизелей.

Давление газов в конце сгорания (Мпа) для:

а) двигатели с искровым зажиганием: $P_z = \mu P_c T_z / T_c$; действительное давление: $P_{зд.} = 0.85 P_z$.

Степень повышения давления для двигателей с искровым зажиганием: $\lambda = P_z / P_c$.

1.5. Процесс расширения

Средний показатель политропы расширения для двигателей на жидком топливе: $n_2 = 1.18 + 130/n$.

Для газовых двигателей с искровым зажиганием n_2 принимается равным 1.20...1.25.

Степень предварительного ρ и последующего δ расширения для дизельных и газовых двигателей:

$$\rho = \mu T_z / \lambda T_c; \delta = \varepsilon / \rho.$$

Давление и температура газов в конце расширения для:

а) бензиновых и газовых двигателей:

$$P_b = P_z / \varepsilon^{n_2}, T_b = T_z / \varepsilon^{n_2-1};$$

б) дизелей и газодизелей:

$$P_b = P_z / \delta^{n_2}, T_b = T_z / \varepsilon^{n_2-1};$$

1.6. Индикаторные показатели рабочего процесса

Теоретическое среднее индикаторное давление цикла для:

а) двигателей с искровым зажиганием:

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

б) двигателей с самовоспламенением:

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

Действительное среднеиндикаторное давление: $P_i = \phi P_i$, где $\phi = 0.93...0.97$ – коэффициент полноты индикаторной диаграммы с большим значением для карбюраторных и газовых двигателей.

Индикаторный КПД для:

а) двигателей на жидком топливе:

$$\eta_i = 8.314(M_1 P_i T_0)/(H_u P_0 \eta_v);$$

б) газовых двигателей: $\eta_i = 0.371(M_1 P_i T_{cm})/(H_u P_0 \eta_v)$.

Низшая теплота сгорания H_u газовых топлив берется в кДж/м³.

Индикаторный удельный расход топлива для:

а) двигателей на жидком топливе [г/кВтч]

$$q_i = 3600 \cdot 10^3 / H_u \eta_i, \text{ где } H_u - \text{кДж/кг.}$$

б) газовых двигателей (м³/кВт ч):

$$V_i = 9700 \eta_v P_0 / M_1 T_{cm} P_i;$$

Индикаторный удельный расход теплоты (МДж/кВтч):

$$q_i = q_i H_u \cdot 10^{-6}; q_i = V_i H_u,$$

где q_i – в кг/кВт ч, H_u – в Дж/кг – для жидкого топлива, а H_u в МДж/м³ – для газового топлива.

1.7. Механические потери в двигателе и эффективные показатели его работы

Среднее давление механических потерь (Мпа) для:

а) двигателей с искровым зажиганием:

$$P_M = 0.034 + 36 \cdot 10^{-5} S n \text{ для } S/D < 1 \text{ с числом цилиндров } i \text{ до}$$

6;

$$P_M = 0.04 + 45 \cdot 10^{-5} S n \text{ } S/D < 1 \text{ с } i = 8;$$

б) дизели с камерой в поршне:

$$P_M = 0.089 + 39 \cdot 10^{-5} S n.$$

Среднее эффективное давление (Мпа): $P_e = P_i - P_M$.

Механический кпд: $\eta_m = P_e / P_i$.

Эффективный кпд: $\eta_e = \eta_m \eta_i$.

Эффективный удельный расход топлива для:

а) двигателей, работающих на жидком топливе (г/кВт ч):

$$q_e = 3600 \cdot 10^3 / H_u \eta_e;$$

б) двигателей на газовом топливе (м³/кВт ч):

$$V_e = V_i / \eta_m.$$

Эффективный удельный расход теплоты (МДж/кВт ч):

$$q_e = q_e H_u * 10^{-6}; q_e = V_e H_u.$$

Эффективная мощность двигателя (кВт):

$$N_e = P_e V_h \text{in} / 120.$$

Часовой расход топлива (кг/ч и м³/ч):

$$G_m = N_e q_e * 10^3; G_m = N_e V_e.$$

В результате расчетов рабочих процессов двигателей

ЗИЛ-130, ВАЗ и КАМАЗ на различных видах топлива и зна-

чениях степеней сжатия получены данные (таблица 1), под-

тверждающие теоретические данные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие. 3-е издание. - М.: Высшая школа, 2002. - 496 с.
2. Луканин В.Н., Морозов, К.А. Хачиян А.С. и др. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.1: Теория рабочих процессов. Под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высшая школа, 2002. — 496 с
3. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
4. Дмитриевский А.В. Автомобильные бензиновые двигатели/ А.В. Дмитриевский. — М.:Астрель-АСТ,2003. — 127 с.
5. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
6. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.
7. Автомобильные двигатели / Под ред. М.С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
8. Автомобильные и тракторные двигатели. В 2 ч. / под ред. И.М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1976. – Ч.-2.
9. Болтинский В.Н. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей. – М.: Изд-во с.-х. лит., журн. и плакатов, 1962. – 391 с.
10. Конкс Г.А. Современные подходы к конструированию поршневых двигателей: учеб. пособие для студ. вузов по спец. "Двигатели внутреннего сгорания"/ Г.А. Конкс, В.А. Лашко. — М.:Моркнига,2009. — 387 с.

Составители: **Булаев Евгений Александрович**
Федюнин Павел Иванович
Матяш Сергей Петрович
Сальников Сергей Петрович
Речкин Сергей Васильевич
Вальков Валерий Анатольевич

Тракторы и автомобили

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы

Подписано к печати 30 мая 2017 г. Формат 60×841/16
Объем 0,65 уч.-изд. л. Изд. № Заказ №
Тираж 50 экз.

Отпечатано в издательстве Новосибирский ГАУ
690039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160