

ва по сравнению с насосом УТН-5, имеющим эксцентриситет 3,25 мм, или позволяет уменьшить габариты датчика.

Из результатов исследований вытекает, что топливный насос 4МТНМ обеспечивает меньший удельный расход топлива при максимальной мощности, позволяет в большей степени форсировать двигатель по среднему эффективному давлению и рекомендован для установки на двигателях Д-240.

Топливный насос 4МТНМ с датчиком расхода топлива перспективен для использования на тракторах с системами автоматического управления двигателем и трансмиссией и для установки на трактор новых приборов для определения и суммарного учета энергетических режимов работы двигателя.

УДК 621.436.019

Г.М. Кухаренок, канд. техн. наук,
Д.М. Пинский

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ НА ЭЦВМ

В настоящее время все более широкое распространение получают методы расчета рабочего цикла двигателей на электронных цифровых вычислительных машинах с целью определения влияния различных факторов на качество рабочего цикла и его оптимальных показателей [1, 2].

В статье изложена методика и программа расчета рабочего цикла дизеля на ЭЦВМ "Наири" - одной из наиболее распространенных вычислительных машин в нашей стране. Программа предназначена для решения инженерных задач, не требующих высокой скорости вычислений.

Расчет текущих давлений в процессах сжатия, сгорания и расширения ведется по одному и тому же уравнению [3]

$$p_n = \frac{\frac{2}{A} B_o H_u (\Delta x_n - \Delta x_w) + p_{n-1} \left(\frac{k_n + 1}{k_n - 1} V_{n-1} - V_n \right)}{\frac{k_n + 1}{k_n - 1} V_n - V_{n-1}}, \quad (1)$$

где p_{n-1} , V_{n-1} и p_n , V_n - соответственно давления и объемы в начале и конце рассматриваемого участка; A - термический эквивалент работы; B_o - цикловая подача топлива; H_u - низшая теплотворность топлива; k_n - величина отношения теплоемкостей для середины участка; Δx_n - относи-

тельное количество тепла, выделившегося на участке; Δx_{w_n} - относительные потери тепла от газов в стенке.

В процессах сжатия и расширения $\Delta x_n = 0$. При расчете процесса сгорания Δx_n берется из опытных данных или при их отсутствии приближенно определяется расчетным путем по уравнению И.И.Вибе [1]

$$\Delta x_n = e^{-6,908 \left(\frac{\varphi_{n-1}}{z} \right)^{m+1}} - e^{-6,908 \left(\frac{\varphi_n}{z} \right)^{m+1}}, \quad (2)$$

где φ_{n-1} и φ_n - углы поворота коленчатого вала от момента самовоспламенения топлива до начала и конца расчетного участка; m - показатель характера сгорания; φ_z - условная продолжительность сгорания.

Значение k для продуктов сгорания дизельного топлива и воздуха определяется по эмпирическому уравнению [1]

$$k_n = 1,259 + \frac{76,7}{T_{n_{cp}}} - \left(0,005 + \frac{0,0372}{\alpha} \right) x_{n_{cp}}, \quad (3)$$

где $T_{n_{cp}}$ - средняя температура газов на участке; α - коэффициент избытка воздуха; $x_{n_{cp}}$ - относительное количество

тепла, выделившегося от начала сгорания до середины рассматриваемого участка.

Температура газов определяется из характеристического уравнения

$$T_n = \frac{p_n V_n}{R M_a \mu x_n}, \quad (4)$$

где M_a - количество молей газов в начале сжатия; μ_x - текущий коэффициент молекулярного изменения; R - универсальная газовая постоянная.

$$\mu_{x_n} = 1 + (\mu - 1) x_n, \quad (5)$$

где μ - коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси.

В процессе расширения $x = 1$, соответственно $\mu_x = \mu$.

В процессе сжатия

$$k_n = 1,438 - 1,05 \cdot 10^{-4} T_{n_{cp}}, \quad (6)$$

и коэффициент молекулярного изменения $\mu_x = 1$.

Относительные потери тепла от газов в стенку на расчетном участке находятся из выражения

$$\Delta x_{w_n} = \frac{\Delta \varphi}{6n3600B_o H_{и}} \left\{ \left[\alpha_{\Gamma} (T - T_{\Gamma}) F_{x} \right]_{\text{ср}} + \left[\alpha_{\Gamma} (T - T_w) F_w \right]_{\text{ср}} \right\}, \quad (7)$$

где n - число оборотов; α_{Γ} - коэффициент теплоотдачи от газов в стенку; T_{Γ} - средняя температура поверхности гильзы, соприкасающейся с газами; F_x - поверхность гильзы, соприкасающейся с газами в рассматриваемый момент времени; T_w , F_w - температура и площадь поверхности, постоянно соприкасающейся с газами; ср - среднее арифметическое между значениями выражения в скобках для начала и конца расчетного участка.

Для определения коэффициента теплоотдачи от газов в стенку принята формула Эйхельберга, применяемая рядом исследователей

$$\alpha_{\Gamma} = a \sqrt[3]{c_m} \sqrt{P T},$$

где c_m - средняя скорость поршня; a - постоянный коэффициент, учитывающий интенсивность вихреобразования в цилиндре. Для быстроходных тракторных дизелей принимается $a = 2,7$.

Расчет рабочего цикла на ЭЦВМ "Наири" ведется согласно приведенной программе, которая составлена на языке автоматического программирования. В программе приняты следующие основные обозначения: $\gamma_7, \gamma_8, \gamma_9, \gamma_{10}, \gamma_{11}, \gamma_{12}$ - углы поворота коленчатого вала, соответствующие началу сжатия, началу сгорания, концу расширения, продолжительности сгорания, шагу расчета и углу поворота коленчатого вала от момента воспламенения топлива до начала рассматриваемого участка, град: γ_0 - коэффициент перевода из градусов в радианы: $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ - объемы газов, соответствующие началу расчетного участка, концу участка и началу сжатия, см³: p_0, t_0 и p_1, t_1 - давления и температуры газов, соответствующие началу и концу расчетного участка, кгс/см² и °K; t_2 и t_3 - температуры поверхности камеры сгорания, имеющей постоянную площадь соприкосновения с газами, и гильзы, °K; s_0 - площадь поверхности камеры сгорания, постоянно соприкасающейся с газами, м²; s_1 - площадь поверхности гильзы, соприкасающейся с газами в рассматриваемый момент времени, м²; r и d -

радиус кривошипа и диаметр цилиндра, мм; γ - отношение r/l ; c_m - средняя скорость поршня, м/с; n - число оборотов коленчатого вала, об/мин; o - количество тепла, введенного в цикл, ккал/цикл; λ - текущий коэффициент молекулярного изменения; m - количество молей газов в начале сжатия, моль/цикл; e - степень сжатия; m - показатель характера сгорания; a - постоянный коэффициент в формуле Эйхельберга; b_o - удельный индикаторный расход топлива, г/л.с.-ч; b_1 - низшая теплотворность топлива, ккал/кг; b_2 - коэффициент избытка воздуха; x - относительные потери тепла от газов в стенки; x_1 - относительное количество тепла, выделившегося на участке, определенное по формуле И.И.Вибе; x_1 - экспериментальные значения относительного количества тепла, выделившегося на участке; x_2 - относительное количество тепла, выделившегося к рассматриваемому моменту времени; p_2 - среднее индикаторное давление, кгс/см²; x_3 - индикаторный КПД.

При нажатой клавише "вариант" расчет процесса сгорания ведется по экспериментальным значениям относительного количества тепла, выделившегося на участке. При выключенной клавише "вариант" эти значения определяются расчетом.

По результатам расчета для каждого участка печатаются следующие величины: p_n ; T_n и x_n . В конце его даются значения p_i , η_i и g_i .

Индикаторные диаграммы, рассчитанные по приведенной программе с шагом расчета, равным 2 град, совпадают с экспери-

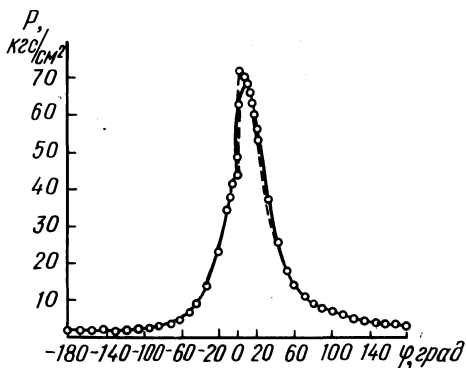


Рис. 1. Расчетные и экспериментальная индикаторные диаграммы для номинального режима работы дизеля Д-240: — при расчете процесса сгорания по опытным значениям Δx_n ; - - - - - при расчете процесса сгорания по значениям Δx_n , определенным по уравнению И.И.Вибе; o o o o - экспериментальная диаграмма.

ментальными на участках сжатия и расширения (рис.1). На участке сгорания практически полное совпадение получено при расчете по опытным значениям Δx_n . При расчете с использованием уравнения И.И.Вибе некоторое отличие в индикаторных

ПРОГРАММА РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ

```

an 112 r 190 ш 13 tx 12 lрδ8
1 выδ1=(δ2/ε)((1+0.5(ε-1)((1-сг1)+0.25ш(1-с(2г1))))
  δ1=√((1-сг1)+0.25ш(1-с(2г1)))×0.000001πg
  x0=(г11а(ε(0.333333 lnс))/21600но)((√(ρ0t0))(t0-t2)δ1+
    (√(ρ0t0))(t0-t3)δ0)
  ρ1=(854000(х1-x0)+ρ0(((у+1)δ0/(у-1))-δ1))/(((у+1)δ1/(у-1))-
    -δ0)
  t1=0.01ρ1δ1/848м((1+(л-1)х2))  l1=l1+0.005(ρ0+ρ1)(δ1-δ0)
  ρ0=ρ1  δ0=δ1  t0=t1  l0=l1
2 выго г7 г8 г9 г10 г11 г12 δ0 δ2 t0 ρ0 t2 t3 ε0
3 выг ы г с н о л м е ж а в2 в1
4 гоl1=0 х1=0 х2=0
5 выг1=г7го г2=г8го г3=г9го г4=г10го г5=г11го
  г6=(г12+0.0000001)
6 выδ1 у=1.438-0.000105t0 ε1 х0 ρ1 t1 l1
7 нежρ1 t1
8 выг1=г1+г5 ρ0 t0 δ0 l0
9 есг1-(г2+г5)<6
10 есl26
11 выδ1 х1=ε(-6.908 ε(м+1) ln(г6/г4))-ε(-6.908 ε(м+1) ln
  ((г6+г5)/г4))
12 вых2=х2+х1 у=1.259+76.7/t0-(0.005+0.0372/в2)(х2-0.5х1)
13 выε1 х0 ρ1 t1 l1
14 нежρ1 t1 х2
15 выг1=г1+г5 г6=г6+г5 ρ0 t0 δ0 l0
16 есг6-г4<10
17 гох1=0 х2=1
18 выδ1 у=1.259+76.7/t0-
  -(0.005+0.0372/в2)
19 выε1 х0 ρ1 t1 l1
20 нежρ1 t1
21 выг1=г1+г5 ρ0 t0 δ0 l0
22 есг1-(г3+г5)<17
23 выρ2=100l1/(δ2(ε-1)/ε)
  х3=l1/4270 в0=632300/в1х3
24 нежρ2 х3 в0
25 угж9
26 ввz
27 гоl=0 ж=z
28 ввш1
29 вc1=1+1
30 есl-j<28
31 гоl=0
32 выδ1 х1=ш1 х2=х2+х1
  у=1.259+76.7/t0-(0.005+
  +0.0372/в2)(х2-0.5х1)
33 выε1 х0 ρ1 t1 l1
34 нежρ1 t1 х2
35 выг1=г1+г5 ρ0 t0 δ0 l0
36 вc1=1+1
37 есl-j<32
38 угl7
39 ко uc2

```

диаграммах отмечено только на начальном участке процесса сгорания: разница в жесткости составляет 34%, максимальном давлении цикла 2%.

Л и т е р а т у р а

1. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. М., 1962.
2. Гончар Б.М. Численное моделирование рабочего процесса дизелей. - "Энергомашиностроение", 1968, № 7.
3. Кухаренок Г.М. Исследование динамики тепловыделения при сгорании различных топлив в тракторных дизелях. Канд.дис.Минск, 1971.

УДК 621.43.013.2

В.А. Рожанский, канд.техн.наук,
В.А. Роткович

РАСЧЕТ НАПОЛНЕНИЯ ДИЗЕЛЯ ВОЗДУХОМ

Наполнение дизеля воздухом представляет собой совокупность процессов, происходящих в течение предварения впуска, основного впуска и дозарядки. Известно несколько методов расчета коэффициента наполнения, существенный недостаток которых - низкая точность расчета, обусловленная неполным учетом факторов, влияющих на величину наполнения.

Коэффициент наполнения η_v равен отношению массы воздуха, поступившей в цилиндр в течение основного впуска $G_{осн}$ и дозарядки - $G_{оп}$ к теоретически возможной массе воздуха, которая может заполнить цилиндр за цикл при атмосферных условиях $G_{теор}$

$$\eta_v = \frac{G_{осн} + G_{оп}}{G_{теор}}$$

$G_{осн}$ включает массу воздуха, поступившую в цилиндр во время основного впуска и предварения впуска, и составляет основную массу воздуха, поступившую за весь цикл. Данное количество воздуха достаточно точно определяется по формуле, приведенной в работе [1]. $G_{оп}$ - масса воздуха, оставшаяся в цилиндре от массы дозарядки $G_{доз}$ после обратного выброса массы воздуха $G_{выб}$: