

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В. Н. Ложкин¹, Д. А. Лакеев², О. В. Ложкина³

Санкт-Петербургский университет (СПбУ) ГПС МЧС России, 196105, Санкт-Петербург, Московский пр-т., 149

Аннотация – В статье проводится анализ особых режимов эксплуатации двигателей пожарных автомобилей в условиях их применения, на основании которого предлагаются разработанные методы безразборного диагностирования топливно-экологических параметров по составу отработавших газов с целью выявления аварийных режимов эксплуатации пожарных автомобилей между планово-предупредительными техническими обслуживаниями.

Ключевые слова: эксплуатация; диагностирование; техническое обслуживание; пожарный автомобиль.

FEATURES OF ENGINES DIAGNOSTIC FOR FIRE-ENGINE VEHICLES

V. N. Logkin, D. A. Lakeev, O. V. Logkina

St.-Petersburg university GPS of the Ministry of Emergency Measures of Russia
196105, St.-Petersburg, the Moscow avenue, 149;

Summary – In article is carried out the analysis of particular treatments of operation of engines of fire-engine vehicles in the conditions of their application on which basis the developed methods безразборного diagnosings of toplivno-ecological parameters on structure of the fulfilled gases for the purpose of revealing of emergency operation of operation of fire-engine vehicles between scheduled preventive maintenance service are offered.

Keywords: operation; diagnosing; maintenance service; the fire-engine vehicle.

Особыми условиями эксплуатации пожарных автомобилей (ПА) являются их частота использования и режим работы двигателей.

На основании статистической обработки сведений о реальных процессах тушения пожаров в городах РФ ВНИИПО МЧС России [1] были получены данные об использовании основных и специальных ПА (табл. 1).

Как видно из анализа приведенных данных, пожарные автоцистерны используются при тушении практически всех пожаров.

В течение суток пожарные автомобили могут вызываться на пожары по несколько раз [2]. О частоте пожаров судят по числу выездов на пожары оперативных подразделений пожарной охраны. Установлено [2], что потоки выездов ПА на пожары подчиняются распределению Пуассона.

Таблица 1 – Частота применения ПА в городах РФ

Типы ПА	Частота использования, % от общего числа пожаров
Автоцистерны	99,4
Автонасосы (на- сосно-рукавные ПА)	2,7
Автомобили пен- ного и порошково- го тушения	0,4
Автолестницы, ко- ленчатые подъем- ники	1,4
Автомобили связи и освещения	1,6
Автомобили тех- нической службы	0,6

В соответствии с этим законом вероятность $P_k(\tau)$ того, что за любой промежуток времени произойдет k выездов ПА, равна

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \tau)^k}{k!} e^{-\lambda \tau}, \quad (1)$$

где: λ – среднее число выездов в единицу времени; τ – любой промежуток времени; $e = 2,72$ – основание натурального логарифма; $k! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot k$.

Распределение числа выездов ПА по суткам для крупного города на протяжении года показано на рис. 1. Как видно, действительное распределение и теоретическое, вычисленное по формуле (1), достаточно хорошо согласуются. Такое распределение, по данным [2], является типичным для города с населением 300 ... 400 тыс. человек.

Случайный характер возникновения пожаров во времени определяет стохастичность режимных состояний ПА. В течение суток ПА может находиться в состоянии дежурства, боевых действий или технического обслуживания. Вероятность пребывания пожарного автомобиля P_i в каждом из этих состояний определяется отношением

$$P_i = \tau_i / \tau_c, \quad (2)$$

где τ_i – продолжительность пребывания в одном из состояний, ч; τ_c – достаточно длинный промежуток времени в часах, равный нескольким суткам.

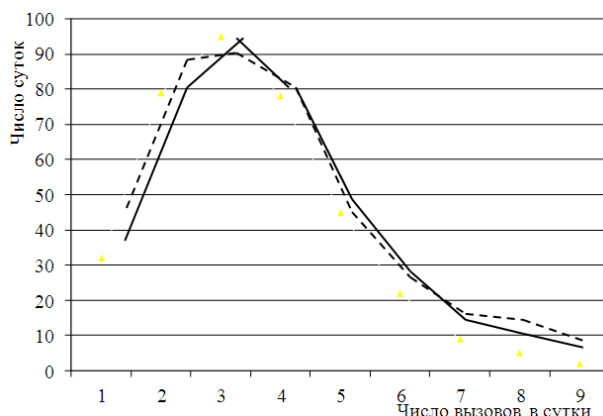


Рисунок 1 – Распределение выездов пожарных подразделений в городе с населением 340 – 400 тыс. человек [2]: - - - – действительное распределение выездов; — – теоретическое распределение выездов.

При каждом вызове на пожар всегда выполняется ряд боевых действий: выезд и следование на пожар, разведка пожара, боевое развертывание, тушение пожара, возвращение в пожарную часть. Такие боевые действия принято называть постоянными. Другие боевые действия (спасание людей, удаление дыма и т. д.) выполняются далеко не на всех пожарах (таблица 1).

Эксплуатация пожарных автомобилей осуществляется в жестких, а при тушении пожаров и в экстремальных условиях, на режимах, нехарактерных для транспортных шасси, на базе которых они созданы. Как было отмечено ранее, основным видом ПА являются пожарные автоцистерны (АЦ). Сегодня их количество составляет около 73% от общей численности всех ПА [3]. Средние интервалы времени, характеризующие режимы использования пожарной автоцистерны при тушении одного пожара приведены на рис. 2).

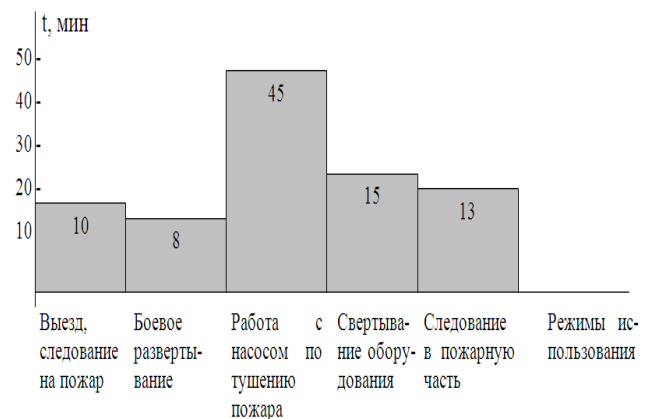


Рисунок 2 – Распределение среднего времени работы пожарной АЦ [4].

Рассмотрим особенности работы двигателя на характерных режимах применения АЦ.

В режиме ожидания при использовании непрогретого двигателя на холостом ходу следует ожидать повышенные дымность ОГ и выбросы с ОГ CO, CH, альдегидов.

При выезде и следовании АЦ на пожар движение автомобиля начинается, как правило, с непрогретым двигателем (уже через 50 – 60 секунд после запуска и работы двигателя в режиме холостого

хода). В городском режиме движения со средней скоростью около 40 км/час, средняя дальность поездки не превышает 7 км [4]. При этом температура двигателя достигает не более 50 – 60 % от оптимального значения [5].

Данный режим наиболее кратковременный в общем времени функционирования пожарного автомобиля: при каждом боевом выезде время движения составляет 10 – 12 мин. Между тем именно этим режимом определяются наиболее многочисленные и серьезные требования к двигателю базового шасси АЦ. Эти требования можно объединить в две группы: обеспечение высоких скоростных качеств, включая динамические показатели; создание конструктивными решениями условий безопасного движения (с наименьшим выбросом загрязняющих веществ). Выполнение этих требований обеспечивается такими мерами, как форсирование мощности двигателя, ускорение с помощью технических устройств выхода на оптимальный тепловой режим, улучшение выходных характеристик трансмиссии.

Работающее на пожаре шасси должно иметь высокую проходимость и запас мощности ($N_{e \max}$ – рис. 3), необходимые для преодоления труднопроходимых участков непосредственно в зоне пожара.

При этом двигатель может эксплуатироваться на всех режимах внешней «ветви» скоростной характеристики, включая режим номинальной мощности и наиболее неблагоприятный по безопасности (повышенная дымность) режим максимального крутящего момента. Чем круче поднимается кривая M_e при уменьшении частоты вращения (больше значение коэффициента приспособляемости – $M_{e \max} / M_{e N \max}$), тем меньше снизится скорость ПА при увеличении сопротивления движению.

Следовательно, можно будет преодолевать более крутые подъемы и препятствия, не переходя на низшую передачу. Таким образом, чем больше коэффициент приспособляемости, тем лучше тя-

говые качества автомобиля, выше средняя скорость и легче управление.

Из рис. 2 видно, что наиболее длительный режим использования пожарной автоцистерны – это работа с насосной установкой при тушении пожара. В этом режиме двигатель может использоваться вначале для заполнения пожарного насоса водой с помощью встроенного в систему выпуска ОГ устройства всасывающего газоструйного (УВГ). Эксплуатация двигателя в этом режиме характеризуется повышенным противодавлением в газовыпускном тракте и, как следствие, – перерасходом топлива, обильным дымлением и повышенным выбросом СО и СН.

Однако, согласно статистическим данным [4], на каждые 200 выездов на пожар в городах только 2 или 3 раза производится забор воды из открытого водяного источника. В то же время, проверка исправности вакуумной системы при помощи УВГ производится ежедневно при смене караула.

Таким образом, основное требование к двигателю базового шасси, работающему на пожаре, – возможность съема стационарной мощности для привода ПЦН. Время допускаемой непрерывной работы двигателя в этом режиме – не менее 6 ч (в случае необходимости – с устройством для дополнительного охлаждения двигателя, устанавливаемым заводом-изготовителем пожарных машин).

Особенностью эксплуатации АЦ на пожаре является то, что двигатели при тушении пожаров, приводя во вращение рабочее колесо центробежного насоса, работают на частичных нагрузочных и скоростных режимах (рис. 3). Для пожарных АЦ максимальная потребляемая мощность наиболее распространенного насоса ПН-40УВ не превышает 62,2 кВт [4] (рис. 4, кривая 3).

Графики рис. 4 свидетельствуют о крайне неблагоприятном сочетании режимов совместной работы насоса и двигателя. Эксплуатационные режимы отбора мощности на привод насоса соответствуют частичным (неэкономичным) режимам работы

двигателя. Так, при подаче насоса 40 л/с и напоре 100 м удельный расход топлива по сравнению с номинальным режимом может быть больше на 15%, а при подаче 3,6 л/с и напоре 50 м (режим, на который приходится около 50% продолжительности работы ПА на пожарах [4]) он может быть больше уже на 70% [4].

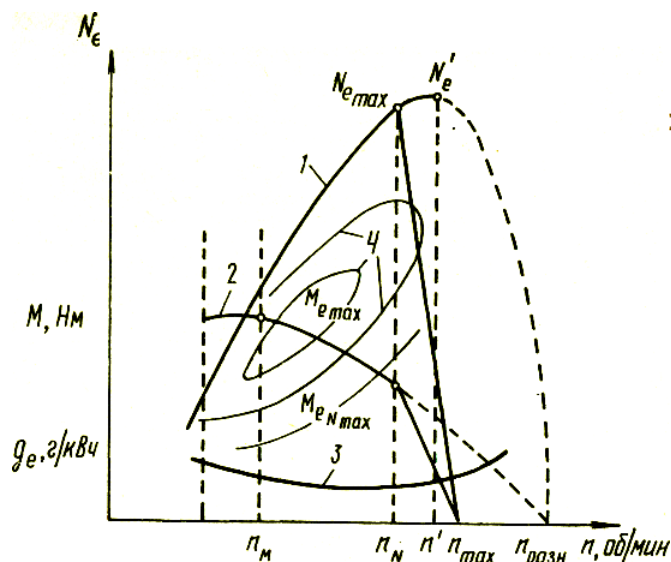


Рисунок 3 – Внешняя скоростная характеристика двигателя ПА: 1, 2, 3 – соответственно, изменение эффективной мощности (N_e), крутящего момента (M) и удельного расхода топлива (g_e) по внешней скоростной характеристике; 4 – изолинии одинаковых удельных расходов топлива по частичным нагрузочным и скоростным режимам работы двигателя; n_M – частота вращения вала двигателя (n), соответствующая максимальному крутящему моменту ($M_{e\max}$); n_N – частота вращения вала двигателя (n), соответствующая максимальной эффективной мощности ($N_{e\max}$ при $M_{e\max}$); n_I – частота вращения вала двигателя, соответствующая предельной мощности (N_e^I); n_{\max} – максимальная частота вращения вала двигателя; $n_{\text{разн}}$ – частота вращения, при которой двигатель уходит «в разнос».

По мере роста нагрузки на двигатель, при работе пожарного насоса, происходит более эффективное сгорание топлива, увеличивается максимальная температура рабочего цикла, что, в целом, приводит к увеличению образованию окислов азота и снижению

содержания продуктов неполного сгорания топлива в ОГ.

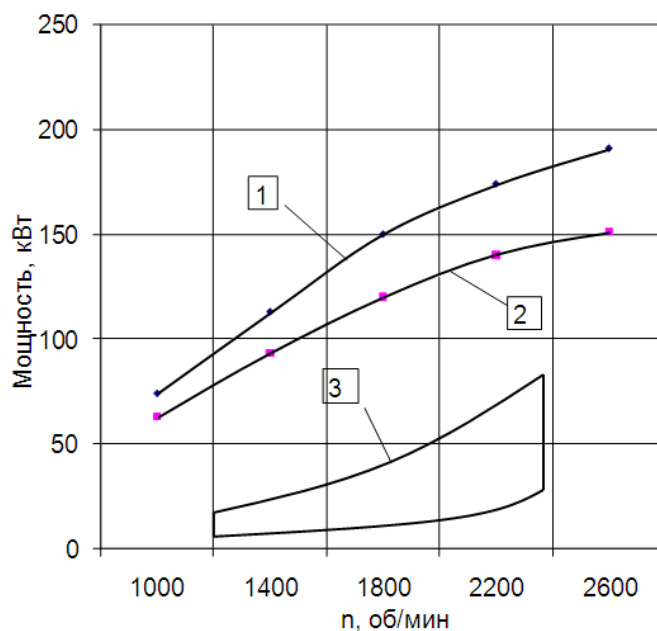


Рисунок 4 – Совмещение внешних характеристик дизельных двигателей: КамАЗ-7403.10 (1) и КамАЗ-740.10 (2) с областью отбора мощности на привод насоса ПН-40УВ (3)

Таким образом, специфика эксплуатации ПА, в отличие от гражданских условий, для которых создаются базовые шасси, состоит в том, что при следовании на пожар и боевом развертывании («подруливании» к очагу пожара) к двигателю ПА предъявляется требование форсирования рабочего процесса по мощности, а при работе на насос, – применение мероприятий, направленных на минимизацию потребления топлива. Все это должно достигаться, прежде всего, изменением соответствующих регулировок ТА (их оптимизацией).

Кроме того, как показывает практика, большинство отечественных автомобильных двигателей, эксплуатирующихся в настоящее время, не удовлетворяют действующим и перспективным требованиям стандартов по экологической безопасности. Например, выбросы вредных веществ с ОГ у наиболее распространенного дизеля КамАЗ-740.10 составляют по СО – 9,17

г/кВт·ч, по $C_n H_m$ – 1,63 г/кВт·ч, по NO_x – 10,29 г/кВт·ч [5].

При разработке норм по эмиссии вредных веществ с ОГ [6-11] всегда рассматривался вопрос о распространении их не только на новые, но и на находящиеся в эксплуатации автомобили, поскольку именно они и загрязняют окружающую среду. В результате естественного износа деталей в механизмах двигателя и разрегулировок в системах управления топливopодачей, воздуxоснабжения, газоразпуска и т. д., – ухудшается состав ОГ.

В этой связи, контроль соблюдения норм по эмиссии ОГ должен быть тесно взаимосвязан с контролем и диагностикой технического состояния двигателей автомобилей, находящихся в эксплуатации, и качеством проведения технического обслуживания двигателя, в частности регулировочных работ на основе изучения связи дымности и токсичности ОГ транспортных средств с топливopодачей и режимами эксплуатации ДВС.

Выполненный анализ показал, что двигатели ПА работают в особых условиях, что может привести к их аварийному состоянию между планово-предупредительными техническими обслуживаниями. Это делает актуальным применение методов безразборного технического диагностирования двигателей ПА в условиях пожарных депо.

Для решения данной задачи был разработан метод технического диагностирования двигателей ПА с целью выявления аварийных режимов их эксплуатации, сопровождающихся повышенным выбросом с ОГ токсичных веществ и перерасходом топлива.

Теория метода основана на широко апробированных детерминированных термохимических зависимостях [12 – 15], устанавливающих в соответствии с теорией рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей [6] связи между цикловой подачей топлива ($g_{ц}$), воздуха (G_B), числом цилиндров (i), теоретически необходимого количества воздуха для полного сгорания топлива (L_o), частоты вращения коленчатого вала дви-

гателя (n), концентрациями O_2 , CO_2 , в дальнейшем, – дымностью отработавших газов.

$$g_{ц} = 1,2 \cdot 10^5 [(CO_2 \cdot G_B) / (i \cdot L_o \cdot CO_{2max} \cdot n)]; \quad (3)$$

$$g_{ц} = 1,2 \cdot 10^5 [((O_B - O_2) \cdot G_B) / (i \cdot L_o \cdot O_B \cdot n)]. \quad (4)$$

Для сравнения топливных показателей различных двигателей удобно воспользоваться понятием удельной цикловой подачи топлива $g_{ц}' = g_{ц} / iV_h$, тогда будем иметь

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 [(CO_2 \cdot G_B) / (i \cdot V_h \cdot L_o \cdot CO_{2max} \cdot n)]; \quad (5)$$

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 [((O_B - O_2) \cdot G_B) / (i \cdot V_h \cdot L_o \cdot O_B \cdot n)], \quad (6)$$

где: $g_{ц}'$ – мг/цикл·л, V_h – рабочий объем цилиндра двигателя.

Значения констант L_o и CO_{2max} , входящих в уравнения (3 – 6) в общем случае должны быть вычислены по результатам химического анализа применяемого топлива. Выражение для L_o с учетом наличия серы в составе топлива будет иметь вид

$$L_o = (8/3C_T + 8H_T + S_T - O_T)(87,5/O_B + 1/8), \quad (7)$$

где: C_T , H_T , S_T и O_T – соответственно содержание углерода, водорода, серы и кислорода в топливе, массовые доли.

Выражение для определения величины CO_{2max} по химическому составу топлива с учетом содержания серы может быть получено из соотношения мольных концентраций компонентов сухих ОГ. При совершенном сгорании 1 кг топлива в общем случае выделится (в к·моль) $(CO_2)' = C_T/12$, $(SO_2)' = S_T/32$, кроме того, в ОГ будет присутствовать остаточный азот

$$(N_2)' = (1 - O_B/100) \cdot L_o',$$

где: $L_o' = L_o/m_B$ – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания единицы массы топлива в мольном выражении; m_B – средняя относительная молекулярная масса воздуха, у.е. Количество CO_2 , отнесенное к общему количеству ОГ, дает величину CO_{2max} .

$$CO_{2max} = 10^2 [(C_T/12) / (C_T/12 + S_T/32 + L_o'(1 - O_B/100))], \quad (8)$$

Полученные соотношения для $g_{ц}'$ являются однако приближенными, так как не учитывают достаточно строго изменения объема газов до и после сгорания. В работе [16] указывается, что изменение объема газов в рассматриваемом случае вызвано влиянием водорода, входящего в состав топлива и сгорающего с образованием водяных паров. Проведенный расчетный анализ [9] показал, что методическая погрешность, вносимая в результаты расчетов $g_{ц}'$ по вышеприведенным зависимостям, имеет в области номинальной нагрузки дизеля величину порядка 2% и растет по мере снижения нагрузки, достигая величины порядка 5,5% в области холостого хода. Для устранения неточности расчетов, вызванных данным обстоятельством, предлагается использовать уточненные соотношения для удельной цикловой подачи топлива могут быть представлены в виде

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 [(100 + \mu) \cdot G_B] / ((i \cdot V_h \cdot L_0 \cdot O_B) \cdot [(100 - O_B + \mu) / (1 + \beta)] \cdot (1/CO_2) + 1) \cdot n); \quad (9)$$

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 \cdot G_B / ((i \cdot V_h \cdot L_0) \cdot [((100 - O_B + \mu) \cdot O_B) / ((100 + \mu) \cdot (O_B + O_2)) + (O_B / (100 + \mu)) \cdot n])$$

После преобразования и вынесения константных величин полученные выражения могут быть представлены также в следующей форме

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 \cdot [(100 + \mu) \cdot (O_B \cdot i \cdot V_h \cdot L_0)] \cdot [G_B / (((100 - O_B + \mu) / ((1 + \beta) \cdot CO_2) + 1) \cdot n)]; \quad (10)$$

$$g_{ц}' = 1,2 \cdot 10^5 \cdot [(100 + \mu) \cdot (O_B \cdot i \cdot V_h \cdot L_0)] \cdot [G_B / (((100 - O_B + \mu) / (O_B - O_2) + 1) \cdot n)], \quad (11)$$

где μ – коэффициент, учитывающий элементарный состав водородосодержащего топлива, равный

$$\mu = 32,82[(C_T + 0,37S_T)/(H_T - 0,125O_T + 0,002C_T)]. \quad (12)$$

Применение последних зависимостей позволит повысить точность определения $g_{ц}'$ по данным простого анализа ОГ.

Однако последние зависимости не учитывают возможность неполного окисления топлива и связывания кислорода азотом. Для снижения данной погрешности необходимо при расчетах учи-

тывать и то количество кислорода, которое потребуется для полного окисления продуктов реакций и кислород, связываемый азотом воздуха. Кроме того, потребуется внести поправки в значения содержания двуокиси углерода в ОГ с учетом наличия в составе ОГ компонентов, содержащих не окисленный углерод. Важнейшими из таких компонентов, которые желательно учитывать при анализе ОГ, являются следующие: окись углерода CO, метан и другие углеводороды (CH), окислы азота NO и сажа $C_{ог}$.

В работах [9, 16] на основе анализа химизма образования указанных соединений выводятся соотношения для скорректированных значений содержания кислорода и двуокиси углерода в ОГ

$$O_2' = O_2 - 0,5CO - 2CH + 0,5NO - 0,187C_{ог}, \quad (13)$$

$$CO_2' = CO_2 + CO + CH + 0,187C_{ог}. \quad (14)$$

Определение массового сажесодержания в ОГ представляет известную трудность для условий эксплуатации. В то же время между показателями дымности ОГ и сажесодержанием, как это было показано в главе 1, существует корреляционная связь. Выполненный статистический анализ экспериментального материала показал возможность описания данной связи (с вероятностью 0,95 полиномом 4-ой степени

$$C_{ог} = 1,26255 \cdot 10^{-4} \cdot K^2 - 1,97748 \cdot 10^{-3} \cdot K + 3,67243 \cdot 10^{-2}, \quad (15)$$

где $C_{ог}$ – г/м³; K – коэффициент ослабления светового потока по шкале Hartridge, %. Рассчитанные значения O_2' и CO_2' подставляются далее в соответствующие выражения для $g_{ц}$.

Полученные выше соотношения могут быть представлены в более конкретной форме. Так, для применяемых в настоящее время бессернистых дизельных топлив среднестатистического состава ($C_T = 0,857$; $H_T = 0,133$; $O_T = 0,01$) и работе в ординарных климатических условиях ($O_2 = 21\%$, $N_2 = 79\%$), входящие параметры принимают конкретные значения: $L_0 = 14,39$; $CO_{2max} = 15,39$; $\beta = 0,364$; $\mu = 210,74$ и зависимости (10, 11) преобразуются к упрощенному виду:

$$g_{ц}' = 1.239 \cdot 10^5 \cdot (1/(i \cdot V_h \cdot n)) \cdot [G_B / (289,74/CO_2 + 1)], \quad (16)$$

$$g_{ц}' = 1.239 \cdot 10^5 \cdot (1/(i \cdot V_h \cdot n)) \cdot [G_B / (289,74/(21 - O_2) + 1)]. \quad (17)$$

Применительно к топливу утяжеленного фракционного состава (ТУФС), содержащему серу: $C_T = 0,865$; $H_T = 0,12$; $O_T = 0,01$; $S_T = 0,005$; $L_0 = 13,99$; $CO_{2max} = 15,33$; $\beta = 0,325$ и $\mu = 236,14$ зависимости приобретают вид:

$$g_{ц}' = 1,373 \cdot 10^5 (1/(i \cdot V_h \cdot n)) \cdot (G_B / (237,8/CO_2 + 1)); \quad (18)$$

$$g_{ц}' = 1,373 \cdot 10^5 (1/(i \cdot V_h \cdot n)) \cdot (G_B / (315,14/(21 - O_2) + 1)). \quad (19)$$

По рассчитанным значениям $g_{ц}'$ могут быть определены и другие топливные показатели дизеля, например, часовой (G_T) и удельный эффективный (g_e) расходы топлива

$$G_T = (g_{ц}' \cdot i \cdot V_h \cdot n) / (0.6 \cdot 10^5),$$

$$g_e = (3.6 \cdot 10^3 \cdot G_T) / N_e, \quad (20)$$

где: V_h – рабочий объем цилиндра, л; N_e – эффективная мощность дизеля, кВт.

Дымность (оптическая непрозрачность) являясь характеристикой содержания в ОГ продуктов неполного сгорания топлива в цилиндрах дизелей, может служить своеобразным индикатором совершенства организации рабочего процесса с точки зрения завершенности окислительных реакций горения и, следовательно, экономии расхода топлива [9-16].

На рис. 5 показаны данные статистических исследований [9 – 15] по взаимосвязи дымности ОГ с удельным расходом топлива. Данные получены на нескольких десятках двигателей, находящихся в эксплуатации и из серийной продукции, в том числе: не приработанные двигатели, дизели к которым были предъявлены претензии при контроле качества изготовления. Зависимость рис. 5 соответствует значениям дымности на режимах полной нагрузки при отношении частот вращения $n/n_H = 0,45; 0,6; 0,8; 1,0$, где n – частота вращения коленчатого вала двигателя; n_H – номинальная частота вращения.

Для последующей математической обработки, с целью получения зависимо-

сти $G_T^y = f(m_{Ксy})$, полученные результаты сводились в общую таблицу.

В результате математической обработки данных по результатам исследований на наиболее массовом в системе ГПС МЧС России двигателе Д-245 для ПА с шасси Зил-130 была получена зависимость

$$G_T^y = f(m_{Ксy}), \quad (21)$$

где G_T^y – расход топлива дизеля при его работе на условном режиме, определяемом интегральной суммой статистически взвешенных во времени стационарных эксплуатационных режимов работы, определявшемся методом численного интегрирования по выражению

$$G_T^y = \sum_{i=1}^n 0,29/n \cdot G_T^i + \sum_{j=1}^m 0,29/m \cdot G_T^j + \sum_{l=1}^1 0,42/l \cdot G_T^k \quad (22)$$

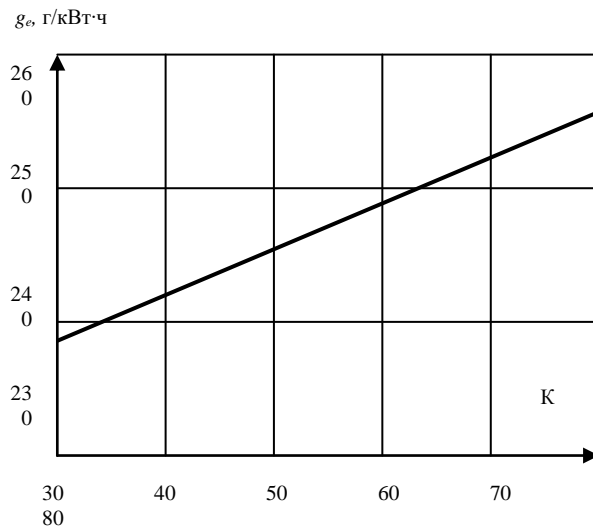


Рисунок 5 – Связь дымности ОГ (К) с удельным расходом топлива (g_e) на режиме номинальной мощности

где: G_T^i , G_T^j , G_T^k – соответственно расходы топлива на режимах, составляющих совокупности характерных режимов эксплуатации по нагрузке и частоте вращения коленчатого вала двигателя n , m , l ; $m_{Ксy}$ – математическое ожидание дымности в режиме свободного ускорения по всей совокупности эксплуатационных режимов работы двигателя.

Эта зависимость, для дизелей с уровнем форсирования рабочего процес-

са близким к уровню двигателя Д-245, может быть описана уравнением

$$G_T^y = 0.02K_{cy} + 7.64, \quad (23)$$

где K_{cy} – дымность, определяемая в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52160-2003 [9].

Рассмотренные взаимосвязи между дымностью, составом ОГ и топливно-экологическими показателями, благодаря развитию быстродействующей газоаналитической аппаратуры, основанной на физических методах измерения, делают реальным применение анализа ОГ для оценки аварийных режимов работы двигателей ПА в условиях реальной эксплуатации.

Литература

1. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. – М.: Стройиздат, 1988. – 352 с.
2. Пожарная техника. // Учебник под редакцией д. т. н., проф. М.Д. Безбородько, М.: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР, 1989. – 335 с.
3. Концепция развития производства пожарных автомобилей в Российской Федерации // Пожарная безопасность. - 1999. - № 4. - С.47 - 55.
4. Ложкин В.Н., Преснов А.И., Иншин Р.И. О связи технического состояния, конструктивных особенностей и режимов эксплуатации пожарных автомобилей с токсичностью отработавших газов. В кн.: некоторые вопросы повышения пожаробезопасности объектов и совершенствования пожарной техники: Сб. науч. трудов. - СПб.: СПбВПИШ, 1997. - С 76 - 84; ил.
5. Ложкин В. Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом / Часть 2: «Автомобильный транспорт как источник загрязнения окружающей природной среды. Проблемы и решения», справочно-методическое и учебное пособие, НПК «Атмосфера» при ГГО им. А. И. Воейкова, СПб, 2002, - 297 с.
6. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки / Госстандарт России, М.: Издательство стандартов, 2001. – 28 с.
7. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния / Национальный стандарт Российской Федерации, М.: Издательство стандартов, 2003.
8. ГОСТ Р 17.2.02.06-99. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах газобаллонных автомобилей / Госстандарт России, М.: Издательство стандартов, 1999. – 6 с.
9. ГОСТ Р 52160-2003. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния / Национальный стандарт Российской Федерации, М.: Издательство стандартов, 2003. – 9 с.
10. ГОСТ 23435-79. Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров. Введ. С 01.01.80. – 8 с.
11. ГОСТ 20760-75. Техническая диагностика. Тракторы. Параметры и качественные признаки. Введ. с 01.01.76. – 12 с.
12. О возможности и перспективах оценки экономических показателей дизеля с использованием анализа состава ОГ // Николаенко А.В., Дёмочка О.И., Ложкин В.Н., Заводчиков В.М. в кн.: Современный уровень и пути совершенствования экономических и экологических показателей ДВС. – Ворошиловград, 1983. – 38 с.
13. Simons W. Vergleich von Gleichungen zur Bestimmung der lufthzahl bei Ottomotoren // Technische Überprüfung 24. – 1983. - № 1. – S. 22-27.
14. Sachse J., Torge M. Verminderten Kraftstoffverbrauch vor Kraftfahrzeug – Dieselmotoren durch Einhaltung der Rauchgrenzwerte sowie durch andere zielgerichtete Abgasmaßnahmen // Kraftfahrzeugtechnik. – 1981. № 10, S. 302 -306.
15. Sachse J., Torge M. Kraftstoffverluste durch unvollständige Verbrennung // Kraftfahrzeugtechnik. – 1982. - №2. – S. 362 - 369.
16. Ждановский Н.С., Николаенко А.В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. – Л.: Колос, 1981. – 295 с.

¹ Ложкин Владимир Николаевич – заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, тел.: +7 921 7777304, e-mail: vnlojkin@yandex.ru;

² Лакеев Дмитрий Александрович – инженер, соискатель СПбУ ГПС МЧС России, тел.: (812) 369-69-73;

³ Ложкина Ольга Владимировна – к.х.н., доцент, кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения СПбУ ГПС МЧС России, тел.: (812) 369-69-73.