

64. 3. Покровский Г.П. Электроника в системах подачи топлива автомобильных двигателей. - М.: Машиностроение, 1990. 4. ГРЕХОВ Л.В. топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. учебно-практическое пособие - м.: легион - автодата, 2003. - 176 С. 5. ЛЕВИН Г. Н. о необходимости электрического управления дизельными форсунками // локомотив. - 1991. - №1. - С. 36 - 37. 6. Файнлейб Б.Н. Оценки возможности дизельной топливной аппаратуры повышать давление впрыскивания топлива // Двигателестроение.-1989.-№ 6.-С.7-9. 7. Агеев Б.С. Состояние и основные направления развития топливовпрыскивающей аппаратуры зарубежных среднеоборотных дизелей // Двигателестроение. - 1987. - № 5.- С. 50 - 53. 8. Корнилов Г.С. Обоснование и разработка нового поколения топливной аппаратуры перспективных автотракторных дизелей. - Дис ... канд. техн. наук в форме научного доклада. -Москва, 1990.-24 с. 9. Патрахальцев Н.Н. Повышение эффективности работы дизеля

при неустановившихся режимах воздействием на процессы топливоподачи. - Автор. дис ... доктора техн. наук. - Москва, 1985. - 28 с. 10. Григор'єв О.Л. Розробка універсальних методів гідродинамічного розрахунку, динамічного аналізу та оптимізаційного синтезу основних елементів паливної апаратури дизелів. - Автор. дис ... доктора техн. наук. - Харків, 2004. - 36 с. 11. Король С.О. Розроблення і дослідження регульованого приводу паливного насоса транспортного дизеля. - Автореф. дис ... канд. техн. наук. - Харків, 2002. - 20 с. 12. Король С.О. Обґрунтування нового способу управління кутом запізнення закриття впускного клапана двигуна внутрішнього згорання. //Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук: КДПУ, 2006. - Вип. 1/(36) – С. 78-80. 13. И.М. Ленин, А.В. Костров, О.М. Малашкин, и др./ Автомобильные и тракторные двигатели. Ч.1. М, «Высшая школа» - 1976, - с.368.

УДК 621.431: 621.436.068

И.В. Парсаданов, д-р техн. наук, Е.А. Кунах, магистр

ТОПЛИВНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИЗЕЛЯ ГОРОДСКОГО АВТОБУСА С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Постановка проблемы

Активный рост городской инфраструктуры, обусловленный научно-техническим прогрессом и увеличением населения городов, приводит к росту пассажирских перевозок, значительная доля которых приходится на городские автобусы.

В качестве силовой установки для городских автобусов повсеместное распространение в настоящее время получили дизели, обеспечивающие высо-

кие технико-экономические и экологические показатели. Однако, несмотря на относительную экологическую безопасность дизелей, токсические вещества отработавших газов (ОГ), выбрасываемые при эксплуатации городских автобусов, являются одними из основных загрязнителей воздуха и представляют особую опасность, так как непосредственно воздействуют на большое количество людей, строения, зоны отдыха.

Повышение экологической безопасности автобусных дизелей наряду с другими факторами связано с объективной оценкой топливно-экологических показателей, учитывающих условия эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций

Впервые обобщенные модели эксплуатации для оценки различных показателей автотракторных дизелей обоснованы и разработаны в результате обработки многочисленных экспериментальных данных проф. Шеховцовым А.Ф. В работе [1] приведены модели эксплуатации дизелей колесных и гусеничных тракторов и зерноуборочных комбайнов. В работе [2] проф. Парсадановым И.В. предложена модель эксплуатации дизеля грузового автомобиля, разработан метод комплексной оценки показателей расхода топлива и токсичности отработавших газов, а также циклы испытаний для топливно-экологической оценки автотракторных дизелей.

Цель исследования

Разработать обобщенную модель эксплуатации дизеля городского автобуса, провести анализ затрат на топливо и возмещение экологического ущерба при эксплуатации двигателя и на его основе разработать цикл стендовых испытаний, который бы давал возможность ускорить и упростить достоверную топливно-экологическую оценку двигателя. Объект исследования – дизель 6ЧН12/14 (СМД-31) мощностью $N_{eH} = 210 \text{ кВт}$ с номинальной частотой вращения коленчатого вала $n_H = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Результаты исследований

Обобщенная модель эксплуатации дизеля городского автобуса. Модель эксплуатации представляет собой вероятностное распределение режимов работы двигателя в виде функциональной зависимости $P_i = f(M_{Kpi}, n_i)$ для центров выбранных полигонов (узловых точек). Здесь P_i , M_{Kpi} , n_i – соответственно долевая наработка, крутящий момент и частота вращения коленчатого вала двигателя на i -ом полигоне

эксплуатационных режимов.

На рисунке 1 в виде трехмерного графика зависимости $\overline{P}_i = f(\overline{M_{Kpi}}, \overline{n_i})$ показано вероятностное распределение полигонов эксплуатационных режимов дизеля грузового автомобиля при движении по городу с полной загрузкой, полученное в результате обработки данных эксплуатационных и стендовых испытаний для дизеля 6ЧН 12/14. Внешняя характеристика, ограничивающая область модели эксплуатации дизеля, соответствует внешним характеристикам современных автомобильных дизелей с газотурбинным наддувом. Наклон регуляторной ветви принят равным 8%, а корректорная ветвь имеет постоянное значение коэффициента приспособляемости 1,2 в диапазоне частот вращения коленчатого вала $(0,48 - 0,75) \cdot n_H$.

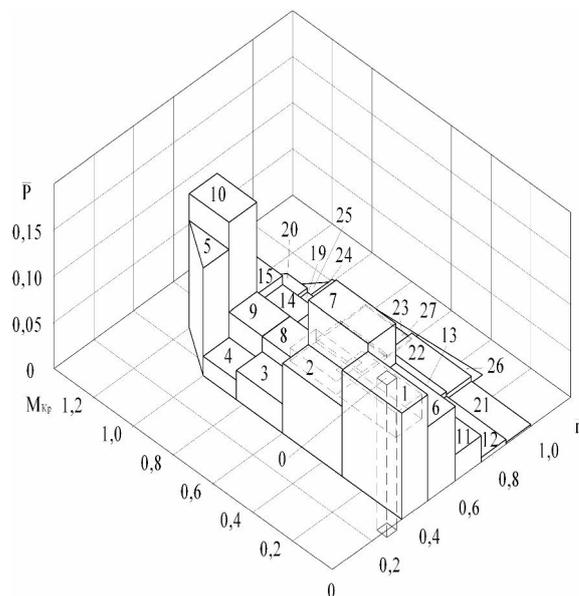


Рис. 1. Вероятностное распределение полигонов эксплуатационных режимов дизеля грузового автомобиля при движении по городу

Исходя из предположения, что автобусный дизель имеет такую же внешнюю характеристику, что и дизель грузового автомобиля, и с учетом результатов эксплуатационных испытаний автобуса [3], была разработана обобщенная модель эксплуатации для

дизеля городского автобуса с сохранением количества полигонов и узловых точек.

Основные отличия разработанной модели, учитывающие особенности эксплуатации дизеля городского автобуса: существенно возросла долевая наработка на режиме холостого хода; для автобусного дизеля она составляет 37 %, для дизеля грузового автомобиля – 19 %; существенно снизилась (в 5 раз) долевая наработка дизеля на режимах внешней скоростной характеристики и составляет всего 5 % от общего времени эксплуатации дизеля; долевая наработка на частичных режимах соответственно возрастает.

Такое перераспределение режимов можно объяснить, проанализировав специфику работы автобусного дизеля. В отличие от грузового автомобиля, автобус вынужден чаще и на более длительное время делать остановки, кроме того городской автобус не может эксплуатироваться постоянно с полной нагрузкой. В результате увеличивается долевая наработка на режиме холостого хода и частичных режимах.

Модель включает в себя 28 полигонов, в том числе полигон минимального холостого хода (полигон № 0) с координатами центра полигона $\overline{M_{кр0}} = 0$; $\overline{n_0} = 0,275$. Центры остальных полигонов находятся в диапазонах изменения $\overline{M_{кр}}$ от 0,15 до 1,1 и \overline{n} – от 0,415 до 1,015. Значения вероятностного распределения \overline{P} различных полигонов колеблются в пределах от 0 до 0,37. Модель эксплуатации автобусного дизеля представлена в таблице 1 и на рисунке 2.

Приведенные данные показывают, что при движении автобуса по маршруту наиболее часто встречающиеся режимы работы дизеля изменяются в узком диапазоне частоты вращения коленчатого вала \overline{n} от 0,35 до 0,62 (полигоны №№ 1 – 10); они составляют около 50 % времени работы дизеля с подачей топлива.

Причем, в зоне \overline{n} более 0,75 при максимальной подаче топлива дизель практически не работает.

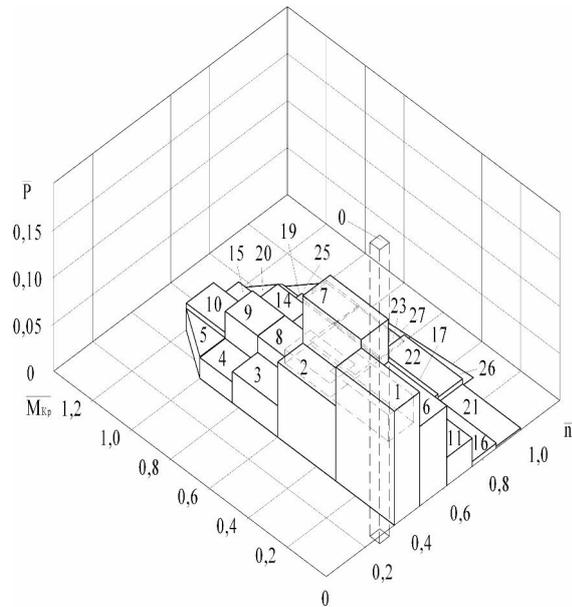


Рис. 2. Вероятностное распределение полигонов эксплуатационных режимов автобусного дизеля

Таким образом, при движении автобуса по маршруту практически не используется полная мощность и максимальный момент дизеля, а основными режимами его работы являются частичные режимы в узком диапазоне частот вращения коленчатого вала.

Анализ затрат на топливо и возмещение экологического ущерба при эксплуатации дизеля городского автобуса. Предложенный в работе [2] системный подход к комплексной оценке топливной экономичности и токсичности выбросов ОГ представляет возможность определить уровень затрат на топливо и возмещение экологического ущерба от вредного воздействия ОГ на организм человека и окружающую среду, а также применить безразмерный топливно-экологический критерий.

В результате расчетов, выполненных по данной методике, для автобусного дизеля мощностью $N_{eH} = 210$ кВт было получено значение комплексного кри-

терия $K_{ТЭвт} = 0,0296$. Это значение ниже аналогичного значения для дизеля грузового автомобиля, движущегося по городу ($K_{ТЭГруз} = 0,082$), что объясняется преобладанием специфичных для автобуса частичных режимов и показателем влияния загрязнения атмосферного воздуха территорий, который для автобусного двигателя в соответствии с рекомендациями, данными в работе [4] принят равным 3, а для двигателя грузового автомобиля – 1.

Таблица 1. Вероятностное распределение полигонов эксплуатационных режимов дизелей грузового автомобиля при движении по городу и городского автобуса

№ пол.	\bar{n}	$\overline{M_{кр}}$	\overline{P}	
			груз. авт-ль	автобус
0	0,275	0,000	0,192	0,370
1	0,415	0,150	0,092	0,097
2	0,415	0,450	0,061	0,064
3	0,415	0,717	0,025	0,027
4	0,415	0,917	0,017	0,018
5	0,430	1,050	0,093	0,018
6	0,550	0,150	0,065	0,068
7	0,550	0,450	0,099	0,104
8	0,550	0,717	0,039	0,041
9	0,550	0,917	0,039	0,041
10	0,550	1,100	0,117	0,023
11	0,685	0,150	0,023	0,024
12	0,685	0,450	0,021	0,023
13	0,685	0,717	0,011	0,012
14	0,685	0,917	0,029	0,030
15	0,685	1,100	0,037	0,007
16	0,813	0,185	0,004	0,004
17	0,813	0,450	0,008	0,008
18	0,813	0,717	0,003	0,003
19	0,813	0,917	0,006	0,007
20	0,813	1,100	0,010	0,002
21	0,938	0,185	0,001	0,002
22	0,938	0,450	0,006	0,006
23	0,938	0,717	0,001	0,001
24	0,938	0,917	0,002	0,002
25	0,915	1,030	0,000	0,000
26	1,015	0,450	0,000	0,000
27	1,008	0,717	0,000	0,000

Анализ затрат на топливо и возмещение экологического

ущерба при эксплуатации дизеля городского автобуса позволяет выделить три группы характерных эксплуатационных режимов и установить их долю в суммарных затратах.

На частотах вращения коленчатого вала $n = (0,88 - 1,05)n_H$ дизель городского автобуса практически не работает, что сказывается на топливно-экологических затратах – на этих режимах суммарные затраты составляют менее 2 %.

Оставшиеся режимы по затратам можно разбить на две характерные группы. Группа режимов с частотами вращения коленчатого вала дизеля $n = (0,35 - 0,88)n_H$ с нагрузкой от максимальной $M_{кр} = 1,2 \cdot M_{крH}$ до $M_{кр} = 0,6 \cdot M_{крH}$. На эти режимы у автобусного дизеля приходится около 57 % от общих топливно-экологических затрат. И группа режимов при тех же частотах вращения коленчатого вала $n = (0,35 - 0,88)n_H$, но с нагрузками от $M_{кр} = 0,6 M_{крH}$ до $M_{кр} = 0$, а так же режим минимальной частоты холостого хода. В совокупности для этих режимов затраты составляют около 41 %.

Распределение затрат на топливо и возмещение экологического ущерба по режимам эксплуатации для автобусного дизеля и для дизеля грузового автомобиля при движении по городу представлено на рисунках 3 и 4.

Разработка цикла стендовых испытаний для дизеля городского автобуса.

Недостатком разработанной модели при определении затрат на топливо и возмещение экологического ущерба при эксплуатации городского автобуса может являться относительная сложность процедуры проведения стендовых испытаний дизеля, которая предусматривает определение большого количества параметров на 28 режимах.

Исходя из распределения суммарных затрат на топливо и возмещение ущерба от вредного воздействия на окружающую среду ОГ по представительным полигонам модели эксплуатации автобусного дизеля

разработан цикл испытаний. Этот цикл имеет ограниченное количество режимов нагрузок и частот вращения

коленчатого вала дизеля.

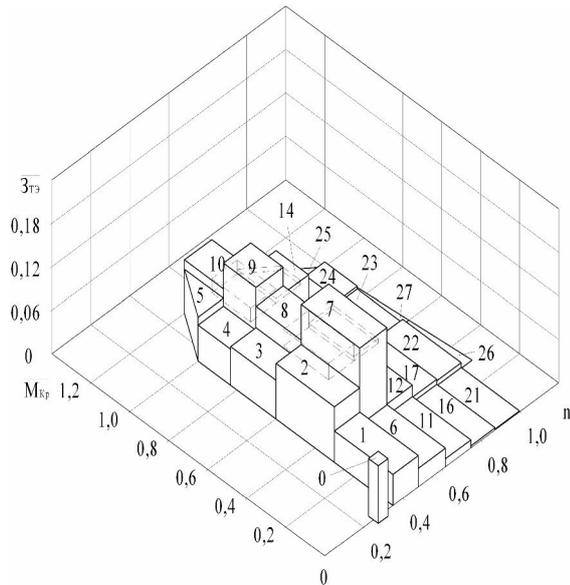


Рис. 3. Распределение затрат на топливо и возмещение экологического ущерба для автобусного дизеля

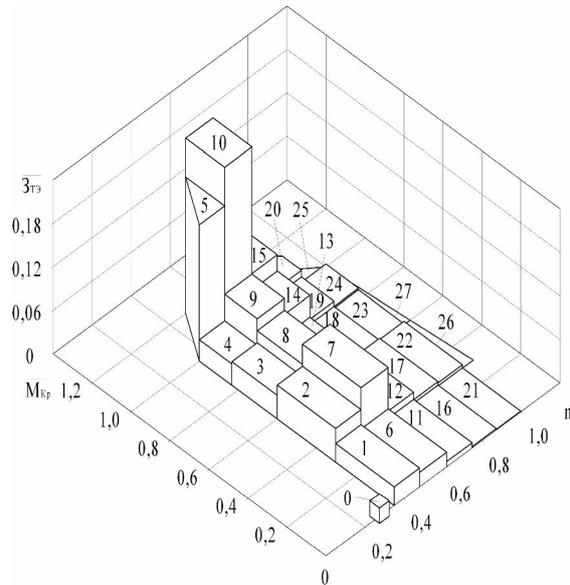


Рис. 4. Распределение затрат на топливо и возмещение экологического ущерба для дизеля грузового автомобиля

При частоте вращения коленчатого вала $0,8 \cdot n_H$ предлагается испытывать дизель на нагрузках $M_{крH}$ и $0,5 \cdot M_{крH}$. По три режима нагрузок ($1,1 \cdot M_{крH}$; $0,7 \cdot M_{крH}$ и $0,3 \cdot M_{крH}$) соответствуют частотам вращения коленчатого вала $0,65 \cdot n_H$ и $0,5 \cdot n_H$. Еще один режим учитывает долю топливно-экологических затрат при работе дизеля на минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу. Для каждого из исследуемых режимов подобраны коэффициенты значимости в зависимости от условий распределения топливно-экологических затрат по представительным полигонам модели эксплуатации дизеля. Цикл испытаний представлен в таблице 2.

Таблица 2. Цикл стендовых испытаний для оценки суммарных затрат на топливо и возмещение экологического ущерба от вредного воздействия ОГ при эксплуатации автобусного дизеля

№ полигона	n	$M_{кр}$	Коэффициент значимости
1	$0,8 \cdot n_H$	$M_{крH}$	0,02
2	$0,8 \cdot n_H$	$0,5 \cdot M_{крH}$	0,02
3	$0,65 \cdot n_H$	$1,1 \cdot M_{крH}$	0,02
4	$0,65 \cdot n_H$	$0,7 \cdot M_{крH}$	0,05
5	$0,65 \cdot n_H$	$0,3 \cdot M_{крH}$	0,05
6	$0,5 \cdot n_H$	$1,1 \cdot M_{крH}$	0,15
7	$0,5 \cdot n_H$	$0,7 \cdot M_{крH}$	0,325
8	$0,5 \cdot n_H$	$0,3 \cdot M_{крH}$	0,35
9	$n_{X/X \min}$	0	0,015

Выводы

Результаты проведенных расчетов по 28 полигонам модели эксплуатации и 9 режимам предлагаемого цикла показали, что погрешность в определении суммарных затрат на топливо и возмещение экологического ущерба для данного дизеля составит менее 3,5 %. Для 28-режимного цикла $3_{TЭ 28} = 11,401$, а для 9-режимного – $3_{TЭ 9} = 11,013$.

Проведенные исследования позволили разработать обобщенную модель эксплуатации дизеля городского автобуса, на ее основе провести анализ затрат на топливо и возмещение экологического ущерба при эксплуатации двигателя и разработать цикл стендовых испытаний, который дает возможность

ускорить и упростить достоверную топливно-экологическую оценку двигателя городского автобуса в эксплуатации.

Список литературы:

1. Шеховцов А. Ф. Исследование нестационарных тепловых режимов поршней перспективных тракторных дизелей. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук, Харьков, 1978. – 24 с. 2. Парсаданов И. В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия: Монография. – Харьков: Издательский

центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с. 3. Крайнык Л. В., Пелехатый Р. В., Шурко Р. С. Эксплуатационные режимы работы силового привода городских автобусов с гидромеханической передачей // Автомобильная промышленность. – 1983. – №7 – С. 15 – 17. 4. Парсаданов И. В., Кричковская Л. В., Грицаенко И. В. Комплексная оценка экономико-экологических затрат при эксплуатации ДВС на разных территориях // Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции. Том 1. – 2006. – С. 140 – 143.

УДК 621.43.038-225

А.С. Кулик, инж., В.И. Шевченко, канд. техн. наук, О.В. Шевченко

НОВЫЙ СПОСОБ БАЛАНСИРОВКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО СТЕНДА

Введение

Рабочие характеристики современного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), связанные с эффективностью работы системы питания, во многом зависят от технического состояния электромагнитных форсунок впрыска топлива. В процессе работы в топливопроводящих каналах форсунок появляются твердые отложения, накопление которых нарушает нормальную работу форсунок и системы питания ДВС в целом. Авторами разработан компьютерный стенд для оценки характеристик электромагнитных форсунок ДВС (рис. 1).

1. Формулирование проблемы

Для проверки состояния форсунок используются специальные стенды (отдельные установки или интегрированные с ультразвуковыми ваннами стен-

ды), которые включают мерные цилиндры (по количеству одновременно проверяемых форсунок), баки для тестовой жидкости, насосы, блоки управления форсунками. Стенды имитируют работу форсунок на двигателе, при этом контролируются такие параметры работы форсунок, как: герметичность клапана в закрытом состоянии, форма факела распыла, абсолютная производительность форсунок, относительная производительность форсунок.

Известно, что качество работы форсунок можно проверять без демонтажа с двигателя методом проверки баланса форсунок [1].

Известен способ проверки баланса форсунок без демонтажа с двигателя, в котором используется диагностический прибор DST-2М, тестер форсунок, манометр давления топлива; манометр