

изведению вектора обобщенного потока J_j на вектор обобщенных сил X_j [2]. В этом случае условие минимальной диссипации технологических процессов в рассматриваемой термодинамической системе сводится к виду:

$$\bar{S} = \frac{1}{t} \int_0^t \sum_{j=1}^m J_j(u_1, u_2) \cdot X_j(u_{1j}, u_{2j}) dt \rightarrow \min. \quad (15)$$

где u_{ij} – параметры процесса.

Таким образом, на основе вышеизложенного следует отметить, что одно из перспективных направлений стратегии системного анализа технологических процессов в СО двигателя состоит в использовании энтропийного подхода. Данный подход позволяет создать теоретические основы протекания диффузионных, тепловых, гидромеханических процессов в гетерофазных полидисперсных средах и определить более точно энергетические потери на эти процессы. При этом задача оптимальной в термодинамическом смысле организации технологических процессов в охлаждающей системе ДВС состоит в том, чтобы выбором температур, давлений и химических потенциалов взаимодействующих подсистем добиться минимума возникновения энтропии (диссипации) при заданной интенсивности потоков.

Литература

1. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика. – М.: Химия, 1975. – 584 с.
2. Грот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1966. – 456 с.
3. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. – М.: Изд-во Мир, 1967. – 544 с.
4. Петриченко Р.М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания. – Л.: Машиностроение, 1975. – 224 с.

ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ТОКСИЧНОСТЬ ВЫБРОСА ДИЗЕЛЕЙ

Салова Т.Ю., Мажитов Б.Ж. (Санкт-Петербургский государственный аграрный университет)

Из всего множества различных требований к дизелям на современном этапе эксплуатации автомобилей к основным можно отнести следующие четыре: расход топлива, токсичность, надежность и стоимость двигателя. Благодаря пониженному расходу топлива и хорошим тяговым характеристикам, возникающим при высоком крутящем моменте на низких частотах вращения коленчатого вала, дизель с непосредственным впрыском топлива занял большую долю рынка в Европе. Но уже сейчас, и особенно в перспективе, выполнение будущих законодательств по токсичности будет являться основным направлением в дальнейших исследованиях.

Эксплуатация двигателей автотранспортных средств в высокогорных условиях во многом отличается от равнинной местности. Высокогорные дороги состоят преимущественно из подъемов и спусков, протяженность которых достигает 20 ... 30 км, углы продольных уклонов до 10 %. На характерных перевальных и предперевальных участках имеются многочисленные повороты малых радиусов, величина которых нередко составляет всего 8 ... 12 м, а углы поворота на серпантинах достигают 300°. В республике Таджикистан широко используются автомобили КамАЗ-5511 – для перевозки сельскохозяйственных грузов и строительных материалов, при работе в карьерах, в условиях бездорожья, на коротких плечах, на до-

рогах имеющих различные покрытия. В том числе в процентном соотношении КамАЗ-5511 используется по карьерным дорогам – 65 %; дорога город Душанбе – город Яван – 15 %; дороги в городе Душанбе – 20 % (таблица 1).

Таблица 1. Параметры испытательных участков

Наименование перевала и трассы	Высота над уровнем моря, м	Протяженность спуска, км	Средний уклон, %
Перевал «Анзоб» трассы Душанбе – Худжанд	3372	23	8,0
Перевал «Чормагзак» трассы Душанбе – Куляб	1600	14	6,0
Перевал «Шар - Шар» трассы Душанбе – Куляб	1640	10	6,5
Подъем на карьер цементного завода	2000	6	10,0

В карьерных условиях, в условиях бездорожья, на коротких плечах автомобили эксплуатируются в загородных зонах при вывозе из-под экскаватора песка, гравия, балласта с реки Кофарнихон на гравийно-сортировочный завод, по дорогам, засыпанных крупной галькой и балластом. В редких случаях автомобили используются при вывозе горной породы по дорогам с твердым покрытием.

Дорога город Душанбе – город Яван проходит по горной гряде Ронгон, где перевальный участок трассы достигает отметки 1279 м н.у.м. Дорога имеет асфальтовое покрытие с шириной проезжей части от 8 м до 12 м. В плане, дорога характеризуется 24 поворотами с радиусами закругления не более 40 м, что составляет, в среднем, 0,4 поворота на 1 км пути. Минимальный радиус поворота на этой дороге 30 м. Максимальный уклон достигает 7 %. Трасса работает круглый год и является проходимой в любое время года всеми типами автомобилей.

Автомобили, эксплуатируемые в черте города Душанбе, используются на вывозе балласта со строящихся объектов и подвозе строительных материалов. В городе автомобили эксплуатируются в условиях интенсивного движения на дорогах с асфальтобетонным покрытием. Примерно 2 % от общего городского пробега приходится на подъездные пути к строительным объектам, где дороги находятся в неудовлетворительном состоянии.

Энергонагруженность тормозов автомобилей достаточно полно характеризуют следующие показатели: число торможений на единицу пути и времени; статистика распределения замедлений и скоростей в начале торможения; Статистика распределения энергий, поглощаемых тормозными механизмами в единицу времени на единицу пути; коэффициент распределения энергии между передними и задними тормозами; кратковременные и длительные температуры поверхностей трения. Для проведения исследований температурной нагруженности тормозов были выбраны трассы с наиболее характерными перевальными участками (таблица 1).

Анализ влияния особенностей горных дорожных условий на эксплуатационные качества автомобиля позволяют сделать вывод, что все основные параметры, формирующие сложность горной дороги, влияют на скорость автомобиля, токсичность выброса и др.

Результаты исследования нагруженности агрегатов автомобилей ЗИЛ-130, МАЗ-503 и МАЗ-504А, работающих в горных условиях, показывают, что среднее число выключений сцепления, приходящееся на 1 км пути, при движении одиночных автомобилей составило около 1 выкл/км, для автопоездов - 1,5 и у седельного

тягача МАЗ-504А - 0,75 выкл/км. Средний крутящий момент на ведущих колесах при работе АТС с прицепами у ЗИЛ-130 на 50 % , а у автомобилем МАЗ-503А и МАЗ-504А на 36 % выше, чем при работе без прицепов. В целом, оценивая показатели работы АТС, можно отметить лучшую приспособленность к горным условиям эксплуатации автомобилей МАЗ-504А и МАЗ-503А с дизельными двигателями по сравнению с автомобилем ЗИЛ-130. Для сравнительной оценки нагруженности агрегатов автомобилей, работающих в горах и на равнине, приведены данные по основным параметрам, полученные при испытательных заездах на скоростной дороге автополигона НАМИ, условия движения, которой приняты за эталонные (1-ая категория условий эксплуатации), и при интенсивном движении в Москве (2-ая категория условий эксплуатации) (таблица 3). Движение автомобилей на скоростной дороге автополигона и в горных условиях характеризуется более высокими значениями частот вращения коленчатого вала двигателя, чем при эксплуатации автомобиля в Москве. Сравнение условия работы двигателей по параметру оборотности дает возможность предположить, что двигатель автомобиля, эксплуатируемого как в горах (Душанбе), так и в городе (Москва), работает примерно в одинаковых условиях нагруженности.

Таблица 3. Коэффициенты нагруженности агрегатов

Показатели нагруженности	ЗИЛ –130 с прицепом			МАЗ-503А			МАЗ-504А		
	Автополигон	Москва	Душанбе	Автополигон	Москва	Душанбе	Автополигон	Москва	Душанбе
Частота вращения коленчатого вала ДВС, об/мин	2290	6025	4955	1995	3691	3519	1640	3140	3431
Коэффициент нагруженности	1,0	2,63	2,17	1,0	1,8	1,76	1,0	1,91	2,1
Количество выключений сцеплений на 1 км пути	0,18	3,1	1,57	0,86	3,33	1,43	1,02	2,2	0,75
Коэффициент нагруженности	1,0	11,0	8,7	1,0	3,87	1,66	1,0	2,16	0,73
Средний крутящий момент, Н*м	14,5	15,3	24,3	17,7	20,4	38,8	102,7	122,9	271,4
Коэффициент нагруженности	1,0	1,05	1,63	1,0	1,15	2,2	1,0	1,2	2,64

С начала выпуска и до настоящего времени КамАЗ постоянно совершенствует свои двигатели, улучшая их технико-экономические показатели – ресурс, топливную экономичность, расход масла на угар, уровень шума, выбросы вредных веществ с отработавшими газами, максимальный крутящий момент [1]. В итоге ресурс дизелей увеличился более чем в 4 раза, максимальный крутящий момент — более чем в 2 раза, удельный расход топлива, наоборот, снизился на 9 %, а расход масла на угар — в 8 раз. Особенно интенсивно улучшение экологических характеристик двигателей шло в последние годы. Так, содержание монооксида углерода в

отработавших газах уменьшилось в 3 раза, а углеводородов и оксидов азота — в 3 и 3,5 раза, выбросы твердых частиц снизились в 3,5 раза.

Для удовлетворения современных норм токсичности созданы современные газовые двигатели КамАЗ. Количество токсичных выбросов, выделяемых серийными газовыми двигателями КамАЗ значительно меньше, чем допускается нормативами Евро-4: неметановых углеводородов — в 1,9 раза; CH_4 (метана) — в 3,2 раза; CO (оксида углерода) — в 200 раз; NO_x (оксидов азота) — в 1,6 раза.

В условиях эксплуатации дизели автотракторного назначения работают преимущественно на неустановившихся режимах, когда происходит снижение экономичности работы дизеля до 20 и более процентов, снижение динамических качеств по сравнению с теми, которые можно было бы предположить, возрастает дымность и токсичность выбросов, снижается моторесурс, а также надёжность и долговечность двигателя. В режиме полной нагрузки происходит разгон с низких оборотов, наблюдается значительное увеличение выбросов NO_x и сажи по сравнению со стационарным режимом [2].

В то же время, очевидно, что динамические характеристики самого дизеля определяют динамические качества транспортного средства, установки двигатель - потребитель в целом при прочих равных условиях. Динамические показатели при прочих равных условиях существенно зависят от формы внешней скоростной характеристики двигателя. Поэтому необходимо таким образом сформировать внешнюю скоростную характеристику, чтобы обеспечить показатели устойчивости режимов, токсичности двигателя.

Испытания дизелей производятся на моторном стенде, как стационарные, так и нестационарные испытания, при которых двигатель долгое время работает в режиме полной нагрузки.

Результаты стендовых исследований показали (рисунок 1-5), что изменение состава отработавших газов (ОГ) на установившихся и неустановившихся режимах представляются одинаковыми зависимостями. При этом, в режиме свободного ускорения величина вредных выбросов значительно превышает значения этих же показателей на установившихся режимах. В период разгона вследствие инерционности потока во впускном трубопроводе ухудшается наполнение цилиндров дизеля свежим зарядом.

Угол опережения впрыскивания топлива превышает его значение на установившихся режимах, увеличивается давление начала впрыскивания топлива по сравнению с оптимальным значением, возрастают максимальные температуры процесса сгорания топлива, возрастают концентрации оксидов азота и углеводородов (рисунок 4, 5).

Для достижения экологических показателей, соответствующих нормам Евро-5 и Евро-6 необходимо внедрение комплексной системы обработки отработавших газов, которая может состоять из нескольких подсистем: специальных фильтров, в том числе термических (с дожиганием); непрерывной регенерации; рециркуляции отработавших газов.

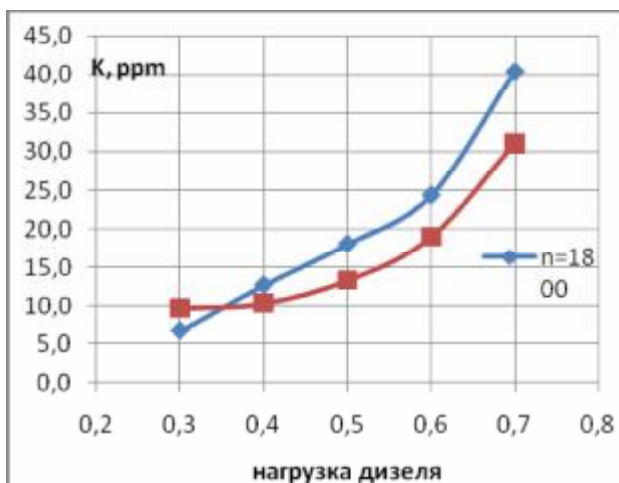
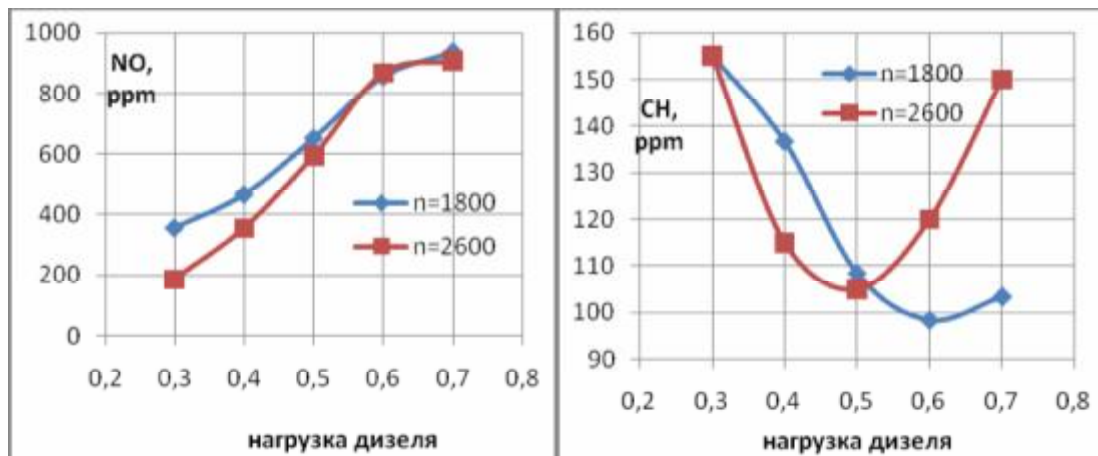


Рис. 1, 2, 3 – Экологические показатели дизеля КамАЗ

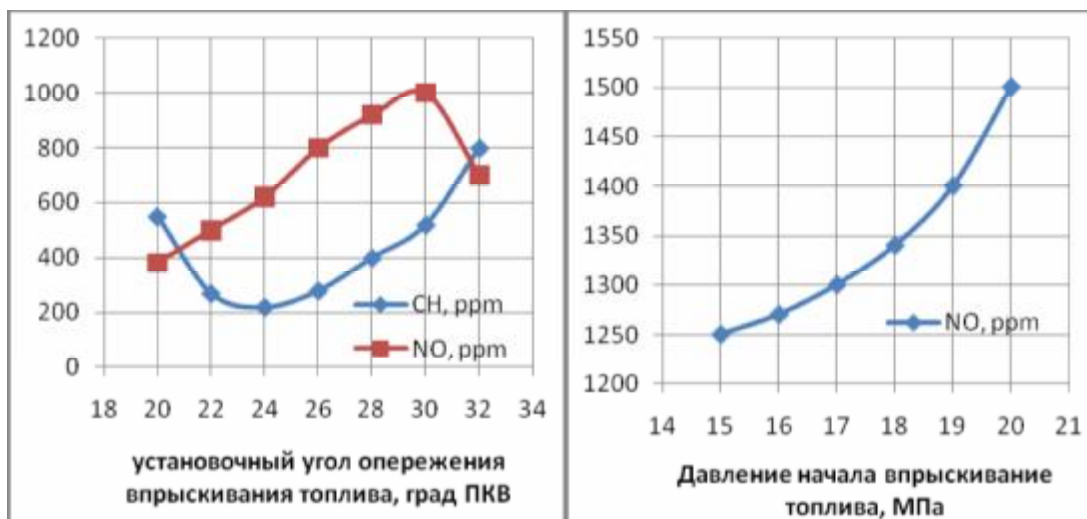


Рис. 4, 5 – Влияние установочного угла опережения и давления впрыскивания топлива на токсичность работы дизеля в режиме свободного ускорения

Литература

1 Гатауллин Н.А. Модельный ряд дизелей КамАЗ // Автомобильная промышленность, 2006 год, № 3

2 Бадеев А.А. Резервы улучшения динамических характеристик автотракторного дизеля воздействием на процессы топливоподачи изменением физико-химических свойств топлива. Автор. дис. канд. техн. наук : 05.04.02 Москва, 2006.