

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ АВТОБУСА

В статье представлены результаты ходовых и стендовых испытаний газового двигателя автобуса с каталитическим нейтрализатором. Приведены данные о влиянии состава топливно-воздушной смеси на экологические и экономические показатели и надежность газового двигателя.

Ключевые слова: выбросы вредных веществ, газовый двигатель, каталитический нейтрализатор, концентрация, отработавшие газы, топливно-воздушная смесь, компримированный природный газ.

На сегодняшний день одним из крупнейших загрязнителей атмосферы крупных городов является автомобильный транспорт. В суммарных выбросах вредных веществ в атмосферу его доля достигает 70–80%. В крупных городах России основную работу по перевозке пассажиров выполняют городские автобусы категории M_3 .

Одними из важнейших задач при проектировании узлов и агрегатов городских автобусов, являются обеспечение надежности, тягово-скоростных свойств и экологических показателей двигателя автобуса в соответствии с экологическими требованиями ЕВРО-4 (Правила ЕЭК ООН № 49-04 [1]). Большинство пассажирских автобусов России имеет дизельные или бензиновые двигатели. В настоящее время КАМАЗ выпускает газовые двигатели V8ЧН12/13, которыми оснащаются городские автобусы. У расширяющегося парка газовых автобусов появилась проблема недостаточной изученности эксплуатационных и экологических свойств, а также надежности двигателей, работающих на компримированном природном газе (КПГ) [2], [3], [4]. Отмечаются повышенный расход масла и случаи оплавления поршней на неизношенных газовых двигателях.

Практика показывает, что режимы движения городского автобуса и режимы нагружения газового двигателя существенно отличаются от дизельного автомобиля и двигателя. Для выявления основных режимов нагружения газового двигателя во время работы автобуса на линии проведены режимометрические испытания городского автобуса в г. Краснодар. Автобус оснащен газовым двигателем V8ЧН12/13 мощностью 260 л.с. и 3-х ступенчатой автоматической коробкой передач (передаточные числа $i_1 = 6,0$; $i_{II} = 1,43$; $i_{III} = 1,0$). Регистрация основных параметров работы авто-

буса проводилась с помощью портативного компьютера, подключенного к диагностической колодке ЭБУ двигателя.

На рисунках 1–3 представлены результаты испытаний.

Установлено, что для автобуса характерны большое количество торможений, происходящих на 1 км пути – в 1,35 раза больше, выключений сцепления – в 2,48 раза, вынужденных остановок автобуса – в 1,54 раза. На режиме холостого хода двигатель работает 56% затраченного на маршрут времени; средняя скорость движения на линии – 23,4 км/ч, максимальная скорость на

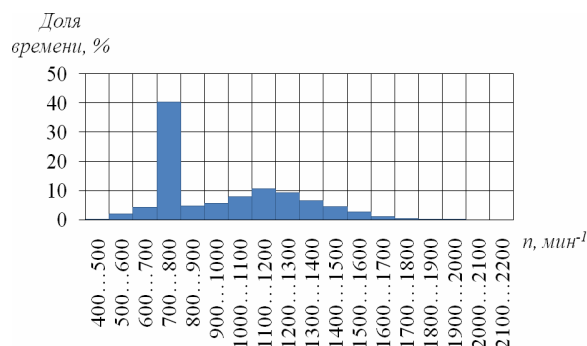


Рисунок 1. Доли времени работы на различных частотах вращения коленчатого вала двигателя автобуса на линии

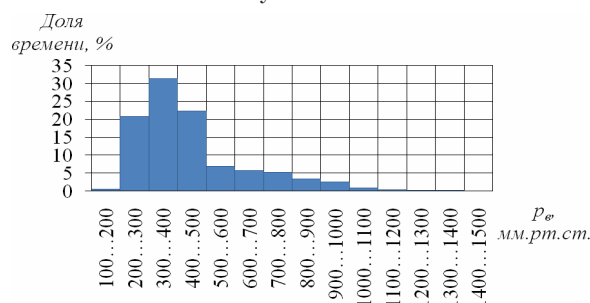


Рисунок 2. Доли времени работы при различных давлениях во впускном коллекторе двигателя автобуса на линии

линии – 56,6 км/ч; во время работы на линии, мощность двигателя более 70 кВт и частота вращения коленчатого вала более 1600 мин⁻¹ практически не были реализованы.

Давление во впускном коллекторе p_v и частоту вращения коленчатого вала двигателя n можно считать измерителями степени нагрузки на двигатель. Необходимая мощность двигателя при движении с установившимися скоростями на 2 и 3 передачах автоматической коробки передач приведена на рисунке 4. Соответственно мероприятия по оптимизации показателей тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и экологических показателей, надежности должны проводиться с учетом работы на определенных режимах.

Важнейшим параметром рабочего процесса автомобильного двигателя является коэффициент избытка воздуха (параметр α). Правильно настроенный состав топливно-воздушной смеси (ТВС) на различных режимах работы двигателя позволяет установить оптимальную теплонпряженность двигателя, улучшить экологические показатели, а также повысить топливную экономичность двигателя.

Электронная система управления двигателем с распределенным впрыском топлива, которой оснащен объект испытаний – газовый двигатель V8ЧН12/13, позволяет проводить настройку топливоподачи электронного блока управления (ЭБУ) двигателем. Необходимый состав ТВС обеспечивается изменением времени открытого состояния электромагнитных дозаторов газа и заданного давления воздуха во впускном коллекторе дроссельной заслонкой.

Для оценки влияния коэффициента избытка воздуха на температурный режим двигателя, экологические и экономические показатели,

проведены стендовые испытания газового двигателя с каталитическим нейтрализатором отработавших газов (ОГ).

Настройки состава ТВС осуществлялись корректировкой топливоподачи ЭБУ. Испытание двигателя проводилось по методике ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила № 49 ЕЭК ООН) по циклу ESC при нагрузке на двигатель 25, 50, 75, 100% [1] с двумя вариантами настроек ЭБУ:

– вариант 1: стехиометрический состав ТВС ($\alpha = 0,99...1,0$)

– вариант 2: бедный состав ТВС ($\alpha = 1,39...1,4$).

На рисунке 5 представлены нагрузочные характеристики газового двигателя V8ЧН12/13 при различных частотах вращения коленчатого вала.

В таблице представлены полученные значения удельных выбросов вредных веществ (ВВВ) с отработавшими газами (ОГ).

Видно, что концентрация оксидов азота (NO_x) и суммарных углеводородов (СН) в ОГ значительно ниже при работе двигателя на стехиометрическом составе ТВС (вариант 1). При этом, концентрация оксида углерода (СО) в ОГ при работе двигателя в варианте 1 выше по сравнению со значениями в варианте 2. Особенно это заметно с ростом нагрузки на двигатель. Исходя из этого можно сделать вывод, что каталитический нейтрализатор работает более эффективно в отношении снижения концентрации NO_x и СН при работе двигателя на стехиометрическом составе ТВС. Более высокие значения концентрации СО объясняются необходимостью некоторого избытка СО в ОГ для восстановления азота N_2 из NO_x .

Более эффективную работу каталитического нейтрализатора ОГ при работе двигателя в варианте 1 можно также объяснить более высокими значениями температур ОГ, что способствует более быстрому нагреву и эффективному поддержанию температурного режима внутри нейтрализатора. Однако, высокие температуры негативно влияют на ресурс деталей выпускной системы двигателя, в частности коллекторов, турбин и корпусов

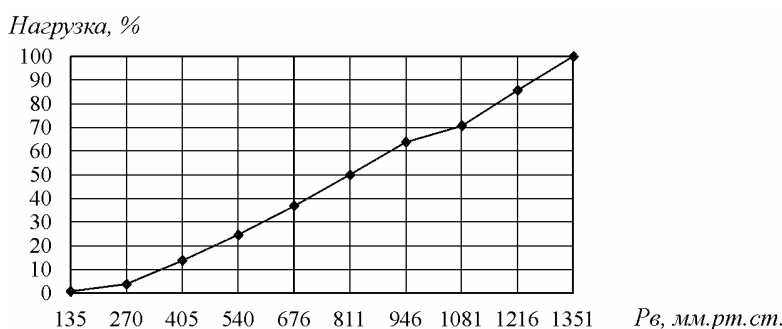


Рисунок 3. Нагрузочная характеристика газового двигателя V8ЧН12/13 при частоте вращения коленчатого вала $n = 1400$ мин⁻¹

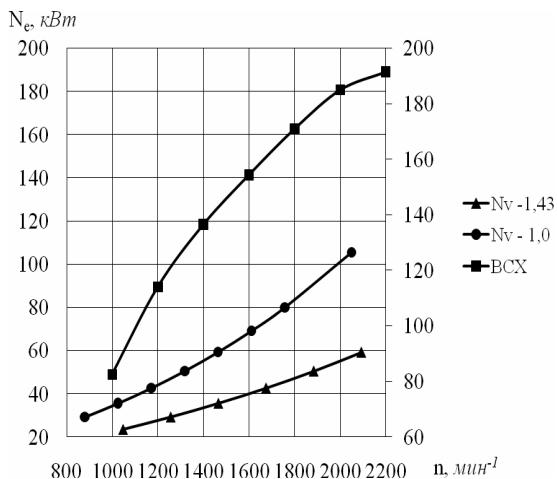


Рисунок 4. Характерные режимы работы двигателя городского газового автобуса на линии на 2 ($i_{II} = 1,43$) и 3 передачах ($i_{III} = 1,0$) в сравнении с внешней скоростной характеристикой (BCX)

Таблица. Значения удельных ВВВ с ОГ газового двигателя V8ЧН12/13, полученные по методике Правил № 49 ЕЭК ООН

Вариант	NO _x , г/кВт·ч	CH, г/кВт·ч	CO, г/кВт·ч
$\alpha = 0,99...1,0$	1,45	0,09	1,98
$\alpha = 1,39...1,4$	7,9	0,38	0,01

подшипников турбокомпрессора, а также и цилиндропоршневой группы.

По результатам проведенных испытаний, можно сделать следующие выводы.

1. Бедный состав ТВС с $\alpha = 1,39...1,4$ является наиболее приемлемым с точки зрения топливной экономичности, что особенно заметно при работе двигателя на низких частотах вращения коленчатого вала.

2. Стехиометрический состав ТВС с $\alpha = 0,99...1,0$ позволяет по сравнению с бедным составом ТВС значительно улучшить экологические показатели двигателя, но приводит к повышению температуры ОГ.

3. Повышенные температуры ОГ (T_{Oz}) при стехиометрическом составе ТВС на $70...100^\circ\text{C}$ приводит к более высокой теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы, турбокомпрессора и выпускной системы, что отрицательно влияет на ресурс деталей.

4. Необходимо провести термометрирование поршня, головки цилиндра, турбокомпрессора и расчет сопряжений исходя из более высоких температур по сравнению с дизельным вариантом двигателя.

22.08.2014

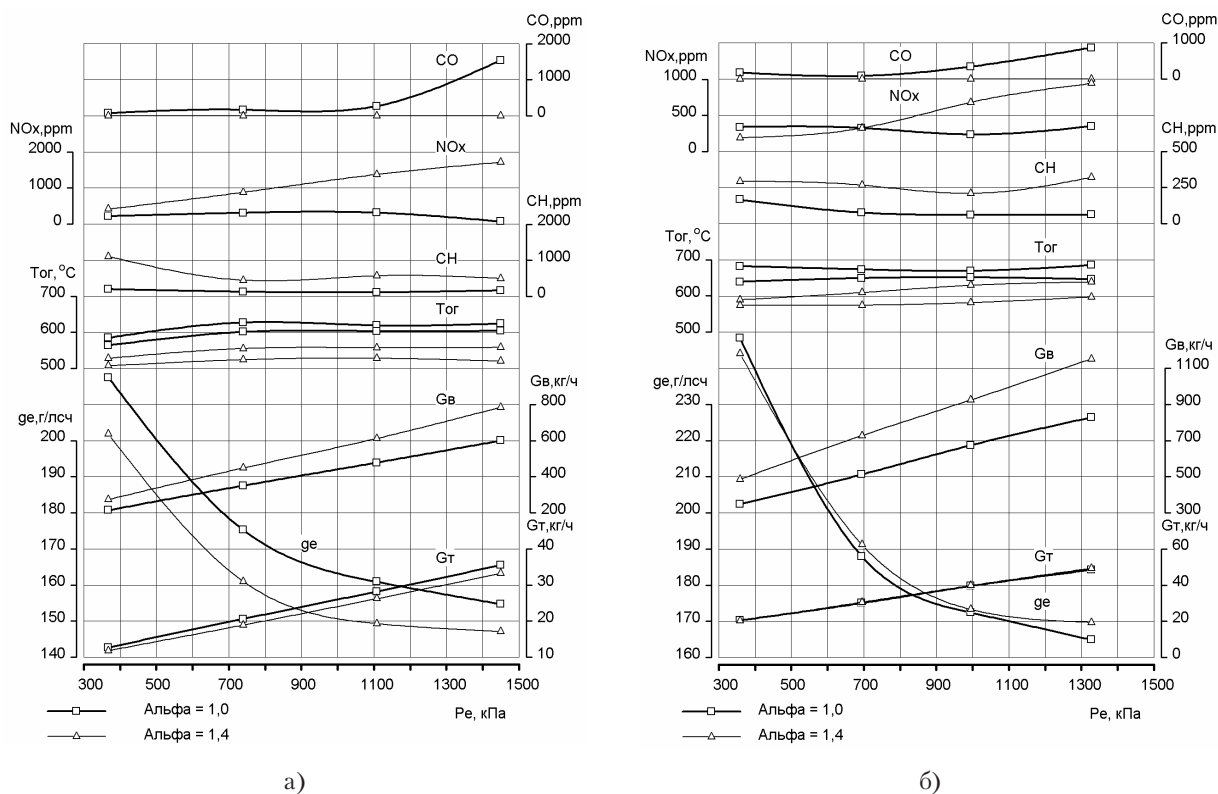


Рисунок 5. Нагрузочные характеристики газового двигателя при частотах вращения коленчатого вала: а – $n = 1190 \text{ мин}^{-1}$; б – $n = 1730 \text{ мин}^{-1}$.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила №49 ЕЭК ООН) Единообразные предписания, касающиеся сертификации двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе, и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе, в отношении выбросов вредных веществ. – Введ. 2004.01.07. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 150 с.
2. Звонов, В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В.А. Звонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
3. Кульчицкий, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А.Р. Кульчицкий. – Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2000. – 256 с.
4. Болбас, М.М. Транспорт и окружающая среда / М.М. Болбас. – Минск: Технопринт, 2003. – 184 с.

Сведения об авторах:

Кулаков Александр Тихонович, зав. кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта
Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета,
доктор технических наук, профессор, e-mail: alttrak09@mail.ru

Гаттаров Ильмир Фаритович, аспирант кафедры эксплуатации автомобильного транспорта
Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета,
e-mail: gilm86@mail.ru

Фролов Алексей Маркович, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта
Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета,
кандидат технических наук, e-mail: froloff_alex@mail.ru