

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЕЙ КАМАЗ — ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИХ РАЗВИТИЯ

И.Ф. Гумеров, к.т.н., Р.Х. Хафизов, Е.Р. Борисенков; ОАО «КамАЗ»,
Н.А. Гатауллин, к.т.н.; КНИТУ-КАИ им. Туполева,
В.В. Румянцев, к.т.н.; филиал К(П)ФУ, г. Набережные Челны

Одной из основных задач «Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 г.» является создание конкурентоспособной автомобильной техники, отвечающей международным требованиям по безопасности. В свою очередь, уровень экологических показателей двигателей внутреннего сгорания, в том числе автомобильных дизелей, должен соответствовать национальным и международным законодательным требованиям. В статье приведены результаты работ по повышению экологических показателей качества двигателей КамАЗ, улучшению их топливной экономичности. Исследование вышеуказанных свойств двигателей, во взаимосвязи с изменением конструктивного параметра — степени сжатия, проведены в стендовых условиях по циклам ESC, ETC Правил ЕЭК ООН № 49-05.

Действующий в России технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (далее — технический регламент) [1] устанавливает законодательное введение в РФ требований экологических классов 4 и 5 соответственно в период с 2013 и 2016 годов. Для нормирования экологических показателей автомобильных дизелей технический регламент применяет требования Женевского Соглашения 1958 г. — Правила ЕЭК ООН № 49 (Коммерческие автомобили). Начало нормирования Правилами ЕЭК ООН № 49 выбросов вредных веществ автомобильных дизелей, применяемых на коммерческих автомобилях, относится к 1990 г. Уровень технических нормативов выбросов или максимально допустимые массы выбросов в атмосферу вредных веществ на единицу произведенной ДВС работы (г/кВт·ч), специалисты стали называть — «Евро». Таким образом, были установлены технические

нормы на выбросы вредных веществ: оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NO_x) и дисперсные частицы (PT). Выражение «Евро» («Euro») в странах западной Европы или «Экологический класс» в России являются техническими синонимами, отражающими этапы развития экологических показателей качества ДВС или транспортного средства.

В первом десятилетии XXI века Правила ЕЭК ООН № 49 подверглись существенному пересмотру в части технических нормативов выбросов и испытательных циклов. Поправки серии 04 и 05 установили окончательную редакцию Правил ЕЭК ООН № 49 [2]. В табл. 1, 2 представлены значения технических нормативов Правил ЕЭК ООН № 49 в период 2000–2013 гг.

Из табл. 1, 2 следует, что ужесточение требований к экологическим показателям в части нормативных значений, на этапе Евро-5 в сравнении с этапом Евро-3, составило: CO — в 1, 4 раза; CH — в 1, 4 раза; NO_x — в 2, 5 раза; PT — в 5, 0 раз. С введением в действие в 2000 г. в странах Европейского Сообщества требований Евро-3 количественно и качественно изменились объемы сертификационных испытаний двигателей. Для подтверждения соответствия автомобильных дизелей нормативам Евро-3 был принят новый

Таблица 1

Этапы развития нормативов экологических показателей автомобильных дизелей — Правила ЕЭК ООН № 49 —
испытательные циклы: ESC, ELR

Номер Правил ЕЭК ООН	Этап ЕВРО (год введения в действие)	Масса оксида углерода (CO)	Масса углеводородов (CH)	Масса оксидов азота (NO _x)	Масса дисперсных частиц (PT)	Дымность (К) м ⁻¹
		г/(кВт·ч)				
49-04A	Евро-3 (2000 г.)	2,1	0,66	5,0	0,10/0,13*	0,8
49-04B1	Евро-4 (2005 г.)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
49-05B2	Евро-5 (2008 г.)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

* Для двигателей с рабочим объемом менее 0,75 дм³ на цилиндр и номинальной частотой вращения более 3000 об/мин.

**Этапы развития нормативов экологических показателей
автомобильных дизелей — Правила ЕЭК ООН № 49 —
испытательный цикл ЕТС**

Номер Правил ЕЭК ООН	Этап ЕВРО (год введения в действие)	Масса оксида углерода (СО)	Масса несо- держащих метан угле- водородов (NMHC)	Масса метана (CH ₄) ^{а)}	Масса оксидов азота (NO _x)	Масса дисперсных частиц (ТЧ) ^{б)}	г/(кВт·ч)
49-04А	Евро-3 (2000 г.)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16/0,21 ^{в)}	
49-04В1	Евро-4 (2005 г.)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03	
49-05В2	Евро-5 (2008 г.)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03	

^{а)} Только для двигателей, работающих на природном газе.

^{б)} Не применяется для двигателей, работающих на природном газе на стадиях В1 и В2.

^{в)} Для двигателей с рабочим объемом менее 0,75 дм³ на цилиндр и частотой вращения при номинальной мощности более 3000 об/мин.

13-ступенчатый цикл (ESC) — европейский стационарный цикл, предписывающий проведение испытаний двигателей на трех установившихся частотах вращения коленчатого вала: *a*, *b*, *c*. Согласно новым предписаниям Правил № 49 автомобильные дизели стали испытываться по циклу ELR — европейской нагрузочной характеристике с определением дымности ОГ. На этапах Евро-4, 5 в дополнение к циклам ESC и ELR был принят цикл ЕТС — европейский переходный (транзиентный) цикл, предписывающий проведение испытаний двигателей по переменному графику работы. Таким образом, создание в ОАО «КамАЗ» испытательных стендов на базе современных тормозных систем и газоаналитической аппаратуры, по методам испытаний и точности измерения выбросов вредных веществ, соответствующих требованиям Правил ЕЭК ООН № 49-05, — стало необходимым условием реализации программы повышения экологических показателей качества двигателей. На основе проведенного тендера поставщиком стендового оборудования для испытания двигателей КамАЗ была выбрана фирма «Schenk» (Германия) и ее партнер — фирма «Hogiba» (Япония).

**Развитие конструкции дизелей КамАЗ на основе
партнерства с зарубежными лидерами в сфере
производства компонентов**

Плодотворное сотрудничество ОАО «КамАЗ» и фирмы «Bosch» (Германия) в части внедрения в систему топливоподачи дизелей КамАЗ компонентов «Bosch» началось в 1996 г. В серийном производстве пройдены этапы: двигателей Евро-2 и Евро-3 с вариантами рядных ТНВД «Bosch» типа PE 7100 соответственно с механическим и электронным регуляторами частоты вращения; дви-

Таблица 2 гателей Евро-3 с аккумуляторной системой топливоподачи типа «Common Rail» («CR»). С начала текущего года ОАО «КамАЗ» приступил к серийному выпуску семейства дизелей уровня Евро-4 с аккумуляторной системой топливоподачи типа «CR» на базе компонентов «Бош» [3]. Система топливоподачи типа «CR», главным преимуществом которой является широкий диапазон изменений давлений и моментов начала впрыскивания топлива, позволяет впрыскиваемую в камеру сгорания порцию топлива дозировать как предварительную, основную и последующую части, что является потенциалом снижения выбросов вредных веществ с ОГ дизелей [4, 5]. Управление рабочим процессом системы топливоподачи осуществляется электронным блоком управления — типа EDC7UC31-14J0. На дизелях КамАЗ электронный блок ус-

танавливается спереди двигателя — на корпусе водяных каналов, охлаждается топливом. Регулируемая подача топлива в аккумуляторы (рэйлы) обеспечивается радиально-плунжерным ТНВД. Непосредственный впрыск топлива в камеру сгорания осуществляется электромагнитными инжекторами с семью сопловыми отверстиями распылителя.

В системе турбонаддува дизелей КамАЗ экологического класса 4 применяется установка одного турбокомпрессора (ТКР) на два полублока. Принятая схема, в сравнении с установкой двух ТКР (по одному на каждый полублок), обеспечивает существенные преимущества в компоновке конструкции системы выпуска ОГ, способствует повышению эффективности работы системы обработки отработавших газов. В настоящее время в конструкции двигателей на основе принципа «модульности» могут устанавливаться ТКР с перепуском ОГ: типа S300G «Borg Warner Turbo Systems» (Англия) или типа HE400WG «Holset» (Англия). Суммарный КПД компрессора и турбины указанных ТКР превышает 50 %. Охлаждение наддувочного воздуха (ОНВ) осуществляется теплообменником типа воздух-воздух, эффективность которого составляет 88 %. Экологические показатели качества автомобильного дизеля, его долговечность, надежность и ресурс, а также эксплуатационные расходы топлива и смазочного масла в существенной мере определяются конструкцией и технологией производства деталей цилиндрико-поршневой группы (ЦПГ). Указанная особенность — общая черта всех современных дизелей. В ОАО «КамАЗ» (в рамках совместного предприятия) проблема качества изготовления гильзы цилиндров, поршня, порш-

невых колец решена использованием технического потенциала фирмы «Federal Mogul» (США). Адаптация в конструкции автомобильного дизеля компонентов ведущих зарубежных фирм, формирующих экологические показатели качества (система топливоподачи, ТКР, детали ЦПГ) позволяет значительно сократить затраты времени на достижение целевых значений по выбросам вредных веществ, топливной экономичности, надежности и долговечности и, таким образом, создать успешный продукт для рынка ВТО.

Исследование влияния степени сжатия на выбросы вредных веществ и топливную экономичность автомобильных дизелей

Известно, что формирование рабочего процесса дизеля при степени сжатия выше 17 обеспечивает улучшение его пусковых качеств, повышает качество смесеобразования и тепловыделения, способствует росту индикаторного КПД. В качестве обоснования роли степени сжатия, как управляющего фактора, вполне уместно сослаться на определение значения степени сжатия, данное В.Н. Иноземцевым в середине прошлого столетия [6]. Ученый — классик отечественной школы рабочего процесса дизелей — отмечал, что «..высокие степени сжатия не только не приводят к взрывному характеру процесса и жесткой работе двигателя, а, наоборот, обеспечивают при правильном выборе остальных параметров (давление впрыскивания, закон подачи топлива, правильное смесеобразование и др.) умеренные скорости нарастания давления, невысокие P_z и плавное протекание сгорания». Широко применяемые в настоящее время электронно-управляемые аккумуляторные системы топливоподачи типа «CR» с максимальным давлением впрыскивания топлива 1500–2000 бар, гибко управляющие началом, давлением и продолжительностью впрыскивания топлива, значительно расширяют целевые функции оптимизации рабочего процесса, в том числе по конструктивному параметру дизеля — степени сжатия. Кроме этого при использовании повышенных степеней сжатия облегчается поиск компромисса между выбросами дисперсных частиц и оксидов азота.

Расчет степени сжатия дизеля с учетом допусков на детали ЦПГ

Разработка новых, а также совершенствование серийно выпускаемых автомобильных дизелей в жесткие сроки невозможны без применения эффективной инженерной компьютерной программы-методики расчета объема элементов камеры сгорания, «вредных» объемов пространства сжатия в цилиндре двигателя и степени сжатия — одного из важнейших факторов, влияющего на качество процесса сгорания и тепловыделения дизеля [7, 8].

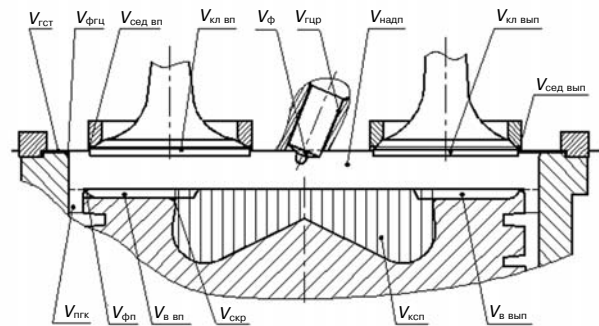


Рис. 1. Схема объемов пространства сжатия автомобильного дизеля

Степень сжатия двигателя представляет отношение полного объема цилиндра (поршень в НМТ) к объему сжатия (поршень в ВМТ). На рис. 1 представлена схема объемов пространства сжатия в цилиндре автомобильного дизеля, которые учитываются в программе расчета степени сжатия, применяемой на КамАЗе [9].

Представленные на схеме объемы сначала вычисляются по номинальным размерам, а затем по размерам, полученным с учетом верхнего и нижнего допусков на детали, составляющих пространство сжатия и полный объем цилиндра, что, соответственно, позволяет рассчитать значение степени сжатия: номинальное, минимальное, максимальное. Объем камеры сгорания (КС) в поршне может рассчитываться для различных положений боковой стенки и для различных вариантов исполнения верхней кромки КС (фаска, одно- и трехрадиусное); учитывается форма днища КС: с вытеснителем или без него. Также программа позволяет выполнить расчеты по объему и степени сжатия для двух- и четырехклапанного исполнения головки цилиндра. На рис. 2 в качестве примера представлено «окно» расчета объема КС и объема скругления на

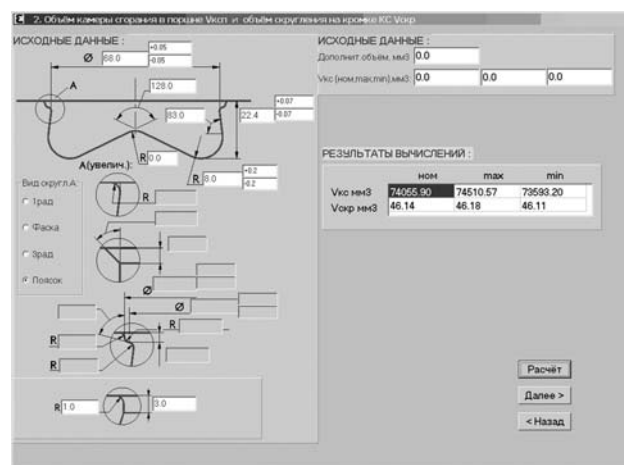


Рис. 2. Окно расчета объема КС и объема скругления на кромке КС

кромке КС. Программа реализована в среде Windows, имеет наглядный интерфейс, позволяет удобно и быстро рассчитывать степень сжатия автомобильного дизеля.

Результаты предварительных испытаний автомобильного дизеля типа V-8 с вариантами степени сжатия

Исследование влияния степени сжатия на уровень выбросов вредных веществ и топливную экономичность двигателя проводилось на испытательном стенде, укомплектованном тормозным устройством на базе асинхронной электрической машины «Dynas HD 460» фирмы «Schenk». Система управления тормозом позволяет проводить испытания двигателей по циклам ESC, ELR, ETC в автоматизированном режиме с установкой стандартных значений частот вращения и нагрузок двигателя в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 49-05. Измерение расхода дизельного топлива проводится гравиметрическим прибором модели КМА-4000 фирмы «Pierburg», а расход воздуха измеряется анемометрического типа прибором модели «Sensyflow». Оба прибора позволяют измерять расходы как на установившихся режимах, так и мгновенные расходы в переходных циклах. Для измерения концентрации вредных газообразных веществ стенд укомплектован газоанализаторами фирмы «Notha» модели «MEXA-7400DEGR» с обогреваемыми пробоотборными линиями. Концентрации вредных газообразных веществ измеряются до и после системы обработки отработавших газов. Выбросы твердых частиц в ОГ определяются микротоннелем фирмы «Nova» модели Microtrol-5. Оптическая плотность (дымность) отработавших газов измеряется установкой фирмы AVL модели 439. В составе исследовательского оборудования используется восьмиканальная система индицирования давлений модели COMBI-USB. Автоматизированная система STARS с помощью компьютера и пакета программ управляет всем комплексом стендового оборудования. Для стабилизации условий испытания двигателей в комплект стендового оборудования входят климатические установки: для кондиционирования воздуха, поступающего в двигатель, и стабилизации температуры фильтров, используемых для отбора дисперсных частиц. Весь комплект газоаналитического и измерительного оборудования, а также калибровочные и рабочие газовые смеси на испытательном стенде размещаются в отдельных помещениях, защищены от воздействия шума и вибраций, чем в немалой степени обеспечивается стабильность и воспроизводимость результатов испытаний.

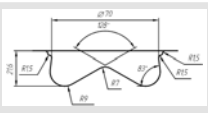
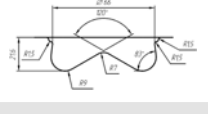

В исходном варианте испытуемый двигатель был укомплектован аккумуляторной системой то-

пливоподачи на основе компонентов фирмы «Bosch»: топливный насос высокого давления типа CP 3. 4, топливные инжекторы типа CRIN2 с семью сопловыми отверстиями ($d_{c.o} = 0,197$ мм) модели DLLA 147P 1814. Максимальное давление впрыскивания топлива в приведенной комплектации по согласованию с фирмой «Bosch» ограничивается значением 1600 бар. В системе турбонаддува использовались: один турбокомпрессор фирмы «Holset» модели HE400WG и охладитель надвучного воздуха типа воздух-воздух фирмы «Behr» модели DB838001. Температура воздуха после ОНВ не превышала значение 60 °С.

В исходном варианте двигатель модели 740.75-440 комплектовался поршнями со степенью сжатия 16,8, которые применялись в серийном производстве двигателей КамАЗ уровня Евро-3. Эскизы исходной КС со степенью сжатия 16,8 и двух вариантов со степенями сжатия 18 и 19 представлены в табл. 3. Объемы КС, их геометрические размеры рассчитывались по вышеописанной программе Eps.exe. Положение инжектора в головке цилиндров дизелей КамАЗ уровня Евро-4, ориентация сопловых отверстий в КС со степенью сжатия 18, показаны на рис. 3. Серия предварительных сравнительных испытаний двигателя с вариантами диаметров горловины КС 66–72 мм и степенями сжатия: 16,8–19, при неизменных: конструктивном исполнении распылителя; давлениях и характеристиках впрыс-

Таблица 3

Этапы развития нормативов экологических показателей автомобильных дизелей – Правила ЕЭК ООН № 49 – испытательный цикл ETC

Вариант степени сжатия	Испытательный цикл	CO	CH	NO _x	PT
		г/(кВт·ч)			
	ESC	0,58	0,24	10,9	0,018
	ETC	0,23	0,26	8,58	0,05
	ESC	0,24	0,22	11,5	0,013
	ETC	1,46	0,26	9,29	0,03
	ESC	0,8	0,18	10,82	0,018
	ETC	2,98	0,2	8,68	0,085
Нормативы Правил ЕЭК ООН № 49-05B1 (ЕВРО-4)	ESC	1,5	0,46	3,5	0,02
	ETC	4,0	0,55	3,5	0,03

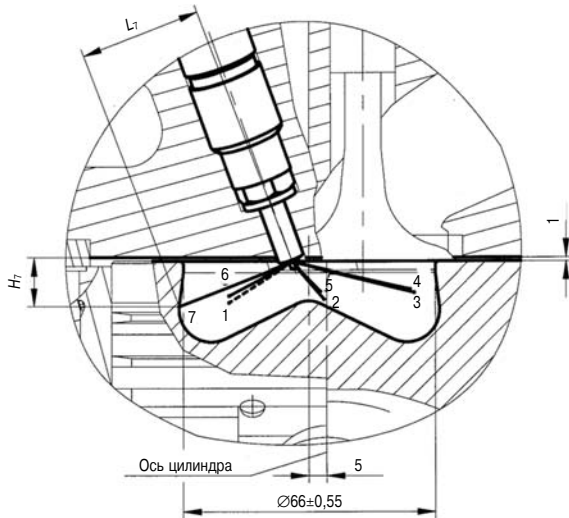


Рис. 3. Положение инжектора в головке цилиндров и ориентация семисоплового распылителя в камере сгорания автомобильного дизеля КамАЗ экологического класса 4

квивания топлива; интенсивности закрутки воздушного заряда определили преимущество КС с диаметром горловины 66 мм, обеспечивающей «минимизацию» удельных выбросов дисперсных частиц. При проведении предварительных сравнительных испытаний двигателей с вариантами степеней сжатия снимались серии нагрузочных и внешних скоростных характеристик, циклы ESC, ETC.

Из анализа данных, представленных на рис. 4, следует, что автомобильный дизель с вариантом степени сжатия 18 в сравнении с вариантом $\epsilon = 16,8$ обеспечивает по внешней скоростной характеристике снижение на 3–5 г/(л.с.ч) удельного эффективного расхода топлива. Двигатель с вариантом степени сжатия 19 по удельному расходу топлива уступает варианту со степенью сжатия 18. Анализ экспериментальных результатов, представленных в табл. 3, выявляет существенное преимущество двигателя со степенью сжатия 18 по удельным выбросам дисперсных частиц. Результаты предварительных испытаний двигателя показывают, что при ограничении давления впрыскивания топлива до 1600 бар, неизменных значениях углов опережения впрыскивания топлива рациональный выбор величины степени сжатия автомобильного дизеля позволяет не только выполнить технические нормативы по выбросам уровня Евро-4, но и формировать рабочий процесс со сниженным расходом топлива. Следует отметить, что удельные выбросы вредных веществ (табл. 3): CO, CH, NO_x, PT определены без комплектации двигателя системой последующей обработки ОГ. Согласно терминологии, принятой специалистами, выбросы вредных веществ, определенные в ОГ до системы последующей обра-

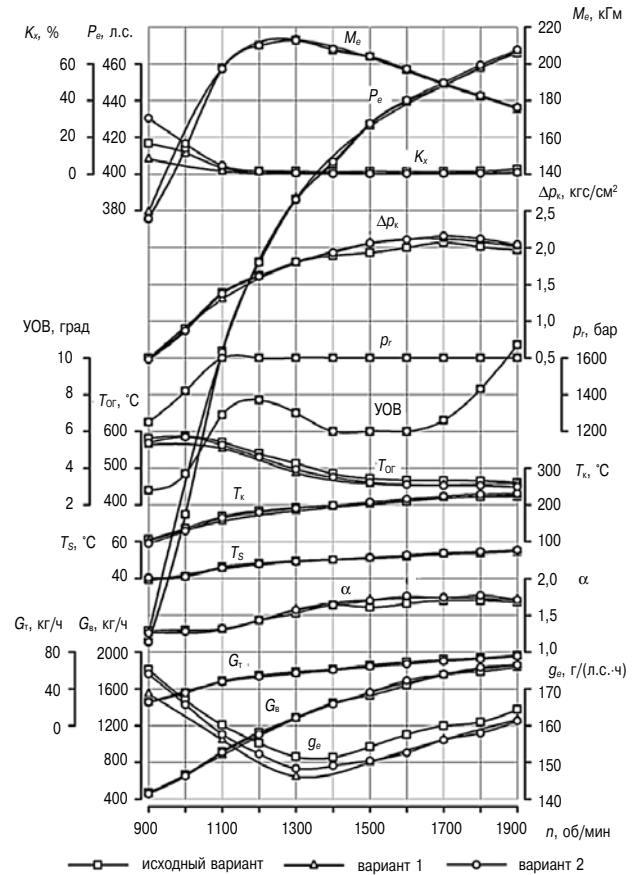


Рис. 4. Внешние скоростные характеристики двигателя с вариантами степени сжатия:

M_e, P_e — крутящий момент, эффективная мощность двигателя в комплектации брутто; K_x — оптическая плотность отработавших газов (дымность); p_k, T_k — давление и температура надувочного воздуха после компрессора; T_s — температура надувочного воздуха после ОНВ; $T_{ог}$ — температура ОГ после турбины; p_t — давление топлива в аккумуляторе; УОВ — угол опережения впрыскивания топлива; G_t, G_b — часовые расходы топлива и воздуха; α — коэффициент избытка воздуха; g_e — удельный эффективный расход топлива

ботки или без нее, называют необработанными или «сырыми».

Результаты контрольных испытаний автомобильного дизеля с системой последующей обработки ОГ по циклам ESC и ETC

В системе последующей обработки отработавших газов автомобильных дизелей КамАЗ уровня Евро-4 используется система «deNO_x» — технология селективного каталитического восстановления оксидов азота (SCR), применяемая практически всеми зарубежными производителями коммерческих автомобилей, включая уровни Евро-5, 6. Технология SCR основывается на дозированной подаче водного раствора мочевины с концентрацией 32,5 % по массе на вход в каталитический нейтрализатор. Благодаря высокой

Таблица 4

**Удельные выбросы вредных веществ двигателя модели 740.75-440, определенные по циклу ESC
Правил ЕЭК ООН № 49-05**

Определенные по циклу ESC	CO	CH	NO _x	PT
	г/(кВт·ч)			
Двигатель с вариантами: ε = 16,8	0,56	0,02	3,28	0,018
ε = 18	0,37	0,03	2,37	0,012
Предельные значения по циклу ESC (ЕВРО-4)	1,50	0,46	3,5	0,02

Таблица 5

Удельные выбросы вредных веществ, расход топлива двигателя модели 740.75-440, определенные по циклу ETC Правил ЕЭК ООН № 49-05

Определенные по циклу ETC	CO	CH	NO _x	PT	g _{ETC}
	г/(кВт·ч)				
Двигатель с вариантами: ε = 16,8	2,23	0,03	2,52	0,027	229,3
ε = 18	0,784	0,03	2,37	0,019	219,0
Предельные значения по циклу ETC (ЕВРО-4)	4,0	0,55	3,5	0,03	—

эффективности процесса (до 90 %) удельные значения NO_x снижаются со значения 11–12 г/(кВт·ч) до значений ниже 3,5 г/(кВт·ч) (уровень Евро-4), при этом обеспечивается апликация двигателя с выгодным расходом топлива. Для дополнительного подтверждения преимущества двигателя с вариантом степени сжатия 18 проведены его сравнительные испытания с исходным вариантом (ε = 16,8) по циклам ESC и ETC в комплектации системой SCR. При проведении сравнительных испытаний двигатели комплектовались системой SCR фирмы «Bosch» — Denoxtronic 2. В табл. 4, 5 представлены результаты испытаний двигателей по вышеуказанным циклам. Необходимо отметить, что и по обработанным выбросам вредных веществ двигатель со степенью сжатия 18 имеет существенное преимущество в сравнении с вариантом ε = 16,8 — особенно по выбросам дисперсных частиц, которые достигают 30–33 %. Отдельное внимание необходимо уделить результатам испытаний по циклу ETC. На рис. 5 представлена схема программы задания режимов работы двигателя в ходе испытаний по циклу ETC. Продолжительность цикла составляет 1800 с. В течение этого периода времени по строго заданной Правилами ЕЭК ООН № 49-05 программе посекундно изменяются нагрузка и частота вращения двигателя. На рис. 5 верхний переходный процесс иллюстрирует изменение частоты вращения в процентах, а нижний — крутя-

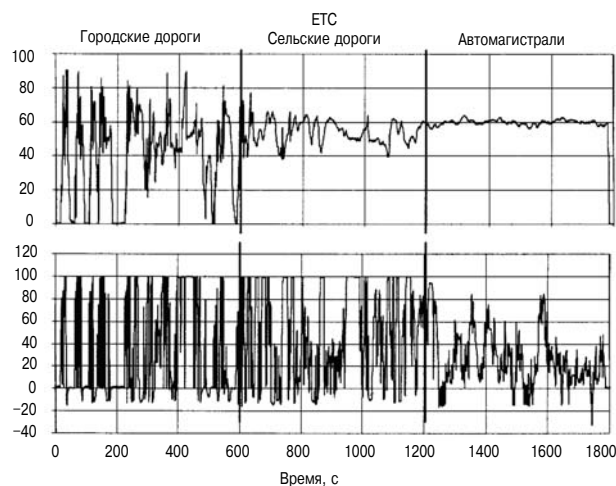


Рис. 5. Схема задания режимов работы двигателя в ходе испытаний по циклу ETC

щего момента двигателя за цикл. Кроме выбросов вредных веществ за период цикла определяется фактическая работа, интегрируется расход топлива, по которым рассчитывается удельный расход топлива за период цикла. Учитывая, что в цикле ETC эмитируются различные дорожные условия и имеется возможность определения удельного расхода топлива двигателем, он является эффективным инструментом обоснования изменений вносимых в конструкцию двигателей. Из анализа данных, представленных в табл. 5, следует, что удельный расход топлива автомобильного дизеля с вариантом степени сжатия 18 по циклу ETC на 4 % ниже исходного варианта (ε = 16,8).

Таким образом, проведенные исследования по повышению экологических показателей качества двигателей КамАЗ легли в основу разработки конструкторской документации на семейство двигателей, соответствующих требованиям Евро-4, обеспечили успешное проведение их сертификационных испытаний. В табл. 6 приведены технические характеристики серийно выпускаемых дизелей КамАЗ экологического

Таблица 6

Технические характеристики серийно выпускаемых дизелей КамАЗ, соответствующих предписаниям Правил ЕЭК ООН № 49-05B1 (экологический класс 4)

Модель двигателя	Параметры					
	Тип	D×S, мм	iV _h , л	n _N , об/мин	P _e , кВт	M _{кр max}
740.75-440	V-8	120130	11,76	1900	440	210
740.74-420					420	190
740.73-400					400	180
740.72-360					360	160
740.71-320					320	140
740.70-280					280	120

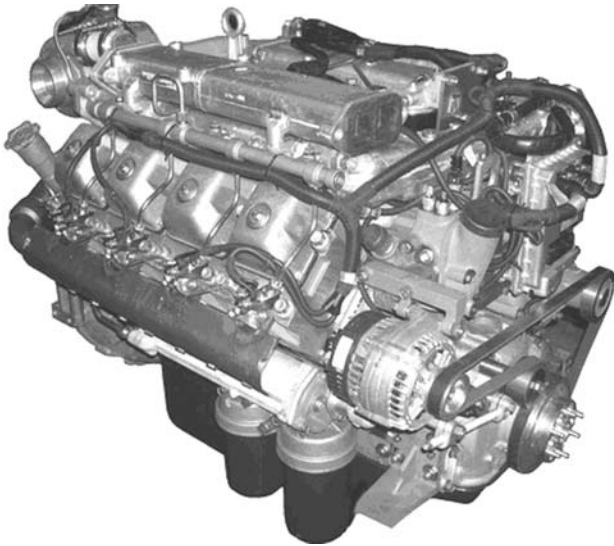


Рис. 6. Общий вид автомобильного дизеля КамАЗ модели 740.75-440 (Евро-4) с системой топливоподачи типа «CR»

класса 4. Заявленные мощность и крутящий момент, определяемые в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 85-00 в комплектации нетто, являются «полезными». Минимальный удельный расход топлива автомобильных дизелей КамАЗ экологического класса 4 по внешней скоростной характеристике, по результатам контрольных испытаний в комплектации нетто составляет 143 г/(л.с.·ч).

Выводы

1. Развитие в ОАО «КамАЗ» экспериментальной базы на основе современного стендового оборудования для исследования экологических показателей качества двигателей создало необходимые условия для разработки конструкции и создания семейства автомобильных дизелей экологического класса 4, серийный выпуск которых начат с января текущего года.

2. Применение в конструкции двигателей КамАЗ компонентов, производимых мировыми лидерами, позволяет повысить качество выполнения научно-исследовательских работ, способствует усилению позиций продукции КамАЗа на рынке ВТО.

3. Предложенный в статье метод повышения экологических показателей качества автомобильных двигателей в сочетании с улучшением их топливной экономичности через исследование взаимосвязи указанных свойств по циклам ESC, ETC Правил ЕЭК ООН № 49-05 — эффективный способ обоснования изменений, вносимых в конструкцию автомобильных двигателей при их модернизации.

Литература

1. Технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации вредных (загрязняющих веществ)», утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2005 г. № 609 с изменениями, внесенными от 26.11.2009 г. 956 и от 20.01.2012 г. № 2 пункт 8в (Правила ЕЭК ООН 3 24-03, 49-05B1) Экологический класс 4.
2. Правила ЕЭК ООН № 49. Включая поправки серии 05 — Дата вступления в силу 3 февраля 2008 года. E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505; Rev.1/Add.48/Rev.4 /13.08.2008 г.
3. Основные этапы развития конструкции двигателей КамАЗ в соответствии с требованиями технического регламента / И.Ф. Гумеров и др. // Журнал автомобильных инженеров. — 2011. — № 5 (70) — С. 23–27.
4. Системы управления дизельными двигателями. Пер. с нем. С40. — 1-е русское изд. — М. : ЗАО «КЖИ За рулем», 2004. — 480 с.
5. Optimierung von Arbeits- und Brennverfahren für grobere Dieselmotoren mit Common-Rail — Einspritzung (2) // MTZ. — 2000. — № 5. — С. 340–344.
6. *Иноземцев Н.В.* Курс тепловых двигателей // Государственное издательство оборонной промышленности. — 2-е изд. 1952. — 471 с.
7. *Гальговский В.Р., Чернышов Г.Д., Бессонов Н.И.* Взаимосвязь индикаторного КПД с процессом тепловыделения и параметрами внутрицилиндрового пространства дизеля // Двигателестроение. — 1987. — № 7. — С. 3–8.
8. *Григорьев М.А., Долецкий В.А., Желтяков В.Т., Субботин Ю.Г.* Обеспечение качества транспортных двигателей. — М. : ИПК Издательство стандартов. — 1998. — Т. 1. — 630 с.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010617661 EPS.exe/ Драчева И.П., Енилин Р.Н., Кучев С.М., Хафизов Р.Х. и др. // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19 ноября 2010 г.

ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ **Ориентировочные тарифы на 1 полугодие 2013 г.**

Первая страница обложки	Полноцветная	40 000 руб.
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	36 000 руб.
Четвертая страница обложки	Полноцветная	38 000 руб.
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	36 000 руб.
	Черно-белая	30 000 руб.