



УДК 621.431.73
ББК 39.3

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Васильев Александр Викторович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания
Волгоградского государственного технического университета
atd@vstu.ru
просп. им. В.И. Ленина, 28, 400131 г. Волгоград, Российская Федерация

Ларцев Андрей Михайлович

Кандидат технических наук, доцент
Волгоградского государственного технического университета
rces@vstu.ru
просп. им. В.И. Ленина, 28, 400131 г. Волгоград, Российская Федерация

Зеленский Юрий Олегович

Инженер по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»
Волгоградского государственного технического университета
zelenski27@yandex.ru
просп. им. В.И. Ленина, 28, 400131 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье дана оценка подходов к нормированию выбросов отработавших газов дизельных двигателей, предназначенных для установки на внедорожную технику в странах Северной Америки, Западной Европы, Японии, Китая, Африки и России и др. Приведены экологические показатели двигателя 8ЧВН15/16, выполнена их оценка на соответствие действующим в настоящее время стандартам.

Ключевые слова: дизель воздушного охлаждения, токсичность выбросов, отработавшие газы, экологичность, моторные испытания.

Сельскохозяйственные и промышленные тракторы эксплуатируются в большинстве случаев вне густонаселенных территорий и с низкой плотностью машин на единицу площади. Тем не менее в настоящее время во многих странах мира приняты стандарты, ограничивающие выбросы вредных веществ с отработавшими газами двигателей внедорожной техники (см. табл. 1). Особенно жесткие ог-

раничения действуют в США, Японии и странах Западной Европы. В России двигатели внедорожной техники с 1 января 2008 г. должны по выбросам вредных веществ удовлетворять требованиям ГОСТа Р 41.96-2005 [3] (см. строку 1 в табл. 2), которые примерно соответствуют нормам федеральных стандартов Tier 1/Stage 1 [6]. Эти стандарты были приняты в США, Японии и Западной Европе в

1994 году. Под их действие попадали силовые агрегаты мощностью свыше 37 кВт (50 л.с.). Нормы внедрялись поэтапно в период с 1996 по 2000 год. В 1998 г. были введены стандарты Tier 1 для двигателей мощностью ниже 37 кВт (50 л.с.) и более жесткие Tier 2 и Tier 3 для всех двигателей. Tier 2 и Tier 3 решено было вводить в действие поэтапно – с 2000 по 2008 год.

Управление по защите окружающей среды США в 2004 г. подписало нормы Tier 4 на токсичность отработавших газов, которые должны быть введены в действие поэтапно в период с 2008 по 2015 год. Стандарты Tier 4

устанавливают уровни содержания сажи и оксидов азота, которые на 90 % ниже, чем в нормах Tier 3 [7].

Такая жесткая экологическая политика, как в США, не свойственна отечественному двигателестроению по ряду причин: недостаточно высокое качество продукции моторостроительных заводов, работа внедорожной техники на территориях, где низкая плотность народонаселения, в том числе в обширных районах Крайнего Севера. В настоящее время в России действует ГОСТ Р 41.96-2011 [4], нормы токсичности для которого приведены в таблице 2 (строка 2).

Таблица 1

Стандарты дымности и токсичности отработавших газов для дизельных двигателей, предназначенных для установки на внедорожную технику

Регион	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Сев. Америка и Зап. Европа 19...37 кВт 37...56 кВт 56...130 кВт	Tier 4 Interim/Stage IIIA		Tier 4 Final/Stage IIIA		
	Tier 4 Interim/Stage IIIA		Tier 4 Final/Stage IIIB		
	Tier 3/Stage IIIA	Tier 4 Interim/Stage IIIB		Tier 4 Final/Stage IV (окт. 2014 г.)	
	Tier 4 Final/Stage IIIB			Tier 4 Final/Stage IV	
130...560 кВт Свыше 560 кВт только Сев. Америка	Tier 4 Interim			Tier 4 Final	
Япония	Tier 3/Stage IIIA		Tier 4 Interim/Stage IIIB	Tier 4 Final/Stage IV	
Мексика	Не регламентируется Tier2/Stage				
Китай	SEPA Stage II подобно Tier2/Stage II				
Индия (крупные города)	Bharat (CEV) Stage III/Tier2-Tier3/ Stage II – Stage IIIA				
Латинская Америка	Не регламентируется Tier 1/Stage I				
Ближний Восток	Не регламентируется Tier 1/Stage I				
Африка	Не регламентируется Tier 1/Stage I				
Россия	ГОСТ Р. 41.96-99 подобен Tier 1/Stage I				
Австралия	Tier 1/Stage I				

Примечание. Источник: Станкевич С. Стандарты токсичности в США. Дизельные двигатели внедорожных машин // Основные средства : сетевой журн. 2004. URL: http://www.os1.ru/article/ecologist/2004_09_A_2004_12_14-19_20_25/.

Таблица 2

Значения выбросов вредных веществ для дизельных двигателей, предназначенных для установки на внедорожную технику

№	Мощность Ne, кВт	Оксид углерода CO, г/кВт*ч	Углеводороды CH, г/кВт*ч	Оксиды азота NO _x , г/кВт*ч	Вредные частицы PM, г/кВт*ч
1	Ne ≥ 130	5	1,3	9,2	0,54
2	560 ≥ Ne ≥ 130	3,5	1	6	0,2

Рассмотрим двигатель 8ЧВН 15/16, который выпускался на Волгоградском моторном заводе с 1968 по 2006 г. и имел ряд модификаций [5]. Экологические нормативы, действовавшие в этот период, технические условия на двигатель и фактические экологические показатели двигателя приведены в таблице 3. Как видно, фактический экологический уровень данного двигателя (модификация В-400), равно как и технические условия на двигатель, соответствуют параметрам, заложенным в ГОСТе 17.2.2.05-97. Наиболее токсичными в отработавших газах дизеля являются оксиды азота NO_x , они же наиболее приближены к предельным нормам.

На экологические показатели двигателя оказывает влияние не только качество используемых узлов, но и сочетание регулировочных параметров топливной аппаратуры. Степень их влияния на дымность и токсичность дизеля может быть оценена экспериментально. Эти работы были проведены на развернутом двигателе 8ЧВН 15/16 (далее – двигатель В-400) с его настройкой на экологичную и экономичную модификации.

Двигатель комплектовался следующими узлами:

1. Топливными насосами высокого давления «Motorpal» PV8B11K915j526 (диаметр плунжера 11 мм, ход 12 мм) и «Bosch» PE8-P120A50/4RS 7010 (диаметр плунжера 12 мм, ход 12 мм).

2. Фосунками ФД-22 с тремя вариантами распылителей:

– фирмы «Bosch» $\mu f = 0,38-0,40 \text{ мм}^2$, диаметр иглы 5 мм;

– ЧЗТА $\mu f = 0,38-0,40 \text{ мм}^2$, диаметр иглы 6 мм;

– ЧЗТА $\mu f = 0,44-0,46 \text{ мм}^2$, диаметр иглы 6 мм.

3. Турбокомпрессором S3A «Shcvtitzer», максимальный КПД компрессора $\eta_k = 0,77$ в диапазоне $G_v = 0,18-0,34 \text{ кг/с}$ при $\pi_k = 1,65-2,48$, проходное сечение турбины $S = 25 \text{ мм}^2$.

4. Турбокомпрессором H1E «Holset», максимальный КПД компрессора $\eta_k = 0,79$ в диапазоне $G_v = 0,15-0,26 \text{ кг/с}$ при $\pi_k = 1,52-2,62$, проходное сечение турбины $S = 25 \text{ мм}^2$.

5. Турбокомпрессором H2B «Holset», максимальный КПД компрессора $\eta_k = 0,75$ в диапазоне $G_v = 0,06-0,14 \text{ кг/с}$ при $\pi_k = 1,20-1,98$, проходное сечение турбины $S = 25 \text{ мм}^2$.

Таблица 3

Значения экологических параметров для двигателя В-400

№ п/п	Значение удельных выбросов по ГОСТам	Оксид углерода CO, г/кВт*ч	Углеводороды СН, г/кВт*ч	Оксиды азота NO _x , г/кВт*ч	Дымность***, %
1	ГОСТ 17.2.2.05-97 (неограниченный воздухообмен)*	10	3	18	36,7–63,8
2	ГОСТ 17.2.2.05-97 (ограниченный воздухообмен)*	4	1,5	9	21,6–55,2
3	ГОСТ 17.2.2.05-97 (неограниченный воздухообмен)**	14	4,5	18	63,8
4	ГОСТ 17.2.2.05-97 (ограниченный воздухообмен)**	5,6	2,2	9	55,2
5	ТУ 23.3.16-87 на В-400	8	3	15	33
6	Фактический экологический уровень В-400 (декабрь 1992 г.)	2,5–5,8	0,93–1,83	14–18	28–48

Примечание. Приведены значения удельных выбросов: * – вновь изготовленных и капитально отремонтированных дизелей; ** – для двигателей, находящихся в эксплуатации; *** – в соответствии с ГОСТ 17.2.2.02-98. Источник: Bakhracheva Yu. S. Fracture toughness prediction by means of indentation test // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Т. 9, № 3. С. 21–24.

6. Турбокомпрессором ТКР8,5С-7 Дергачевского завода турбокомпрессоров, максимальный КПД компрессора $\eta_k = 0,68$ в диапазоне $G_v = 0,18-0,24$ кг/с при $\pi_k = 1,60-1,90$, проходное сечение турбины $S = 24$ мм².

Двигатель укомплектован поршнями с камерой сгорания ЦНИДИ. Отметим, что расход воздуха двигателем В-400 на номинальном режиме составляет 0,25–0,28 кг/с для одного ряда цилиндров.

Измерения показателей дизелей проводились с помощью информационно-измерительного комплекса фирмы «AVL» (Австрия), способного фиксировать в автоматическом режиме до 64 параметров (температуру, давление, частотные характеристики, нагрузку и т. п.). Частота вращения ротора турбокомпрессора фиксировалась анализатором фирмы «Buel & Kjaer» (Дания), параметры токсичности и дымности отработавших газов двигателя определялись газовым анализатором МЕХА-812D фирмы «HORIBA» (Япония) и дымомером МК-3 фирмы «HARTRIDGE» (Англия).

До проведения моторных испытаний осуществлялась подготовка топливной аппаратуры.

На проливочном стенде Р17.03 «HARTRIDGE» проводились испытания распылителей. Определялись подвижность иглы, величина ее максимального подъема, а также эффективное проходное сечение распылителей μ_f . Определение μ_f проводилось путем замера расхода испытательного масла через распылитель при полном подъеме иглы и постоянном давлении (50 Бар). Далее распылители устанавливались в корпуса форсунок и на стенде НН601 «HARTRIDGE» регулировалось требуемое давление начала подъема иглы, оценивались качество распыла топлива, подвижность иглы, герметичность запорного конуса, гидроплотность форсунки.

На безмоторном стенде НА2500 «HARTRIDGE» проводились испытания топливных насосов. Стендовые испытания ТНВД «Motorpal» PV8B11K915j526 и «Bosch» PE8-P120A50/4RS 7010 осуществлялись в комплексе с форсунками ФД-22 и распылителями, имеющими эффективное проходное сечение $\mu_f = 0,4$ мм². Помимо оценки ТНВД на соответствие техническим условиям выполнялась их дополнительная регулировка по неравномерности топливоподачи $\delta \leq 3$ %. Пример ос-

циллограмм изменения параметров в топливной аппаратуре приведен на рисунке 1.

Испытания показали, что ТНВД «Bosch» обладает лучшими характеристиками: большим давлением топливоподачи $P_T = 625$ кг/см² ($\mu_f = 0,385$ мм²) против $P_T = 460$ кг/см² ($\mu_f = 0,390$ мм²) у ТНВД «Motorpal». Соответственно и максимальные давления впрыскивания у ТНВД «Bosch» выше: $P_\phi = 590$ кг/см², а у ТНВД «Motorpal» – $P_\phi = 405$ кг/см². Большие давления топливоподачи у ТНВД «Bosch» обуславливают меньшую продолжительность впрыскивания: 20,4° пкв против 24,4° пкв у ТНВД «Motorpal».

Моторные испытания. Методика проведения моторных испытаний определяла регистрацию всех параметров двигателя при постоянной номинальной мощности, равной $Ne = 305 \pm 3$ кВт при $n = 1700$ мин⁻¹. Для повышения степени достоверности результатов параметры номинального режима измерялись пятикратно, а также выдерживались следующие условия при работе двигателя для всех сочетаний варьируемых конструктивных и регулировочных параметров:

- температура воздуха на входе в двигатель: $t_{окр} = 30 \pm 2$ °С;
- температура масла на выходе из двигателя: $t_m = 90 \pm 1$ °С;
- частота вращения вентилятора: $n_v = 4070 - 4150$ мин⁻¹.

С целью исключения случайных погрешностей на номинальном режиме параметры двигателя измерялись пятикратно и усреднялись.

Моторные испытания двигателя В-400 были выполнены в несколько этапов. На первом этапе были сняты регулировочные характеристики по углу опережения впрыска топлива $\theta_{впр}$ при различных давлениях начала подъема иглы форсунки P_ϕ . Двигатель комплектовался ТНВД «Bosch», распылителями ЧЗТА с $\mu_f = 0,39$ мм², ТКР S3A.

Выполним оценку влияния давления начала подъема иглы форсунки и угла опережения впрыска топлива $\theta_{впр}$ при экономичном и малотоксичном режимах работы на параметры двигателя В-400. Определим целевые значения топливной экономичности и удельные выбросы оксидов азота на номинальном режиме следующими значениями: $g_e = 214$ г/кВт*ч, $g_{NOx} = 15$ г/кВт*ч согласно техническим условиям на двигатель В-400.

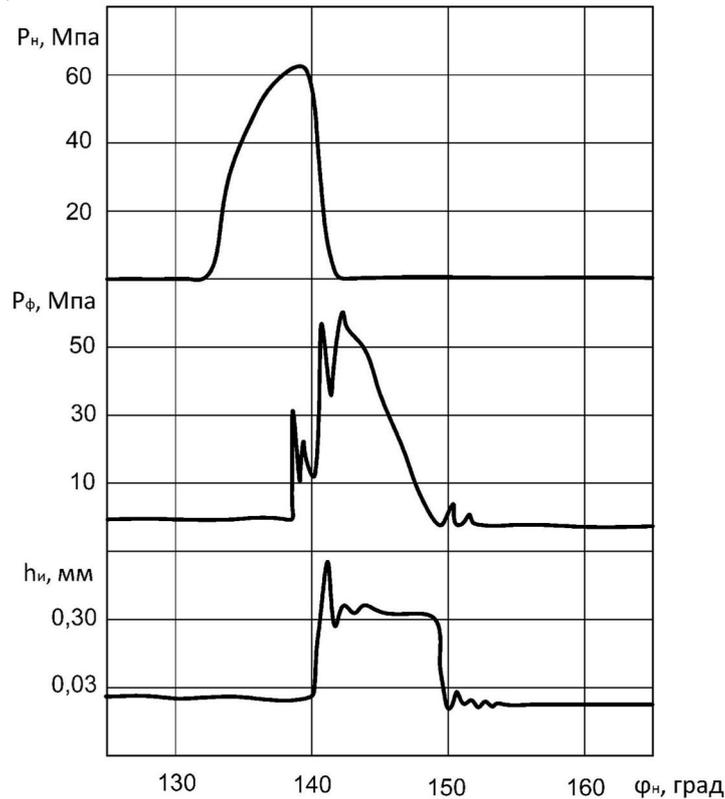


Рис. 1. Осциллограммы давления топлива в штуцере ТНВД (P_n), штуцере форсунки (P_f), хода иглы распылителя $h_{и}$:

$n = 850 \text{ мин}^{-1}$; $q = 195 \text{ мм}^3/\text{цикл}$; $\mu \dot{p} = 0,385 \text{ мм}^2$; $h_{и} = 0,35 \text{ мм}$; $P_{n \text{ макс}} = 62,5 \text{ МПа}$; $P_{f \text{ макс}} = 59 \text{ МПа}$; $\varphi_{впр} = 10,2^\circ$

На рисунках 2 и 3 приведены регулировочные характеристики по углу опережения впрыска топлива при различном давлении начала подъема иглы форсунки P_f . Используя полученные зависимости, можно получить линии целевых значений по экономичности и токсичности, которые приведены на рисунке 4. Более развернутая информация по влиянию давления начала подъема иглы форсунки на токсичность и дымность ОГ при ограничении по g_e (экономичный режим работы двигателя) представлена в таблицах 4 и 5.

Эмиссия оксидов азота, определяемая главным образом максимальной температурой цикла, как правило, находится в обратной зависимости к уровню топливной экономичности двигателя. Рассмотрим данные таблицы 4. Здесь наблюдается несколько иная картина. С увеличением давления начала подъема иглы форсунки (с учетом минимизации g_e) происходит снижение удельных выбросов оксидов азота (около $2 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$),

хотя их уровень и остается высоким. Также снижается дымность отработавших газов на 10 %, определяемая преимущественно параметрами топливоподачи и величиной коэффициента избытка воздуха. Можно отметить улучшение протекания рабочего процесса, подтверждением чего является некоторое снижение g_e . Одновременно идет уменьшение угла опережения впрыска топлива, следствием чего стало значительное снижение P_z . При определенных сочетаниях P_f и $\theta_{впр}$ возможно синхронное снижение таких параметров, как $g_{e_{CO}}$, g_{NO_x} , N , P_z . Улучшение протекания РП происходит одновременно с уменьшением выбросов NO_x . Это можно объяснить более сильным влиянием на NO_x уменьшения $\theta_{впр}$, а не улучшением процесса сгорания и связанным с этим ростом максимальных температур цикла. Удельные выбросы углеводородов растут с 0,5 до $1,1 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$. Закономерного влияния P_f на g_{CO} не выявлено.

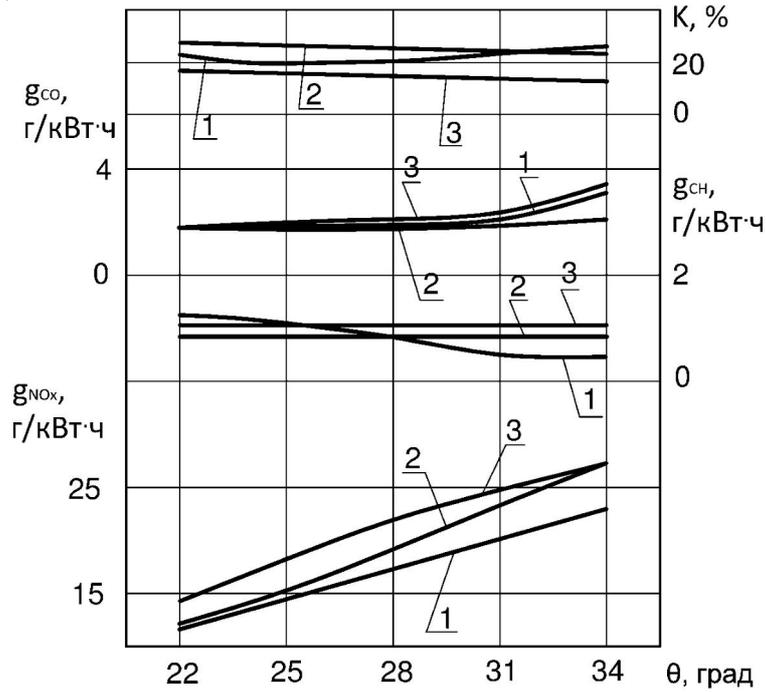


Рис. 2. Регулировочная характеристика по углу опережения впрыска топлива:

1 – $P_{\phi} = 13,5$ МПа; 2 – $P_{\phi} = 18,5$ МПа; 3 – $P_{\phi} = 28,5$ МПа

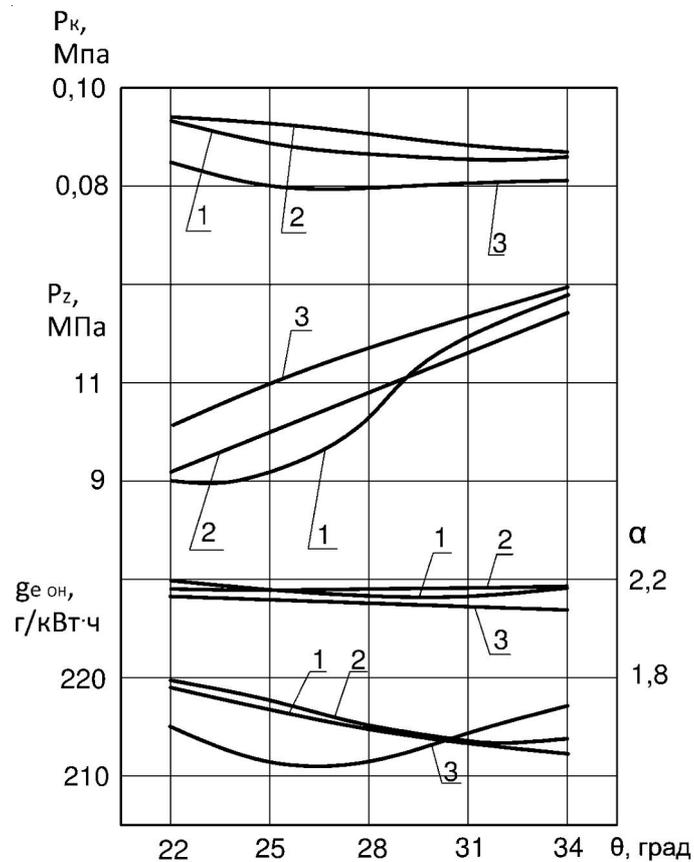


Рис. 3. Регулировочная характеристика по углу опережения впрыска топлива:

1 – $P_{\phi} = 13,5$ МПа; 2 – $P_{\phi} = 18,5$ МПа; 3 – $P_{\phi} = 28,5$ МПа

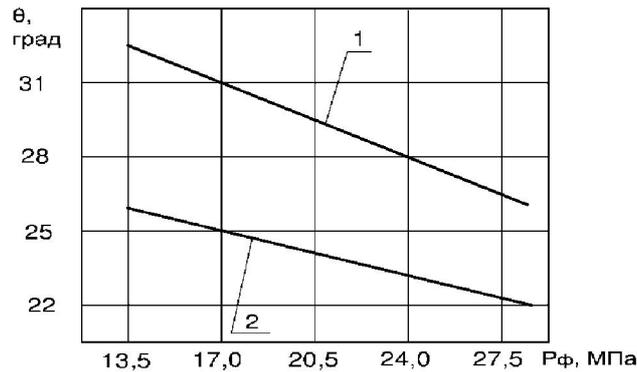


Рис. 4. Зависимость оптимального угла опережения впрыска топлива от затяжки иглы форсунки:
1 – линия, определяющая $g_e = 214$ г/кВт*ч; 2 – линия, определяющая $g_{NOx} = 15$ г/кВт*ч

Таблица 4

Влияние давления начала подъема иглы форсунки при экономичном режиме работы двигателя на параметры двигателя В-400

P_f Бар	$\Theta_{впр}$ °ПКВ	$g_{eон}$ г/кВт*ч	g_{NOx} г/кВт*ч	g_{CO} г/кВт*ч	g_{CH} г/кВт*ч	N %	P_z Бар	R_x Бар/°ПКВ
135	33	213	21,5	3,0	0,5	26	125	5,2
160	31	214	23,0	1,8	0,8	18	122	5,1
185	30	214	21,0	1,6	0,7	24	113	5,3
210	29	214	21,0	2,0	0,8	16	115	5,5
235	28	214	21,0	1,5	0,8	16	114	5,3
260	27	214	20,5	1,5	0,9	12	108	4,3
285	26	213	20,0	1,8	1,1	16	114	5,1

Таблица 5

Влияние давления начала подъема иглы форсунки при экологичном режиме работы двигателя на параметры двигателя В-400

P_f Бар	$\Theta_{впр}$ °ПКВ	$g_{eон}$ г/кВт*ч	g_{NOx} г/кВт*ч	g_{CO} г/кВт*ч	g_{CH} г/кВт*ч	N %	P_z Бар	R_x Бар/°ПКВ
135	26	217	15,0	1,4	0,85	20	100	3,0
160	25	215	15,0	1,5	0,75	16	109	3,9
185	25	218	15,0	1,4	0,75	–	99	4,0
210	24	217	15,0	1,6	1,00	18	106	4,4
235	23	216	15,0	1,5	0,90	18	101	3,8
260	23	217	15,0	1,4	0,90	16	102	4,8
285	22	215	15,0	1,8	1,05	19	105	4,1

В таблице 5 представлена расширенная информация по влиянию давления начала подъема иглы форсунки на токсичность и дымность ОГ при ограничении по g_{NOx} (малотоксичный режим работы двигателя).

Как видно из таблицы 5, увеличение P_f от 135 до 285 Бар при установке $\theta_{впр}$, обеспечивающего $g_{NOx} = 15$ г/кВт*ч, не приводит к заметному изменению удельных выбро-

сов СН и СО, а также дымности ОГ. Вследствие меньших углов опережения впрыска топлива P_z находится на уровне 100–105 Бар. В этом же диапазоне изменения P_f имеет место тенденция к снижению g_e примерно на 2 г/кВт*ч. При этом абсолютный уровень g_e выше на 2–3 г/кВт*ч, чем при $\theta_{впр}$, обеспечивающем экономичный режим работы двигателя. При увеличении давления нача-

ла подъема иглы форсунки (см. рис. 4) оптимальные углы опережения впрыска топлива $\theta_{\text{впр}}^{\text{g}_e}$ и $\theta_{\text{впр}}^{\text{NO}_x}$ уменьшаются, наблюдается тенденция к их сближению.

При эксплуатации дизельных двигателей для внедорожной техники можно условно выделить три зоны: густонаселенную, отдаленные районы с малой плотностью населения и трудностью доставки грузов, зоны промышленных разработок с обустроенной инфраструктурой, что предъявляет различные требования к характеристикам двигателя. В данной работе показано, что для дизеля воздушного охлаждения большой мощности имеются достаточно простые регулировки, позволяющие настраивать двигатель на требуемые режимы работы. Рассмотрено влияние давления начала подъема иглы форсунки и угла опережения впрыска топлива при настройке двигателя на экономичный и малотоксичный режимы работы. Так же показано, что при определенных сочетаниях регулировочных параметров двигателя возможно синхронное снижение как вредных выбросов, так и максимальных давлений сгорания, что способствует увеличению ресурса силовой установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. В. Профилирование высокоэффективных кулачков газораспределения двигателей внутреннего сгорания / А. В. Васильев, Ю. С. Бахрacheва, У. Каборе // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10, Инновационная деятельность. – 2013. – № 2. – С. 96–102.
2. ГОСТ 17.2.2.05-97. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. – Взамен ГОСТ 17.2.2.05-86. – Введ. 1999-01-07. – Минск : Межгосударственный Совет по стандартизации метрологии и сертификации, 1999. – 61 с.
3. ГОСТ Р 41.96-2005. Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями. – Введ. 2008-01-01. – М. : Стандартиформ, 2006. – 61 с.
4. ГОСТ Р 41.96-2011. Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на

сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями. – Взамен ГОСТ Р 41.96-2005. – Введ. 2013-01-03. – М. : Стандартиформ, 2013. – 61 с.

5. Меньшенин, Г. Г. Динамика развития дизелей Волгоградского моторного завода в первой трети XXI века / Г. Г. Меньшенин // Двигателестроение. – 2002. – № 1. – С. 3–5.
6. Павлов, И. Обзор новинок дизелей высоких экологических классов для специальной и коммерческой техники / И. Павлов // Основные средства : сетевой журн. 2011. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.osl.ru/article/technology/2011_11_A_2011_11_16-14_46_22/. – Загл. с экрана.
7. Станкевич, С. Стандарты токсичности в США. Дизельные двигатели внедорожных машин / С. Станкевич // Основные средства : сетевой журн. 2004. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.osl.ru/article/ecologist/2004_09_A_2004_12_14-19_20_25/. – Загл. с экрана.
8. Bakhracheva, Yu. S. Fracture toughness prediction by means of indentation test / Yu. S. Bakhracheva // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2013. – Т. 9, N 3. – С. 21–24.
9. Valve cam design using numerical step-by-step method / A. V. Vasilyev, Yu. S. Bakhracheva, O. Kabore, Ju. Zelenskij // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10, Инновационная деятельность. – 2014. – Вып. 1 (10). – С. 26–33.

REFERENCES

1. Vasilyev A. V., Bakhracheva Yu. S., Kabore U. Profilirovanie vysokoeffektivnykh kulachkov gazoraspreleniya dvigateley vnutrennego sgoraniya [Profiling the Highly Effective Cam Timing of Internal Combustion Engines]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10, Innovatsionnaya deyatelnost* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and Innovations], 2013, no. 2, pp. 96-102.
2. GOST 17.2.2.05-97. Okhrana prirody. Atmosfera. Normy i metody opredeleniya vybrosov vrednykh veshchestv s otrabotavshimi gazami dizeley, traktorov i samokhodnykh selskokhozyaystvennykh mashin [The Nature Conservation. The Atmosphere. The Norms and Methods for Determining the Harmful Gas Emissions of Diesel Engines, Tractors and Self-Propelled Agricultural Machines]. *Vzamen GOST 17.2.2.05-86, vved. 01.07.1999*. Minsk, Mezhhgosudarstvennyy Sovet po standartizatsii metrologii i sertifikatsii, 1999. 61 p.
3. GOST R 41.96-2005. Edinobraznye predpisaniya, kasayushchiesya dvigateley s

vosplameneniyem ot szhatiya, prednaznachennykh dlya ustanovki na selskokhozyaystvennykh i lesnykh traktorakh i vnedorozhnoy tekhnike, v otnoshenii vybrosov vrednykh veshchestv etimi dvigatelyami [The Universal Provisions Concerning the Engines with Compression-Ignition Intended for Installation on Agricultural and Forestry Tractors and Off-Highway Equipment, in Respect of Emissions from These Engines]. Vved. 01.01.2008. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 61 p.

4. *GOST R 41.96-2011. Edinoobraznye predpisaniya, kasayushchiesya dvigateley s vosplameneniyem ot szhatiya, prednaznachennykh dlya ustanovki na selskokhozyaystvennykh i lesnykh traktorakh i vnedorozhnoy tekhnike, v otnoshenii vybrosov vrednykh veshchestv etimi dvigatelyami* [The Universal Provisions Concerning the Engines with Compression-Ignition Intended for Installation on Agricultural and Forestry Tractors and Off-Highway Equipment, in Respect of Emissions From These Engines]. Vzamen GOST R 41.96-2005, vved. 01.03.2013. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 61 p.

5. Menshenin G.G. Dinamika razvitiya dizeley Volgogradskogo motornogo zavoda v pervoy treti XXI veka [The Development Dynamics of Diesel Engines of Volgograd Motor Plant in the First Third of the 21st Century]. *Dvigatelistroyeniye*, 2002, no. 1, pp. 3-5.

6. Pavlov I. Obzor novinok dizeley vysokikh ekologicheskikh klassov dlya spetsialnoy i kommercheskoy tekhniki [The Review of the New Diesels of High Ecological Classes for Special and Commercial Technics]. *Osnovnye sredstva. Setevoy zhurnal 2011* [Basic Means. Web Journal 2011]. Available at: http://www.os1.ru/article/technology/2011_11_A_2011_11_16-14_46_22.

7. Stankevich S. Standarty toksichnosti v SShA. Dizelnye dvigateli vnedorozhnykh mashin [Standards of Toxicity in the USA. Diesel Engines for Off-Road Machines]. *Osnovnye sredstva. Setevoy zhurnal 2004* [Basic Means. Web Journal 2004]. Available at: http://www.os1.ru/article/ecologist/2004_09_A_2004_12_14-19_20_25.

8. Bakhracheva Yu.S. Fracture Toughness Prediction by Means of Indentation Test. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2013, Vol. 9, no. 3, pp. 21-24.

9. Vasilyev A.V., Bakhracheva Yu.S., Kabore O., Zelenskiy Yu.O. Valve Cam Design Using Numerical Step-by-Step Method. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10, Innovatsionnaya deyatel'nost'* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and Innovations], 2014, no. 1 (10), pp. 26-33.

THE INFLUENCE OF ADJUSTING PARAMETERS ON THE TOXICITY OF WASTE GASES OF AIR-COOLED DIESEL

Vasilyev Aleksandr Viktorovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Internal Combustion Engines,
Volgograd State Technical University
atd@vstu.ru
Prosp. Lenina, 28, 400131 Volgograd, Russian Federation

Lartsev Andrey Mikhaylovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Volgograd State Technical University
rces@vstu.ru
Prosp. Lenina, 28, 400131 Volgograd, Russian Federation

Zelenskiy Yuriy Olegovich

Engineer with Specialization in Internal Combustion Engines,
Volgograd State Technical University
zelenski27@yandex.ru
Prosp. Lenina, 28, 400131 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article assesses the approaches to regulating the gas emissions of diesel engines designed for non-road vehicles in North America, Western Europe, Japan, China, Africa, Russia, etc.

The authors give environmental indicators of 8CVN15/16 engine, evaluate their compliance with the current standards. It is shown that under certain combinations of control parameters of the engine it is possible to synchronously decrease emissions and to maximize the combustion pressure. This increases the reliability of the engine.

Large dimension engines for non-road vehicles have different settings for use in different zones: densely populated, remote areas with low population density, industrial development zones with the equipped infrastructure.

Key words: diesel engine of air cooling, emissions toxicity, exhaust gases, ecological compatibility, engine tests.