

## Рабочие процессы в ДВС

УДК 621.436.068.4

**Н.К. Рязанцев, д-р. техн. наук, В.З. Бычков, инж., П.Я. Перерва, канд. техн. наук, Г.В. Щербаненко, инж.**

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ 2-х И 4-х ТАКТНЫХ ФОРСИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЕННО-ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Современные форсированные дизельные двигатели 6ТД мощностью 1000 л.с. и В-46-6 мощностью 780 л.с., а также их модификации являются наиболее

массовыми энергетическими установками военно-гусеничных машин (ВГМ) в Украине. Технические данные двигателей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические данные двигателей

Наименование показателей	Обозначение	Двигатели	
		6ТД	В-46-6
Число цилиндров	$i$	6	12
Диаметр цилиндра, мм	$D$	120	150
Ход поршня, мм	$S$	120	180
Рабочий объем цилиндра, л	$V_h$	2,71	3,2
Степень сжатия	$\varepsilon$	15	14
Эффективная мощность при нормальных условиях, кВт	$N_{emax}$	735,3	573,5
Частота вращения при $N_{emax}$ , мин <sup>-1</sup>	$n$	2800	2000
Среднее эффективное давление, МПа	$p_e$	0,97	0,813
Удельный расход топлива, приведенный к нормальным условиям, г/(кВт·ч)	$g_e$	не более 224,5	не более 257
Количество форсунок		четыре форсунки полу-закрытого типа с распылителем 1x0,5x30 град	одна форсунка закрытого типа с распылителем 8x0,3x140 град
Наддув воздуха в цилиндры	-	газотурбинный с механической связью	от приводного нагнетателя
Давление наддува, МПа	$p_k$	0,28	0,18
Коэффициент избытка воздуха на сгорание	$\alpha$	1,85	1,78

Условия эксплуатации ВГМ с этими двигателями в мирное время предъявляют повышенные требования к расходу топлива, полноте его сгорания и выбросам с отработавшими газами токсичных компонентов, таких как оксид углерода (СО), оксид азота (NO<sub>x</sub>), углеводороды (СН) и твердые частицы (РМ). Обусловлено это тем, что сажистые частицы, как составная часть РМ, содержащиеся в отработавших газах, при недостаточной полноте сгорания топлива не только загрязняют окружающую среду, но и повышают дымность, что приводит к демаскировке танка при его движении. Повышенное содержание в продуктах сгорания СО, NO<sub>x</sub> и СН требует увеличения дистанции между танками, движущимися в колонне, что растягивает ее по пути движения на автомагистралях общего пользования. Исходя из этих требований, удельные выбросы вредных веществ и оптическая плотность отработавших газов должны находиться на том же уровне, что и для дизелей грузовых автомобилей.

Проведен комплекс экспериментальных исследований по определению выбросов вредных веществ и дымности отработавших газов серийных двигателей 6ТД и В-46-6, работающих по двухтактному и

четырёхтактному рабочим циклам, а также анализ особенностей их рабочего процесса, как источника загрязнения окружающей среды. Эта работа приобретает актуальность еще и потому, что в последнее время появились публикации [1], в которых в качестве недостатков дизелей, работающих по двухтактному циклу, были отмечены повышенный расход масла и неполнота сгорания топлива, что, по мнению авторов, приводит к увеличению дымности и токсичности выхлопа.

Сравнивая рабочий цикл четырехтактного и двухтактного двигателей, можно найти принципиальные различия, относящиеся, главным образом, к процессу газообмена. Рабочий процесс с момента начала сжатия и до момента начала выпуска у обоих типов дизелей протекает практически одинаково. Двухтактные дизели современных конструкций по качеству очистки цилиндров приближаются к четырехтактным. Достаточно сказать, что у двухтактного форсированного дизеля 6ТД с прямоточно-щелевой продувкой коэффициент остаточных газов находится на уровне 4...5%. Следовательно, полнота сгорания топлива и выход токсичных компонентов отработавших газов в рассматриваемых дизелях в основном

будет зависеть от качества организации процессов смесеобразования и сгорания.

Эти выводы были подтверждены результатами сравнительных испытаний двигателей 6ТД и В-46-6 при имитации на стенде сопротивлений танковых систем на входе воздуха и выходе газа из двигателя. Удельный расход масла на угар при испытаниях обоих двигателей находился на одном уровне.

На рис. 1 показаны сравнительные нагрузочные характеристики, снятые при номинальной частоте вращения коленчатого вала.

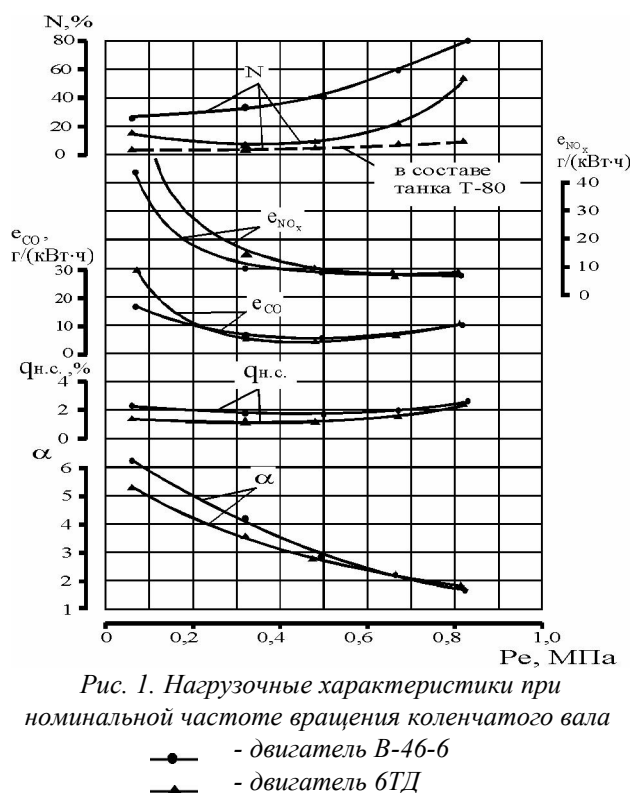


Рис. 1. Нагрузочные характеристики при номинальной частоте вращения коленчатого вала

● - двигатель В-46-6  
▲ - двигатель 6ТД

Из рисунка видно, что при равной форсировке по среднему эффективному давлению ( $p_e$ ) рабочий процесс двигателей протекает при практически одинаковых значениях коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ) и неполноты сгорания топлива ( $q_{нс}$ ). В рабочем диапазоне нагрузок двигатели имеют примерно одинаковые значения удельных выбросов  $e_{CO}$  и  $e_{NO_x}$ . Обращает на себя внимание то, что отличие наблюдается только в значениях оптической плотности отработавших газов (т.е. концентрации сажистых частиц в продуктах сгорания), которая во всем диапазоне нагрузок у двигателя 6ТД ниже, вследствие различных условий смесеобразования. Отличие в процессе смесеобразования заключается в следующем: на двигателе 6ТД топливные струи направлены под углом  $30^\circ$  против вращательного движения воздушного заряда, что обуславливает в основном объемное смесеобразование. На двигателе В-46-6 топливные струи большую часть времени попадают на стенки камеры сгорания, о чем свидетельствуют сажистые отпечатки на доньшке поршня 8-ми топливных факелов, в резуль-

тате чего преобладает объемно-пленочное смесеобразование с частичным пристеночным сгоранием, приводящее к нежелательному сажеобразованию [2].

Оптическая плотность отработавших газов ( $N$ ) двигателя 6ТД во всем диапазоне нагрузок ниже, чем у двигателя В-46-6. Следует отметить, что в условиях эксплуатации танка Т-80 с эжекционной системой охлаждения воды и масла дымность отработавших газов двигателя 6ТД снижается ещё больше за счет разбавления их просасываемым воздухом и не превышает 10%, что значительно ниже, чем на танке Т-72 с двигателем В-46-6 (см. рис. 1). Необходимо также отметить, что смешение газов с воздухом приводит к снижению температуры выпускных газов, в результате чего уменьшается тепловой след танка.

Для установления соответствия экологических показателей двигателей нормативно-технической документации были определены удельные выбросы токсичных компонентов продуктов сгорания этих двигателей на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла в соответствии с ОСТ 37.001.234-81, распространяющегося на дизели автомобилей массой свыше 3,5 т. Приведенные в таблице 2 результаты сравнительной оценки свидетельствуют о том, что по удельным выбросам CO, CH, NO<sub>x</sub> двигателя 6ТД и В-46-6 различаются незначительно и находятся на уровне требований этого стандарта.

Таблица 2. Результаты сравнительной оценки

Наименование показателей	Значения выбросов для двигателей, г/(кВт·ч)		
	В-46-6	6ТД	норма по ОСТ
Удельный выброс оксида углерода	9,3	9,4	9,5
Удельный выброс углеводородов	1,4	1,6	3,4
Удельный выброс оксида азота	11,8	12,7	18,4

Таким образом, по проведенным исследованиям можно сделать вывод: 2-х и 4-х тактные форсированные танковые дизельные двигатели 6ТД и В-46-6 ВГМ по удельным выбросам токсичных компонентов продуктов сгорания находятся на одном уровне. Видимая дымность и тепловой след отработавших газов у 2-х тактного танкового двигателя 6ТД ниже, что указывает на лучшие эксплуатационные характеристики танка Т-80 по сравнению с танком Т-72.

**Список литературы:**

1. В. Соловьев. Братья становятся конкурентами. Советская танкостроительная школа разветвляется на российскую и украинскую. Независимое военное обозрение, №11, Россия, 2000г.  
2. В.Н. Прошкин. Особенности процесса сгорания с пониженным сажеобразованием на примере дизелей 6ЧН 21/21. Двигателестроение, №1, 1983г.