

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСА ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА ЗА ТНВД СУДОВОГО МАЛОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ 6S50MC-C (MAN B&W) ПРОИЗВОДСТВА БМЗ

А.А. Обозов, к.т.н., доц. кафедры «Тепловые двигатели»
Брянский государственный технический университет

Цель настоящей статьи — ознакомить читателя с результатами, полученными при проведении исследований работы топливной аппаратуры судового малооборотного дизеля 6S50MC-C, выпускаемого Брянским машиностроительным заводом по лицензии компании «MAN Diesel A/S». Дается анализ характера изменения формы импульса давления топлива за топливным насосом высокого давления при работе дизеля на различных нагрузочных режимах. Приводится методика построения «эталонного импульса» для использования в процедурах диагностирования топливной аппаратуры.

Как уже отмечалось [1, 2], импульс давления, создаваемый топливным насосом высокого давления (ТНВД) судового малооборотного дизеля, имеет характерную форму с семью характерными точками (рис. 1). Исследования показывают, что такая форма импульса сохраняется при работе двигателя в диапазоне изменения нагрузки от 75 до 110 % номинальной мощности. Однако при снижении нагрузки ниже 75 % номинальной мощности уровень давления, соответствующий точке 4 (см. рис. 1), понижается и наступает момент, когда давление точки 4 становится меньше давления точки 3, т. е. форма импульса претерпевает качественное изменение. Это обстоятельство осложняет задачу автоматизированного получения универсального описания формы импульса для всех возможных эксплуатационных режимов работы двигателя и, соответственно, затрудняет построение алгоритма диагностирования топливной аппаратуры «работающего» во всем диапазоне нагрузок двигателя. Тем не менее в диапазоне нагрузок от 75 до 110 % форма импульса качественно не изменяется (профиль характеристики между точками 3 и 4 сохраняется возрастающим), изменяются лишь в количественном отношении фазовые и амплитудные характеристики процесса.

Изложенное выше поясняется на рис. 2, на котором приведены зарегистрированные при проведении испытаний двигателя импульсы давления, соответствующие режимам 75 %-ной (а), 50 %-ной (б) и 25 %-ной (в) спецификационной мощности.

Еще раз поясним смысл характерных точек (1–7), обозначенных на импульсе давления (см. рис. 1):

- точка 1 — соответствует началу плавного повышения давления (параметры точки — $\alpha p_{f\text{up}}$, $p_{f\text{up}}$);
- точка 2 — соответствует началу резкого повышения давления (параметры точки — $\alpha p_{f\text{up}}''$, $p_{f\text{up}}''$);
- точка 3 — соответствует началу подачи топлива (параметры точки — $\alpha p_{f\text{open}}$, $p_{f\text{open}}$);
- точка 4 — соответствует максимальное давление импульса (параметры точки — $\alpha p_{f\text{max}}$, $p_{f\text{max}}$);
- точка 5 — окончание подачи топлива (параметры точки — $\alpha p_{f\text{close}}$, $p_{f\text{close}}$);
- точка 6 — окончание резкого падения давления (параметры точки — $\alpha p_{f\text{drop}}$, $p_{f\text{drop}}$);
- точка 7 — окончание импульса (параметры точки — $\alpha p_{f\text{end}}$, $p_{f\text{end}}$).

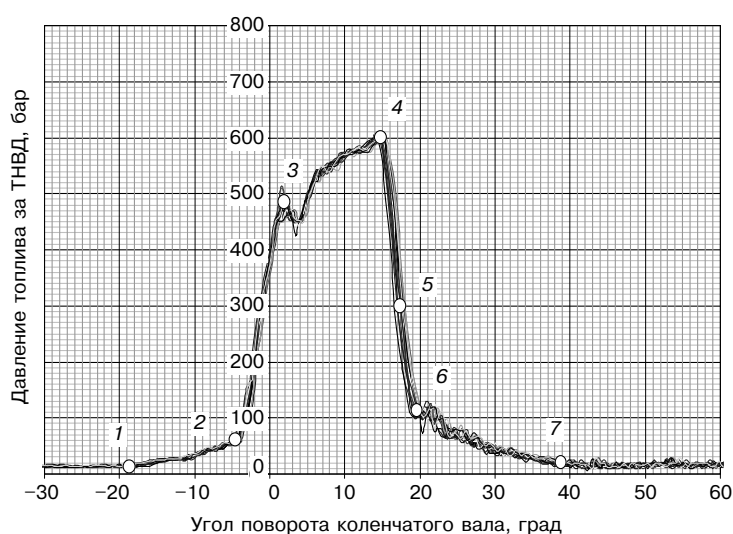


Рис. 1. Форма импульса давления после ТНВД судового малооборотного дизеля 6S50MC-C (режим 100 %-ной спецификационной мощности; показано 20 реализаций процесса)

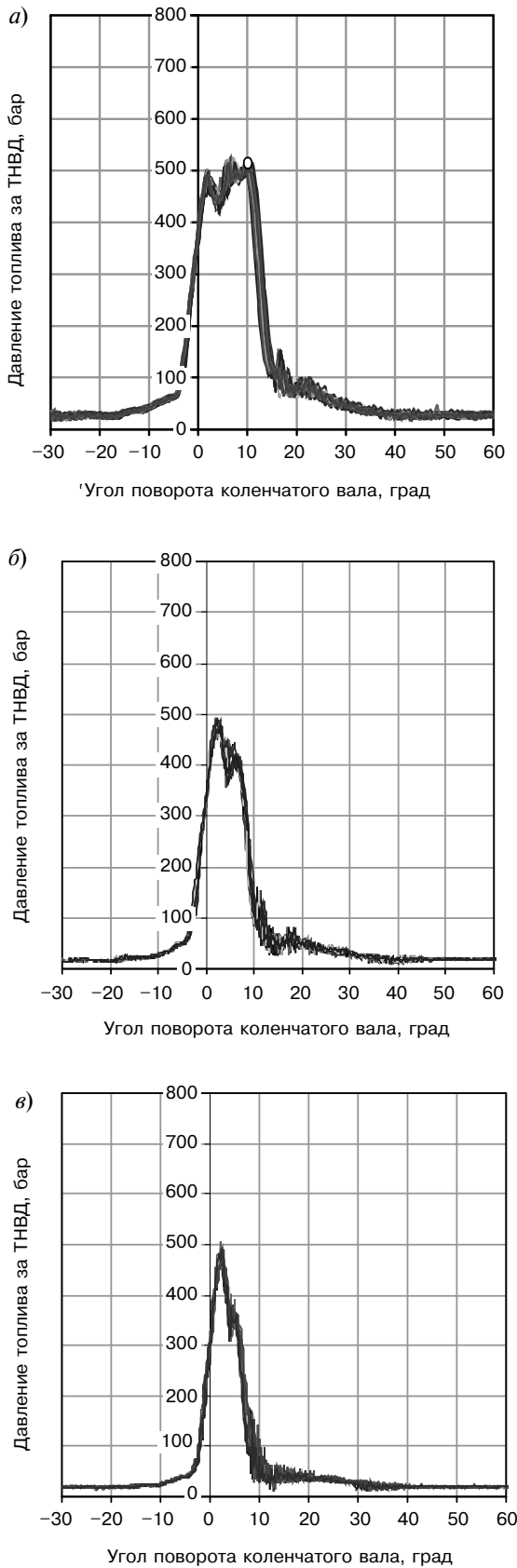


Рис. 2. Импульсы давления топлива после ТНВД полученные на режимах винтовой характеристики:
 а — режим 75 % СМДМ; б — режим 50 % СМДМ; в — режим 25 % СМДМ

Обозов А.А.

Исследования показали, что ряд параметров процесса при изменении нагрузки двигателя практически не изменяют своих значений. К таким параметрам относятся:

$\alpha p_{f \text{ up}} \approx -18$ град ПКВ, $p_{f \text{ up}} \approx 12$ бар (точка 1);
 $\alpha p_{f \text{ up}}'' \approx -4,5$ град ПКВ, $p_{f \text{ up}}'' \approx 65-70$ бар (точка 2);

$\alpha p_{f \text{ end}} \approx 36$ град ПКВ, $p_{f \text{ end}} \approx 15$ бар (точка 7).

Практически неизменным остается и угол начала подачи топлива в цилиндр $\alpha p_{f \text{ open}}$ ($\alpha p_{f \text{ open}} \approx 1,5-2,0$ град ПКВ). Динамическое давление открытия форсунки изменяется совсем незначительно ($p_{f \text{ open}} \approx 480-495$ бар) при изменении режима работы двигателя. Также в узких пределах изменяется параметр скорости нарастания давления $(dp_f/d\alpha)_{\text{max}}$ ($(dp_f/d\alpha)_{\text{max}} \approx 100-70$ бар/град), причем более высокие значения параметра соответствуют долевым режимам работы двигателя. Продолжительность впрыскивания ($\alpha p_{f \text{ duration}}$) топлива при увеличении нагрузки плавно возрастает от 4,8 до 17,3 град ПКВ.

В таблице приведены параметры импульса давления топлива за ТНВД, зарегистрированные при испытаниях двигателя по винтовой характеристике в широком диапазоне нагрузочных режимов (25–100 % СМДМ¹).

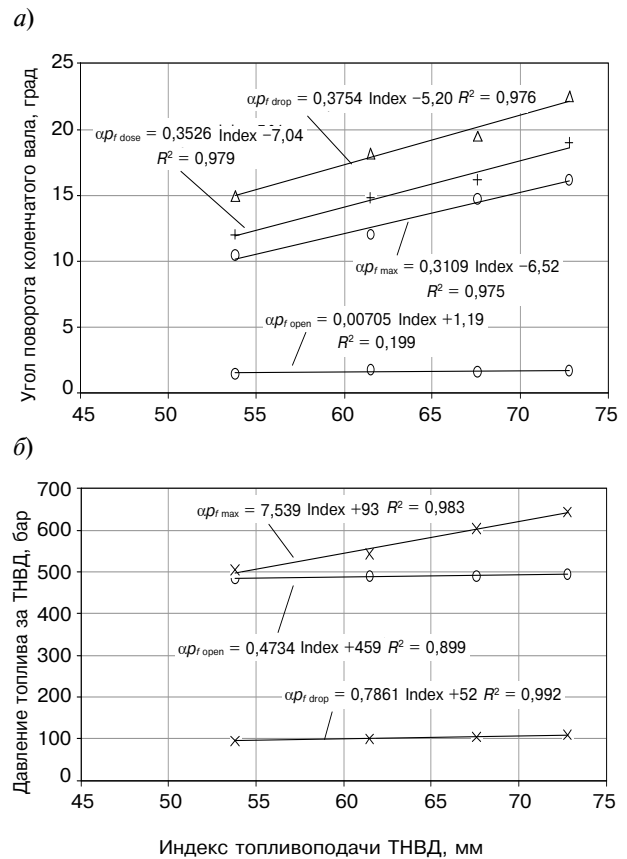


Рис. 3. Зависимость основных параметров импульса давления за ТНВД от индекса топливоподачи топливного насоса

	Параметр	Режим работы двигателя, % СМДМ (винтовая характеристика)					
		25	50	75	90	100	110
	Обороты двигателя, об/мин	77	97	111,5	118,0	123,0	127,0
	Индекс ТНВД, мм	31,8	42	53,8	61,5	67,6	72,8
Точка 3	$\alpha p_{f \text{ open}}$, град ПКВ	2,0	2,2	1,5	1,8	1,6	1,7
	$p_{f \text{ open}}$, бар	480	480	485	490	490	495
Точка 4	$\alpha p_{f \text{ max}}$, град ПКВ	(5,2)	(6,2)	10,5	12,0	14,7	16,2
	$p_{f \text{ max}}$, бар	(350)	(415)	505	545	605	645
Точка 5	$\alpha p_{f \text{ close}}$, град ПКВ	6,8	8,5	12,0	14,8	16,2	19,0
	$p_{f \text{ close}}$, бар	300	300	300	300	300	300
Точка 6	$\alpha p_{f \text{ drop}}$, град ПКВ	9	11,5	15	18,2	19,5	22,5
	$p_{f \text{ drop}}$, бар	50	80	90	100	110	115
	$\alpha p_{f \text{ duration}}^2$, град ПКВ	4,8	6,3	10,5	13	14,8	17,3
	$(dp_f/d\alpha)_{\text{max}}^3$, бар/град	100	85,7	80	75	70	71,4

¹ СМДМ — спецификационная максимальная длительная мощность (испытанный двигатель имеет СМДМ = 8310 кВт при 123 об/мин);

² $\alpha p_{f \text{ duration}}$ — параметр, определяющий продолжительность впрыскивания топлива ($\alpha p_{f \text{ duration}} = \alpha p_{f \text{ close}} - \alpha p_{f \text{ open}}$);

³ $(dp_f/d\alpha)_{\text{max}}$ — параметр, определяющий скорость нарастания давления на фазе предварения впрыскивания топлива (равен тангенсу угла наклона характеристики на участке между точками 2 и 3 (см. рис. 1)).

Полученные в результате испытаний данные позволяют выявить основные закономерности изменения параметров импульса от нагрузочного режима дизеля. На рис. 3 такие закономерности представлены для диапазона изменения мощности 75–100 % СМДМ.

Как видно из рис. 3, функциональные зависимости параметров хорошо аппроксимируются полиномами первой степени (квадраты мно-

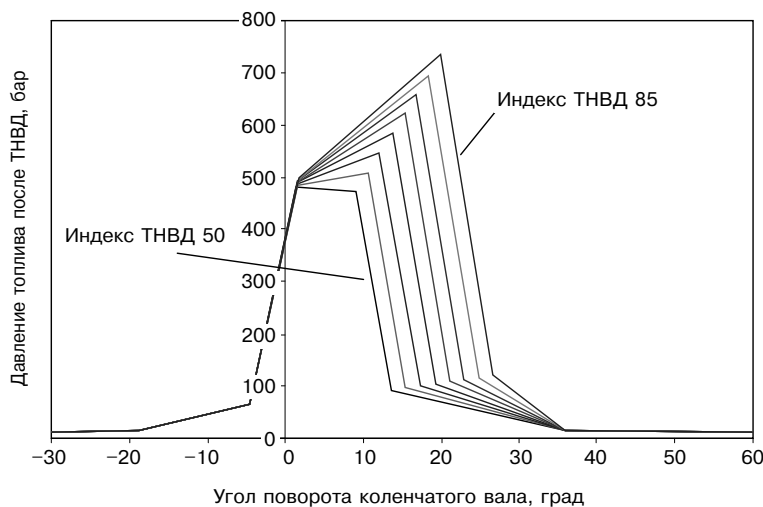


Рис. 4. Эталонные характеристики импульса давления топлива, рассчитанные при помощи полиномиальных зависимостей

жественного коэффициента корреляции R^2 близки к 1). Исключением является параметр $\alpha p_{f \text{ open}}$, для которого $R^2 = 0,199$. В данном случае низкое значение R^2 свидетельствует о том, что угол начала впрыскивания топлива (угол открытия форсунки) практически не зависит от режима работы двигателя ($\alpha p_{f \text{ open}} = \text{invar}$). Полученные полиномиальные зависимости позволяют построить эталонный импульс давления соответствующий любому значению индекса топливоподачи ТНВД (в диапазоне изменения индекса от 50 до 85 мм). На рис. 4 представлено семейство эталонных импульсов, рассчитанных с градацией изменения индекса ТНВД, равной 5 мм. По мнению автора, получен-

ное математическое описание импульса давления топлива за ТНВД можно закладывать в системы технического диагностирования топливной аппаратуры двигателя для последующего использования в эксплуатации при проведении диагностических процедур.

Отметим, что приведенные в статье результаты исследования получены при испытании двигателя на топливе марки Топливо дизельное Л-0,2-62 ГОСТ 305–82 со следующими параметрами:

- плотность при 20 °С — 0,836 г/см³;
- кинематическая вязкость при 20 °С — 4,6 сСт;
- низшая теплотворная способность — 42860 кДж/кг;
- содержание серы — 0,13 %.

Заключение

Выполнено исследование функционирования топливной аппаратуры судового малооборотного дизеля 6S50MC-C(MAN B&W), включившее в себя:

- регистрацию импульса давления топлива за ТНВД при стендовых испытаниях двигателя на режимах винтовой характеристики в диапазоне мощности от 25 до 110 %;

- анализ изменения формы импульса давления в зависимости от режима работы дизеля. Сделан принципиальный вывод о том, что форма импульса не претерпевает качественного изменения в диапазоне нагрузок от 75 до 100 % от номинальной мощности. На нагрузках менее 75 % форма импульса качественно изменяется;
- получение полиномиальных функции (первого порядка), описывающих зависимость параметров импульса от режимного фактора (индекса ТНВД). Полученные функции позволяют фор-

мировать эталонные импульсы для использования их при проведении диагностирования топливной аппаратуры дизеля.

Литература

1. *Обозов А.А.* Эталонные характеристики процесса топливоподачи судовых малооборотных дизелей // Судостроение. — 2007. — № 3. — С. 32–36.
2. *Обозов А.А.* Алгоритм нахождения характерных точек на характеристике процесса топливоподачи судового дизеля // Двигателестроение. — 2006. — № 4 (226). — С. 35–39.

ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ «РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ В РОССИИ»



**Министерство
промышленности и торговли
Российской Федерации
(МИНПРОМТОРГ РОССИИ)**

Департамент базовых отраслей
промышленности

Китайгородский пр., д.7,
г. Москва, 109074

Телефон: 710-56-22

01.10.2009 № 17-2306

На № _____

Главному редактору журнала
«Двигателестроение»
Л.А.Новикову
191123, Санкт-Петербург, а/я 65

Уважаемый Лев Анатольевич!

Департамент базовых отраслей промышленности Минпромторга России, рассмотрев поручение Аппарата Правительства Российской Федерации от 27.08.2009 г. № П7-28846, обращение Председателя Комитета по науке и наукоёмким технологиям Государственной думы Российской Федерации В.А.Черешнева от 21.08.2009 г. № ШХ 3.30-30/293 и Ваше письмо от 07.08.2009 г. № 055-10Д/09, сообщает.

Ознакомившись с материалами Всероссийской научно-технической конференции «Развитие двигателестроения в России», изложенными в журнале «Двигателестроение» (№2(236) апрель-июнь 2009г.), отраслевые Департаменты Минпромторга России разделяют обеспокоенность специалистов - участников Конференции, объективно обозначивших ряд причин снижения технического уровня разработки и производства отечественного дизелестроения, с учетом сложившихся экономических условий.

Дизельные двигатели являются основной и неотъемлемой составляющей многих видов наземной и водной гражданской техники, а также техники военного и оборонного назначения.

Для поддержания отечественного дизелестроения (и производственной промышленности в целом) разработана и утверждена Правительством Российской

2

Федерации «Программа антикризисных мер на 2009 год», Перечень системообразующих организаций, утвержденный правительственной Комиссией по повышению устойчивости развития российской экономики, в который входит ряд организаций двигателестроения. Также реализуются меры государственной поддержки отечественного двигателестроения в интересах образцов военной техники и продукции гражданского назначения, осуществляемые в рамках ряда федеральных целевых программ, таких как «Национальная технологическая база на 2007-2011 годы».

Ряд научно-исследовательских работ, по развитию двигателестроения, реализуется в рамках ведомственных программ Минобороны России и федеральных целевых программ, таких как «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2007-2010 годы и на период до 2015 года», «Разработка, восстановление и организация производства стратегических, дефицитных и импортозаменяющих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на 2009-2011 годы и на период до 2015 года».

Учитывая вышесказанное, заинтересованные отраслевые Департаменты Минпромторга России готовы рассмотреть предложения по созданию Федерального научно-технического центра развития традиционных и альтернативных двигателей и источников энергии различного назначения.

Директор Департамента
базовых отраслей промышленности

В.В. Семенов

В.А. Рудь
632-80-34