

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ

В.С. Мурзин, главный конструктор; А.П. Маслов, к.т.н., вед. конструктор ООО ГСКБ «Трансдизель»;
Е.А. Лазарев, д.т.н., проф.
Южно-Уральский государственный университет

Управление процессом горения в дизелях конструкции ЧТЗ посредством раздельного впрыскивания топлива позволяет существенно снизить механическую и тепловую нагруженность деталей камеры сгорания при сохранении на достигнутом уровне показателей топливной экономичности. Поэтому применение топливных систем, реализующих раздельный впрыск топлива, может быть рекомендовано при дальнейшем форсировании дизелей по показателю цилиндровой мощности. Наиболее эффективно для указанных целей использование системы common rail.

Характер процесса сгорания топлива в дизелях может стать одной из основных причин повышенных выбросов вредных веществ с отработавшими газами, высокой механической и тепловой нагруженности деталей камеры сгорания, шума и вибрации, снижения удельной мощности и топливной экономичности [1]. В этой связи возрастает актуальность развития технологий управления процессом горения топлива. В дизелях управление процессом горения топлива наиболее эффективно осуществляется посредством изменения закона подачи топлива в камеру сгорания. В настоящее время большое распространение получил метод раздельного впрыскивания топлива, в том числе с использованием систем электронного



управления, при котором процесс разделен на предварительное и основное впрыскивание топлива в цилиндр в течение рабочего цикла.

В настоящей работе приведены результаты исследования процесса раздельного впрыскивания топлива в дизелях ЧТЗ с использованием традиционных гидромеханических устройств.

На рис. 1 представлен фрагмент осциллограммы процесса раздельного впрыскивания топлива в камеру сгорания дизеля ЧН15/16 на режиме номинальной мощности ($p_{me} = 0,86$ МПа, $n = 1700$ об/мин). Обозначения на осциллограмме соответствуют записи давлений топлива у штуцера насосной секции $p_{н.с.}$, перед форсункой $p_{ф.}$, начальное $p_{нач}^{\phi}$, остаточное $p_{ост.}$, у распыливающих отверстий p_p и подъема иглы распылителя $h_{и.}$. Индексом А обозначены процессы предварительного, а индексом Б — основного впрыскивания топлива. Величина порции предварительного впрыскивания порции топлива составляла 15 %

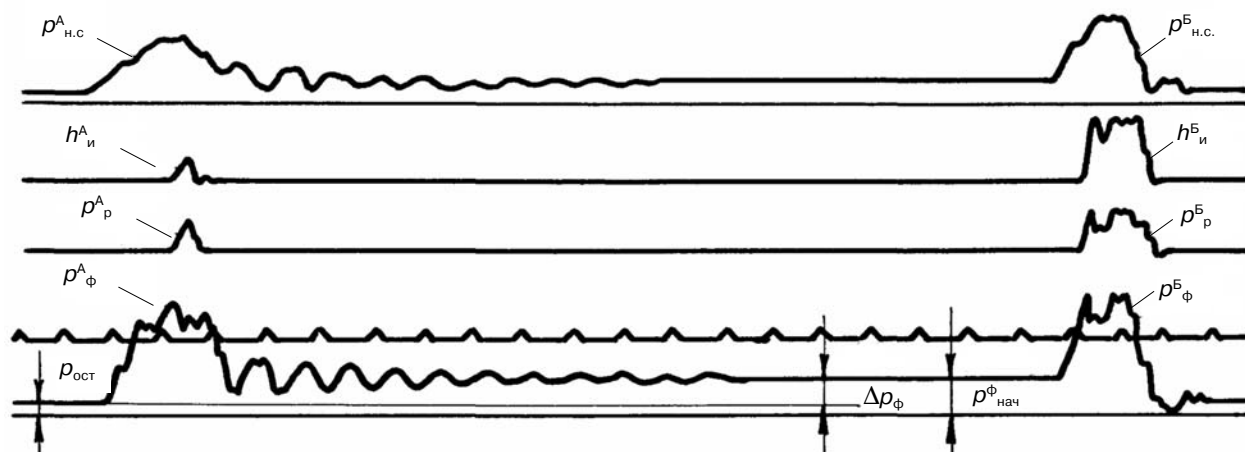


Рис. 1. Осциллограммы процесса раздельного впрыскивания топлива

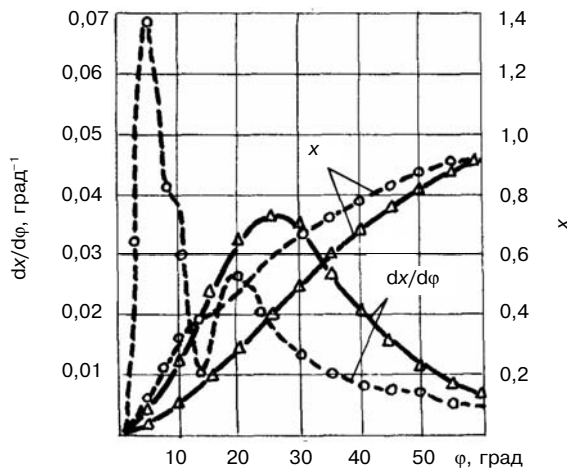


Рис. 2. Характеристики выгорания топлива в дизеле ЧН15/16:

---- обычное и ——— разделенное впрыскивание

от общей цикловой подачи. Подъем иглы распылителя и максимальное давление топлива при основном впрыскивании составляли $h_{и}^Б$ — 0,45 мм и $p_{\phi}^Б$ — 48 МПа.

На рис. 2 представлены интегральные и дифференциальные характеристики выгорания топлива, полученные обработкой экспериментальных данных при обычном и разделенном впрыскивании. Анализ характеристик выгорания топлива показывает, что при разделенном впрыскивании радикально изменяется характер его выгорания в начальном периоде процесса.

Дифференциальная характеристика выгорания отличается наличием одного максимума скорости тепловыделения. Если при обычном впрыскивании первый максимум скорости тепловыделения

достигается при 5–6 град ПКВ, а второй при 20 град ПКВ от начала горения, то при разделенном впрыскивании топлива скорость тепловыделения резко снижается, а ее единственный максимум достигается в диапазоне 22–25 град ПКВ, т. е. характер тепловыделения качественно изменяется.

В начальный период развития горения, который при разделенном впрыскивании выделяется лишь условно в связи с его монотонным характером, выгорает в 3–3,5 раза меньше топлива. Процесс горения развивается постепенно, без резкого изменения скорости. Для такого процесса характерны снижение максимального давления цикла p_{max} и скорости нарастания давления w_{pmax} (рис. 3). Интегральные показатели эффективности и экономичности рабочего цикла, такие как среднее индикаторное давление p_i и удельный индикаторный расход топлива b_i при этом практически не изменяются. Экспериментальные данные свидетельствуют о возможности существенного снижения механической и тепловой нагруженности деталей камеры сгорания, а следовательно повышение надежности и ресурса дизеля.

Влияние характера горения топлива и интенсивности тепловыделения на тепловую нагруженность поршня и головки цилиндра исследовалось также на дизелях ЧН15/16 и ЧН15/20,5. Изменение интенсивности тепловыделения в начальный период процесса горения осуществлялось изменением относительной величины порции предварительного впрыскивания топлива. Снижение интенсивности тепловыделения за

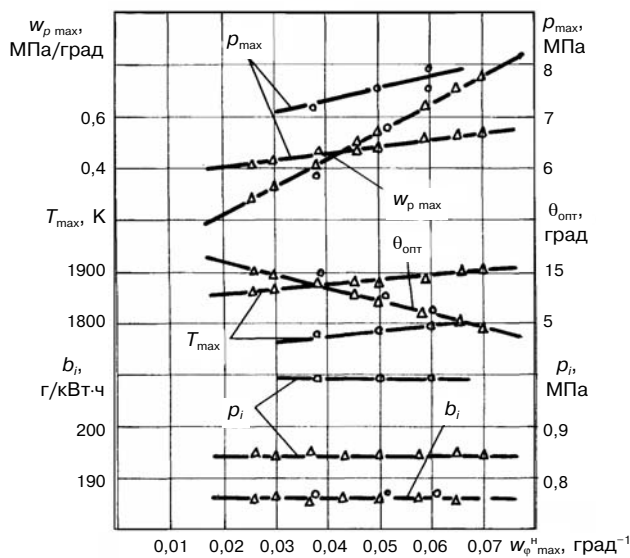


Рис. 3. Влияние интенсивности тепловыделения в начальном периоде процесса горения на показатели рабочего цикла дизеля:

○ — ЧН15/16; △ — ЧН15/20,5

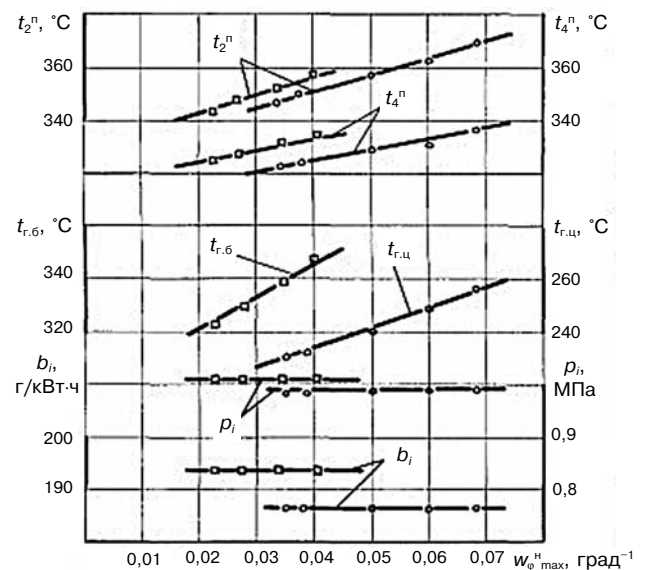


Рис. 4. Влияние интенсивности тепловыделения в начальном периоде процесса горения на температуру деталей дизеля

○ — ЧН15/16; □ — ЧН15/20,5

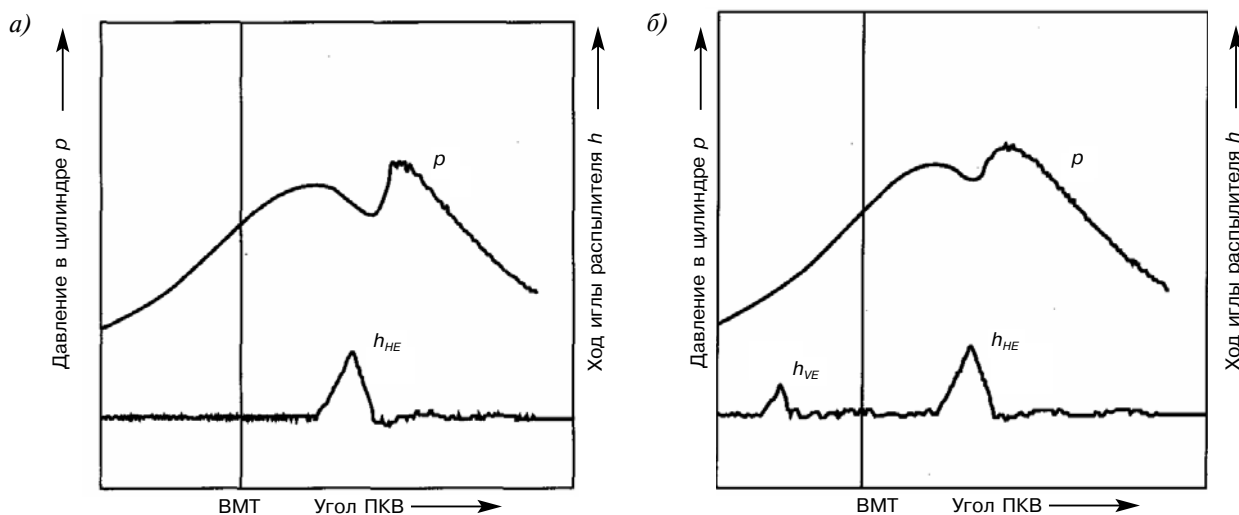


Рис. 5. Индикаторные диаграммы давления газов в цилиндре при различных способах впрыскивания топлива:
a — обычное впрыскивание в традиционных системах; *б* — разделенное впрыскивание в системе common rail;
 h_{VE} — ход иглы при предварительном впрыскивании; h_{HE} — ход иглы при основном впрыскивании;
 p — давление газов в цилиндре

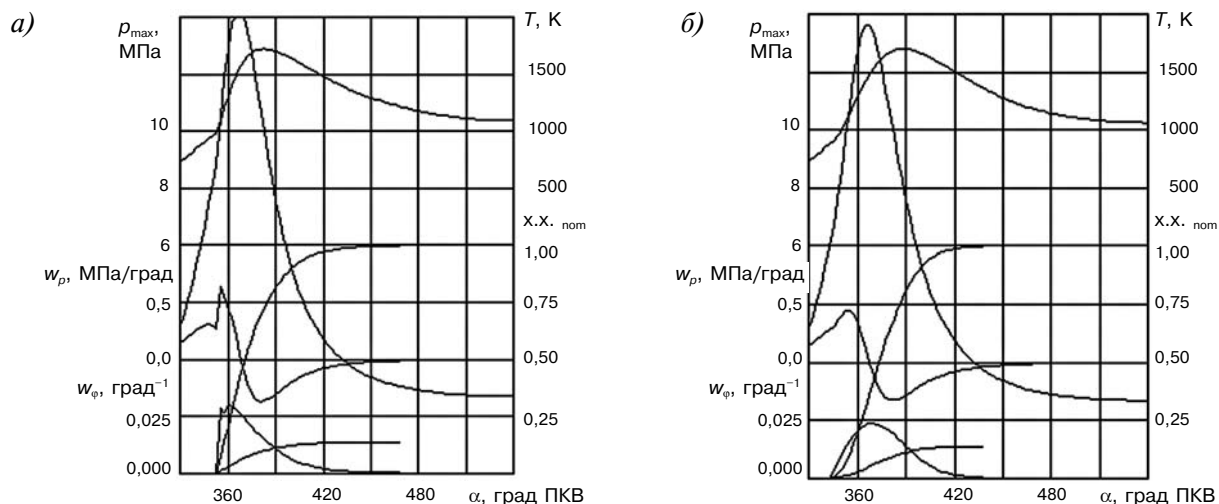


Рис. 6. Индикаторные диаграммы и характеристики выгорания топлива в дизеле ЧН13/15 с обычным (а) и разделенным (б) впрыскиванием

счет раздельного впрыскивания топлива заметно уменьшает температуры межклапанных перемычек в головке блока. В дизеле ЧН15/16 температура головки цилиндра уменьшилась в среднем на 28 °С. Снижение температуры поршней на кромке горловины t_2^n камеры сгорания ЦНИДИ и в области верхнего компрессионного кольца t_4^n в среднем составляет 10–15 °С, что можно объяснить перераспределением тепловых потоков. Температура головок блока $t_{г.б}$ дизеля ЧН15/20,5 также снижается на 25 °С. Следовательно, управление процессом горения топлива в начальном периоде снижает тепловую нагрузку элементов внутрицилиндрового пространства дизеля (рис. 4) при сохранении неизменными показателей эффективности и экономичности. Из полученных результатов

следует, что процесс разделенного впрыска топлива целесообразно использовать при форсировании дизеля.

Наиболее удачно разделенное впрыскивание топлива может быть реализовано в системе common rail, где разделенное впрыскивание топлива является стандартной опцией. По данным работы [2], предварительное впрыскивание осуществлялось за 90 град ПКВ до ВМТ. Предварительно в цилиндр подавалось небольшое количество дизельного топлива (1–4 мм³), которое насыщало парами пространство камеры сгорания. Это повышало эффективность горения и сокращало период задержки воспламенения топлива при основном впрыскивании. Процесс горения сопровождался уменьшением скорости нарастания давления и снижением максимального

**Параметры рабочего цикла дизеля
при обычном и разделенном впрыскивании топлива**

Параметры рабочего цикла дизеля	Обычное впрыскивание	Разделенное впрыскивание
Максимальное давление, МПа	14,4	13,64
Максимальная скорость нарастания давления, МПа/град	0,64	0,44
Угол опережения воспла- менения, град ПКВ	7,50	17,50
Среднее индикаторное давление, МПа	1,68	1,65
Удельный индикаторный расход топлива, г/кВт·ч	178,9	182,2

давления сгорания, обеспечивая так называемое «мягкое сгорание» (рис. 5).

Для оценки эффективности отдельного впрыскивания топлива в серийных дизелях размерности ЧН13/15 было выполнено моделирование рабочего процесса (рис. 6). Результаты моделирования показали, что этого типоразмера двигателя использование разделенного впрыскивания также позволяет снизить максимальное давление цикла p_{\max} на 0,76 МПа (5,3 %) и максимальную скорость нарастания давления $w_{p\max}$

на 0,2 МПа/град ПКВ (32 %). Численные значения результатов моделирования приведены в таблице.

Выводы

Результаты экспериментальных и расчетных исследований свидетельствуют об эффективности разделенного впрыскивания топлива для снижения механической и тепловой нагруженности элементов цилиндропоршневой группы дизелей различных типоразмеров.

Для реализации разделенного впрыскивания целесообразно использовать систему common rail, в которой обеспечивается гибкое регулирование момента и продолжительности предварительного и основного впрыскивания.

Литература

1. Лазарев Е.А. Основные принципы, методы и эффективность средств совершенствования процесса сгорания топлива для повышения технического уровня тракторных дизелей. Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 1995. — 360 с.
2. Изенбург И., Мюнценмей М., Кулл Х. Дизельная аккумуляторная система впрыскивания common rail / Пер. с нем. — Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2003. — 76 с.

ЮБИЛЕЙ!

Борису Ивановичу Богданову 70 лет

3 августа 2008 года исполнилось 70 лет Борису Ивановичу Богданову, генеральному директору ЗАО «Инженерный центр по технологии и материалам», заслуженному машиностроителю РФ, кандидату технических наук, члену редакционной коллегии журнала «Двигателестроение».

После завершения аспирантуры и защиты диссертации в 1970 г. Богданов Б.И. более 25 лет проработал в Центральном научно-исследовательском дизельном институте (ЦНИДИ), пройдя путь от младшего научного сотрудника до заведующего отделом прочности и материалов. В 1995 г. он возглавил «Инженерный центр по технологии и материалам» (ИЦТМ), созданный Минтяжмашем на экспериментально-производственной базе ЦНИДИ. Производственная и научная деятельность Б.И. Богданова связана с улучшением качества материалов для двигателестроения и повышением надежности отечественных дизелей.

Список научных трудов Б.И. Богданова насчитывает более ста публикаций и изобретений.

В настоящее время Борис Иванович возглавляет ЗАО ИЦТМ и продолжает научно-производственную деятельность по совершенствованию материалов для дизельной техники.

Коллектив ЗАО ИЦТМ и редакция журнала «Двигателестроение» поздравляют Бориса Ивановича с юбилеем и желают крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов.

