

В. А. Рожанский, Г. М. Кухаренок

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ В ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЯХ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВАХ

Показатели рабочего цикла дизелей определяются степенью совершенства процесса сгорания, качество которого характеризуется динамикой выделения тепла в цилиндрах двигателя.

Тепловыделение в дизелях в значительной мере зависит от свойств применяемого топлива. Однако до настоящего времени не изучены особенности динамики тепловыделения при сгорании топлив широкого фракционного состава в дизелях. В данной статье приводятся результаты такого исследования при работе на стандартном топливе «Л» и топливах широкого фракционного состава ШФС-1, ШФС-2 и ШФС-3.

Топлива широкого фракционного состава представляют собой смесь светлых нефтепродуктов в отношении, равном их потенциальному содержанию в нефти. Они предложены Всесоюзным научно-исследовательским институтом по переработке нефти и Центральным научно-исследовательским автомобильным и автомоторным институтом с целью расширения ресурсов моторных топлив для дизелей [1].

Свойства испытанных топлив приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физико-химические показатели топлив

Показатели	Топлива			
	ШФС-1	ШФС-2	ШФС-3	«Л» ГОСТ 305-62
Цетановое число	45	46	45	48
Фракционный состав, °С:				
начало кипения	64	57	57	—
10% перегоняются до	103	87	103	—
50% »	215	232	230	266
96% »	358	360	310	360
Вязкость кинематическая при 20 °С, <i>сст</i>	1,70	1,76	1,82	3,22
Плотность при 20 °С, <i>г/см³</i>	0,790	0,787	0,792	0,828

Топливо ШФС-1 представляло собой смесь дизельной фракции нефти (49,5%) с бензином прямой перегонки (29%) и керосином ТС-1 (21,5%). Топливо ШФС-2 — смесь дизельной фракции (63%) с бензином прямой перегонки (37%). Топливо ШФС-3 — смесь гидроочищенного депарафинизированного дизельного топлива (75%) с бензином прямой перегонки (25%).

Экспериментальные исследования проведены на дизелях Минского моторного завода: серийном Д-50 с вихревой камерой сгорания и подготавливаемом к производству Д-240 с камерой сгорания типа ЦНИДИ. Характеристики тепловыделения определялись путем обработки индикаторных диаграмм по методике, приведенной в работе [2]. Индицирование двигателей производилось пьезоэлектрическим индикатором давления.

Исследования, проведенные по характеристикам опережения впрыска, показали, что оптимальные установочные углы впрыска для топлив ШФС на два градуса больше, чем для топлива «Л». Это связано в основном с большим запаздыванием впрыска в результате увеличения сжимаемости топлив по мере облегчения их фракционного состава.

Основные характеристики процесса сгорания для номинального режима двигателя Д-240 даны на рис. 1. Как видно из приведенного графика, скорость сгорания $\frac{dx}{d\varphi}$ топлив ШФС больше, чем

топлива «Л». При этом максимальная относительная скорость сгорания топлива ШФС-1 больше, чем «Л», на 38%, ШФС-2 — на 26% и ШФС-3 — на 39%, что объясняется как большим периодом задержки воспламенения, так и большей испаряемостью этих топлив. Для этого режима работы продолжительность сгорания топлива «Л» составляет 78°, ШФС-1 — 70°, ШФС-2—74° и ШФС-3—72°. Максимальная температура цикла T_{\max} и относительные потери тепла от газов в стенке при работе на топливах ШФС несколько выше, чем на топливе «Л».

Характер изменения показателей двигателей в зависимости от нагрузки для всех топлив одинаков (рис. 2). Скорость сгорания топлив ШФС во всем диапазоне исследованных нагрузок выше, чем топлива «Л». Причем с увеличением нагрузки разница в скорости сгорания испытанных топлив уменьшается. Это — следствие более быстрого уменьшения периода задержки воспламенения (φ на рис. 3) топлив ШФС с повышением нагрузки, которое объясняется увеличением интенсивности испарения легковоспламеняемых тяжелых фракций этих топлив.

При постоянной нагрузке максимальная скорость сгорания $\left(\frac{x}{d\varphi}\right)_{\max}$ растет по мере увеличения количества легких фракций, содержащихся в топливе. Продолжительность сгорания φ_z топлив ШФС на 5—10° меньше, чем топлива «Л». Это обусловлено более равномерным распределением облегченных топлив по объему камеры сгорания.

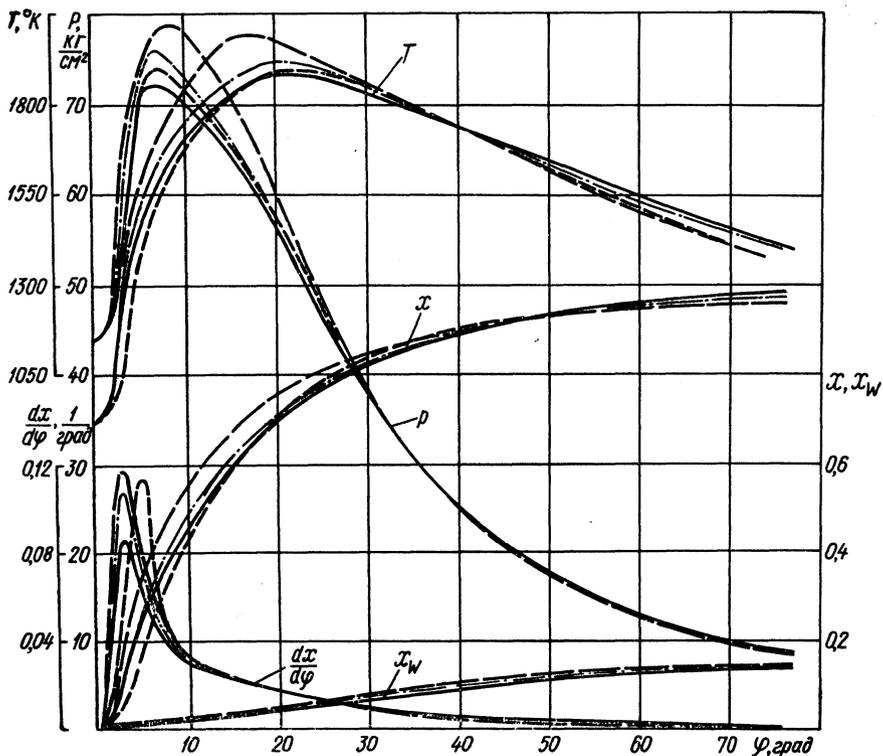


Рис. 1. Основные характеристики процесса сгорания для номинального режима работы двигателя Д-240 ($p_e = 6,3 \text{ кг/см}^2$, $n = 2200 \text{ об/мин}$);
 — топливо „Л“; - - - ШФС = 1; - . . . ШФС = 2; — ШФС = 3

Максимальный коэффициент активного выделения тепла ξ_{\max} на различных режимах работы для всех топлив практически одинаков. Величина индикаторного к. п. д. η_i для топлив ШФС на режимах полных нагрузок несколько выше, что связано с меньшей продолжительностью сгорания их. В соответствии с увеличением индикаторного к. п. д. и большей теплотворностью топлив ШФС удельный расход этих топлив меньше, чем топлива «Л» (рис. 3).

Большая скорость сгорания топлив ШФС по сравнению с топливом «Л» ведет к некоторому повышению максимального давления цикла p_{\max} , росту жесткости сгорания $\frac{dp}{d\varphi}$, снижению температуры отработавших газов t_r и дымности выхлопа К.

Разница в величинах жесткости и максимального давления сгорания различных топлив по мере снижения нагрузки несколько уменьшается (рис. 3). Это объясняется смещением начала сгорания φ_b топлив ШФС за верхнюю мертвую точку (в. м. т.). Полученные при испытаниях двигателя значения жесткости и максимального давления сгорания не превышают величин, допустимых для быстроходных дизелей.

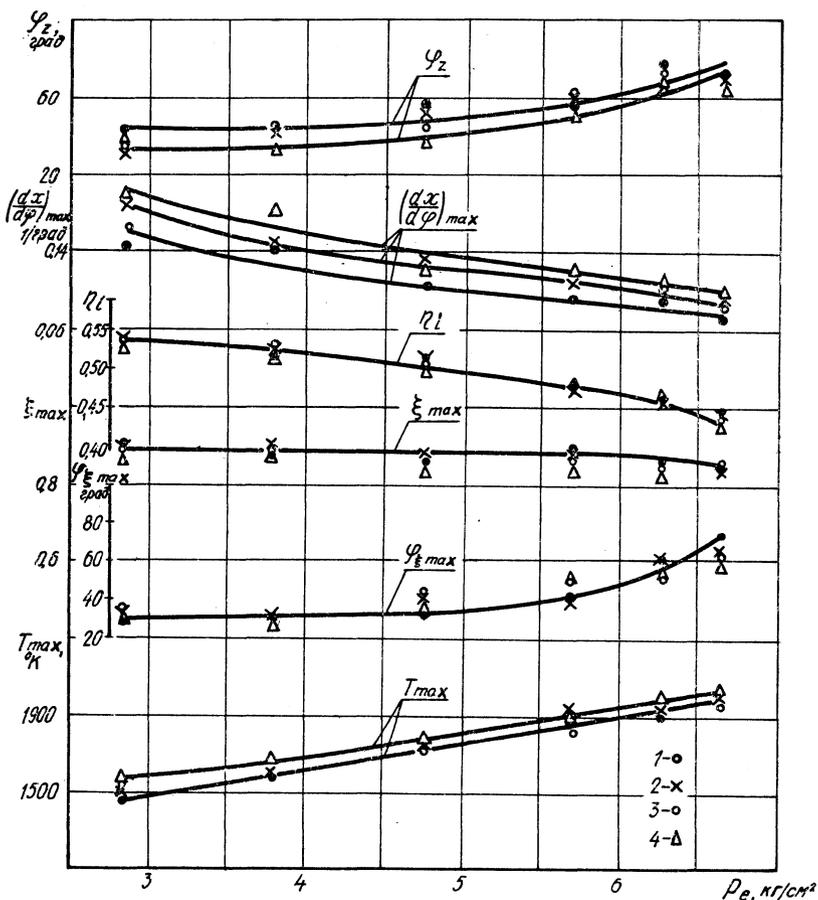


Рис. 2. Зависимость показателей, характеризующих тепловыделение в двигателе Д-240, от нагрузки при $n=2200$ об/мин:

1 — дизельное топливо «Л»; 2 — топливо ШФС-1; 3 — топливо ШФС-2; 4 — топливо ШФС-3

Температура отработавших газов t_g при работе на топливах ШФС для различных нагрузок меньше в среднем на 10—20°C.

Дымность выхлопа K при $p = 1,13$ кг/см² для всех топлив практически одинакова (рис. 4). С увеличением нагрузки при работе двигателя на топливах ШФС она возрастает медленнее, чем на топливе «Л».

При работе по скоростным характеристикам максимальная и средняя скорости сгорания топлив ШФС на всех числах оборотов больше, чем на топливе «Л». Причем разница в скорости сгорания испытанных топлив с уменьшением числа оборотов меняется незначительно. В диапазоне чисел оборотов 1200—2200 об/мин при $p_e = 6,3$ кг/см² продолжительность сгорания топлива ШФС в среднем на 10 градусов меньше, чем топлива «Л». Это свидетельствует о

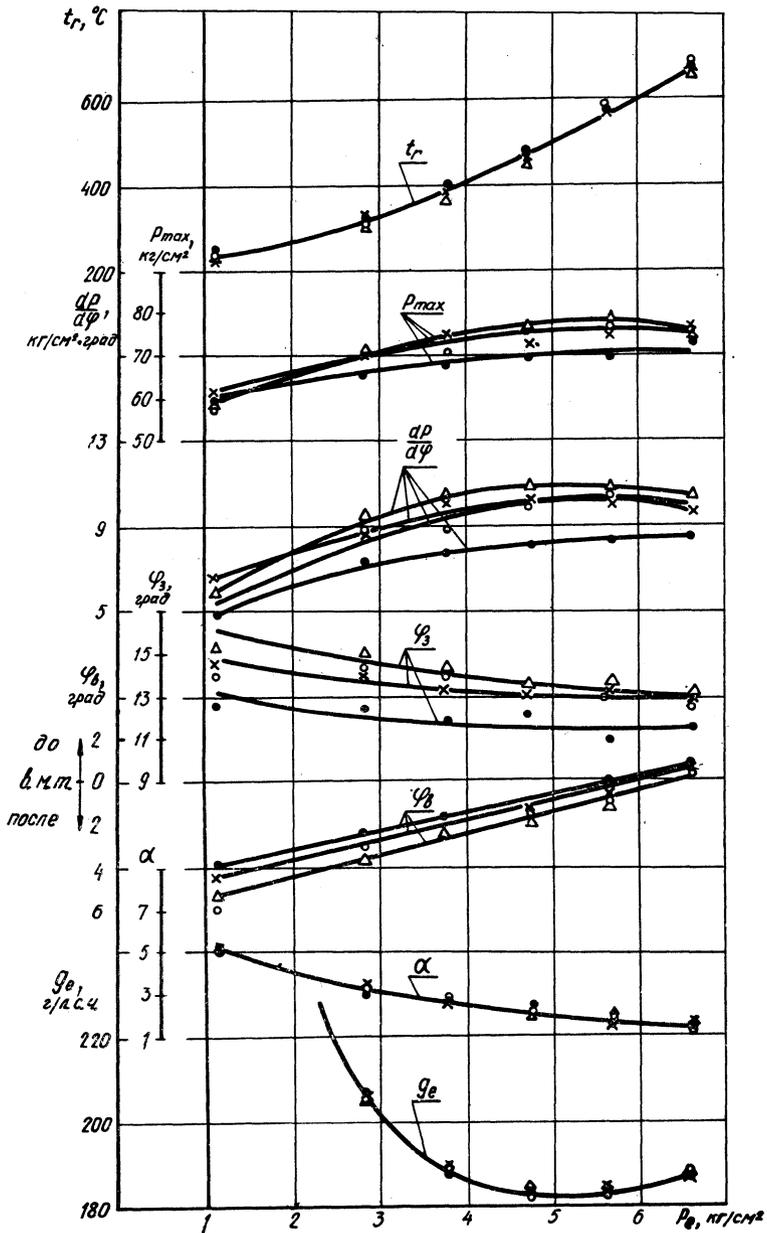


Рис. 3. Зависимость показателей рабочего цикла двигателя Д-240 от нагрузки при $n=2200$ об/мин:
 1 — дизельное топливо «Л»; 2 — топливо ШФС-1; 3 — топливо ШФС-2; 4 — топливо ШФС-3 (усл. обозначения см. на рис. 2)

возможности дальнейшего увеличения числа оборотов двигателей при применении топлив ШФС.

В вихрекамерном двигателе Д-50 с увеличением нагрузки разница в скорости сгорания различных топлив уменьшается интенсивней, чем в двигателе Д-240. Это связано с более заметным уменьшением разницы в величинах периодов задержки воспламенения топлив, что является результатом значительного повышения температуры вихревой вставки.

Для номинального режима работы двигателя Д-50 ($p_e = 5,96 \text{ кг/см}^2$) максимальная скорость сгорания топлив ШФС-1 и ШФС-2 незначительно отличается от скорости сгорания топлива «Л», а скорость сгорания топлива ШФС-3 несколько больше (рис. 5). Отмеченная при испытаниях двигателей большая скорость сгорания топлива ШФС-3 по сравнению с другими топливами объясняется отсутствием в нем нефтяных фракций, выкипающих в пределах температур 310—360°C,

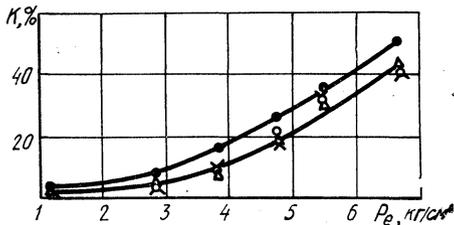


Рис. 4. Зависимость дымности выхлопа двигателя Д-240 от нагрузки (усл. обозначения см. на рис. 2)

что ведет к увеличению периода задержки воспламенения.

Значения максимальной температуры сгорания для всех топлив близки между собой. Продолжительность сгорания топлив ШФС при малых нагрузках на 5—15% меньше, чем топлива «Л». С увеличением нагрузки эта разница уменьшается. Величины ξ_{\max} и η_i для всех топлив практически одинаковы.

Разница в жесткости и максимальном давлении сгорания различных топлив в двигателе Д-50 меньше, чем в двигателе Д-240. Для $p_e = 7,58 \text{ кг/см}^2$ при работе на топливе ШФС-1 увеличение p_{\max} по отношению к топливу «Л» составляет 6 кг/см^2 (10%); ШФС-2 — 5 кг/см^2 (8%); ШФС-3 — 3 кг/см^2 (5%). При этом p_e жесткость увеличивается соответственно на 31, 15 и 20%.

Выводы

1. Скорость сгорания топлив широкого фракционного состава больше, чем топлива «Л».

2. Величины максимального коэффициента активного выделения тепла и индикаторного к. п. д. для всех исследованных топлив на различных режимах работы двигателей близки между собой, а максимальная температура цикла при работе двигателей на топливах ШФС увеличивается не более чем на 7% по сравнению с топливом «Л».

3. Вихрекамерный двигатель Д-50 менее чувствителен к фракционному составу топлива, чем двигатель Д-240 с камерой сгорания типа ЦНИДИ.

4. Увеличение скорости сгорания топлив ШФС по сравнению со скоростью сгорания топлива «Л» ведет к: а) некоторому росту

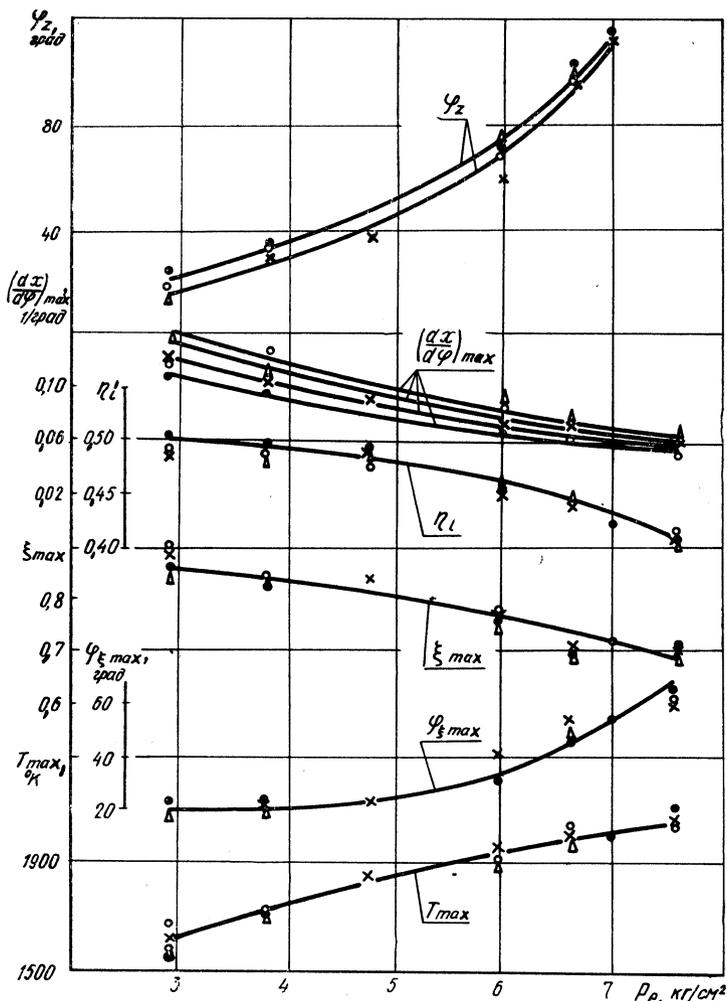


Рис. 5. Зависимость показателей, характеризующих тепловыделение в двигателе Д-50, от нагрузки при $n=1600$ об/мин:

1 — топливо дизельное «Л»; 2 — топливо ШФС-1; 3 — топливо ШФС-2; 4 — топливо ШФС-3 (усл. обозначения см. на рис. 2)

жесткости и максимального давления сгорания; б) незначительному снижению дымности выхлопа и температуры отработавших газов; в) уменьшению удельного расхода топлив ШФС на режимах полных нагрузок на 2—3 г/л.с.ч.

Литература

[1] Вихерт М. М. и др. Перспективы применения топлив широкого фракционного состава в быстроходных дизелях. М., 1967. [2] Рожанский В. А., Кухаренко Г. М., Фрадин В. Е. Обработка индикаторных диаграмм дизельных двигателей при помощи ЭЦВМ. — В сб.: «Автомобиле- и тракторостроение. Исследование автотракторных двигателей». Минск, 1971.