

из воздушного заряда, поступающего в цилиндры.

3. Минимальные пусковые обороты двигателя Д-50 в интервале температур от 0 до -20°C с различными средствами облегчения пуска составляют:

при запуске без средств облегчения — 170—200 об/мин;

с фланцевым подогревателем — 130—160 об/мин;

с двумя свечами СН-150 — 150—160 об/мин;

с электрофакелом — 110 об/мин;

со свечами накаливания, установленными в вихревых камерах — 70—80 об/мин.

Увеличение действительной степени сжатия до 15,6 единицы путем изменения запаздывания закрытия впускного клапана позволяет снизить минимальное число оборотов в среднем на 10—15 об/мин со всеми средствами облегчения пуска, кроме свечей накаливания СНД-100БЗ и электрофакела.

Л и т е р а т у р а

1. Шатров Е.В. Экспериментальное исследование процессов воспламенения и горения распыленных топлив. Канд. дис. М., 1964. 2. Шепин В.Д. Исследование параметров тракторных дизелей на режимах пуска. Канд. дис. Челябинск, 1966. 3. Волчок Л.Я., Прокашко П.В. Экспериментальная установка и методика исследования пуска тракторных двигателей при низких температурах. В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Исследование автотракторных двигателей. Минск, 1971. 4. Волчок Л.Я., Цаюн Н.П. Процесс сжатия воздуха в цилиндре двигателя при пуске. В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Минск, 1974, вып. 6.

Л.Я. Волчок, Г.Я. Якубенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВПРЫСКА ТОПЛИВА В ТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ ПРИ ПУСКЕ

Во время пуска тракторного дизеля в зависимости от его теплового состояния стартер вращает коленчатый вал со средней скоростью 100—200 об/мин. При этом скорость вращения на протяжении каждого оборота крайне неравномерна и эта не-

равномерность тем больше, чем ниже среднее число оборотов. Так, например, в опытах по прокручиванию стартером четырехтактного четырехцилиндрового тракторного дизеля Д-50 [1] записанные диаграммы угловой скорости вращения коленчатого вала позволили установить, что отношение минимального значения скорости вращения к ее среднему значению составляет 0,9 при средней скорости 200 об/мин и соответственно 0,5 при 100 об/мин.

Минимум скорости вращения приходится на конец такта сжатия в очередном цилиндре вследствие возрастания момента сопротивления от газовых сил. В этот же период производится и впрыск топлива в цилиндр. Следовательно, при пуске дизеля действительная скорость вращения коленчатого вала в период впрыска топлива может быть очень малой (до 50 об/мин и ниже).

В этих условиях впрыск и распыливание топлива при пуске будут существенно иными, чем во время работы двигателя, что является одной из причин трудностей пуска холодного дизеля. К сожалению, работа топливной аппаратуры дизеля при малых скоростях вращения сравнительно слабо изучена.

В настоящей статье излагаются некоторые результаты исследования подачи топлива при малых скоростях вращения, соответствующих режиму пуска. Опыты проведены с топливной аппаратурой тракторного дизеля Д-240 на безмоторном стенде по методике [2].

О характере протекания процесса впрыска у насосов золотникового типа в сочетании с бесштифтовыми форсунками можно судить по численным значениям критериев гидродинамического подобия, выведенных Б.И. Сифманом на основании статической теории впрыска [3]. Среди этих критериев доминирующим является следующий:

$$N = \frac{f_{\Pi} c_m}{f_c} \sqrt{\frac{\rho}{p_i}},$$

где f_{Π} , f_c — площади поперечного сечения плунжера и соответственно сопла (для многодырчатого распылителя — суммарная площадь всех отверстий); c_m — характеристическая (средняя на участке нагнетания при номинальной подаче) скорость движения плунжера; p_i — избыточное давление, при котором начинает подниматься форсуночная игла; ρ — плотность топлива.

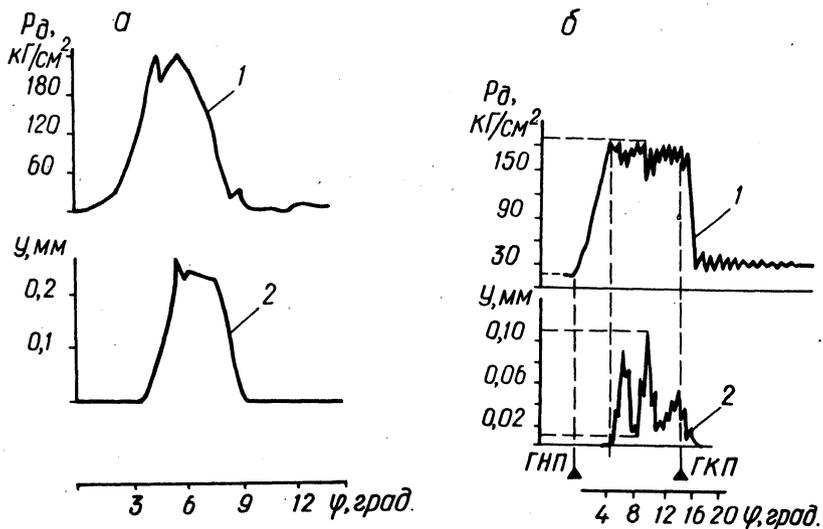


Рис. 1. Осциллограммы процесса впрыска:
 а — 1000 об/мин; б — 100 об/мин кулачкового вала насоса.
 1 — давление в форсунке; 2 — подъем иглы.

Для правильно подобранной топливной аппаратуры значение критерия N на номинальном режиме лежит в пределах 1,5—2,1. В этом случае на протяжении всего впрыска игла находится на упоре, а давление достигает 2—2,5-кратного значения давления статического затяга форсуночной пружины. При значениях $N < 0,8$ подъем иглы и давление топлива в распылителе имеют колебательный характер. Во время пуска из-за низкой скорости вращения кулачкового вала насоса и соответственно малой скорости движения плунжера C_m этот критерий принимает значения существенно ниже этого предела. Так, для дизеля Д-240 при скорости вращения кулачкового вала насоса 50 об/мин он равен 0,1.

Работа топливной аппаратуры в области скоростных режимов, соответствующих столь малым значениям критерия N , не была исследована в упомянутом труде. Однако анализ характера изменения закона подъема иглы и давления топлива в распылителе с уменьшением критерия N позволяет заключить, что по мере снижения числа оборотов кулачкового вала высота подъемов иглы при колебательном движении ее уменьшается, а среднее давление топлива в распылителе приближается к давлению статического затяга пружины форсуночной иглы.

Осциллографирование процесса впрыска подтвердило этот вывод (рис. 1). Анализ осциллограмм позволил выявить следующие особенности процесса впрыска на режиме пуска:

1) движение иглы форсунки имеет колебательный характер. За время впрыска она несколько раз поднимается и опускается почти до полной посадки на седло;

2) высота подъема иглы не достигает максимального (до упора) значения и уменьшается по мере снижения скорости вращения кулачкового вала насоса; она не превышает 0,11 мм при 100 об/мин и уменьшается до 0,04 мм при 50 об/мин (рис. 2);

3) давление топлива перед иглой колеблется относительно уровня, равного давлению начала открытия иглы, с амплитудой около 10—15 кг/см²;

4) остаточное давление не стабильное: от цикла к циклу оно меняется в пределах от 0 до 30 кг/см². За время между очередными впрысками оно снижается на 10—15 кг/см² за счет утечек через неплотности иглы.

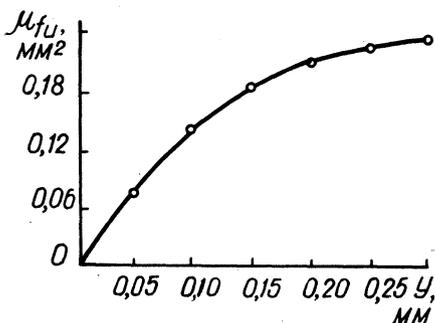


Рис. 2. Зависимость эффективного проходного сечения шели:

конус иглы — седло μf_u от подъема иглы γ .

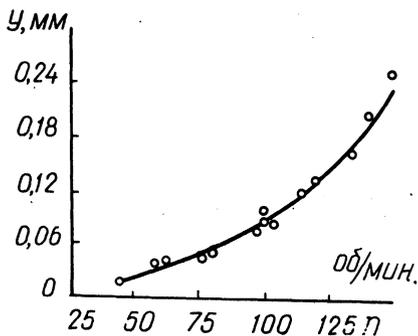


Рис. 3. Максимальная высота подъема иглы в зависимости от скорости вращения вала насоса.

При подъемах иглы, меньших 0,1 мм, эффективное проходное сечение шели под конусом иглы становится меньшим суммарного проходного сечения сопел, которое для исследованных распылителей равно 0,23—0,24 мм² (рис. 3). Вследствие этого происходит значительное дросселирование топлива в шели и давление перед соплом резко снижается [4].

В связи с большими трудностями давление в полости между иглой и соплом в описываемых опытах не измерялось. Для его оценки был произведен расчёт процесса топливopодачи на ЦВМ "Минск-22" по программе, разработанной И.В. Астаховым и Л.Н. Голубковым [4, 5]. Расчет показал, что при давлении открытия иглы, равном 175 кг/см^2 , максимальное давление в полости после иглы перед соплом не превышает $50\text{--}55 \text{ кг/см}$ при 100 об/мин кулачкового вала насоса.

Давление перед соплом достигает максимума в моменты наибольшего подъема иглы и снижается по мере ее опускания. В этих условиях значительная часть топлива вытекает из сопла под действием очень малого давления, что является причиной грубого и неоднородного распыливания топлива при пуске.

Л и т е р а т у р а

1. Волчок Л.Я., Прокашко П.В. Динамика пуска тракторного дизеля. — В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Минск, 1974. 2. Якубенко Г.Я. Экспериментальная установка и методика исследования топливной аппаратуры дизеля на режиме пуска. Там же. Минск, 1974. 3. Ваншейдт В.А. Дизели. Справочное пособие конструктора Л., 1957, с. 292. 4. Астахов И.В. и др. Подача и распыливание топлива в дизелях, М., 1972. 5. Голубков Л.Н. Алгоритм и программа расчета процесса впрыска топлива в дизелях. — В сб.: Автотракторные двигатели. М., 1968.

Л.Я. Волчок, Г.Я. Якубенко

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА В ТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ ПРИ ПУСКЕ

При пуске тракторного дизеля вследствие малой скорости вращения вала двигателя, а следовательно и вала топливного насоса впрыск топлива существенно отличается от впрыска во время работы двигателя: игла многократно поднимается и садится на седло, подъем иглы очень мал, давление перед иглой удерживается на уровне давления открытия ее, а перед