

**В. И. Хотянович**

## **ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ НА ПОДАЧУ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ**

Экспериментальное исследование топливной аппаратуры дизелей чаще всего производится на безмоторных стендах с впрыском топлива в атмосферу. Это обусловлено трудностями большинства измерений при работе топливной аппаратуры непосредственно на двигателе, где впрыск производится в среду сжатого в цилиндре воздуха.

При отнесении результатов исследования топливной аппаратуры, проведенных на безмоторном стенде, непосредственно на двигатель необходимо знать, каково влияние на работу аппаратуры противодействия среды, куда производится впрыск топлива.

Влияние противодействия на подачу топлива в дизелях сравнительно мало изучено, а имеющиеся данные по этому вопросу противоречивы.

В большинстве работ в этой области рассматривалось влияние противодействия на подачу топлива, которая уменьшается с увеличением противодействия.

Исследования, проведенные на Минском тракторном заводе, показали, что производительность топливной аппаратуры дизеля Д-36 при впрыске топлива в среду с противодействием  $p_{\text{ср}} = 40 \text{ кг/см}^2$  на 3—4% меньше производительности при впрыске топлива в атмосферу. Аналогичными экспериментами ЦНИТА установлено, что для топливной аппаратуры дизелей Д-37 и Д-50 снижение производительности при той же величине противодействия составило около 2%. При повышении противодействия среды до  $p_{\text{ср}} = 70 \text{ кг/см}^2$  это уменьшение составило для топливной аппаратуры дизеля Д-37—6%, для дизеля Д-50—3—4%.

Расхождение приведенных результатов, по-видимому, следует объяснить различием как конструкций топливной аппаратуры, так и методик выполнения исследований [1].

Менее изучено влияние противодействия на другие показатели процесса впрыска: закон протекания давления топлива в системе, фазы впрыска, закон подачи топлива, а для многоплунжерных насосов — на степень неравномерности подачи по секциям.

Влияние противодействия можно было бы учитывать, производя расчет процесса впрыска на электронно-вычислительной машине. Однако в настоящее время степень приближения результатов расчета к действительному процессу еще недостаточна. Поэтому задачу приходится решать опытным путем.

Цель настоящей работы — изучение влияния противодействия на следующие параметры топливоподачи: цикловую подачу; фазы впрыска (начало, конец, продолжительность); закон протекания давления впрыска\*.

Первым этапом работы являются опыты, проведенные на безмоторном стенде. Второй этап предусматривает испытание топливной аппаратуры на двигателе.

**Методика проведения работы.** Исследованию подвергалась топливная аппаратура дизеля Д-50, состоящая из топливного насоса УТН-5 и штифтовых форсунок ФШ-6×2×25°.

Испытания проводились на безмоторном стенде СТДА-1 с впрыском топлива в атмосферу и в бомбу с противодействием. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

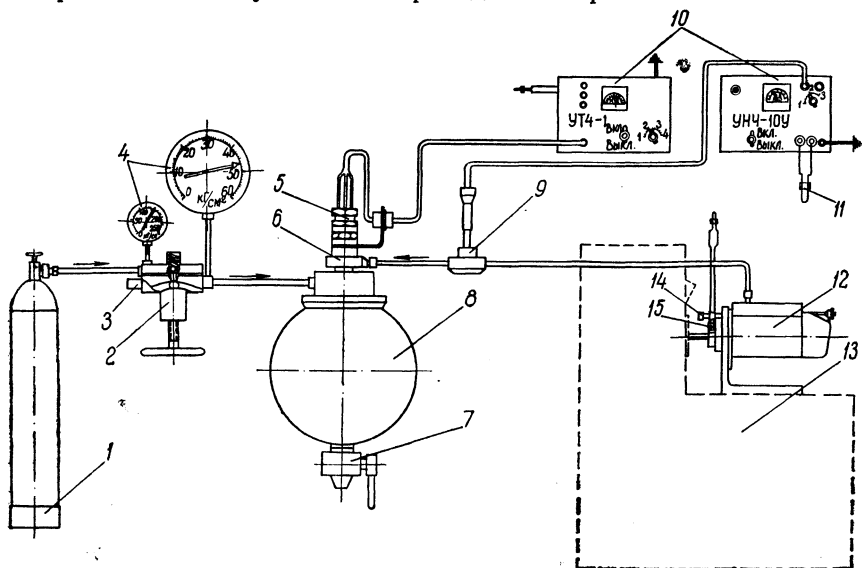


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1 — баллон высокого давления; 2 — редуктор; 3 — предохранительный клапан; 4 — манометры; 5 — датчик подъема иглы; 6 — форсунка; 7 — кран; 8 — бомба; 9 — датчик давления; 10 — усилители; 11 — шлейф; 12 — топливный насос; 13 — стенд СТДА-1; 14 — измеритель хода рейки; 15 — контактное устройство.

\* Вопросы влияния противодействия на качество распыла топлива и параметры топливного факела в этой работе не затрагиваются ввиду того, что они достаточно освещены в соответствующей литературе.

Бомба монтировалась на специальной приставке, установленной на стенде, и заполнялась сжатым азотом из баллона высокого давления. Величина противодействия среды сжатого азота регулировалась с помощью газового редуктора.

Исследования проводились с одним и тем же топливом. Температура топлива в баке стенда контролировалась с помощью ртутного термометра и во время опытов колебалась в пределах 19—21°C.

Расход топлива при испытании определялся на весах.

Диаграмма давления перед форсункой снималась при помощи пьезокварцевого датчика, а диаграмма подъема иглы форсунки—индуктивным датчиком. Запись производилась на шлейфовом осциллографе.

Кроме того, на осциллограмму с помощью контактного устройства наносилась фазовая отметка для привязки диаграмм давления и подъема иглы форсунки к геометрическому началу подачи (моменту перекрытия плунжером впускного отверстия).

*Влияние противодействия на подачу топлива.* Влияние противодействия на производительность топливной аппаратуры оценивалось по изменению цикловой подачи только одной первой секции топливного насоса, так как впрыск топлива в бомбу и измерение его количества можно было осуществить лишь для одной форсунки. Цикловая подача определялась при номинальном числе оборотов (800 об/мин) и трех фиксированных положениях рейки насоса  $L_p$  (9,5 мм; 11 мм; 12,4 мм от положения нулевой подачи), соответствующих минимальной, номинальной и максимальной подачам, и следующих величинах противодействия в бомбе: 0; 18; 36 и 48 кг/см<sup>2</sup>.

По данным опытов построены графики зависимости цикловой подачи от давления среды (рис. 2), из которых видно, что цикловая подача уменьшается линейно с возрастанием давления в бомбе. Для режима минимальной (рейка 9,5 мм) подачи уменьшение цикловой подачи при противодействии 46 кг/см<sup>2</sup> по сравнению с впрыском топлива в атмосферу составило 2%, соответственно для режима номинальной подачи (рейка 11 мм)—1,7%, максимальной (рейка 12,4 мм)—1,5%.

В переводе на часовую производительность насоса это уменьшение составляет для минимальной подачи 0,20 кг/ч, номинальной—0,24 кг/ч и максимальной—0,28 кг/ч.

Уменьшение производительности топливной аппаратуры при впрыске топлива в среду с противодействием в основном связано со снижением средних скоростей впрыска вследствие уменьшения перепада давлений, при котором происходит истечение топлива.

*Влияние противодействия на фазы впрыска и закон протекания давления в форсунке.* Результаты обработки диаграмм давления

и подъема иглы, заснятых при впрыске топлива форсункой первой секции топливного насоса в атмосферу и в бомбу со средней величиной противодавления  $p_{\text{ср}} = 55 \text{ кг/см}^2$  при трех подачах на номинальном числе оборотов (800 об/мин), приведены в табл. 1.

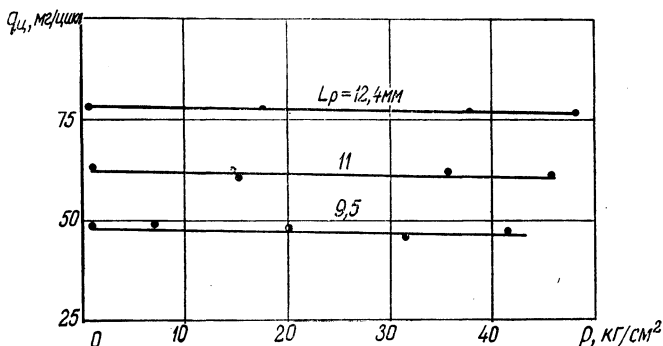


Рис. 2. Зависимость изменения цикловой подачи от противодавления среды.

Величина противодавления была выбрана исходя из предположения, что среднее давление в цилиндре дизеля Д-50 за период впрыска составляет

$$p_{\text{ср}} = \frac{p_{\text{с}} + p_{\text{з}}}{2} = \frac{39 + 71}{2} = 55 \text{ кг/см}^2,$$

где  $p_{\text{с}}$  — давление в цилиндре в конце сжатия;  $p_{\text{з}}$  — максимальное давление цикла.

На рис. 3 представлен график изменения фаз впрыска в зависимости от величины противодавления. Как видно, впрыск топлива в среду с противодавлением начинается раньше впрыска в атмосферу. Так, на режиме максимальной подачи эта разница в углах начала подачи составляет  $0,8^\circ$  угла поворота кулачкового вала насоса (п. к. в. н.). Действительный конец подачи при впрыске топлива в бомбу наступает также раньше.

Продолжительность впрыска в среду с противодавлением меньше, чем продолжительность впрыска в атмосферу (что также влияет на уменьшение производительности топливной аппаратуры). Для максимальной подачи уменьшение продолжительности впрыска составило  $1,5^\circ$  п. к. в. н.

Из табл. 1 следует, что момент начала нарастания давления перед форсункой наступает раньше, а момент конца разгрузки трубопровода высокого давления наступает позже при впрыске топлива в среду с противодавлением. Это приводит к тому, что

Таблица 1

Параметр	Минимальная подача, $L_p = 9,5 \text{ мм}$		Номинальная подача, $L_p = 11,0 \text{ мм}$		Максимальная подача, $L_p = 12,4 \text{ мм}$		Разница параметров с противодавлением и без него		
	$p_{\text{ср}}=0$	$p_{\text{ср}}=55$	$p_{\text{ср}}=0$	$p_{\text{ср}}=55$	$p_p=0$	$p_{\text{ср}}=55$	$L_p=9,5 \text{ мм}$	$L_p=11,0 \text{ мм}$	$L_p=12,4 \text{ мм}$
Угол начала нарастания давления перед форсункой	2,8	2,3	3,5	2,4	4,2	3,0	-0,5	-1,1	-1,2
Угол конца разгрузки трубопровода	17,5	18,0	18,4	19,1	19,3	20,7	+0,5	+0,7	+1,4
Продолжительность протекания давления перед форсункой, град п. к. в. н.	14,7	15,7	14,9	16,7	15,1	17,7	+1,0	+1,8	+2,6
Угол начала подъема иглы форсунки	5,3	4,8	5,8	5,1	6,1	5,3	-0,5	-0,7	-0,8
Угол конца посадки иглы	16,0	14,6	17,3	15,3	19,6	17,3	-1,4	-2,0	-2,3
Продолжительность подъема иглы распылителя, град п. к. в. н.	10,7	9,8	11,5	10,2	13,5	12,0	-0,9	-1,3	-1,5

продолжительность нарастания давления перед форсункой больше при впрыске топлива в среду с противодействием, чем при впрыске в атмосферу. На режиме максимальной подачи увеличение продолжительности нарастания давления перед форсункой составило  $2,6^\circ$  п. к. в. н.

По диаграммам давления и подъема иглы (рис. 4), снятым на режиме максимальной подачи при  $800 \text{ об/мин}$ , видно, что при впрыске топлива в среду с противодействием характер протека-

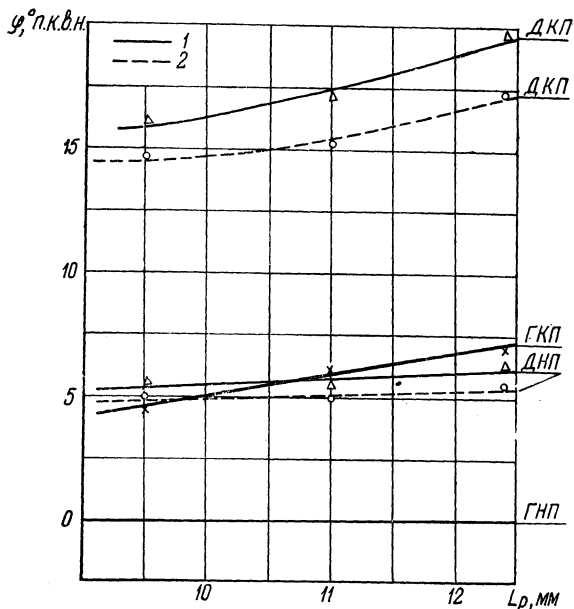


Рис. 3. Зависимость изменения фаз впрыска от противодействия среды

ГНП, ГКП — геометрическое начало и геометрический конец подачи; ДНП, ДКП — действительное начало и действительный конец подачи; 1 —  $p_{ср}$ , 2 —  $p_{ср}$

ния давления\* и особенно подъема иглы существенно отличается от характера протекания давления и подъема иглы при впрыске топлива в атмосферу.

Из диаграмм подъема иглы видно, что при впрыске в атмосферу конец впрыска характеризуется неустойчивой посадкой иглы рас-

\* Использование пьезокварцевого датчика для записи давлений перед форсункой не позволяет регистрировать величины остаточного давления в трубопроводе, знание которого позволило бы лучше уяснить картину влияния противодействия на процесс впрыска.

игольщика (колебания иглы при посадке), в то время как посадка иглы при впрыске топлива в среду с противодавлением происходит более резко без последующих колебаний.

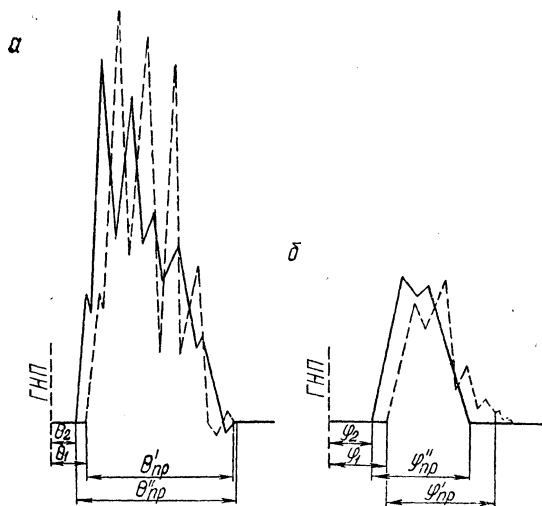


Рис. 4. Диаграммы давления (а) и подъема иглы (б) на режиме максимальной подачи.

### Выводы

1. Производительность топливной аппаратуры уменьшается с увеличением противодавления. При средней величине противодавления  $p_{\text{ср}} = 46 \text{ кг/см}^2$  производительность топливной аппаратуры дизеля Д-50 на режиме максимальной подачи уменьшается на  $0,28 \text{ кг/ч}$ .

2. Противодавление существенно влияет на фазы впрыска топлива. При  $p_{\text{ср}} = 55 \text{ кг/см}^2$  на режиме максимальной подачи:

а) действительное начало подачи топлива наступает на  $0,8^\circ$  п. к. в. н. раньше впрыска в атмосферу;

б) продолжительность впрыска на  $1,5^\circ$  меньше, чем продолжительность впрыска топлива в атмосферу;

в) конец подачи топлива при впрыске в среду с противодавлением заканчивается резкой отсечкой, в то же время конец подачи при впрыске топлива в атмосферу характеризуется неустойчивой посадкой иглы.

### Литература

1. Балакин В. И., Еремеев А. Ф., Семенов Б. Н. Топливная аппаратура быстроходных дизелей. М., 1967.