

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

соплом уменьшается в два -- три раза вследствие дросселирования в щели под запорным конусом иглы.

В опытах Н.М. Кухарева [1] и В.И. Трусова [2] по исследованию тонкости распыливания топлива в различные периоды процесса впрыска установлено, что наиболее грубое распыливание происходит во время подъема и опускания иглы. Это может быть объяснено малыми подъемами иглы и соответственно значительным дросселированием топлива в щели у запорного конуса иглы в эти периоды. Эти опыты проводились на режимах, близких к номинальному, когда игла поднимается и садится однократно. Во время пуска весь процесс впрыска, как отмечалось выше, состоит из подъемов и опусканий иглы. Таким образом, кроме низкого давления топлива перед иглой, неблагоприятное влияние на тонкость распыливания оказывает также дробящая работа форсунки.

В настоящей статье излагаются результаты опытов по определению тонкости распыливания топлива при малых скоростях вращения вала топливного насоса.

Для определения тонкости распыливания применялся метод улавливания капель на закопченную пластинку при впрыске в атмосферу. Как показали исследования У. Ли, И.В. Астахова, Н.М. Кухарева и др., плотность среды, куда производится впрыск, мало влияет на качество распыливания.

Установка, на которой проводились опыты, состояла из безмоторного стенда с широким диапазоном изменения числа оборотов вала насоса [3], механического стробоскопа для отсекания нужной фазы впрыска продолжительностью 1° , устройства для улавливания капель и микрофотографирования их отпечатков и прибора для селективного счета капель по размерным группам.

Слой копоти на пластинку наносился при помощи пламени газовой горелки при сжигании ацетиленом с ограниченной подачей кислорода. Такой способ оказался очень удобным, мало трудоемким, слой получился плотным с хорошими улавливающими свойствами. В процессе нанесения слоя имеется возможность следить за его качеством и равномерностью его толщины. Поверх копоти наносился слой окиси магния путем сжигания порошка магния.

Во время опытов улавливающая пластинка устанавливалась нормально к оси факела на определенном расстоянии от сопла.

¹См. статью тех же авторов в настоящем сборнике.

Расстояние до пластинки зависит от режима работы топливной аппаратуры и в проведенной серии опытов колеблется от 280 до 450 мм. Выбор оптимального расстояния производился после неоднократных пробных впрысков на закопченные пластинки с последующим тщательным изучением полученного поля впрыска под микроскопом при 50-кратном увеличении. За оптимальное принималось такое расстояние, при котором капли с максимальным диаметром не достигали стеклянной основы, а капли с минимальным диаметром проникали в слой копоти, оставляя заметный след.

Затем пластинка с отпечатками капель помещалась на координатный столик и фотографировались характерные точки при 36-кратном увеличении. Выбор характерного места для съемки осуществлялся следующим образом.

Поле отпечатков капель на пластинке концентрическими окружностями с центром на оси факела делится на три равные площади. Из общего центра проводится 12 радиусов-лучей (через 30°). За центры характерных мест принимаются точки пересечения радиусов с каждой из трех окружностей, делящих каждую из вышеуказанных площадей на две равновеликие части. Таким образом, получается 37 характерных мест (включая общий центр окружностей). При съемках ось микроскопа устанавливалась по очереди во всех этих точках. Так как такое графическое построение непосредственно на самой пластинке осуществить невозможно без разрушения ее слоя, то вначале построение производилось на листе бумаги, а нахождение характерных точек на пластинке выполнялось при помощи координатного столика.

Съемки велись на пленку "Микрат-200", имеющую мелкозернистую структуру эмульсионного слоя.

На рис. 1 показаны микрофотографии отпечатков капель на пластинке в характерных местах. Фотографии соответствуют опытам с разными скоростями вращения кулачкового вала насоса и наглядно характеризуют зависимость тонкости и однородности распыливания от скорости вращения.

Затем пленки с микрофотографиями отпечатков капель проецировались на экран с увеличением в 30 раз, что давало общее 1080-кратное увеличение.

Измерение диаметров капель и распределение их по размерным группам производилось с экрана при помощи прибора для селективного счета. На каждой пластинке измерялось от 1000 до 2000 капель. Полученные результаты представлялись

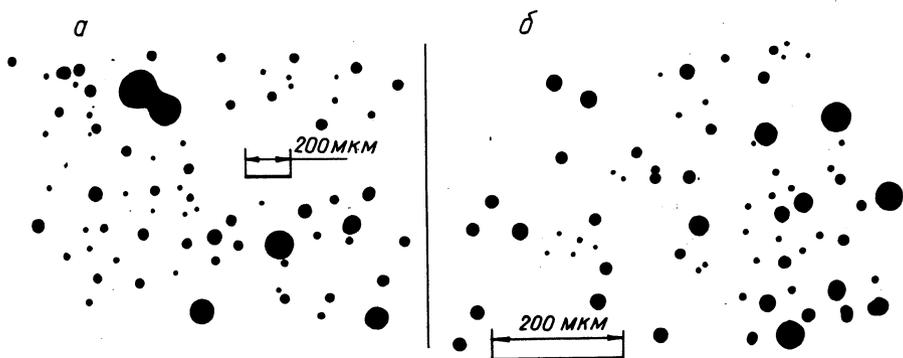


Рис. 1. Микрофотографии отпечатков капель распыленного топлива:

а — 100 об/мин кулачкового вала; б — 1000 об/мин (увеличение разное).

графически в виде диаграмм распределения диаметров капель и путем вычисления средних диаметров. Выявлено, что скорость вращения кулачкового вала топливного насоса существенно влияет на качество распыливания топлива (рис. 2).

Результаты сравнения по средним диаметрам приведены в табл. 1. Средний арифметический d_{10} , средний объемный d_{30} и средний по Заутеру d_{32} диаметры находились по общеизвестным выражениям.

Таблица 1

Скорость вращения кулачкового вала, об/мин	d_{10} мкм	d_{30} мкм	d_{32} мкм	Удельная поверхность капель в струе $F_{2,3}$ см ² /см ³	$\frac{d_{32}}{d_{10}}$	$\frac{d_{30}}{d_{10}}$
50	84,3	140	236	217	2,82	1,67
100	81,9	130	200	224	2,44	1,58
300	37,5	50	65	754	1,73	1,33
1000	24,3	32,4	41,6	1660	1,71	1,33

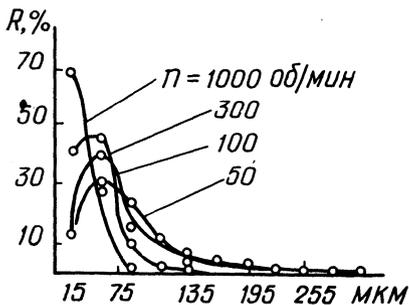


Рис. 2. Влияние скорости вращения кулачкового вала на мелкость распыливания.

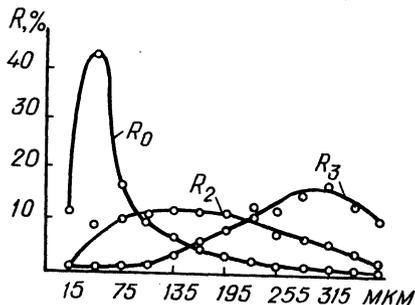


Рис. 3. Дифференциальные кривые распыливания.

Как известно, о тонкости распыливания топлива можно судить не только по осредненным диаметрам (например, $d_{10}, d_{20}, d_{30}, d_{32}$), но и по удельной поверхности распыленного топлива F . Из данных табл. 1 следует, что на номинальном режиме она в 7,5–8 раз выше по сравнению с F на пусковом режиме. Указанная поверхность определялась в предположении, что распределение капель в струе подчиняется уравнению Розина–Рамлера, имеющее для относительной объемной суммарной кривой вид:

$$S_3 = 1 - e^{-\left(\frac{d_{cp}}{a_T}\right)^p}, \quad (1)$$

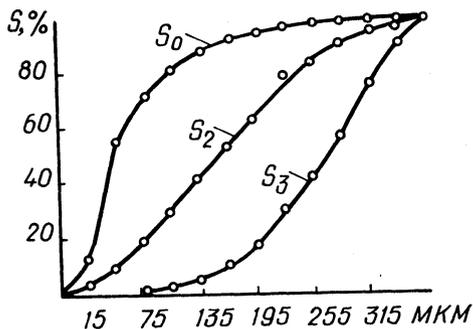
где a_T — условный диаметр капли в микрометрах, численно равный процентному содержанию по объему в распыленном топливе капель, диаметры которых не более a_T ; p — опытный коэффициент распределения капель по размерам; d_{cp} — средний размер капель в группе.

Первоначально для каждого режима испытаний определялись значения S_3 по методике [4]. Затем по кривым распределения графическим путем определены параметры a_T и p . Удельная поверхность распыленного топлива найдена по уравнению А.С. Льшевского

$$F = \frac{6 \cdot 10^4}{a_T} \frac{\Gamma\left(2 - \frac{1}{p}\right)}{1 - \frac{1}{p}} \text{ см}^2/\text{см}^3, \quad (2)$$

Рис. 4. Интегральные кривые распыливания:

S_0 — суммарная количественная; S_2 — суммарная поверхностная; S_3 — суммарная объемная.



где $\Gamma\left(2 - \frac{1}{p}\right)$ — гамма-функция Эйлера; a_T подставляется в мкм.

На рис. 3 приведены дифференциальные, а на рис. 4 интегральные кривые распыливания для режима: $n = 100$ об/мин при $g_{ц} = 120$ мг/цикл и $p = 175$ кГ/см².

Из графиков следует, что капли размером до 100 мкм по суммарному объему составляют не более 3—4% от впрыскиваемой порции топлива. Капли же с диаметром 200 мкм и выше по суммарному объему составляют около 80%.

Таким образом, подтвердилось предположение о грубом распыливании топлива при малых скоростях вращения вала двигателя, соответствующих режиму пуска. В этом, по-видимому, кроется одна из причин, по которой необходима увеличенная цикловая подача топлива при пуске, так как только при этом условии набирается достаточное количество мелких капель топлива, обеспечивающее возникновение устойчивых первых вспышек и горение топлива.

Поэтому один из путей улучшения пусковых качеств дизелей состоит в поисках способов повышения мелкости распыливания топлива при малых скоростях вращения вала.

Л и т е р а т у р а

1. Кухарев Н.М. Исследование распыливания топлива применительно к быстроходным дизелям. — В сб.: Исследование распыливания и горения дизельного топлива. М., 1959, вып. 87.
2. Трусов В.И., Рябкин Л.М. Исследование влияния характеристики впрыска на тонкость распыливания топлива форсункой закрытого типа. — В сб.: Автотракторные двигатели. М.,

1968, З. Якубенко Г.Я. Экспериментальная установка и методика исследования топливной аппаратуры на режиме пуска. — В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Автотракторные двигатели и техническая эксплуатация автомобилей. Минск, 1974, вып. 6. 4. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях. Л., 1971.

В.И. Хатянович

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ТОПЛИВА В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ВО ВРЕМЯ ЕГО РАБОТЫ

Физические характеристики дизельного топлива (плотность, вязкость, сжимаемость и др) существенно влияют на количество подачи топлива за цикл и качество его распыливания [1]. В свою очередь, эти характеристики топлива зависят от его температуры [2], которая во время работы двигателя может меняться в широких пределах [3,4]. Поэтому надлежащим образом отрегулированная топливная аппаратура на безмоторном стенде может неудовлетворительно работать на двигателе вследствие существенного изменения температуры топлива в топливоподающей аппаратуре работающего двигателя. Ввиду этого изучение теплового состояния топлива в системе питания тракторного двигателя приобретает важное значение, так как оно позволит производить регулировку топливоподающей аппаратуры применительно к реальным условиям работы двигателя.

В настоящей статье излагаются результаты исследования влияния различных эксплуатационных условий на температуру топлива: температуры окружающего воздуха, нагрузки, режима охлаждения двигателя и степени его обдувки воздухом.

Температура топлива измерялась в следующих точках: в фильтре тонкой очистки, в головке топливного насоса (у входа и выхода) и в кармане распылителя форсунки. Температура воды в системе охлаждения — на входе и выходе из двигателя; воздуха — перед и после радиатора. Температура топлива и воды измерялась хромель-копелевыми термопарами с применением электронного потенциометра ЭПВ-2; воздуха — ртутными термометрами с ценой деления 1°C .