

Г. Я. Якубенко

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА РЕЖИМЕ ПУСКА

Надежность пуска тракторного дизеля в значительной степени зависит от качества работы топливной аппаратуры в широком скоростном диапазоне [1], при этом регулировка топливной аппаратуры с целью улучшения ее работы в режиме пуска не должна отрицательно сказываться на характеристиках впрыска на остальных режимах.

Работа топливной аппаратуры на режиме пуска двигателя имеет ряд специфических особенностей, что исключает возможность применения при ее испытании обычных безмоторных стендов. В частности, стенды СТДА, выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью, не обеспечивают возможности проведения испытания при малых числах оборотов (50—100 *об/мин*), соответствующих скоростям вращения вала насоса при пуске.

В связи с этим был разработан и изготовлен стенд для испытания топливной аппаратуры, позволяющий осуществлять вращение вала насоса со скоростями, начиная от 20 *об/мин* до 1000 *об/мин*. Стенд оборудован устройствами для измерения единичных цикловых подач, закона подачи, давления в различных точках системы, перемещения иглы форсунки, углового перемещения вала и фаз топливоподачи.

Основная особенность привода стенда заключается в том, что испытываемая топливная аппаратура приводится в действие от регулируемого электромашинного привода постоянного тока с замкнутой системой автоматического поддержания установленной скорости. Кулачковый вал испытываемого топливного насоса получает вращение от приводного электродвигателя через шестеренчатый редуктор, собранный из серийных деталей двигателя Д-50.

Многочисленные исследования показывают, что давление в наполнительно-отсечной магистрали топливного насоса нестабильно. Это вызывается целым рядом причин, в том числе и спецификой работы топливоподающей помпы. Процессы в наполнительной магистрали влияют на закон и фазы впрыска [2]. Поэтому с целью

изучения процессов наполнительной магистрали на режиме пуска стенд снабжен двумя автономными системами питания: от штатной помпы и от шестеренчатого насоса с гидроаккумулятором. Осциллографирование показало, что гидроаккумулятор полностью устраняет колебания давления, вызванные работой подкачивающего насоса.

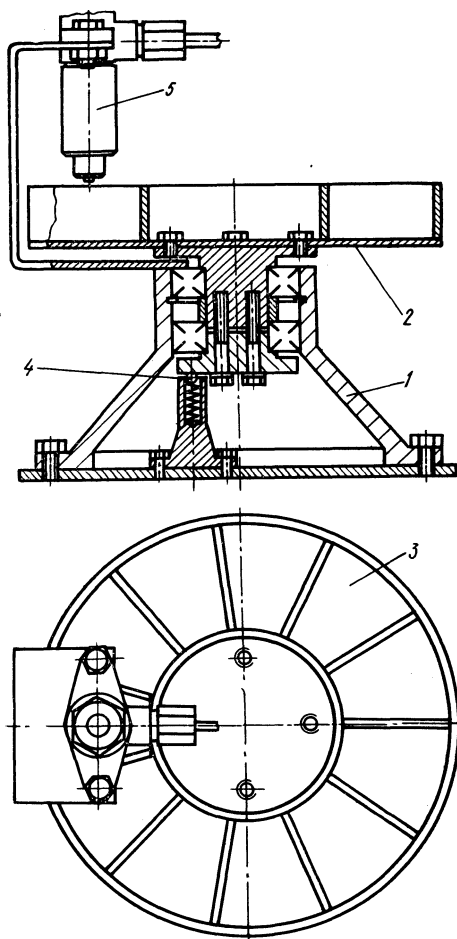


Рис. 1. Устройство для замера величины цикловой подачи:

1 — корпус; 2 — диск; 3 — кассета; 4 — фиксатор; 5 — форсунка

Стенд снабжен установкой (рис. 1), позволяющей измерять цикловую подачу каждого из десяти последовательных впрысков на пусковом режиме. Работа этой установки основана на применении диска, вращающегося в горизонтальной плоскости с приводом от кулачкового вала топливного насоса. По окружности диска размещены 11 ячеек в форме съемных кассет. В каждую кассету перед началом опыта укладывается заранее взвешенный на аналитических весах ватный тампон. Распылитель форсунки устанавливается в непосредственной близости от тампона. При работе установки всprysкиваемое топливо улавливается ватой. По окончании опыта тампон из каждой ячейки с уловленной дозой топлива взвешивается и по разности весов до и после опыта определяется цикловая подача.

**Измерение давления в нагнетательном трубопроводе.** Из существующих типов датчиков высокого давления наиболее подходящим оказался датчик с чувствительным элементом в виде упругой мембраны с наклеенным на нее тензопреобразователем [3]. Схема датчика представлена на рис. 2. Мембрана датчика съемная, выполнена

из листовой стали 65Г. Съемная мембрана позволяет более качественно провести операции по ее изготовлению, термообработке, а также по наклейке преобразователя.

Для надежного уплотнения рабочей полости датчика плоскость мембраны, обращенная к топливу, перед сборкой покрывается слоем олова толщиной до 0,1 мм.

В качестве тензопреобразователя служили фольговые тензодатчики с базой 1 мм и номинальным сопротивлением 50 ом. Рабочий датчик, составляя одно из плеч полумоста, наклеивался в центре мембраны с внешней стороны. Вторым плечом служил датчик, наклеенный в непосредственной близости от первого на поверхности поджимной гайки, не деформирующейся при работе датчика.

Запись угловых перемещений вала насоса производилась с помощью реохордного датчика [4], включенного по схеме мостика постоянного тока, в котором сопротивление плеч изменяется пропорционально перемещению. Датчиком, преобразующим механическое перемещение вала в электрическую величину, является проволочное сопротивление, по которому перемещается контакт.

Для измерения перемещений иглы применен датчик с индуктивным преобразователем. Параметры индуктивного преобразователя следующие: каждая из двух дифференциально соединенных катушек намотана проводом марки ПЭЛ диаметром 0,1 мм. В каждой секции 120 витков. Для надежной балансировки датчика сопротивления плеч полумоста должны быть равны. Такое равенство достигалось удалением части витков одной из катушек. Амплитудно-частотная характеристика изготовленного датчика показала, что наибольшая чувствительность его достигается при питании током с частотой около 10 кГц. Поэтому для регистрации перемещений иглы использовался усилитель УТ4-1 с несущей частотой 12 кГц.

При исследовании фаз впрыска на осциллограмму наносились отметки, соответствующие геометрическому началу и концу впрыска.

Действительные начало и конец впрыска определялись с помощью осциллограммы по моменту начала подъема и посадки иглы. Устройство для нанесения фазовых отметок представляет собой диск из изоляционного материала с контактными пластинами. По диску во время вращения скользят щетки. В цепь щеток включен источник питания и шлейф осциллографа.

С целью изучения влияния величины цикловой подачи на закон впрыска применено устройство, позволяющее измерять перемещение рейки с точностью до 0,01 мм. В каждом положении рейки измеряется активный ход плунжера и соответствующий ему угол поворота вала насоса. Геометрические начало и конец подачи определяются путем продувания сжатого воздуха через наполнительную полость головки насоса при снятом нагнетательном клапане.

Перед началом осциллографирования процесса впрыска была снята серия характеристик насоса в зависимости от положения рейки через каждый миллиметр ее хода. На рис. 3 представлена зависимость величины цикловой подачи от скоростного режима работы насоса для двух способов управления рейкой: а) рейка закреплена в положении, соответствующем максимальному значению активного хода плунжера (3,4 мм); б) рейка управляется регуля-

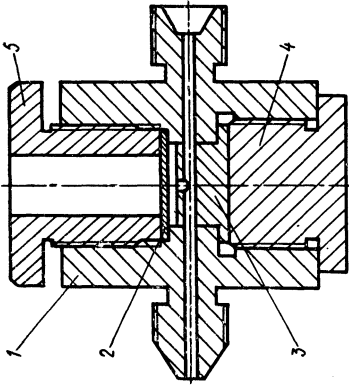


Рис. 2. Датчик для измерения давления в нагнетательном трубопроводе:

1 — корпус; 2 — мембрана; 3 — вытеснитель; 4 — пробка поджимная; 5 — втулка поджимная

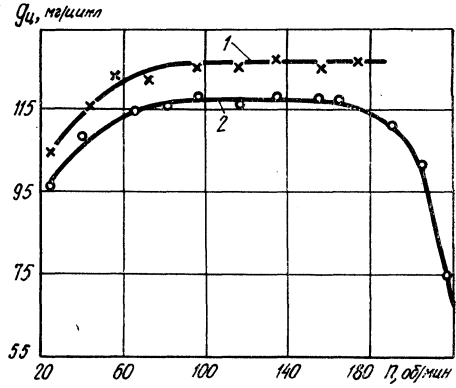


Рис. 3. Зависимость величины цикловой подачи от скорости вращения вала насоса ( $p=150 \text{ кг/см}^2$ ):

1 — активный ход плунжера,  $h_{\text{акт}}=3,4 \text{ мм}$ , (рейка закреплена); 2 — рычаг управления повернут до упора в болт максимальных оборотов

тором, когда рычаг управления повернут до упора в болт максимальных оборотов.

Закон подачи для единичного впрыска определялся по методу ЦНИТА [5]. Датчик закона подачи позволял определять давление топлива, впрыскиваемого форсункой, в приемной камере. Сечение жиклера, через которое топливо вытекало из приемной камеры в атмосферу, было подобрано так, чтобы давление в камере во время впрыска в нее топлива не превышало  $50 \text{ кг/см}^2$ . Давление топлива

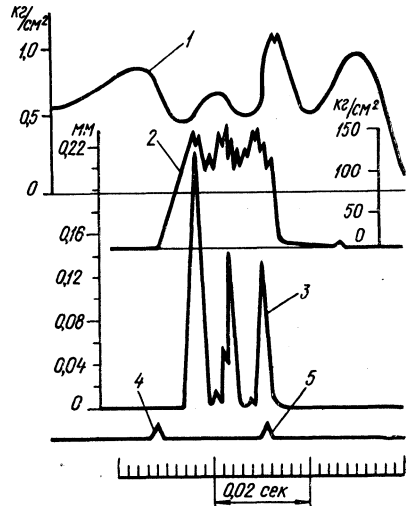


Рис. 4. Образец осциллограммы:

$n=100 \text{ об/мин}$  вала насоса;  $p=150 \text{ кг/см}^2$ ; 1 — давление на входе в головку насоса; 2 — давление в нагнетательном трубопроводе у форсунки; 3 — подъем иглы; 4 — геометрическое начало подачи (ГНП); 5 — геометрический конец подачи (ГКП)

в камере измерялось с помощью проволочного преобразователя, наклеенного на упругую мембрану.

Для регистрации показаний всех датчиков, установленных на стенде, применялся светолучевой осциллограф Н-105, тензометрические станции УТС-1-ВТ 12/35 и УТ-4.

Установка была подвергнута испытаниям со смонтированным на ней комплектом топливной аппаратуры тракторного дизеля Д-50, которые показали следующее:

1) стенд позволяет проводить испытания топливной аппаратуры в диапазоне 20—1000 *об/мин* кулачкового вала топливного насоса. При малых скоростях вращения (до 70 *об/мин*) на полной подаче имеет место сравнительно небольшая неравномерность вращения;

2) стенд устойчиво поддерживает заданный скоростной режим. В течение 5 *мин* работы стенда колебание установленной скорости вращения не превышает  $\pm 5$  *об/мин*;

3) стенд позволяет плавно изменять скорость вращения кулачкового вала топливного насоса во всем скоростном диапазоне.

Тарировки всех датчиков, выполненные до начала и по окончании опытов, показали стабильность характеристик датчиков.

На рис. 4 приведен образец осциллограммы работы топливной аппаратуры дизеля Д-50 на режиме пуска.

#### Л и т е р а т у р а

[1] Назаров В. А., Сметнев Н. И. Пусковые процессы семейства перспективных дизелей. М., 1967. [2] Лышевский А. С., Якушев В. П. К влиянию наполнения насоса на давление топлива у форсунки. — Труды Новочеркас. политехн. ин-та. Т. 188. Новочеркасск, 1969. [3] Волчок Л. Я. Методы измерений в двигателях внутреннего сгорания. М., 1955. [4] Раевский Н. П. Методы экспериментального исследования механических параметров машин. М., 1952. [5] Файнлейб Б. Н., Голубков И. Г., Клочев Л. Н. Методы испытаний и исследований топливной аппаратуры автотракторных дизелей. М., 1965.