

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Л.Н. Попов, к.т.н.

С начала 1990-х годов топливная аппаратура дизельных двигателей получила интенсивное развитие за рубежом. Ведущие фирмы «Bosch» и «Lucas» начали производство и постановку на легковые и грузовые машины топливной аппаратуры с быстродействующими электромагнитами и электронными системами управления. В то же время сохраняется актуальность совершенствования топливной аппаратуры традиционного исполнения в связи с ее широким использованием на дизелях отечественного производства.

В статье приведены результаты исследовательской работы, выполненной ЦНИТА более 40 лет назад, по поиску и разработке устройства с дозирующим клапаном, обеспечивающим высокую точность топливоподдачи, при давлении 200 МПа и длительный моторесурс. Представлены конструкции и схемы различных типов топливных насосов, производство которых позволит вывести отечественную топливную аппаратуру на уровень, обеспечивающий успешную конкуренцию с зарубежной топливной аппаратурой.

Сейчас, когда начинается возрождение отечественной промышленности, следует уделить самое пристальное внимание двигателестроению в целом и особенно развитию топливной аппаратуры (ТА) для двигателей различного назначения. Начиная с 1990 г. ведущие фирмы в области проектирования и создания ТА такие как «Bosch», «Lucas» и др. начали серийно выпускать топливные насосы высокого давления (ТНВД), насос-форсунки и ТА нового поколения, отличающуюся принципиально новыми способами дозирования топлива. Появились дозирующие клапаны, насосы с гидравлическим и электромагнитным приводом и электронными системами управления подачей топлива в двигатель.

Несколько позже появились аккумуляторные системы впрыска топлива с электронным управлением (Common Rail), по принципу действия аналогичные системам непосредственного впрыска топлива в бензиновых двигателях.

Применение новых агрегатов и систем в сочетании с электронным управлением подачей топлива позволило оптимизировать работу двигателя в зависимости от внешних и внутренних факторов, повысить точность дозирования топлива, уменьшить его расход и сократить выбросы

вредных веществ с отработавшими газами до уровня, соответствующего требованиям европейских стандартов Евро-3 и Евро-4.

В последние годы ускорился процесс объединения и слияния ведущих зарубежных фирм, производящих ТА. Так, фирма «Bosch» взяла под свой контроль ведущую английскую фирму «Lucas», в результате чего имеет возможность монополизировать рынок ТА через сеть своих филиалов.

В то же время ТА традиционного исполнения занимает значительную долю рынка двигателестроения и вопросы ее дальнейшего совершенствования по прежнему актуальны. Некоторые разработки ЦНИТА, выполненные более 40 лет назад, могли бы сегодня значительно улучшить качество серийной топливной аппаратуры традиционного исполнения. Так, было установлено, что наиболее точное дозирование топлива обеспечивают устройства, содержащие плунжер или поршень с точным перемещением. Объектом для исследований был выбран стандартный дозатор-распределитель фирмы «Lucas». В центральное отверстие золотника дозатора был помещен поршень, перемещающийся между неподвижным и подвижным регулируемым упорами. Результаты исследований показали, что цикловая подача этого золотника изменяется по линейному закону в зависимости от частоты вращения. Коэффициент неравномерности цикловых подач по секциям ТНВД не превышает 2,5 % на всех скоростных и нагрузочных режимах в диапазоне подач от 5 до 80 мм³ и частоты вращения золотника от 200 до 2000 об/мин.

Однако дозатор-распределитель фирмы «Lucas» работал от аккумулятора топлива, что ограничивало возможности его применения. Поиск приемлемого дозатора был продолжен и вскоре было найдено оригинальное решение, конструктивная схема которого представлена на рис. 1. Плунжерная пара содержит втулку 1 с плунжером 2. В центральное отверстие плунжера помещен клапан 3, поджатый пружиной 4, основание которого опирается на рейку 5 с наклонной поверхностью, пропущенную через пазы во втулке и плунжере.

Работает устройство следующим образом. При движении плунжера 2 к НМТ совместно с ними перемещается клапан 3. Давление топлива в полости над плунжером понижается, и как только становится ниже давления подкачки в

полости рейки 5 и поджимающего усилия пружины 4, клапан 3 поднимается и топливо по пазам в клапане поступает в надплунжерный объем. При дальнейшем движении плунжера основание клапана соприкасается с наклонной поверхностью рейки 5, и он останавливается. Зазор между коническими поверхностями плунжера и клапана увеличивается, топливо продолжает поступать в надплунжерный объем. В НМТ плунжер на мгновение останавливается. Во время движения плунжера к ВМТ первоначально клапан 3 ос-

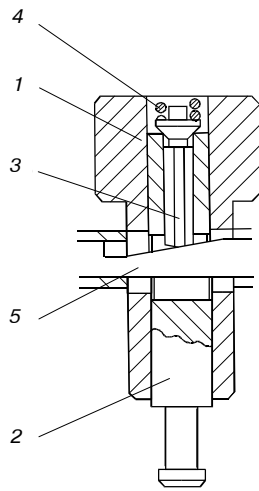


Рис. 1. Плунжерная пара с клапанным дозированием топлива:

1 — втулка плунжера; 2 — плунжер; 3 — дозирующий клапан; 4 — пружина; 5 — регулирующая рейка

тается неподвижным, топливо может поступать в надплунжерный объем, если он не заполнен, или вытекать обратно. Когда плунжер коснется клапана 3, надплунжерный объем запирается, давление топлива в нем возрастает, преодолевает сопротивление нагнетательного клапана (на рисунке не показан) и начинает поступать к форсунке. Далее процесс работы устройства повторяется.

Для увеличения подачи топлива рейка 5 перемещается вправо, при этом плунжер раньше встречается с клапаном. Для уменьшения подачи топлива рейка перемещается влево. Отключение подачи топлива происходит тогда, когда клапан 3 поднимается рейкой настолько, что при положении плунжера в ВМТ он не соприкасается с клапаном и топливо вытекает из надплунжерного объема.

Результаты исследований работы 4-секционного ТНВД с клапанным дозированием топлива подтвердили высокую точность дозирования, линейность характеристик топливоподачи на всех скоростных и нагрузочных режимах и совпадение с показателями работы дозатора-распределителя фирмы «Lucas». Совпадение показателей топливоподачи 4-секционного ТНВД с клапанным дозированием и дозатора-распределителя обусловлено тем, что клапан 3 мгновенно перекрывает центральный канал в плунжере 2 по сравнительно большому сечению без дросселирования топлива, что эквивалентно началу движения поршня. Окончание подачи топлива происходит при остановке плунжера в ВМТ. Следует отметить, что при данном способе дозирования объем топлива, поступающего в

надплунжерный объем, определяется углом поворота кулачного вала за вычетом продолжительности впрыска. Это обеспечивает максимально возможное время для наполнения топливом надплунжерного объема и увеличения начальной окружности кулачка при формировании его профиля в целях повышения скорости плунжера и давления впрыска топлива. Применение дозирующего клапана обеспечивает стабильность регулировочных характеристик и низкую чувствительность к изменению гидравлического сопротивления нагнетательного тракта. Существенно повышается технологичность конструкции ТНВД. Для регулировки равномерности цикловых подач по секциям насоса нет необходимости устанавливать его на специальный стенд. Эта регулировка выполняется при сборке насоса с помощью индикатора по величине подъема клапана 3.

Расчет стоимости изготовления деталей насосной секции в беспрецизионном¹ исполнении опытного насоса МТН показывает, что она в три раза меньше, по сравнению со стоимостью изготовления серийного насоса УТН-5.

Результат ускоренных износных испытаний опытного МТН и серийного 4ТН8,5×10 насосов на гидродинамическом стенде с абразивом по 32-часовой программе показали, что снижение производительности секций насоса МТН происходит медленнее в среднем в 4 раза, чем у насоса 4ТН8,5×10. Разница в падении производительности насосов проявляется в большей степени на пониженных оборотах (рис. 2). Следует также отметить, что дозирование топлива началом подачи с постоянным концом подачи существенно облегчает регулирование угла опережения впрыска, а в ряде случаев исключает его необходимость. По существу предложенный в начале 1960-х годов способ дозирования топлива с помощью клапана точного перемещения мог обеспечить возможность перехода на новый уровень развития ТА дизельных двигателей, однако это техническое решение, несмотря на свою прогрессивность, не было реализовано.

Ногинский завод топливной аппаратуры проявил большой интерес к насосу с клапанным дозированием и выпустил опытную партию (25 шт.) насосов МТН с беспрецизионным уплотнением плунжера и гидродинамической защитой. Эти насосы прошли на Владимирском тракторном заводе все виды испытаний, предусмотренные ГОСТом, в том числе ресурсные испытания на полигоне и пусковые испытания в холодильной камере. Все виды испытаний насосы

¹ Вместо прецизионного уплотнения установлена армированная манжета с гидродинамической защитой.

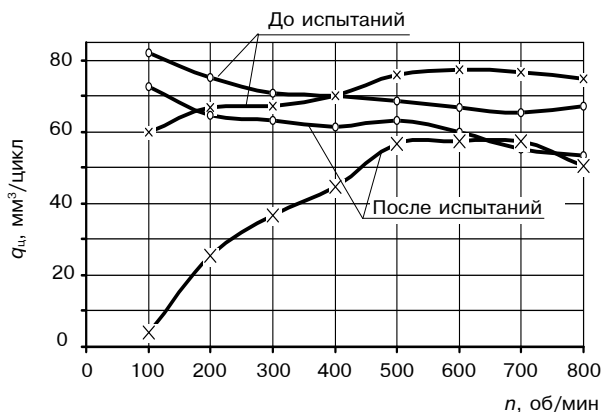


Рис. 2. Изменение производительности опытного и серийного насосов в течение 32-х часов ускоренных износных испытаний:

- опытный насос МТН
- ×—×— серийный насос 4ТН8,5×10

прошли успешно и замечаний по конструкции и результатам испытаний не было.

Харьковский завод ФЭД на базе насоса МТН в конце 80-х годов разработал систему впрыска бензина для двигателя ГАЗ-21 автомобиля «Волга», (рис. 3). Эта система также успешно прошла моторные и дорожные испытания. Недостатком системы впрыска бензина ФЭД было отсутствие электронной системы управления, без которой отечественные автомобильные заводы не могли внедрить систему впрыска бензина в связи с повышенными выбросами вредных веществ с отработавшими газами.

Если в 60-х годах разрабатывались и изготавливались опытные образцы рядных насосов с клапанным дозированием топлива, то к настоящему времени разработаны конструктивные схемы насос-форсунок с отсечкой топлива в конце подачи, которые могут обеспечить давление впрыска топлива 200 МПа и более. Разработаны также конструктивные схемы распределительных насосов типа VE R Bosch и НД-ЦНИТА (рис. 4)

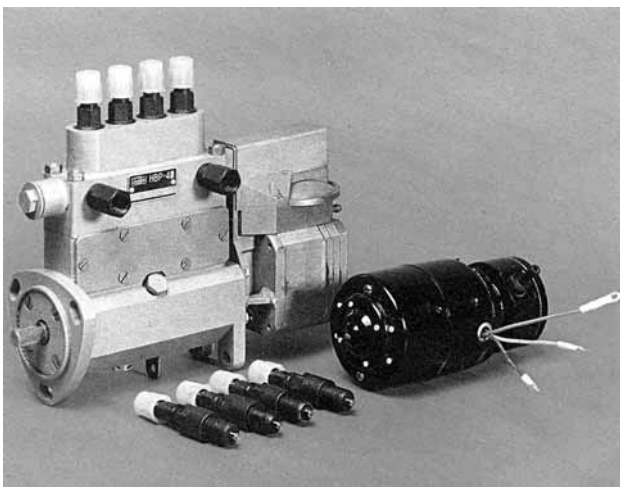


Рис. 3. Система впрыска бензина ФЭД для двигателя ГАЗ-21 автомобиля Волга

с клапанным дозированием топлива в начале подачи и отсечкой в конце подачи. Такие насосы могут работать с механическим и электронным регуляторами. Они более технологичны и надежны в работе, обеспечивают высокую точность и стабильность топливоподачи, что является основой создания малотоксичных двигателей.

Отечественные фирмы задержались с обновлением ТА как минимум на два десятилетия, но это не означает, что необходимо повторять историю разработок, выполненных фирмой «Bosch». В результате развития конструкции ТА фирма «Bosch» полностью отказалась от применения золотниковых плунжерных пар и это полностью оправдано. Не следует спешить с применением конструкций с электромагнитным приводом. Эти конструкции пока довольно дороги и имеют ограниченный ресурс применительно к грузовым автомобилям вследствие быстрого износа иглы электромагнитного клапана. Прежде всего, исходя из опыта отечественных разработок, целесообразно заменить золотниковую плунжерную пару на пару с клапанным дозированием. Это конструктивно и технологически проще, а следовательно, дешевле. При этом будет обеспечена высокая точность и стабильность топливоподачи в течение длительного срока эксплуатации, а также оставляет возможность выбора как механического, так и электронного регулятора для управления цикловой подачей топлива. Кроме того, конструкция ТА с клапанным дозированием дает возможность ее применения на насос-форсунках,

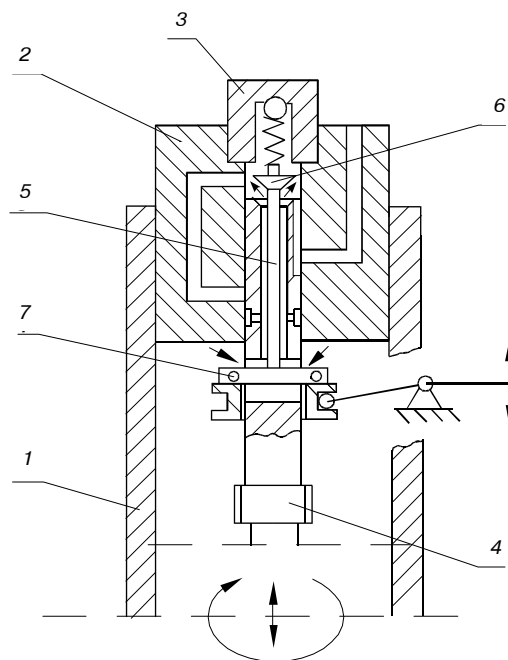


Рис. 4. Конструктивная схема распределительного насоса типа НД-ЦНИТА:

1 — корпус насоса; 2 — головка насоса; 3 — заглушка; 4 — плунжер; 5 — шток клапана; 6 — дозирующий клапан; 7 — регулирующая рейка

индивидуальных и распределительных насосах без использования схем с электромагнитами.

Таким образом разработанная более 40 лет назад конструкция ТА с клапанным дозированием топлива и сегодня остается актуальной для использования на современных двигателях, поскольку обеспечивает высокую точность дози-

ровки топлива при давлении впрыска до 200 МПа. Надежность ТНВД с клапанным дозированием подтверждена многолетними испытаниями, выполненными в полном объеме с положительным результатом, что по-прежнему оставляет возможность отечественным производителям ТА на выпуск новых моделей ТНВД.

КОНФЕРЕНЦИИ. СЕМИНАРЫ. ВЫСТАВКИ

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАСЕЛ, СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ»



Академик РАН В.С. Шпак открывает конференцию

С 5 по 8 июня 2007 г. в Санкт-Петербурге проходила II международная научно-практическая конференция «Теория и практика повышения качества и рационального использования масел, смазочных материалов и технических жидкостей».

В работе конференции приняли участие 57 организаций и объединений из 6 стран, в том числе 11 научных учреждений, 5 вузов, 19 нефтеперерабатывающих и выпускающие присадки фирм, 9 эксплуатирующих организаций, 10 бункер-баз и нефтетрейдеров.

На конференции было заслушано более 50 докладов специалистов, посвященных химмотологии масел, смазок и технических жидкостей.

На открытии конференции с приветственным словом выступили академики РАН В.С. Шпак (Председатель Научного Совета по горению и взрыву РАН (Северо-западное отделение)) и Г.Ф. Терещенко (Заместитель Председателя Санкт-Петербургского Научного Центра РАН)

С докладами о направлениях развития производства современных масел и прииск ним выступили: В.М. Школьников (ВНИИ НП), А.Б. Федоров (Lubrizol), Б.М. Бунаков (ААИ), А.Н. Первушин (НАМИ-ХИМ), Ж.Ю. Гусакова (АНХК), Ф.И. Либин (Arizona Chemical), Ф. Навотни-Фаркаш (OMV), П.П. Дудко (Нанотек), Л.П. Зайченко (СПГТИ).

Вопросам утилизации и переработки смазочных материалов были посвящены доклады: А.П. Картошкина (СПБГАУ), В.П. Коваленко (МГАУ) и О.К. Безюкова (СПГУВК).

Современным методам анализа масел были посвящены доклады: В.Н. Спировой (Мортехсервис), А.Ю. Шабанова (СПБГПУ), Б.С. Гутенева (ЦНТЭ).

Была отмечена большая работа Ассоциации автомобильных инженеров России по разработке методов

оценки качества и стандартов на автомобильные масла. Эти стандарты базируются на методах испытаний, реализуемых на современных двигателях автопарка России.

Участники высказали мнение о необходимости создания межрегиональных испытательных центров, разработки новых стандартов и методов анализа масел.

Во время дебатов и дискуссий по сделанным участниками докладам было установлено отсутствие четко сформулированных норм и требований к качеству смазочных материалов, наличия системы контроля эксплуатационных показателей как при их производстве, так и на стадии применения и недостаточно высокое качество ряда отечественных масел, в том числе моторных масел для судовых и тепловозных дизелей.

Глубокую озабоченность участников конференции вызывает тот факт, что в Российской Федерации до сих пор не выработана стратегия развития отрасли производства смазочных материалов и присадок ни на ближайшее время, ни на перспективу.

За время работы конференции участники обменялись опытом в области разработки технологий получения новых современных смазочных материалов и технических жидкостей, отвечающих европейским нормам, а также обсудили новые технологии и установки по очистке и регенерации нефтесодержащих отходов.

Участники II Международной научно-практической конференции «Теория и практика повышения качества и рационального использования масел, смазочных материалов и технических жидкостей» приняли решение о необходимости создания региональных и отраслевых испытательных центров при отраслевых министерствах, академии наук и в федеральных округах, в том числе об организации в Санкт-Петербурге в рамках исполнения Указа Президента РФ о создании АО «Объединенная судостроительная корпорация» независимого специализированного химмотологического центра ГСМ и технических жидкостей, оборудованного специальной современной экспериментальной базой, позволяющей испытывать и сертифицировать современные ГСМ и технические жидкости, отвечающие требованиям вплоть до Евро-5 и -6. Концепцию создания и структуру центра поручено разработать Санкт-Петербурскому Научному Центру РАН.

III Международная научно-практическая конференция «Теория и практика повышения качества и рационального использования масел, смазочных материалов и технических жидкостей» будет проходить в 2009 году.

Председатель орг. комитета В.В. Сердюк