

Источник: Разработка специализированного ТНВД для системы Common Rail // Материалы 10-го Всероссийского слета... лауреатов конкурса Министерства образования и науки РФ и Государственного фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере “Ползуновские гранты” / Под. Общ. Ред. А.А.Максименко. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С. 7-13.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТНВД ДЛЯ СИСТЕМЫ COMMON RAIL .

Грехов Л.В, Борисенко Н.Е, Фонов В.В., Ильичев А.Г., Потапов А.И.
Московский государственный технический университет им. Баумана.

Значительная роль в обеспечении экологических требований, предъявляемых к современным транспортным дизелям, отводится улучшению топливоподачи.

Наибольшими возможностями в направлении оптимизации рабочего процесса, даже по сравнению с альтернативными системами с электронным управлением, обладают Common Rail. Согласно планам производства фирмы R.Bosch, к 2010 году доля Common Rail составит 66% относительно всех систем дизельной топливной аппаратуры фирмы.

Перспективность таких систем обусловлена рядом достоинств:

- возможностью оптимального управления давлением впрыскивания;
- возможностью формирования оптимальных характеристик впрыскивания, включая двухфазную и многофазную;
- гибким регулированием цикловой подачи и УОВ в соответствии с заданным режимом работы двигателя и простое обеспечение заданной скоростной характеристики;
- минимальная неравномерность подачи по цилиндрам или, напротив, оптимальная неравномерность подачи и УОВ для каждого цилиндра в соответствии с особенностями конструкции, изготовления и технического состояния.
- автоматизация пуска, обогащение подачи при пуске, ее выключение на принудительном холостом ходу, регулирование на переходных режимах;
- отключение цилиндров и циклов на частичных режимах;
- СУ обеспечивает самодиагностику электрических цепей, компенсацию выбывших из строя элементов с помощью резервных программ.

Широкое внедрение электронного управления тормозится рядом проблем стоящими перед разработчиками и производителями. Одна из них – создание программ управления. Их формирование относится к числу самых трудоемких и дорогостоящих.

Другая проблема – проектирование эффективных форсунок. Известно большое число схем электроуправляемых форсунок для систем Common Rail, различающихся способом воздействия на иглу распылителя, типом привода клапанов, типом и количеством управляющих элементов. Наиболее подходящими для Common Rail являются электрогидравлические форсунки, как правило с дроссельным управлением. Основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики ЭГФ – повышенный расход топлива на управление и недостаточное быстродействие. Большие перспективы в решении поставленных проблем имеет использование ЭГФ с обратными гидромеханическими связями, с двухзатворными управляющими клапанами.

Создание простого, дешевого, надежного и технологичного насоса, при умеренной массе и габаритах, обеспечивающего требуемую производительность топлива при давлении до 200МПа – серьезная проблема создания аккумуляторных систем в России. Это обусловлено также и отсутствием опыта проектирования и производства насосов для Common Rail.

В аккумуляторных топливных системах до середины 90-х годов применялись традиционные ТНВД. Однако это не лучшее решение, т.к. они обладают рядом особенностей, ухудшающих работу систем в целом. Так, кулачковый привод существенно увеличивает контактные нагрузки. Роликовые толкатели ограничивают давление подачи. Регулирование производительности ТНВД отсечкой подачи недопустимо. То же относится к нагнетательному клапану с разгружающим пояском.

Традиционные насосы не целесообразно использовать в CR.

В отечественной промышленной гидравлике и гидроавтоматике применяются аксиальные насосы высокого давления. Они предназначены для работы с гидравлическими маслами вязкость которых выше дизельного топлива и рассчитаны на максимальные давления 28 или, реже, на 40 МПа. Такие насосы не применимы в CR. На основании рассмотренного можно сделать вывод об отсутствии подходящих насосов для CR в России и необходимости создания специализированного ТНВД.

Мировые производители широко выпускают ТНВД для аккумуляторных систем (BOSCH, SIEMENS, DELPHI и др.).

В МГТУ им. Баумана при создании насоса системы CR ориентированного на дизель ЗМЗ-514 заволжского моторного завода, были рассмотрены и проанализированы конструкции зарубежных аналогов.

Анализ зарубежных насосов, выявил не целесообразность прямого копирования, что ввиду отсутствия необходимой технологической базы, может привести к ухудшению качества создаваемого насоса и увеличению его стоимости.

При проектировании ТНВД предпочтение было отдано рядной схеме расположения плунжеров, с числом рабочих секций равным двум для дизелей легковых автомобилей и четырем – для грузовых.

Привод плунжера в насосе осуществляется через эксцентриковый привод с промежуточной втулкой, обкатывающей торец цилиндрического толкателя с развитой боковой поверхностью, разгружающей плунжер от боковой силы. В ТНВД CR, как и в традиционных насосах, возможно использование кулачкового привода и роликового толкателя, однако такой привод увеличивает контактные напряжения. Замена кулачка на эксцентрик с промежуточной втулкой, при том же подъеме, привела к уменьшению максимальной скорости движения плунжера в 4.45 раза, угла давления – 3.91 раза, максимального контактного напряжения в – 2.21 раза, максимального крутящего момента на валу ТНВД – 4.51 раза.

Вместо впускного клапана, что применяется в насосах BOSCH, SIEMENS, в ТНВД МГТУ впуск топлива осуществляется через впускное окно.

Это упрощает конструкцию, увеличивает надежность работы, уменьшает габариты насоса.

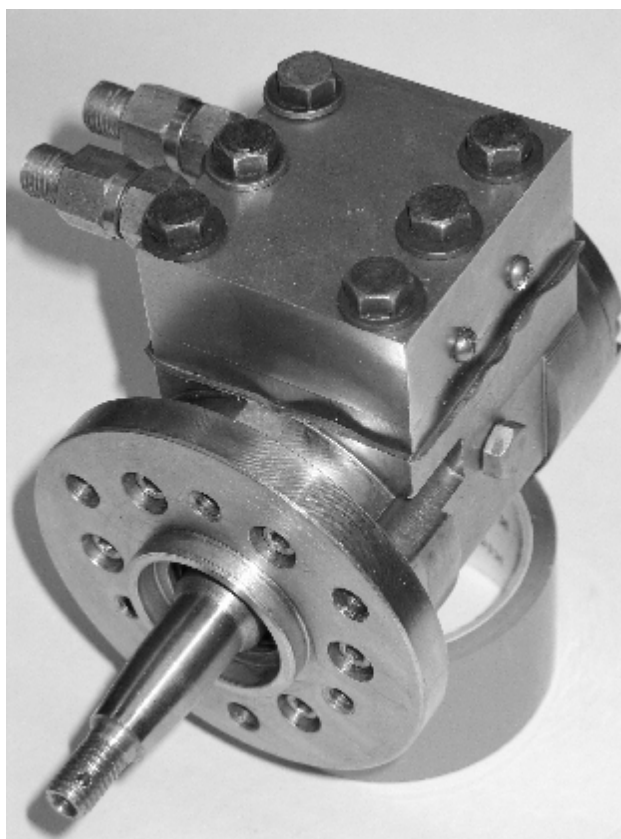


Рис.1. Экспериментальный ТНВД МГТУ для топливной системы «COMMON RAIL».

Для разобщения аккумулирующего объема и надплунжерного пространства используется нагнетательный клапан грибкового типа без разгружающего пояска.

Бесспорно, что шариковые клапаны имеют лучшие характеристики (малая масса, габариты и т.д.). Но их производство, для работы с давлениями до 200Мпа требует специальной технологической проработки и опыта производства. Высота подъема клапана 0.1мм.

Регулирование производительности в ТНВД МГТУ осуществляется посредством электромагнитного клапана, установленного во впускной полости.

Известны и другие способы регулирования производительности ТНВД СР.

При регулировании производительности активным ходом плунжера, как в традиционных насосах, плунжер снабжается лишь одной верхней управляющей кромкой. При этом отсечная кромка недопустима, во избежание потерь сжатого топлива и увеличение сопротивления щелевого уплотнения. Поворот плунжера осуществляется рейкой, управляемой электромагнитом.

В ранних модификациях насосов BOSCH регулирование производительности осуществлялось блокированием впускного клапана. Такое регулирование требует использование быстродействующего привода на каждой секции, увеличивая габариты насоса и ухудшая надежность.

В последних вариантах насосов фирм BOSCH, SIEMENS регулирование осуществляется дросселированием на впуске, что обеспечивает наибольший КПД насоса и требуется всего один исполнительный механизм.

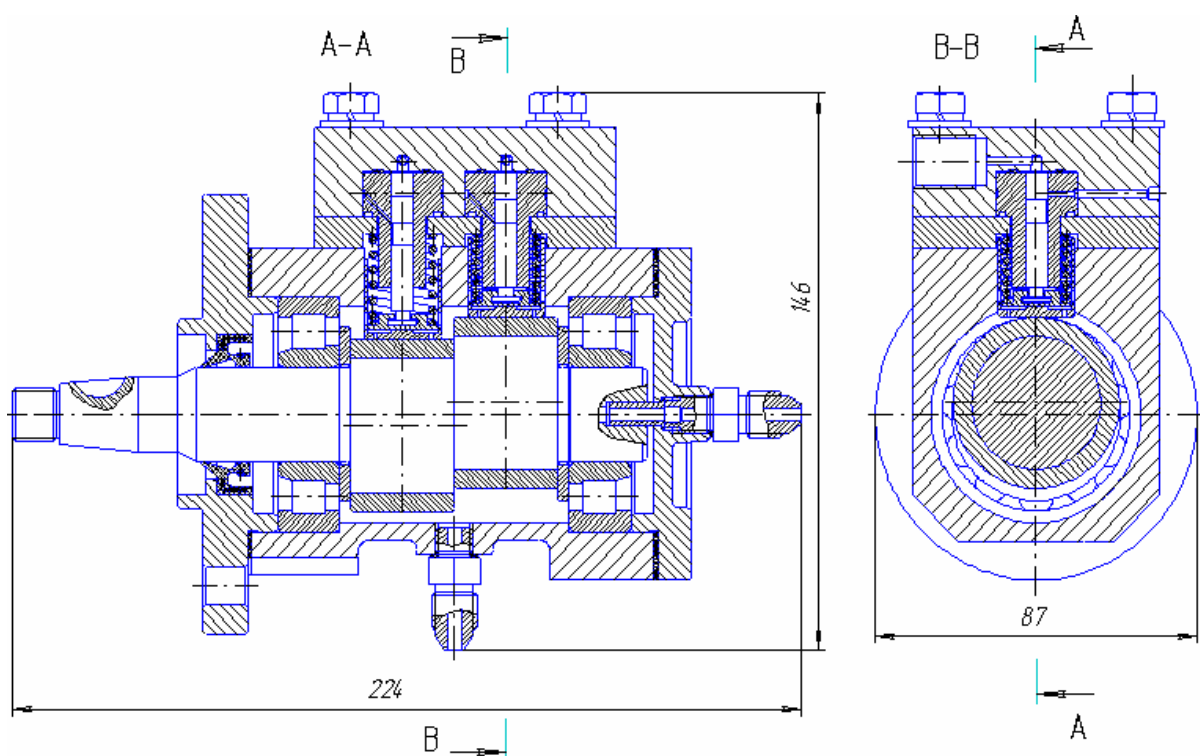


Рис.2. Общий вид насоса МГТУ

Смазка деталей насоса и отвод теплоты от нагретых деталей насоса осуществляется циркулирующим через корпус насоса дизельным топливом.

При проектировании ТНВД МГТУ учитывались дополнительные расходы связанные с утечками в распылителе, в мультипликаторе, в электроуправляемом клапане, а также расход на управление форсунки.

Проведены расчеты наполнения плунжерных пар на высоких частотах вращения, а также расчеты на применимость насоса для пускового режима, максимального крутящего момента и номинальной мощности.

Проведенные испытания на безмоторном стенде в диапазоне частот вращения 150...3000 мин и давлений подачи до 200МПа показали, что гидравлические характеристики (рис.3) соответствуют типичному характеру протекания для насосов объемного типа. При росте давления подачи в результате роста утечек, потерь на сжатие топлива в мертвых объемах, обратных забросов топлива из аккумулялирующей полости в плунжерную из-за ограниченности динамических свойств клапанов, производительность ТНВД снижается. В целом, в представленном диапазоне изменения параметров, гидравлические характеристики насоса удовлетворяют требованиям со стороны топливной системы, а использование возможностей управления насоса (за счет снижения производительности) позволяет получить требуемую производительность при изменении давления подачи.

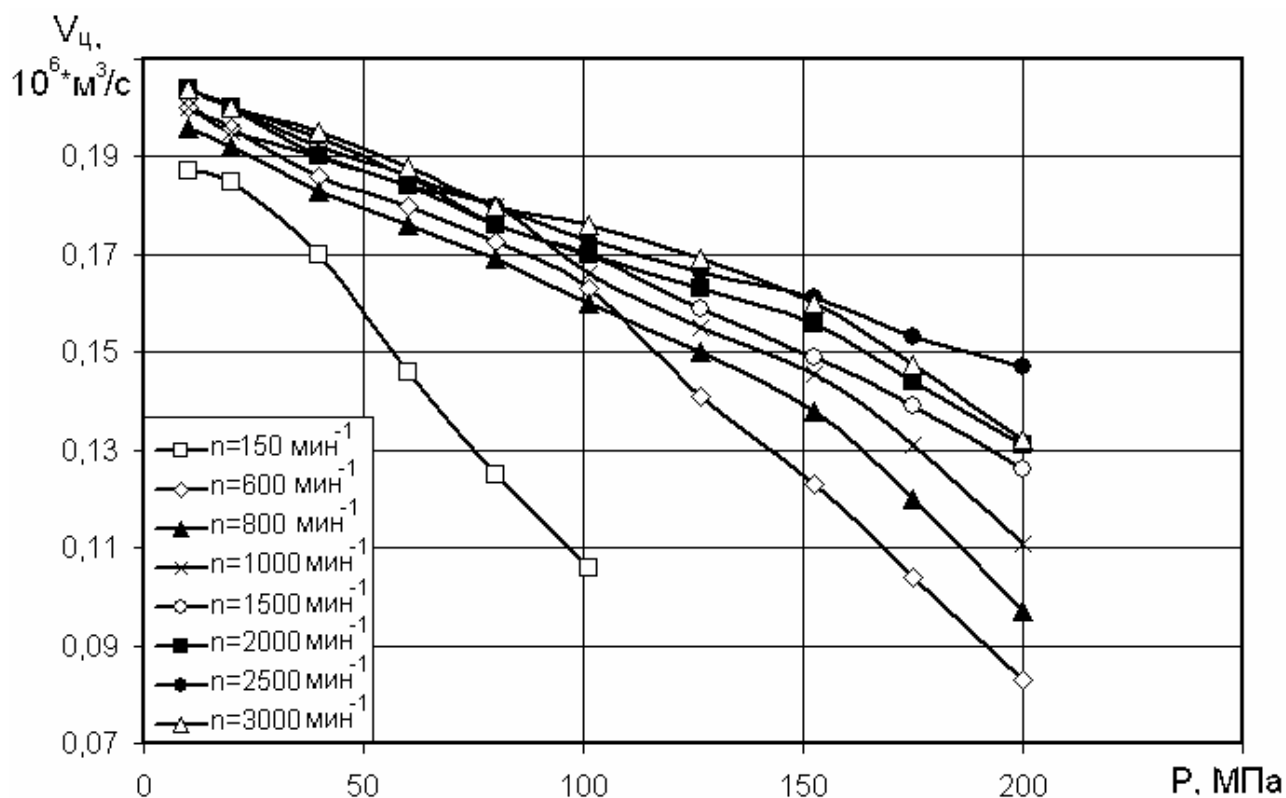


Рис. 3. Гидравлическая характеристика ТНВД МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Испытания разработанного ТНВД МГТУ не ограничились безмоторными испытаниями. Разработанная в ОАО НИКТИД (г. Владимир) оригинальная отечественная система СР в своем составе содержит все отечественные компоненты: блок управления, электрогидравлические форсунки, клапаны управления, а также описанный ТНВД. Система установлена и дорабатывается на дизеле ЗМЗ 514. Несмотря на необходимость совершенствования, система является работоспособной.



Рис.4. Установка ТНВД МГТУ на дизель ЗМЗ 514 в ОАО НИКТИД (г.Владимир).

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что насос имеет приемлемые по производительности и работоспособности показатели, при массовом производстве будет иметь невысокую стоимость и при увеличении или уменьшении числа секций сможет удовлетворить широкий диапазон потребителей.

Литература

1. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Моделирование процессов топливоподачи и проектирование топливной аппаратуры дизелей: Учебное пособие. Барнаул – Москва: АлтГТУ, 2002. – 165 с.

2. Klingmann V.R., Bruggemann H. Der neue Vierzylinder-Dieselmotor OM611 mit Common-Rail-Einspritzung. Teil 2: Verbrennung und Motormanagement // MTZ. Motortechnische Zeitschrift. - 1997. - Bd. 58, N 9.

3. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Дизельные топливные системы с электронным управлением: Учебно-практическое пособие. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 111 с.

4.