

8. High pressure for top form Siemens VDO Automotive presents 3<sup>rd</sup> generation piezo diesel // Press Realise Siemens VDO Automotive, Vienna, 16 May 2003

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО КЛАПАНА НА ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ**

**Марков В.А., Мальчук В.И.<sup>1</sup>, Сиротин Е.А.<sup>2</sup>**

*МГТУ им. Н.Э.Баумана, <sup>1</sup>ГТУ «МАДИ», <sup>2</sup>ФГУП «НАМИ», г. Москва*

Совершенствование рабочих процессов транспортных дизелей с целью достижения требуемых экономических и экологических показателей проводится в настоящее время в направлении повышения эффективности смесеобразования путем интенсификации процесса топливоподачи, т.е. повышения давления впрыскивания [1,2]. Однако при повышении давления впрыскивания может иметь место нестабильность некоторых параметров и характеристик топливоподачи. Ряд проведенных экспериментальных исследований показывают, что эффективным способом решения проблемы стабилизации процесса топливоподачи является использование специальных стабилизирующих нагнетательных клапанов [3,4,5]. Применение таких клапанов позволяет стабилизировать топливоподачу практически без усложнения конструкции топливной аппаратуры.

В мировой практике наибольшее распространение получили клапаны грибового типа, в которых перьевидная направляющая часть и коническая запирающая поверхность обеспечивают высокую стабильность динамики клапана и остаточного давления в линии нагнетания, что и предопределяет стабильность топливоподачи во времени (т.е. от цикла к циклу). Достоинство систем с клапанами грибового типа - относительно невысокая чувствительность аппаратуры к изменениям эквивалентного проходного сечения распылителя ( $\mu_{р/р}$ ) [6]. Однако, клапан грибового типа имеет существенный недостаток. При значительном увеличении давления впрыскивания в системе повышается остаточное давление и наблюдаются дополнительные впрыскивания, устранение которых предусматривает, в частности, увеличение объема разгрузки  $V_p$  клапана. Но существенное увеличение  $V_p$  приводит к переразгрузке системы на режимах с малыми частотами вращения и цикловыми подачами и появлению в линии нагнетания разрывов сплошности (двухфазной среды). В результате наблюдается увеличение неравномерности и нестабильности топливоподачи, а на режимах холостого хода и малых нагрузок - даже пропуски подач [7]. Клапаны грибового типа позволяют осуществлять корректирование внешней скоростной характеристики транспортного дизеля (рис.1,а). Но при значительном увеличении  $V_p$  возникают проблемы с формированием внешней скоростной ха-

рактеристики, т.к. системы со значительными величинами  $V_p$  имеют отрицательную самокоррекцию.

Стабилизация топливоподачи достигается при использовании нагнетательных клапанов, представленных на рис.1,б,в (авторские свидетельства СССР № 1288334 и № 1370292). Клапан на рис.1,б состоит из запирающего элемента 1, включающего пружину 2 и штифт 3, дроссельной шайбы 4 с отверстием 6 и штифтом 3, установленной в седле 5. С помощью штуцера насоса (не показан) седло 5 прижато к втулке 7 плунжера. Динамика перемещения клапана определяется дросселирующим сечением щели между штифтом и шайбой. Клапаны были изготовлены на базе серийных нагнетательных клапанов ТНВД модели 1.427 производства НЗТА. Конструкция клапана на рис.1,в представляет собой модификацию предыдущей конструкции. Но в отличие от клапана, показанного на рис.1,б, дросселирующая щель располагается не до запирающего элемента, а после него.

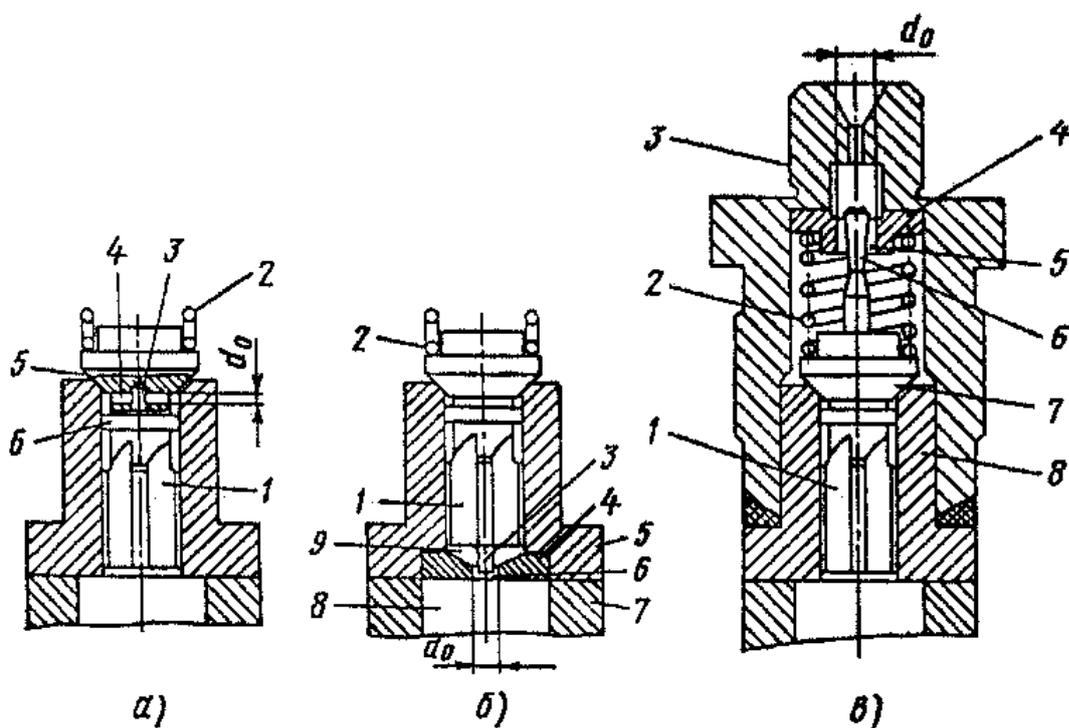


Рис. 1. Конструктивные схемы корректирующего (а) и стабилизирующих (б, в) нагнетательных клапанов

а): 1 – запирающий элемент; 2 – пружина; 3 – осевое сверление ( $\varnothing 2,0$  мм); 4 – перепускные отверстия; 5 – уплотнительный конус; 6 – разгружающий пояс.

б): 1 – запирающий элемент; 2 – пружина; 3 – штифт; 4 – дроссельная шайба; 5 – седло; 6 – отверстие в шайбе; 7 – втулка плунжера; 8 – надплунжерная полость; 9 – полость.

в): 1 – запирающий элемент; 2 – пружина; 3 – штуцер ТНВД; 4 – дроссельная шайба; 5 – дроссельная щель; 6 – хвостовик; 7 – уплотнительный конус; 8 – седло.

Представленные конструкции нагнетательных клапанов позволяют:

- сократить или даже исключить период нагнетания топлива в линию высокого давления при неполностью закрытых наполнительных отверстиях, что при прочих равных условиях увеличивает активный ход плунжера, создавая предпосылки для повышения интенсивности впрыскивания и стабильности топливоподачи, увеличения самокоррекции системы;

- в период выхода разгружающего пояска клапана из канала седла осуществлять направленное воздействие на динамику запирающего элемента и самокоррекцию топливной системы;

- осуществлять плавную и безударную посадку запирающего элемента на седло клапана, устраняя, тем самым, возможность появления дополнительных впрыскиваний.

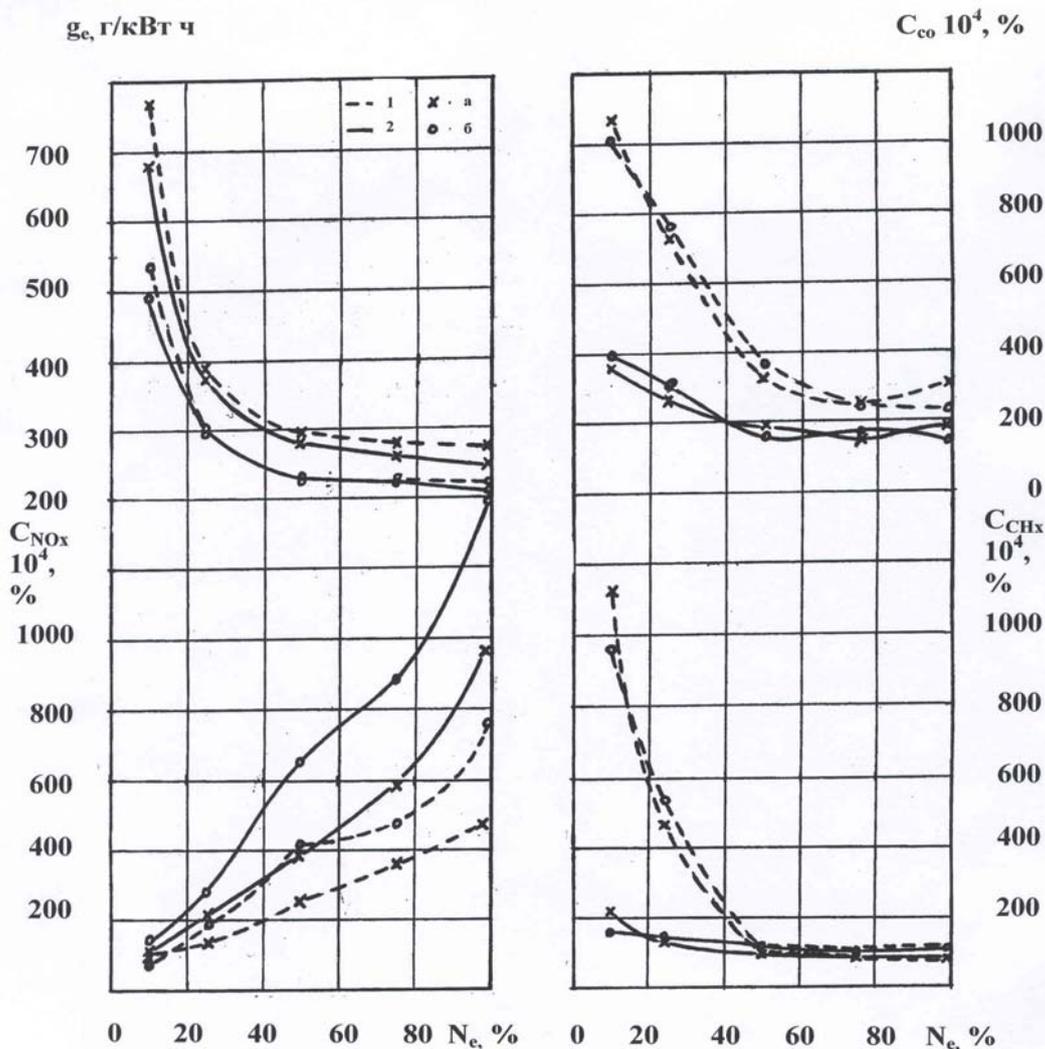
Экспериментальные исследования дизеля Д-245 с описанными клапанами проведены на моторном стенде АМО «ЗиЛ». При этом топливный насос модели 1.427 НЗТА выполнен с подвесными насосными секциями с диаметром плунжеров  $d_{пл}=11$  мм, их полным ходом  $h_{пл}=12$  мм и опытными клапанами, приведенными на рис. 1,б.

Показатели дизеля Д-245 с серийными и опытными нагнетательными клапанами на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла приведены на рис.2. На представленных графиках процент нагрузки определялся для каждой из комплектаций, исходя из развиваемой максимальной мощности дизеля на исследуемом скоростном режиме. Данные рис.2 показывают, что при  $n=2400$  мин<sup>-1</sup> установка опытных клапанов приводит к улучшению топливной экономичности дизеля во всем диапазоне нагрузочных режимов. При  $n=1700$  мин<sup>-1</sup> снижение  $g_e$  отмечается на режимах с малыми нагрузками ( $N_e < 25\%$ ) и с большими нагрузками ( $N_e > 75\%$ ). Так, на режиме максимального крутящего момента замена серийных клапанов на опытные сопровождается уменьшением  $g_e$  на 9,6 г/(кВт·ч). На режимах с  $n=1700$  мин<sup>-1</sup> и средними нагрузками ( $25\% < N_e < 75\%$ ) расходы топлива дизеля со штатными и опытными клапанами примерно одинаковы.

Тип нагнетательного клапана оказывает значительное влияние и на эмиссию токсичных компонентов ОГ. Повышение эффективности рабочего процесса дизеля с более высокими температурами сгорания и показателями экономичности цикла при использовании опытных клапанов приводит к увеличению концентрации в ОГ оксидов азота  $C_{NOx}$  практически на всем диапазоне нагрузочных режимов (см. рис.2).

Концентрации в ОГ продуктов неполного сгорания - монооксида углерода СО и углеводородов  $СН_x$  - также в значительной степени зависят от

Рис.2. Зависимость удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  и объем-



ных концентраций в ОГ оксидов азота  $C_{NOx}$ , монооксида углерода  $C_{CO}$  и легких углеводородов  $C_{CHx}$  от скоростного ( $n$ ) и нагрузочного ( $N_e$ ) режимов дизеля Д-245 с серийными (1) и опытными (2) нагнетательными клапанами при частоте вращения коленчатого вала: а –  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ; б –  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ .

конструкции нагнетательных клапанов (см. рис.2). На большинстве рассматриваемых режимов замена серийных клапанов на опытные приводит к значительному уменьшению концентраций  $C_{CO}$  и  $C_{CHx}$  в ОГ. Наибольшее снижение содержания в ОГ продуктов неполного сгорания топлива имеет место на режимах малых нагрузок. Так, на режиме с  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$  и 10-процентной нагрузкой замена серийных клапанов на опытные сопровождалась снижением  $C_{CO}$  с 0,1050 до 0,0360 % и  $C_{CHx}$  с 0,1100 до 0,0205 %.

При анализе интегральных показателей токсичности ОГ на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла, соответствующих работе со штатным установочным углом опережения впрыскивания топлива (УОВТ)  $\theta=13^\circ$  поворота коленчатого вала (п.к.в.) до ВМТ, отмечено, что дизель, оснащенный серийными и опытными нагнетательными клапанами, не обеспечивает требований норм EURO-2 к токсичности ОГ. Исследования

также показали, что дизель, укомплектованный опытной аппаратурой, с позиции  $g_e$  менее чувствителен к уменьшению установочного УОВТ.

Уменьшение установочного УОВТ до  $\theta=7^\circ$  п.к.в. до ВМТ и использование опытных клапанов обеспечивает массовые удельные выбросы всех нормируемых газообразных токсичных компонентов ОГ -  $e_{\text{NOx}}=6,069$  г/(кВт·ч),  $e_{\text{CO}}=3,261$  г/(кВт·ч),  $e_{\text{CHx}}=1,098$  г/(кВт·ч) в пределах, требуемых нормами EURO-2. Обеспечиваются при этом и требования Правил 24-03 ЕЭК ООН по дымности ОГ. Но при работе двигателя с опытными клапанами и таким небольшим УОВТ отмечается некоторое увеличение расхода топлива на режимах с полной подачей топлива. Так, на режиме внешней скоростной характеристики с  $n=1800$  мин<sup>-1</sup> и  $\theta=7^\circ$  п.к.в. до ВМТ имеет место увеличение удельного расхода топлива до  $g_e=233,3$  г/(кВт·ч), что больше предельного значения  $g_e=228,9$  г/(кВт·ч), установленного требованиями ТУ на исследуемый дизель. Эти результаты были получены при фиксированном значении  $\theta$ . Поэтому дальнейшее совершенствование показателей дизеля должно предусматривать управление УОВТ.

Применение опытных клапанов позволяет стабилизировать топливоподачу на режиме холостого хода и значительно снизить минимально устойчивую частоту вращения дизеля. Так, если при использовании серийных клапанов минимальная частота вращения холостого хода была равна около  $n=600$  мин<sup>-1</sup>, то при установке опытных клапанов и  $\theta=13^\circ$  п.к.в. до ВМТ она была снижена до  $n=435$  мин<sup>-1</sup>, а при  $\theta=7^\circ$  п.к.в. до ВМТ - до  $n=360$  мин<sup>-1</sup>. Часовой расход топлива и массовые выбросы токсичных компонентов ОГ были при этом значительно снижены.

Результаты проведенных исследований показали возможность значительного улучшения топливной экономичности, снижения дымности ОГ и эмиссии продуктов неполного сгорания топлива при использовании стабилизирующих нагнетательных клапанов предложенной конструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для ВУЗов. - М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2004. - 344 с.
2. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 376 с.
3. Топливные системы и экономичность дизелей / И.В.Астахов, Л.Н.Голубков, В.И.Трусов и др. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
4. Лышевский А.С. Системы питания дизелей. - М.: Машиностроение, 1981. - 216 с.
5. Голубков Л.Н., Еремин Г.В., Скороделов С.Д. Влияние нагнетательных клапанов на неравномерность подачи топлива по цилиндрам // Совершенствование автомобильных и тракторных двигателей: Сб.науч.трудов МАДИ. - М.: Изд-во МАДИ, 1992. - С.56-62.

6. Голубков Л.Н., Мальчук В.И., Хакимов А.М. Исследование влияния некоторых параметров топливной аппаратуры на чувствительность насосной секции к перестановке форсунки // Автотракторные двигатели внутреннего сгорания: Сб.науч.трудов МАДИ. - М.: Изд-во МАДИ, 1975. - Вып.92. - С.71-76.

7. Подача и распыливание топлива в дизелях / И.В. Астахов, В.И. Трусов, А.С. Хачиян и др. Под ред. И.В. Астахова. - М.: Машиностроение, 1971. - 359 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСЕВЫХ БИОТОПЛИВ В ДИЗЕЛЯХ

Девянин С.Н., Марков В.А., Коршунов Д.А.

*МГАУ им. В.П. Горячкина, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Основным источником моторного топлива является нефть, запасы которой ограничены. Производство нефтяных топлив все больше отстает от спроса на него и это проявляется на стоимости товарных топлив. На рис. 1 приведены данные ОПЕК по разведанным мировым запасам нефти и прогноз их истощения [1]. Приведенный прогноз показывает, что через 15-20 лет останется только четыре нефтедобывающих страны, а значит топливно-энергетическая проблема еще более обострится, если не будет решен вопрос замещения нефтяного топлива для ДВС.

Прогноз истощения разведанных запасов нефти

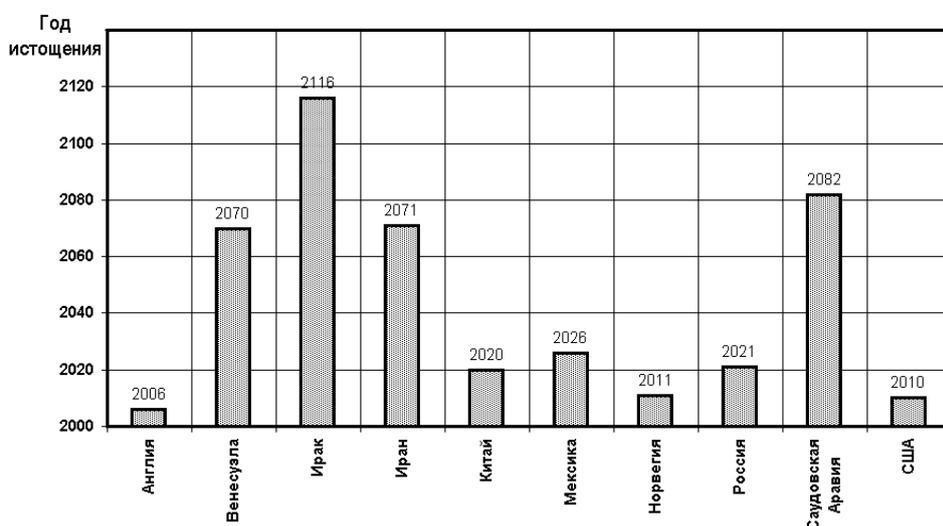


Рис.1. Прогноз истощения разведанных мировых запасов нефти

Каждые пять лет мировой автомобильный парк увеличивается на 5%, а следовательно, увеличиваются и потребности в топливе. Возникающий дефицит топлива растет с каждым годом. Ожидается, что после 2015 года дефицит нефти превысит 10% от объема добычи. В России ситуация аналогичная. Разведанных запасов нефти хватит до 2021 года, а открытие и