

*Источник: Грехов Л.В., Коротнев А.Г. Результаты исследования экологических и экономических показателей дизеля при использовании топливной аппаратуры с аккумулярованием утечек в надыгольном объеме // Известия ВУЗ. Машиностроение. - 1997. - N10-12. - С.10-15*

УДК 621.436.03.001

**Результаты исследования экологических и экономических показателей дизеля при использовании топливной аппаратуры с аккумулярованием утечек в надыгольном объеме.**

*Л.В.Грехов, Коротнев А.Г.*

В последние годы значительно ужесточились требования законодательных норм промышленно развитых стран мира на токсичность отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Безусловное влияние на экологические, экономические и другие показатели дизелей оказывает топливоподающая аппаратура (ТПА). Одним из наиболее эффективных путей улучшения ее параметров в настоящее время считают интенсификацию впрыскивания.

Это возможно осуществить, в частности, применением форсунок с замкнутым надыгольным объемом или так называемых бессливных форсунок [1,2]. Во время работы часть топлива из нагнетательной магистрали перетекает через зазор между иглой и распылителем в надыгольный объем. Давление в этом объеме возрастает и на иглу помимо механической пружины начинает действовать давление топлива, как "гидравлическая" пружина, что приводит к повышению давления впрыскивания. Применение бессливных форсунок позволяет повысить стабильность начального давления и самого процесса впрыскивания в результате рециркуляции утечек из надыгольного объема в период между подачами [3]. В такой ТПА обеспечивается получение более качественного впрыскивания и распыливания как на дизельном топливе, так и на топливах различных фракционных составов.

Бессливные форсунки исследовались в Новочеркасском политехническом институте, МГТУ и других организациях, однако, на пути ее широкого внедрения имеются три препятствия. Во-первых для ряда систем давление над иглой не повышается сколько-либо значительно и единственным достоинством их является отсутствие сливной магистрали. Для других систем, напротив, быстрый рост давления над иглой приводит к гидрозаклиниванию иглы и аварии. Третья трудность - сильная зависимость эффекта гидродогружения иглы от разброса параметров ТПА, в частности, от технологической неустойчивости производства.

Проведенные ранее исследования дали ответы на вопросы о влиянии основных параметров ТПА на характеристики ее работы [3], но не позволяют оценить показатели работы новой ТПА и провести ее оптимизацию. В МГТУ создан инструмент для проведения таких работ [4] - математическая модель корректно описывает процессы в надыгольной полости, обеспечивает сходимость по условиям баланса перетечек, идентифицирована по результатам физических экспериментов. Главной же особенностью комплекса программ стала возможность исследования ТПА произвольной схемы, таким образом удалось проанализировать не только влияния различных факторов, но и сопоставить схемы систем, устраняющих гидрозаклинивание [5].

Применительно к дизелям ВТЗ типа Ч10,5/12 с помощью численных исследований рабочего процесса и топливоподачи выявлено, что существенное снижение расхода ( $g_e$ ) топлива и дымности возможно за счет значительной интенсификации впрыскивания. Так для снижения  $g_e$  на 4 г/кВт·ч необходимо повысить максимальные давления впрыскивания  $P_{впр}^{макс}$  с 35-37 МПа до 70-80. Это не удастся сделать с помощью применяющихся и адаптированных для дизелей ВТЗ топливных насосов высокого давления (ТНВД) типов НД-21, УТН-5, НТДМ, НТД27. Даже с помощью опытного насоса НЗТА с диаметром и ходом плунжера соответственно 12 и 10 мм  $P_{впр}^{макс}$  может быть увеличено до 50-55 МПа. Для решения этой задачи требуется форси-

ровка всей ТПА, в первую очередь, уменьшение ее мертвых объемов и жесткости ее элементов.

Вместе с тем даже на применявшейся ТПА, управляя давлением над иглой на различных режимах работы дизеля, можно добиться автоматического изменения угла опережения. Так при использовании грибковых, в том числе корректирующих, нагнетательных клапанов удастся усилить эффект гидродогрузки на частичных скоростных режимах и уменьшить опережение подачи, обеспечив повышение эксплуатационной экономичности. При использовании комбинированных клапанов двойного действия за счет снижения опережения на больших частотах вращения удастся уменьшить выбросы окислов азота.

Ниже приведены результаты использования бессливных форсунок на дизеле Д-120 без существенных переделок ТПА. Одним из способов обеспечения надежной работы таких систем является установка в ТНВД реверсивного клапана, обратно направленного относительно нагнетательного или комбинированного клапана двойного действия. Работа этого клапана в штатном ТНВД НД-21 позволяет нивелировать в различиях исходных параметров форсунок, трубопроводов, однако его эффективность ограничена фазами распределителя, сообщающего клапаны с плунжерной полостью (31 град). Таким образом ТПА дизеля Д-120 не позволяет при штатных зазорах в распылителе 3-6 мкм существенно повысить давление над иглой и впрыскивания. При больших зазорах становится трудно избавиться от гидрозаклинивания и неидентичности работы ТПА без применения дополнительных усложнения системы ввиду ограниченного действия реверсивного клапана. По этим причинам была предпринята проверка возможности улучшения экологических показателей дизеля за счет улучшения межциклового стабильности подачи, стабилизации начального давления и ускорения посадки иглы.

Сравнительные испытания дизеля Д-120 проводились со штатной ТПА и опытной, снабженной бессливными форсунками. Дизель комплектовался

ТНВД НД-21, опытными головками цилиндров и опытными 4-х сопловыми распылителями. В ходе испытаний регистрировались эффективные параметры дизеля, а также замерялась дымность с помощью дымомера "Хартридж" и выбросы вредных веществ СН, СО и NO<sub>x</sub> с помощью газоанализатора непрерывного действия фирмы "Хориба". На каждом режиме с помощью тестера впрыска стробоскопического типа фирмы AVL определялся угол начала впрыска топлива, а для опытной системы регистрировалось давление над иглой.

Испытания проводились на двух скоростных режимах: номинальном и максимального крутящего момента. На каждом из них регистрировалось 5 точек по нагрузке (100, 75, 50, 25% и х.х.), соответствующих нагрузочным режимам Правил ЕЭК ООН N49.

Испытания дизеля Д-120 при полной нагрузке показали, что опытная ТПА обеспечивает снижение цикловой подачи: при  $n=2000$  об/мин на 4,5%, а при  $n=1400$  об/мин на 8%. Исходная мощность легко восстанавливается настройкой автоматического регулятора. Изменения угла опережения впрыска топлива при изменении системы отвода утечек не было зарегистрировано.

Давление над иглой в зависимости от нагрузки (рис. 1, 2) увеличивается от 0,8 МПа при х.х. до 1,6 МПа при полной нагрузке. Применение на дизеле Д-120 топливной системы с бессливными форсунками позволяет улучшить экологические показатели дизеля.

Выбросы несгоревших углеводородов СН снизились на всех режимах, причем на режимах малых нагрузок и холостом ходу снижение более заметное, достигающее 14%. Это вызвано, вероятно, более быстрой посадкой иглы в конечной фазе впрыска, что обусловлено увеличением давления над иглой, особенно вблизи холостого хода.

Концентрация окислов углерода СО для системы с опытными форсунками на малых нагрузках уменьшилась на 2 - 7%. Наблюдалось снижение до 8% выбросов окислов азота NOx.

Дымность на малых нагрузках осталась практически без изменения, а на нагрузках, близких к максимальным, несколько снизилась.

Отдельно следует отметить режимы полных нагрузок. Эти режимы отличались недостаточным коэффициентом избытка воздуха, особенно для штатной комплектации (у которой при той же настройке автоматического регулятора наблюдается большая цикловая подача). Поэтому с опытными форсунками при максимальной мощности наблюдалось небольшой увеличение выбросов окислов азота при существенном экономичности дизеля (рис.2).

Дизель Д-120 с опытной топливной системой с бессливными форсунками обеспечил лучшую на 4,5% экономичность при  $n=2000$  об/мин, а при максимальном крутящем моменте - на 4%.

Проведенное исследование показало, что при применении на дизеле Д-120 опытной ТПА, оборудованной бессливными форсунками по сравнению со штатной приводит к улучшению экологических и экономических показателей дизеля на режиме номинальной мощности и максимального крутящего момента независимо от нагрузки. Впервые показано, что даже незначительное гидродогружение иглы за счет утечек позволяет за счет стабилизации впрыскивания и более быстрого его окончания заметно улучшить экологические показатели быстроходного дизеля. Это дает новый стимул скорейшего внедрения более простой и эффективной топливной аппаратуры.

#### Л и т е р а т у р а

1. Connor D.H., Stapf R.A. Caterpillar 3406B truck engine. - SAE Technical Papers Serial, 1983, N 831201, 14p.
2. Voss J.R., Vanderpoel R.E. The shuttle distributor for a diesel fuel a diesel fuel injection pump. - SAE Technical Papers Serial, 1977, N 770083, 7p.

3. Роганов С.Г., Дамер А.А., Макушев Ю.П. Исследование топливных систем дизелей. - Труды МВТУ N351.-М.: МВТУ,1981, с.ггг-еее.
4. Грехов Л.В. Улучшение показателей топливной аппаратуры дизелей аккумулярованием утечек в надыгольном объеме форсунок.- В сб. Рабочие процессы дизелей. Под ред. В.А.Вагнера, Н.А.Иващенко, Д.Д.Матиевского.-Изд-во АлтГТУ, Барнаул, 1995, с. 47-56.
5. Грехов Л.В. Обеспечение работоспособности топливных систем дизелей с аккумулярованием утечек в надыгольном объеме форсунок. - Межд. н-техн. конф. "100 лет российскому автомобилю". Тез. докл. секции ДВС и ГТД. -М., 26-28 ноября 1996г., с.28.

Рис.1. Нагрузочные характеристики дизеля Д-120 при номинальной частоте: давления над иглой ( $P_H$ ), индикаторного расхода топлива ( $g_i$ ), дымности ( $K$ ), выбросов окислов азота ( $W_{NOx}$ ), окиси углерода ( $W_{CO}$ ), углеводородов ( $W_{CH}$ ). (————) - штатная ТПА, (— x —) - опытная.

Рис.2. Нагрузочные характеристики дизеля Д-120 при частоте максимально-го крутящего момента. Обозначения рис.1.