

В.А. Марков, С.Н. Девянин,
В.И. Мальчук

Впрыскивание и распыливание ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние десятилетия отмечается быстрый рост парка автомобилей, расширение сферы их применения, повышение мощностей двигателей внутреннего сгорания, устанавливаемых на транспортные средства. При этом доля дизельных двигателей на транспорте постоянно увеличивается и достигла 25...30 %. Такими двигателями традиционно оснащаются большегрузные автомобили, городские автобусы; в настоящее время их используют на легковых автомобилях. В качестве силовых установок сельскохозяйственных машин также применяются главным образом дизельные двигатели. Преимуществами дизелей по сравнению с бензиновыми двигателями являются высокая топливная экономичность, работа на сравнительно дешевом дизельном топливе, возможность применения облегченных нефтяных и альтернативных топлив.

Вместе с тем реализация этих преимуществ дизелей возможна только при обеспечении высокого качества впрыскивания и распыливания топлива, предопределяющих его эффективное сгорание. При этом протекание рабочих процессов в дизелях зависит от конструкции и характеристик топливоподающей аппаратуры, в первую очередь форсунок. В технической литературе недостаточно полно освещены вопросы влияния конструктивных особенностей форсунок на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизельных двигателей. В данной монографии представлены результаты исследований топливоподающих систем и проведен анализ влияния их конструкции на экономические и экологические показатели дизелей.

Монография написана на основе материалов исследований, проведенных авторами в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, Московском автомобильно-дорожном институте, на заводе им. Лихачева, Ногинском заводе топливной аппаратуры, в научно-производственном предприятии «Агродизель» и ряде других организаций.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность использования транспортных средств и сельскохозяйственных машин определяется характеристиками установленных на них двигателей внутреннего сгорания. Дизельные двигатели, работающие с повышенной степенью сжатия и коэффициентом избытка воздуха, более чем другие отвечают современным тенденциям развития транспортного и автотракторного двигателестроения – повышению агрегатной мощности, снижению удельного расхода топлива и токсичности отработавших газов. Эти показатели в значительной степени определяются конструкцией системы топливоподачи. Важнейшим элементом этой системы является форсунка, от конструкции которой зависят характеристики впрыскивания и распыливания топлива: геометрические характеристики струй распыливаемого топлива, структура топливного факела, мелкость распыливания топлива, ряд других параметров процесса топливоподачи.

При разработке топливоподающей аппаратуры для транспортных и автотракторных дизелей необходима оптимизация названных параметров и характеристик на каждом эксплуатационном режиме двигателя. Это вызвано тем, что в режимах работы двигателя с пониженной частотой вращения и неполной подачей топлива показатели впрыскивания и распыливания, как правило, ухудшаются. В частности, отмечается уменьшение длины и ширины топливного факела, ухудшение качества распыливания, увеличение неравномерности распределения капель топлива по объему камеры сгорания. Это приводит к снижению эффективности процесса сгорания топлива и ухудшению экономических и экологических показателей работы дизеля.

Рабочие процессы дизелей оказывают определяющее влияние на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов, причем последние в настоящее время становятся основными показателями работы дизелей. Это обусловлено непрерывным ужесточением норм на токсичность отработавших газов. В процессе проведения расчетно-экспериментальных исследований и подготовки рукописи данной монографии Европейские нормы на токсичность отработавших газов дизелей EURO-2 были перспективными. В 2006 г. эти нормы были введены и

на территории Российской Федерации и стали действующими. В 2008 г. в России планируется введение в действие еще более жестких норм EURO-3. Тем не менее предложенные в монографии мероприятия по совершенствованию процессов впрыскивания и распыливания топлива в дизелях не теряют своей актуальности и могут рассматриваться как составная часть комплекса мероприятий, позволяющих удовлетворить требования норм EURO-3, а также еще более жестких норм EURO-4 и EURO-5, введение которых в РФ планируется в более отдаленной перспективе.

Проверка соответствия двигателей упомянутым нормам проводится с использованием специально разработанных для этой цели испытательных циклов, отражающих реальное распределение режимов работы транспортных и автотракторных двигателей в условиях их реальной эксплуатации. Указанные испытательные циклы характеризуются включением в них режимов с различными частотами вращения вала двигателя и нагрузками, причем каждый режим вносит свой вклад в интегральные показатели токсичности отработавших газов. Поэтому при совершенствовании рабочих процессов транспортных и автотракторных двигателей необходимо учитывать частую смену режимов работы двигателя, а также условий его эксплуатации – изменение параметров окружающего воздуха, свойств применяемого топлива, ряд других факторов. Это относится и к процессу топливоподачи. Для достижения требуемых экономических и экологических показателей характеристики и параметры процесса топливоподачи целесообразно корректировать в соответствии с режимом работы двигателя и условиями его эксплуатации. Это позволит осуществлять целенаправленное изменение указанных характеристик и параметров, обеспечивая тем самым требуемый характер протекания процессов подачи топлива, его распыливания, смесеобразования и сгорания на каждом эксплуатационном режиме.

Таким образом, при разработке и совершенствовании систем топливоподачи возникает проблема выбора их конструкции и оценки влияния конструктивных особенностей топливной аппаратуры на показатели работы дизеля в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов работы.

В представленной монографии рассмотрены основные типы и конструктивные разновидности систем топливоподачи, применяемых в транспортных и автотракторных дизелях, показана зависимость экономических и экологических показателей дизелей от

характеристик системы топливоподачи, режима ее работы, свойств применяемого топлива; приведены результаты экспериментальных исследований топливной аппаратуры, методики ее расчета и результаты расчетных исследований процессов впрыскивания и распыливания топлива. Использование материалов монографии позволит более целенаправленно и обоснованно подойти к разработке систем топливоподачи, выбору конструкции и параметров топливоподающей аппаратуры и оценить эффективность ее использования в современных и перспективных отечественных дизелях.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Впрыскивание и распыливание топлива в транспортных и автотракторных дизелях	7
1.1. Организация смесеобразования в дизелях	7
1.2. Конструктивные особенности современных систем топливоподачи дизелей	16
1.3. Совершенствование процессов впрыскивания и распыливания топлива	35
2. Влияние режима работы на характеристики топливоподачи и показатели дизеля	57
2.1. Режимы работы транспортных и автотракторных дизелей	57
2.2. Экономические и экологические показатели дизелей	62
2.3. Влияние режима работы дизеля на характеристики впрыскивания и распыливания топлива	73
3. Исследование влияния конструктивных особенностей топливного насоса высокого давления на характеристики топливоподачи и показатели дизеля	81
3.1. Ход плунжеров	81
3.2. Диаметр плунжеров	93
3.3. Конструкция нагнетательных клапанов	95
4. Исследование влияния конструктивных особенностей распылителей форсунок на характеристики топливоподачи и показатели дизеля	117
4.1. Расположение распыливающих отверстий	117
4.2. Длина распыливающих отверстий и ее отношение к диаметру отверстий	161
4.3. Число распыливающих отверстий и их проходное сечение	188
5. Характеристики впрыскивания и распыливания топлива в пусковых режимах дизеля	206
5.1. Исследование характеристик впрыскивания и распыливания топлива в пусковых режимах	206
5.2. Исследование влияния автоколебаний иглы форсунки на характеристики впрыскивания и распыливания топлива в пусковых режимах	217
5.3. Работа топливной аппаратуры дизеля при пуске на нефтяном топливе утяжеленного состава	240

6. Характеристики впрыскивания и распыливания топлива при работе дизеля на нетрадиционных топливах	249
6.1. Облегченные нефтяные топлива	249
6.2. Спиртовые топлива	264
7. Математические модели процессов впрыскивания и распыливания топлива	275
7.1. Методы расчета процесса впрыскивания топлива	275
7.2. Расчет процесса впрыскивания топлива	286
7.3. Методы расчета процесса распыливания топлива	301
7.4. Расчет процесса распыливания топлива	307
Заключение	339
Список литературы	341