

# COMMON RAIL – ШАГ ВПЕРЕД НА ПУТИ К ЭКОЛОГИЧНОМУ ДИЗЕЛЮ

Д. И. Субботенко

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный  
технический университет», Россия

Научный руководитель А. А. Обозов

В последние годы в мире наблюдается стремление к сохранению окружающей среды, в том числе и в двигателестроении. Это заключается в ужесточении экологических требований предъявляемых к двигателям внутреннего сгорания. Для удовлетворения этих требований необходимо достижение экологически чистых технологий сжигания топлива. Основная роль в этом отводится улучшению топливоподачи и, как следствие, совершенствованию топливной аппаратуры, особенно это заметно в дизелях. Что стало возможным благодаря прорыву в конструкции топливной аппаратуры в конце 90-х гг., а именно, появлению серийно выпускаемых двигателей оборудованных системой Common Rail (CR). Именно система CR позволила добиться качественного электронного управления топливоподачей совместно с повышением давления впрыска при снижении расхода топлива и токсичных выбросов выхлопных газов.

## Введение

Дизельные двигатели находятся перед постоянным выбором между сокращением выбросов и оптимизацией расхода топлива. Но с введением экологических требований потребовалось резкое сокращение выбросов  $\text{CH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  и твердых частиц (таблица).

## Нормы выбросов $\text{CH}$ , $\text{CO}$ , $\text{NO}_x$ и твердых частиц

Нормы	Нормы выбросов, г/кВт ч			
	Оксид углерода $\text{CO}$	Углеводороды $\text{CH}$	Оксиды азота $\text{NO}_x$	Частицы (для двигателей мощностью > 85 кВт)
Евро-0	11,2	2,4	14,4	–
Евро-1	4,5	1,1	8,0	0,36
Евро-2	4,0	1,1	7,0	0,15
Евро-3	2,1	0,66	5,0	0,1
Евро-4	1,5	0,46	3,5	0,02
Евро-5	1,5	0,46	2,0	0,02

Это стало возможным благодаря совершенствованию технологий сгорания топлива в дизельных двигателях. Основные конструктивные изменения связаны с применением турбонаддува, промежуточного охлаждения, применением четырех и даже пяти клапанов на цилиндр, системы рециркуляции отработавших газов, изменением конструкции камеры сгорания и высокого давления впрыска [2].

В будущем кроме системы рециркуляции ОГ, для увеличения экологичности дизеля необходимо улучшение топливоподачи, а следовательно, и совершенствование топливной аппаратуры для гомогенизации смеси. Именно благодаря совмещению системы рециркуляции ОГ и применению современной системы топливоподачи типа Common Rail можно достигнуть настоящих и будущих экологических норм [1, с. 23].

Для оптимального распыливания топлива необходимо увеличение давления впрыска, изменение которого за последние 30 лет представлено на рис. 1.

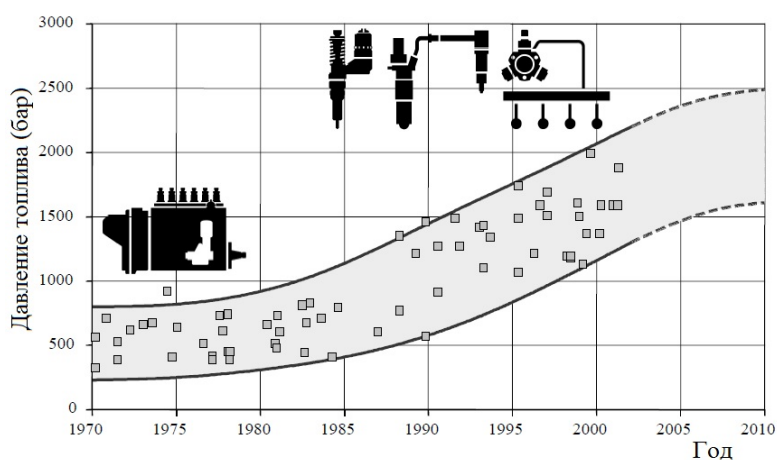


Рис. 1. Развитие топливной аппаратуры дизелей

### Ключевые факторы для развития системы впрыска дизельного двигателя

Все больше требований предъявляется к дизельным двигателям в отношении токсичных веществ, расхода топлива и уровня шума (рис. 2). Применение рециркуляции отработавших газов или увеличение номинальной скорости для дизельных двигателей при увеличении максимального давления впрыска являются приоритетными задачами. Для достижения в будущем более строгих экологических норм в отношении выхлопных газов необходимо применение топлива с низким содержанием серы в топливе для уменьшения соединений серы  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ . Гибкая система впрыска CR позволяет осуществлять многофазный впрыск, изменять скорость формирования основного впрыска и повышать максимальное давление впрыска. Кроме высокой эффективности системы впрыска важны новые разработки приводов (новые электромагнитные и пьезоэлектрические клапана), конструкции соплового отверстия и система управления рециркуляцией выхлопных газов являются ключевыми факторами технологии развития современного дизеля [2].



Рис. 2. Ключевые факторы для развития системы впрыска дизельного двигателя

### Совершенствование системы топливоподачи дизельного двигателя

Эффективным средством улучшения показателей рабочего процесса дизеля является повышение давления впрыскивания топлива. Результат этого – улучшение качества распыливания топлива, за счет чего повышается скорость сгорания. Необходимая величина давления впрыскивания зависит от режима работы двигателя, его нагрузки, давления наддува, вихреобразования и должно быть оптимизировано в зависимости от этих факторов. Все это учитывает система Common Rail, обладающая следующими преимуществами:

- Возможность организации многофазного впрыскивания.
- Возможность управления подачей топлива в широких пределах, формирование характеристики впрыскивания основной порции различной формы.
- Образование в коллекторе высокого давления топлива и управление самим впрыском в цилиндры независимы друг от друга [3].

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что разработка, производство, внедрение топливных систем «Common Rail» является одним из важнейших направлений развития современной топливной аппаратуры дизелей.

Угол опережения впрыскивания также оказывает существенное влияние на вредные выбросы и шумообразование. Он обуславливает значительное изменение длительности периода задержки воспламенения.

Более раннее впрыскивание (на линии сжатия) приводит к увеличению роста температуры в цилиндре в начале сгорания за счет выделения теплоты от сгорания топлива. При этом в цилиндре двигателя происходит резкое возрастание давления и температуры заряда в цилиндре, что способствует более интенсивному и полному выгоранию топлива. Такое начало процесса сгорания, при высокой концентрации окислителя, высокой температуре и давлениях в цилиндре приводит к повышению содержания  $\text{NO}_x$  в ОГ дизеля.

Более позднее впрыскивание, когда большая часть его проводится на линии расширения, приводит к уменьшению скорости нарастания давления, выбросы  $\text{NO}_x$  уменьшаются, но одновременно ухудшаются процессы перемешивания топлива и воздуха и снижается полнота сгорания топлива. Это приводит к повышению содер-

жания сажи в ОГ, что обусловлено не только пониженными температурами цикла, но и уменьшением времени, отводимого на процессы смесеобразования и сгорания.

Исходя из требования снижения выбросов  $\text{NO}_x$  и продуктов неполного сгорания топлива с ОГ дизеля, требования к моменту начала впрыскивания противоречивы. Необходимо устанавливать момент начала впрыскивания индивидуально для каждого режима работы дизеля.

### **Заключение**

Наряду с системой впрыска Common rail, система рециркуляции выхлопных газов, форма камеры сгорания, степень сжатия, закон движения воздуха в цилиндре и самой топливно-воздушной смеси относятся к важнейшим параметрам по снижению токсичности выхлопных газов. Все эти параметры и системы должны четко согласовывать свою работу в каждый момент времени работы двигателя, только тогда можно достигнуть экологически чистых технологий сгорания топлива.

### Литература

1. Грехов, Л. В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением : учеб.-практ. пособие / Л. В. Грехов. – М. : Легион-Автодата, 2003. – 176 с.
2. <http://ingenieria.udea.edu.co/investigacion/grupogas/docs/Maquinas.pdf>.
3. <http://www.osd.org.tr/5.pdf>.