

3. Особенности двигателя с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI)

(1) Низкий расход топлива

При впрыске топлива непосредственно в цилиндр можно точно управлять распределением топлива в камере сгорания.

Используя воздушный поток, вырабатываемый прямыми вертикальными впускными каналами и поршнями с днищем вогнутой формы, можно добиться создания послойного смесеобразования топливовоздушной смеси в цилиндре. При этом достигается стабильное сгорание сверх бедной топливовоздушной смеси в соотношении до 40:1.

Для справки топливовоздушное соотношение нормальной системы распределенного впрыска топлива составляет от 12,5 до 15:1.

(а) Направление воздуха в цилиндре

Сильный нисходящий поток, получаемый во время такта впуска при помощи прямых, вертикальных впускных каналов создает воздушный поток (падающий поток) в цилиндре в направлении, обратном направлению потока в обычном двигателе.

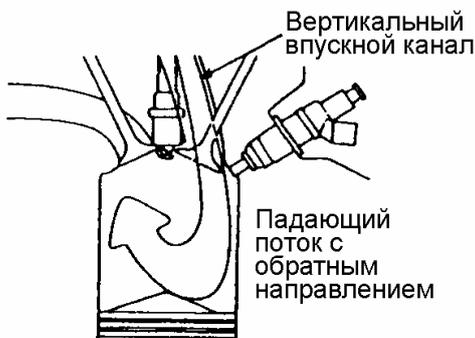


Рис. ТТ9-2 Двигатель с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI)

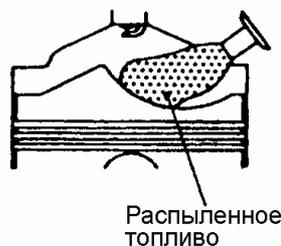


Рис. ТТ9-3 Обычный двигатель с распределенным впрыском топлива (MPI)

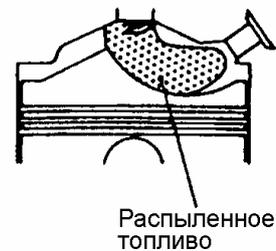
Днище поршней вогнутой формы отражает падающий поток и одновременно собирает топливо, впрыснутое в последней половине такта сжатия около свечи зажигания, чтобы оно не рассеивалось по камере сгорания. Вот почему эта деталь играет важную роль в управлении состоянием топливовоздушной смеси в цилиндре.



В начале впрыска



Во время впрыска



Перед впрыском (окончание впрыска)

(b) Процесс впрыска топлива

При сгорании сверх бедной топливовоздушной смеси, топливо впрыскивается во время последней половины такта сжатия непосредственно перед воспламенением смеси.

Поскольку давление в цилиндре высокое, топливо, распыленное форсункой высокого давления с вихревым распылителем превращается в сферическую компактную взвесь.

Распыленное топливо моментально испаряется падающим вихревым потоком. (Более того, некоторое количество топлива ударяется об поршень и испаряется при нагреве от поршня.) Не рассеиваясь в пространстве углубления в днище поршня, оно перемещается дальше к свече зажигания в виде послойной топливовоздушной смеси.

При этом облако топливовоздушной смеси с оптимальным для воспламенения соотношением располагается около свечи зажигания, и, затем, от него легко воспламеняется бедная топливовоздушная смесь на всем пространстве камеры сгорания.



Рис. ТТ9-5 Режим сгорания сверх бедной топливовоздушной смеси – впрыск в конце хода такта сжатия

Режимы впрыска топлива в двигателе с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI) разделены на 4 режима по интервалу впрыска топлива и формированию топливовоздушного соотношения.

Режим работы	Низкий расход топлива	Высокая мощность		
Режим впрыска топлива	Впрыск бедной топливовоздушной смеси на такте сжатия	Впрыск бедной топливовоздушной смеси на такте впуска* ²	Управление составом топливовоздушной смеси с обратной связью	Обогащение без обратной связи
Угол опережения впрыска	Такт сжатия	Такт впуска	Такт впуска	Такт впуска
Топливоздушное соотношение	30 – 40	20 – 24	Стехиометрическое	Богатая смесь
Состояние топливовоздушной смеси	Послойное смесеобразование	Однородная смесь	Однородная смесь	Однородная смесь
Рабочее состояние	Работа с низкой нагрузкой	Работа со средней нагрузкой	Работа с высокой нагрузкой	Работа с высокой нагрузкой
Управление составом топливовоздушной смеси с обратной связью	Без обратной связи	Без обратной связи	С обратной связью	Без обратной связи
Управление рециркуляцией ОГ (EGR)	Используется	Не используется	Используется	Используется
Регулирование добавочного воздуха для ETV	Используется	Используется	Используется	Используется

Режим «двух стадийного впрыска смеси*²» работает для получения высокого крутящего момента двигателя при работе на низкой частоте вращения коленчатого вала двигателя и под высокой нагрузкой. Этот режим предотвращает детонацию двигателя и заставляет свечи зажигания срабатывать в определенное время, обеспечивая тем самым высокий крутящий момент.

*¹: Топливо будет впрыскиваться и на такте сжатия и на такте впуска.

*²: Двигатель 4G64 не имеет этого режима.



Рис. ТТ9-6 Режим максимальной отдачи (мощносной режим) – впрыск в ходе такта впуска

(с) Эффект снижения расхода топлива

Степень снижения расхода топлива различается в соответствии с условиями работы, но в сравнении с обычным двигателем расход топлива гораздо ниже при работе под низкой нагрузкой.

(i) Во время работы на холостом ходу

Основное снижение расхода топлива получается при сгорании сверх бедной топливовоздушной смеси, поскольку управляя величиной впрыскиваемого топлива можно с легкостью резко изменять крутящий момент и получать быструю реакцию двигателя на управляющее воздействие.

Поэтому можно устанавливать частоту вращения коленчатого вала двигателя на уровне 600 об/мин, получая приблизительно 40% снижение расхода топлива в сравнении с обычным двигателем.

(ii) Во время движения с постоянной скоростью

на обычном двигателе, сгорание теряет эффективность при топливовоздушном соотношении 20:1, но на двигателе с непосредственным впрыском бензина в цилиндры (GDI), сгорание очень стабильно даже когда топливовоздушное соотношение достигает величины 40:1. Это снижает расход топлива на 20 – 25% (на скоростях до 100 км/ч).

(2) Получение большой мощности (режим максимальной отдачи)

Основная идея получения большой мощности – это охлаждение воздуха на впуске во время впрыска топлива во время такта впуска.

При этом, объемная эффективность улучшается и достигается высокая степень сжатия, поскольку эффект охлаждения предотвращает появление детонации.

(a) Улучшение объемной эффективности

Для улучшения объемной эффективности во время работы двигателя под высокой нагрузкой, плавный впускной поток, получаемый в вертикальном впускном канале, используется вместе с охлаждением воздуха на впуске, получаемым путем непосредственного впрыска топлива во время такта впуска.

Непосредственно впрыскивая топливо в цилиндр, топливо оказывается в камере сгорания. При этом, воздух на впуске охлаждается в ходе теплоотдачи и плотность воздуха увеличивается.

(b) Высокая степень сжатия

Температура в камере сгорания понижается, за счет испарения бензина непосредственно в камере сгорания, поэтому детонация не возникает и можно задать высокую степень сжатия. При этом обеспечивается высокая степень сжатия 12,0 (4G93), чего нельзя было добиться на обычных двигателях с распределенным впрыском топлива (MPI).

(с) Высокое давление топлива

Из-за непосредственного впрыска бензина в цилиндры, давление топлива составляет 5 МПа.

Топливо впрыскивается форсунками по сигналу от электронного блока управления двигателем.

Поскольку при высоком давлении требуется очень маленькое время впрыска топлива, необходимо ускорить реакцию форсунки. Для этого был применен формировать сигналов управления форсунками, который вырабатывает и посылает ток высокого напряжения максимум 100 В на форсунки по сигналу от электронного блока управления двигателем.