

УДК 621.431

**НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
СОЗДАНИЯ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В БЕНЗИНОВЫХ
ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Д.А. Масленников

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

В данной работе представлены основные направления оптимизации процессов впрыска и распыления топлива. Также рассмотрены тенденции развития систем впрыска топлива в современных бензиновых двигателях внутреннего сгорания.

Процессы смесеобразования являются основным звеном в цепи преобразования химической энергии, содержащейся в топливе, в механическую энергию, которая может быть использована для привода машин и устройств. Возрастающие экологические требования являются существенным барьером развития двигателестроения. Их преодоление может влиять на дальнейшее развитие машин и устройств, в которых происходит процесс горения топлива.

В настоящее время в мире наблюдается явный рост интереса к исследованиям, связанным с поиском более эффективных процессов преобразования химической энергии в механическую как с точки зрения экологии, так и энергетики. Проводимые исследования направлены на изучение явлений, связанных с распылением топлива и его сгорания, а также последующим управлением этими процессами. Подробное рассмотрение и описание таких явлений и процессов способствует нахождению новых, более эффективных методов управления процессом сгорания. Принимая во внимание необходимость соблюдения производителями двигателей внутреннего сгорания, предусмотренных стандартов выбросов токсичных веществ, интерес к исследованиям процессов сгорания будет в ближайшие годы возрастать.

Непосредственный впрыск топлива в цилиндр должен обеспечивать получение гомогенного горения, которое используется в системах его впрыска во впускной коллектор. Также в настоящее время ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ направлены на получение гетерогенной (послойной) топливно-воздушной смеси, способной сгорать при избытке. В связи с этим, системы бензиновых двигателей становятся схожими с системами сгорания, используемые в дизельных двигателях.

Развитие систем непосредственного впрыска первого поколения в бензиновых двигателях ориентированно в основном на распыление топлива на стенку камеры сгорания (wall-guided) [1, 2]. Исследование современного их поколения (spray-guided) показали потенциал для снижения расхода топлива за счет увеличения зоны работы двигателя на гетерогенной топливно-воздушной смеси, одновременно с уменьшением выбросов вредных веществ [3]. На основе проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод, что существует возможность получения гетерогенной топливно-воздушной смеси при больших нагрузках, действующих на двигатель (среднее эффективное давление более 0,5 МПа и скорость вращения свыше 4000 об/мин), путем применения многофазного впрыска топлива в его цилиндры [3-5]. Применение непосредственного впрыска топлива с расположенной в центре камеры сгорания форсункой, также позволяет улучшить качество получаемой однородной смеси при больших нагрузках, действующих на двигатель.

Управление двигателем путем изменения количества топливно-воздушной смеси в его цилиндрах с помощью дроссельной заслонки приводит к значительным потерям производительности, особенно во время работы при частичных нагрузках, что влечет необоснованно большому расход топлива. В связи с этим, снижение насосных потерь во время притока новой порции свежего заряда топливно-воздушной смеси представляет собой значительный потенциал для повышения эффективности работы бензинового двигателя и минимизации расхода топлива. Эта задача была решена посредством качественного управления двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием путем управления впрыском топлива непосредственно в цилиндры. Кроме того, существуют различные подходы к снижению насосных потерь во впускной системе с помощью новых решений, например, таких как управление клапанами. Идея непосредственного впрыска топлива в цилиндр бензинового двигателя является сочетанием его преимуществ с преимуществами дизельного аналога.

На рис. 1 представлена схема создания топливно-воздушной смеси с гораздо большим коэффициентом избытка воздуха λ , чем в обычных двигателях, в которых состав топливно-воздушной смеси является стехиометрическим, т. е. с $\lambda \approx 1$. В условиях использования гомогенных (однородных по составу), но смесей с избытком окислителя, необходима большая энергия воспламенения, которую не может обеспечить обычная система зажигания. Создание стратифицированной топливно-воздушной смеси необходимо

выполнить таким образом, чтобы распределение топлива в районе свечи зажигания было максимально приближенно к стехиометрическому, а в остальной части располагалась обедненная смесь, с целью обеспечения стабильного воспламенения всего заряда в цилиндре. Давление впрыска топлива в топливных системах бензиновых двигателей с непосредственным впрыском составляет несколько МПа. В современных системах топливоподачи с непосредственным впрыском бензина максимальное давление достигает значений 20-30 МПа. Это позволяет сократить время впрыска, уменьшить диаметр капель распыленного топлива и увеличить скорость его испарения.

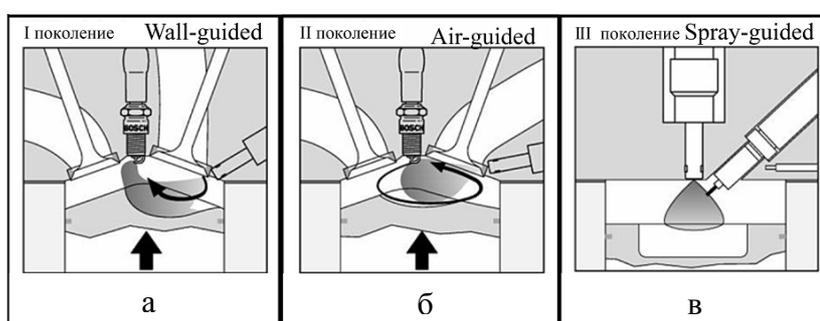


Рисунок 1 – Схема создания топливно-воздушной смеси:
а – формирование смеси посредством формы стенок камеры сгорания;
б – формирование смеси посредством движения воздушного потока;
в – формирование смеси посредством распыления топлива

В практической реализации непосредственного впрыска топлива в бензиновых двигателях используется сжигание бедных смесей с коэффициентом избытка воздуха свыше 1,2 (рис. 2). Предполагается два способа создания смеси в цилиндре двигателя. Первый – послойный (коэффициент избытка воздуха выше 1,2). Он используется, когда двигатель работает с частичной нагрузкой. Второй – с полным смешиванием топлива с воздухом (коэффициент избытка воздуха ≈ 1 стехиометрическая смесь). Он используется, когда двигатель работает при больших нагрузках.

Подготовка послойной топливно-воздушной смеси происходит во время такта сжатия (рис. 3).

В конце такта сжатия в цилиндр впрыскивается порция топлива. Его распыленная струя направлена непосредственно на электроды свечи зажигания. В этот момент происходит интенсивное смесеобразование. Разряд на электродах зажигает топливо, когда топливно-воздушной смесь, расположенная вокруг электродов свечи

зажигания, становится стехиометрической. Пламя охватывает не весь объём цилиндра, а только его верхнюю часть, и дальше не распространяется. Топливо, подаваемое в цилиндр, сгорает полностью. Сгорание происходит с избытком кислорода, который находится в объеме цилиндра, где отсутствует топливо. Послойное смесеобразование в цилиндре бензинового двигателя позволяет работать при среднем значении коэффициента λ в камере сгорания, равном 1,5 - 4. Направленная на свечу зажигания струя топлива позволяет получить вокруг ее электродов, слой смеси с коэффициентом $\lambda \approx 1 - 0,8$. Этот объем топливно-воздушной смеси в состоянии воспламениться от искры на электродах свечи зажигания.

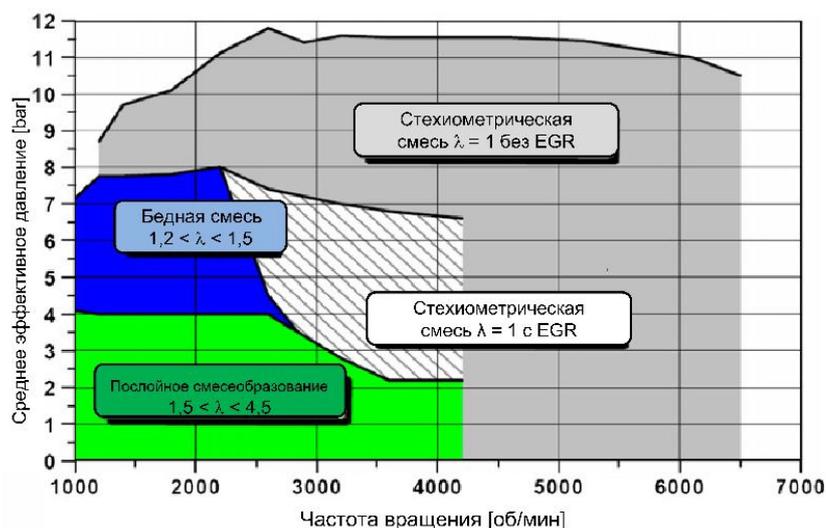


Рисунок 2 – Режимы работы бензинового двигателя

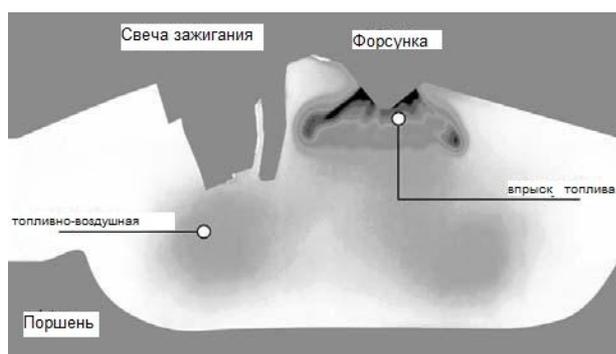


Рисунок 3 – Послойное смесеобразование

Когда двигатель работает под нагрузкой, система питания топливом работает с однородной смесью. Впрыск топлива начинается во второй части такта впуска. Оно распыляется в вихревом потоке воздуха, всасываемого в цилиндр. При этом происходит их полное

смешивание. В конце такта сжатия происходит воспламенение топлива, и пламя охватывает весь объем камеры сгорания. В этом режиме количество топлива, выбирают таким образом, что бы значение λ достигало 1 - 1,2.

Выводы. Процесс распыления топлива существенно влияет на термодинамические параметры рабочего цикла двигателя, Использование непосредственного впрыска бензина в камеру сгорания и послойного смесеобразования позволяет повысить топливную экономичность двигателя и одновременно снизить содержание вредных веществ в выхлопных газах. А использование пьезоэлектрических форсунок дает возможность совершенствовать экологические показатели бензиновых двигателей.

Список литературы

1. Development of 4D95 engine series meeting tier 3 / M. Tanaka, K. Inoo, J. Oshima, et al. // Komatsu technical report. – 2007. – № 160, Vol. 53. – P. 1-8.
2. Development and Analysis of a Spray-Guided DISI Combustion System Concept / B.A. VanDerWege, Z. Han, C.O. Iyer et al. // SAE Technical Paper. – 2003. – № 1 (3105). – P. 1-182.
3. Achleitner E., Bäcker H., Funaioli A. Direct Injection Systems for Otto Engines // SAE Technical Paper. – 2007. – № 1 (1416). – P. 1-40.
4. The next generation of gasoline direct injection: improved fuel economy and optimized system cost / M. Wirth, D. Zimmermann, R. Friedfeldt et al. // Global Powertrain Congress GPC'03. Advance engine design and performance. - Saline, Michigan: South Industrial, 2003. – P. 39-48.
5. Maslennikov D. Badawcza identyfikacja właściwości systemu spalania z bezpośrednim wtryskiem paliwa i zapłonem iskrowym: rozprawa doktorska / Maslennikow Dmitrij Aleksandrowicz. – Poznań, 2012. – 149 s.