

УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Масленников Д.А.

Донецкий Национальный Технический Университет, Донецк

Аннотация: Сегодня основным направлением поиска возможностей улучшения показателей работы двигателей внутреннего сгорания является оптимизация процессов, происходящих в камере сгорания, в частности, процессов создания смеси и сгорания. В настоящее время в мире наблюдается явный рост интереса исследования, связанного с поиском более эффективных процессов преобразования химической энергии в механическую энергию, более эффективных как с точки зрения экологии, так и энергетики

Ключевые слова: Впрыск топлива, топливно-воздушная смесь, двигатель внутреннего сгорания, непосредственного впрыска бензина.

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

В настоящее время в мире наблюдается явный рост интереса исследования, связанного с поиском более эффективных процессов преобразования химической энергии в механическую энергию, более эффективных как с точки зрения экологии, так и энергетике. Проводимые исследования направлены на лучшее понимание явлений, связанных с распылением топлива и его сгорания и последующим управлением этими процессами. Подробное рассмотрение и описание этих явлений и процессов позволит 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.

С точки зрения конструкции, существует множество решений для систем впрыска двигателей с искровым зажиганием использующихся в современных транспортных средствах. В двигателях с искровым зажиганием используются системы распределенного впрыска (во впускной коллектор, низкого давления MPI) и непосредственного впрыска бензина (впрыск в цилиндр, высокого давления HPI, FSI, GDI). Редко встречающиеся двигатели с другой конструкцией систем впрыска (совместное использование системы впрыска во впускной коллектор и прямого впрыска топлива в цилиндр не нашли широкого применения).

Непосредственный впрыск топлива в цилиндр должен обеспечивать получение гомогенного горения, которое используется в системах впрыска топлива во впускной коллектор. Также должны – и это в настоящее время основные направления научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок – обеспечивать получение гетерогенной (послойной) топливно-воздушной смеси, обеспечивающей сжигание бедных смесей. В связи с этим, системы бензиновых двигателей становятся схожими на системы сгорания, используемых в дизельных двигателях.

Использование непосредственного впрыска топлива высокого давления в двс, в настоящее время основное направление исследований. Это позволяет любому количественное и качественное развитие способа получения горючей смеси и влияет на способ последующее сгорание.

Развитие систем непосредственного впрыска первого поколения в бензиновых двигателях, ориентированных в основном на системах распыления топлива на стенку камеры сгорания (wall-guided) [2]. Современное их поколение (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 исследования литературных источников можно сделать вывод, что существует возможность получения гетерогенной топливно-воздушной смеси для больших нагрузок двигателя (Среднее эффективное давление выше 0,5 МПа и скорости вращения свыше 4000 об/мин) путем применения многофазного впрыска топлива в цилиндры двигателя [3]. Применение непосредственного впрыска топлива с расположенной в центре форсункой в камере сгорания, также позволяет улучшить качество полученной однородной смеси при больших нагрузках на двигатель.

Первое поколение двигателей с непосредственным впрыском (wall-guided) позволяла снизить расход топлива по отношению к системам впрыска во впускной коллектор за счет уменьшения потерь на дроссельной заслонке, что благоприятствовало условиям работы на бедных смесях, уменьшались потери тепла при более низкой температуре смеси. Что позволяло использовать более высокую степень сжатия благодаря использованию охлаждающего эффекта в результате испарения впрыскиваемого топлива. В случае системы формирования топливно-воздушной смеси путем соответствующего распыления топлива потери тепла во время горения меньше, что приводит к увеличению экономичности двигателя.

Преимущество системы формирования топливно-воздушной смеси путем соответствующего распыления топлива является центральное размещение инжектора и небольшой интервал между отверстиями форсунки инжектора и электродами свечи зажигания, что позволяет сократить время между впрыском и возникновением электрического разряда. Такое решение позволяет эффективно управлять процессом распыления топлива и сгорания. Центральный впрыск бензина уменьшает поверхность теплопотерь через стенки камеры сгорания (топливно-воздушная смесь находится в центре камеры сгорания не соприкасаясь со стенками цилиндра). Формирования топливно-воздушной смеси происходит за счет движения топлива в цилиндре двигателя что непрерывно создает завихрение воздуха.

Двигатели, в которых осуществляется впрыск топлива на поверхность поршня, имеют повышенное содержание в выхлопных газах продуктов неполного сгорания углеводородного топлива и сажи. Современные исследования сгорания в двигателях с системами формирования топливно-воздушной смеси путем соответствующего распыления топлива и центральном размещении форсунки в камере сгорания, показывают, что топливо, впрыскиваемого в конце такта сжатия не успевает осесть на поверхности поршня. Это подтверждают, в частности, исследования, проведенные с использованием бензиновых пьезоэлектрических форсунок в системах формирования топливно-воздушной смеси путем соответствующего распыления топлива.

В некоторых работах [4] было установлено, что транспортные средства, оснащенные двигателями с непосредственным впрыском топлива системы формирования смеси через форму струи топлива (spray-guided), а также применение пьезоэлектрических форсунок уменьшают расход топлива более чем на 20% в отношении транспортных средств, оборудованных двигателями с распределенным впрыском. Как отмечает Вирс [5] применение электромагнитных форсунок wall-guided позволяет получить относительно небольшое снижение расхода топлива от 5% до 15,5% в тесте NEDC в сравнении с двигателями MPI.

Управление двигателем путем изменения количества топливно-воздушной смеси в цилиндре двигателя с помощью дроссельной заслонки приводит к значительным потерям в производительности, особенно при работе при частичных нагрузках, что приводит к большому расходу топлива. В связи с этим, снижение потерь во время притока свежего заряда топливно-воздушной смеси представляет собой значительный потенциал для повышения эффективности и минимизации расхода топлива бензиновыми двигателями. Эта проблема была решена через качественное управление двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием, путем управления впрыском топлива непосредственно в цилиндры. Кроме того, существуют различные подходы к снижению потерь во впускной системе с помощью новых решений, таких как управление клапанами. Идея непосредственного впрыска топлива в цилиндр бензинового двигателя является сочетание преимуществ дизельного двигателя с преимуществами бензинового двигателя.

На рис. 1 представлена схема создания топливно-воздушной смеси с гораздо большим коэффициентом избытка воздуха λ , чем в обычных двигателях, в которых состав топливно-воздушная смесь является стехиометрической, т. е. для коэффициента $\lambda \approx 1$. В условиях смесей гомогенных (однородных), но бедных, необходима большая энергия зажигания, 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 была обеднённая смесь, чтобы обеспечить стабильное воспламенение всего заряда в цилиндре. Давление 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, что позволяет сократить время впрыска, уменьшить диаметр капель распыленного топлива и увеличить скорость испарения топлива.

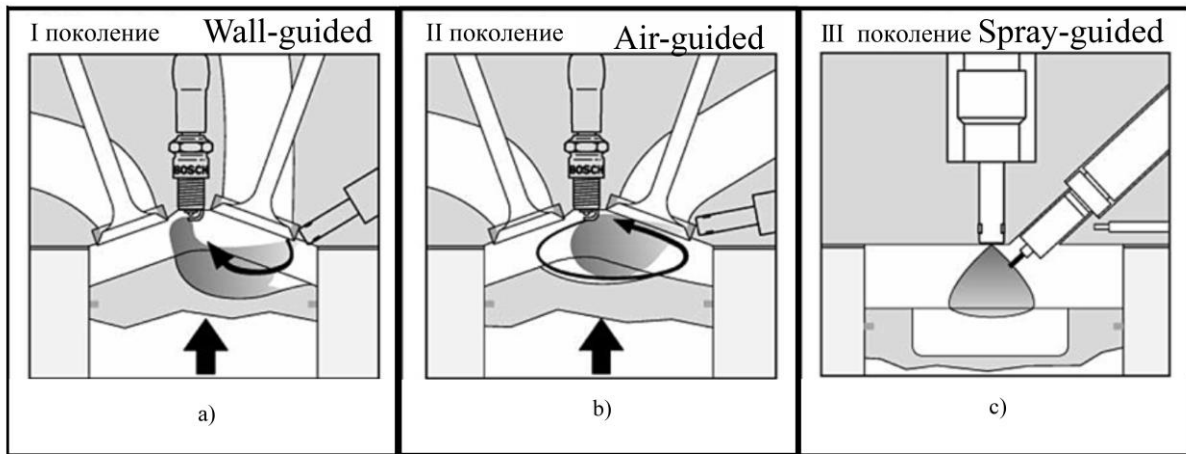


Рис. 1. Схема создания топливно-воздушной смеси

- a) – формирование смеси посредством формы стенок камеры сгорания
- b) – формирование смеси посредством движения воздушного потока
- c) – формирование смеси посредством распылением топлива

В практической реализации непосредственного впрыска топлива в бензиновых двигателях использует 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) – используется, когда двигатель работает с частичной нагрузкой. Второй – с полным смешиванием топлива с воздухом (коэффициент избытка воздуха ≈ 1 стехиометрическая смесь) – используется, когда двигатель работает с большой нагрузкой.

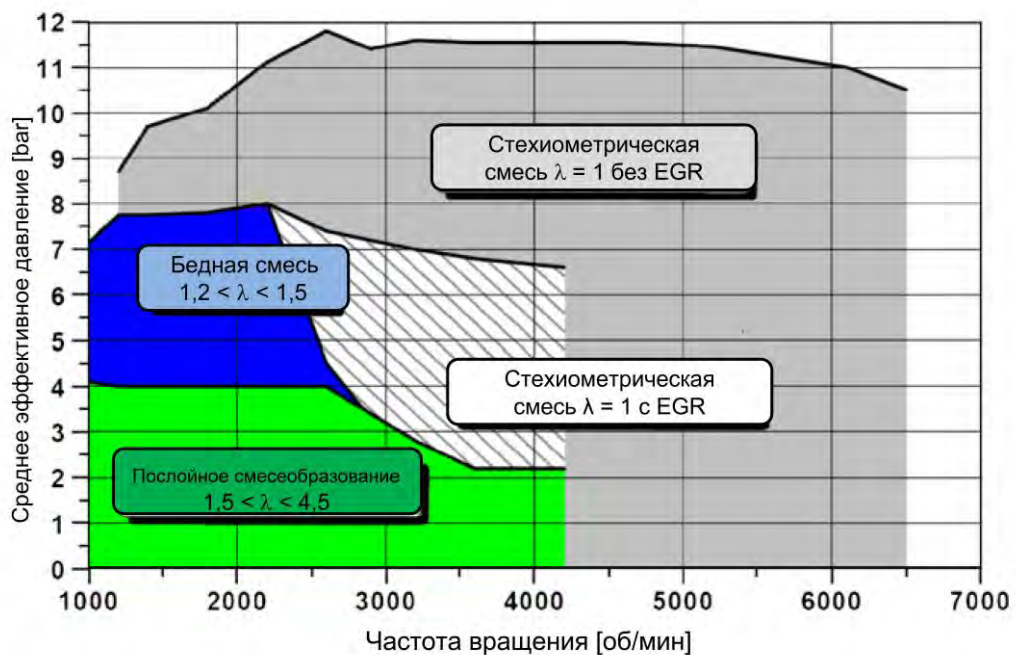


Рис. 2. Режимы работы бензинового двигателя.

Подготовка послойной топливно-воздушной смеси происходит во время такта сжатия. В конце такта сжатия в цилиндр впрыскивается порция топлива. Распыленная струя топлива направлена непосредственно на электроды свечи зажигания, в этот момент происходит интенсивное смесеобразование. Разряд на электродах зажигает смесь, когда топливно-воздушной смесь, вокруг электродов свечи зажигания, стехиометрическая. Пламя охватывает не весь объем цилиндра, а только в верхнюю часть, и дальше не распространяется. Топливо, подаваемое в цилиндр, сгорает полностью сгорание происходит с избытком кислорода - избыток находится в объеме цилиндра, где нет топлива. Послойное смесеобразование в цилиндре бензинового двигателя позволяет работать при среднем коэффициенте лямбда в камере сгорания со значением равным 1,5 - 4. Направленная струя топлива на свечу зажигания позволяет получить вокруг ее электродов, слой смеси с коэффициентом лямбда-примерно $\lambda = 1 - 0,8$. Этот объем в состоянии воспламениться от искры на электродах свечи зажигания.

Когда двигатель работает под нагрузкой, система питания топливом, работает со смесью однородной. Впрыска топлива начинается во второй части такта впуска, топливо распыляется в вихревом потоке воздуха, всасываемого в цилиндр. Топливо смешивается полностью с всасываемым воздухом в цилиндр. 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 лямбда достигало $\lambda = 1 - 1,2$.

Выводы:

Можно сделать вывод, что 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. Tanaka M., Inoo K., Oshima J., Shinohara M.: Development of 4D95 engine series meeting tier 3. Komatsu technical report nr 160, VOL. 53, 2007
2. VanDerWege B.A., Han Z., Iyer C.O., Muñoz R.H. and Yi J.: Development and Analysis of a Spray-Guided DISI Combustion System Concept, SAE Technical Paper 2003-01-3105, 2003
3. Achleitner E., Bäcker H., Funaioli A.: Direct Injection Systems for Otto Engines. SAE Technical Paper 2007-01-1416, 2013

4. Wirth M., Zimmermann D., Friedfeldt R., Caine J., Schamel A., Storch A., et al.: The next generation of gasoline direct injection: improved fuel economy and optimized system cost. In: Advance engine design and performance, Global Powertrain Congress GPC'03, Vol. 24, 2003

5. Maslennikov D.: Badawcza identyfikacja właściwości systemu spalania z bezpośrednim wtryskiem paliwa i zapłonem iskrowym. 149 s. Rozprawa doktorska. Politechnika Poznańska, 2012 DrOIN 1457.