

Моделирование смесеобразования в двигателе с расслоением заряда в цилиндре

д.т.н. проф. Кузнецов И.В., Сычев А.М., д.т.н. проф. Денисов А.В.
ФГБОУ ВПО «МГИУ», НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ
8 (915) 159-44-62, sam61@mail.msiu.ru

Аннотация. Исследована система впуска для подвода в цилиндр расслоенного заряда через тангенциальный разделенный впускной патрубок. Разработана установка, на которой проведено моделирование смесеобразования, в результате которого получены визуальные картины распределения заряда в цилиндре при различных расходах воздуха. Доказана возможность получения устойчивого расслоения заряда в цилиндре при использованной организации процесса впуска.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, впускной канал, вихревое движение, расслоение заряда, моделирование, прозрачный цилиндр, лазер, визуализация смесеобразования

В настоящее время большое внимание уделяется улучшению топливной экономичности и снижению концентрации вредных веществ в отработавших газах (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием. Для решения этих задач применяется расслоение заряда в цилиндре двигателя, которое подразумевает подачу топлива и воздуха в цилиндр так, чтобы к моменту воспламенения обогащенная топливовоздушная смесь оказалась вблизи свечи зажигания, а обедненная смесь вплоть до чистого воздуха – в противоположной зоне камеры сгорания. Богатая смесь в районе свечи зажигания легко воспламеняется и быстро сгорает, вызывая нарастание температуры и давления в камере сгорания, что способствует сгоранию бедной смеси. Таким образом, расслоение заряда позволяет эффективно сжигать заряд, состоящий из бедной смеси, что улучшает топливную экономичность и позволяет снизить концентрацию вредных веществ в ОГ [1].

Для исследования смесеобразования в ДВС с расслоением заряда могут быть использованы оптические методы исследования. Отличительной особенностью этих методов является отсутствие зондов и пробоотборников, влияющих на распределение потоков в цилиндре. Визуализация смесеобразования позволяет получать картины реального распределения потоков в камере сгорания (КС) и дает возможность детального исследования процесса смесеобразования. Системы фото- и видеосъемки позволяют наблюдать процессы смесеобразования в динамике при различных расходах расслоенного заряда через цилиндр.

Целью данной работы являлось получение картин смесеобразования в цилиндре при тангенциальном подводе заряда в зависимости от расхода воздуха.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

- разработан процесс смесеобразования для ДВС с расслоением заряда в цилиндре;
- изготовлены детали системы впуска для подвода в цилиндр расслоенного заряда;
- разработана и изготовлена установка для моделирования смесеобразования;
- проведены исследования по моделированию смесеобразования с визуализацией расслоения заряда в цилиндре.

Для проведения исследований была изготовлена экспериментальная головка цилиндра с тангенциальным впускным каналом, которая состояла из двух частей, в каждой из которых были выполнены части впускного и выпускного каналов, а также полости системы охлаждения (рисунок 1). Половины головки были соединены, и в нее были установлены впускной и выпускной клапаны, а также перегородка во впускной канал. Конструкция впускного канала показана на рисунок 2.

Система впуска включала впускную трубу с двумя отдельными каналами, соединенными с двумя карбюраторами К-127 (рисунок 3).

Для визуализации смесеобразования было решено использовать метод «лазерного ножа» [2]. Метод заключается в том, что поток, содержащий мелкие светотражающие частицы, проходит через лазерную плоскость («лазерный нож»), образованную пропусканием ла-

зерного луча через короткофокусную линзу. Полученное на лазерной плоскости изображение фиксируется фотосъемкой на высокочувствительную пленку или при помощи кинокамеры выводится на экран монитора.

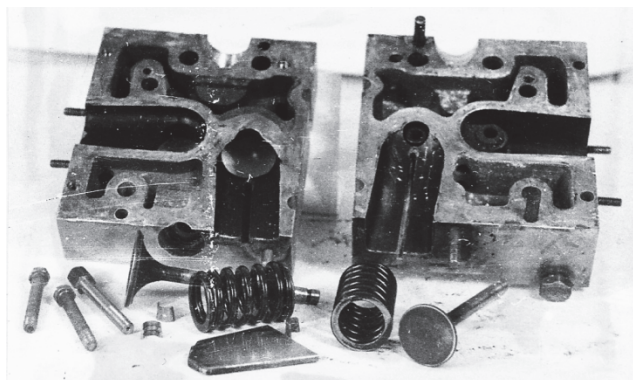


Рисунок 1. Экспериментальная головка цилиндра

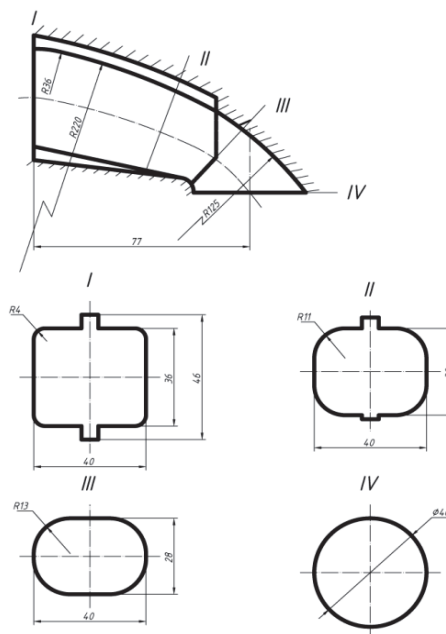


Рисунок 2. Конструкция впускного канала

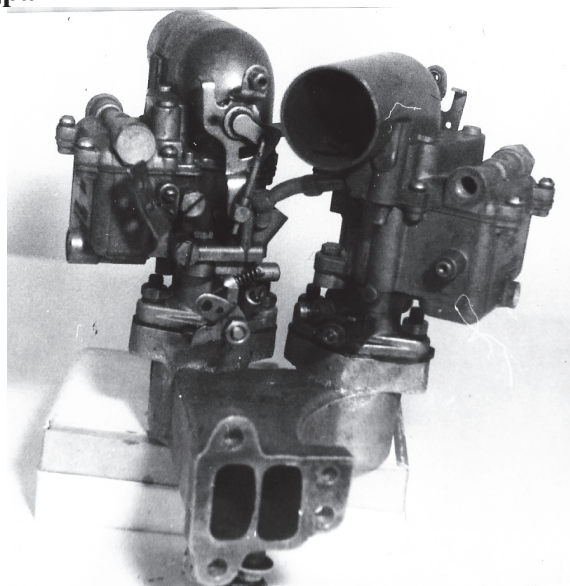


Рисунок 3. Впускная труба и карбюраторы для подвода в выделенный цилиндр расслоенного заряда

Исследовательская установка (рисунок 4) содержала стеклянный цилиндр 1 с внутренним диаметром 100 мм и высотой 100 мм, к которому крепилась экспериментальная головка 2 с впускной трубой 8.

Через карбюратор 5 в цилиндр поступал чистый воздух, а через карбюратор 6 – дым, получаемый путем нагрева древесных опилок, находившихся в баке 13, паяльной лампой 14. В процессе исследований дым, имеющий большую температуру и меньшую плотность, моделировал чистый воздух или бедную смесь, а чистый воздух, имеющий большую плотность – богатую смесь. Расходы воздуха через карбюраторы 5 и 6 изменялись заслонками 4 и 7 и измерялись газовыми счетчиками 10 и 11 модели РГ-40. Цилиндр 1 через перфорированную шайбу 22 и магистраль 21, снабженную заслонкой 20 и запорным краном 19, сообщался с баком 18, соединенным с вакуумным насосом 17. Регулирование положения заслонки 20 имитировало изменение скоростного режима работы двигателя, а изменение положения

дроссельных заслонок 4 и 7 позволяло имитировать работу двигателя при различной нагрузке. Лазерная плоскость 9 образовывалась при прохождении луча лазера 16 через цилиндрическую кварцевую короткофокусную линзу 15. Плоскость направляли на электрод свечи зажигания 3 под наклоном для обеспечения возможности фото- и видеосъемки.

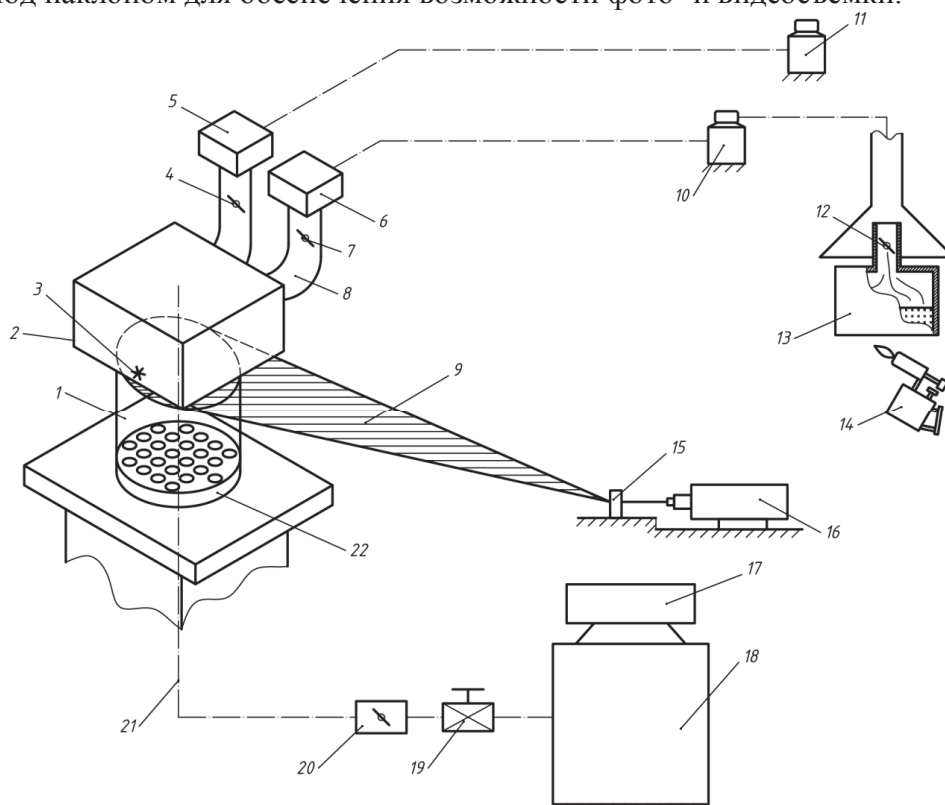


Рисунок 4. Схема исследовательской установки: 1 – стеклянный цилиндр; 2 – головка цилиндра; 3 – свеча зажигания; 4, 7 - дроссельные заслонки; 5 – карбюратор для подачи богатой смеси; 6 – карбюратор для подачи бедной смеси; 8 – впускная труба; 9 – лазерная плоскость; 10, 11 – счетчики РГ-40; 12 – заслонка; 13 – бак с опилками; 14 – паяльная лампа; 15 – линза; 16 – лазер; 17 – вакуумный насос; 18 - вакуумный бак; 19 – запорный кран; 20 – заслонка; 21 – вакуумная магистраль; 22 - перфорированная шайба

Для работы экспериментальной установки закрывали запорный кран 19 и откачивали воздух из бака 18 насосом 17. Выставляли заслонку 20 в положение, соответствующее требуемому расходу заряда $G_{в\Sigma}$, поступающему в цилиндр при работе двигателя по внешней скоростной характеристике. Изменением положения заслонки 4 можно было регулировать расход воздуха $G_{в1}$ через смесевой канал, а изменением положения заслонки 7 – расход воздуха $G_{в2}$ через воздушный канал. Включали лазер, открывали запорный кран 19, и через открытый впускной клапан в цилиндр 1 начинали поступать воздух и дым. Картина смесеобразования фотографировалась на светочувствительную пленку РФЗ. Время экспозиции при мощности лазера 1,5-3 Вт составляло 2 мс.

В результате моделирования было установлено, что картина расслоения в КС зависит от суммарного расхода воздуха в заряде $G_{в\Sigma}$ и от расхода воздуха $G_{в1}$, поступающего в цилиндр по «смесевому» каналу. Отношение расхода воздуха через «смесевой» канал к общему расходу воздуха можно охарактеризовать коэффициентом расслоения ξ :

$$\xi = \frac{G_{в1}}{G_{в\Sigma}},$$

где: $G_{в1}$ – расход воздуха через «смесевой» канал;

$G_{в\Sigma}$ – общий расход воздуха через цилиндр.

Коэффициент ξ определяет не только энергию вихрей, но и формирует картину концен-

трационных полей при впуске в цилиндр. При увеличении ξ возрастает интенсивность вихревого движения, а при его уменьшении увеличивается расслоение заряда в цилиндре.

Результаты моделирования смесеобразования показаны на рисунке 5.

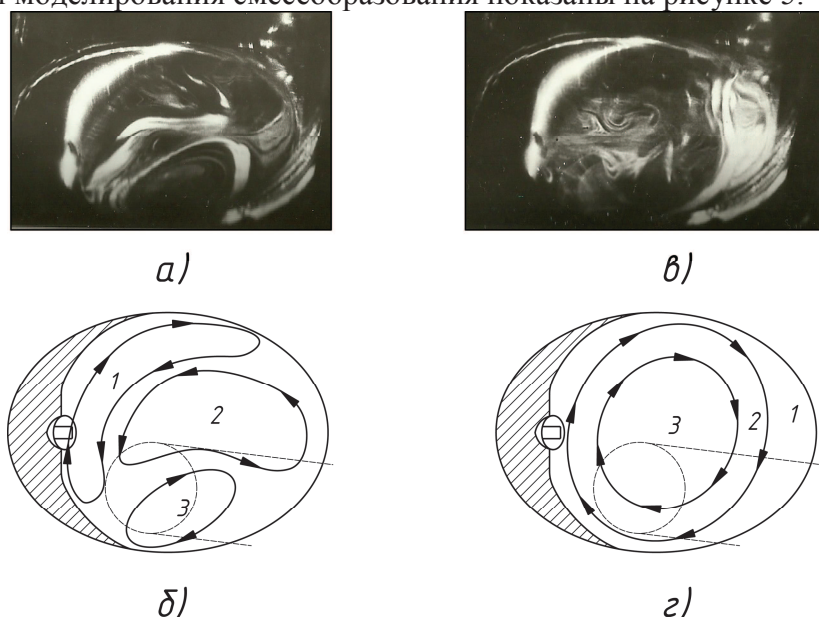


Рисунок 5. Результаты моделирования смесеобразования: а – фотография смесеобразования при $G_{\Sigma} = 24 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\xi = 0,455$; б – картина смесеобразования при $G_{\Sigma} = 24 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\xi = 0,455$; в – фотография смесеобразования при $G_{\Sigma} = 48 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\xi = 0,455$; г – картина смесеобразования при $G_{\Sigma} = 48 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\xi = 0,455$

В результате опытов было установлено, что при малых расходах G_{Σ} в цилиндре наблюдаются три вихря: вихрь богатой смеси 1, вихрь промежуточной смеси 2 и вихрь бедной смеси 3 (рисунок 5, а). Вихрь богатой смеси образован на периферии камеры сгорания, и его направление задается профилем впускного канала. В центре камеры сгорания имеет место частичное перемешивание бедной и богатой смеси (дыма и воздуха) с образованием вихря, направленного в противоположную сторону от вихря 1. Под впускным клапаном образуется вихрь бедной смеси 3. Вихри вписаны в КС, а под большим вытеснителем наблюдается застойная зона. При резкой отсечке впуска (закрытии заслонки 20) в цилиндре сохранялось вихревое движение заряда. Следует отметить, что при подводе заряда только по «смесевому» каналу на периферию КС движение заряда определялось тангенциальным направлением этого канала, а при подводе заряда только по «воздушному» каналу направление движения заряда в цилиндре менялось на противоположное. Высокая контрастность картины течения в КС указывала на малое перемешивание воздуха и дыма. Можно отметить, что «обогащенная смесь» (чистый воздух) скапливается возле стенок КС. При полном открытии дроссельных заслонок в цилиндре происходит слияние вихрей в один общий: «чистый воздух» (дым) 3 концентрируется на оси цилиндра, а богатая смесь 1 – на периферии (рисунок 5, б).

Выводы

Изготовлена исследовательская установка, позволившая применить оптический метод исследования смесеобразования в цилиндре ДВС с расслоением заряда. Проведено моделирование смесеобразования в ДВС с тангенциальным подводом в цилиндр расслоенного заряда с визуализацией потока. В результате исследования установлено влияние суммарного расхода воздуха через цилиндр G_{Σ} и расхода воздуха $G_{\text{в1}}$ через смесевой канал на вихревое движение заряда и формирование картины его расслоения в цилиндре. Доказана возможность получения устойчивого расслоения заряда при использованной организации процесса впуска.

Литература

1. Кузнецов И.В. Увеличение мощности, улучшение топливной экономичности, экологиче-

ских показателей и детонационных качеств в двигателе внутреннего сгорания с искровым зажиганием. - М.: МГИУ, 2008. - 158 с.

2. Дубнищев Ю.Н., Арбузов В.А., Белоусов П.П., Белоусов П.Я. Оптические методы исследования потоков. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2003. - 16 с.

Тенденции и перспективы развития усилителя руля

Кутепов П.А., к.т.н. доц. Малеев Р.А., к.т.н. проф. Коротков В.И.

Университет машиностроения

8-962-968-97-87, kutepvp@rambler.ru

Аннотация. В работе проводится описание гидравлического и электрического усилителя руля, их конструкции и принцип работы.

Ключевые слова: *усилитель руля, гидравлический усилитель руля, электроусилитель руля*

В начале прошлого столетия для управления автомобилем от водителя требовалась хорошая физическая форма. Чтобы совершить поворот машины, требовалось прикладывать немалые усилия на руль. При этом уменьшение усилия сводилось к увеличению в рулевом управлении передаточного числа, но это не давало итогового положительного результата.

Самым распространенным рулевым механизмом является механизм типа "червяк-ролик" (рисунок 1). Червяк с переменным диаметром связан с рулевым валом. Крутящий момент передается от червяка к ролику, связанному с валом с сошкой. Данный рулевой механизм выдерживает большие нагрузки, поворот колёс можно сделать под большим углом, и при этом практически не ощущаемы ударные нагрузки от колёс. Недостатком механизма такой конструкции является его существенная сложность.

Сегодня такой механизм практически сошел со сцены, уступив место в рулевых приводах грузовых и легковых автомобилей механизму классической компоновки, получившему название – "винт-шариковая гайка-рейка-сектор". Винт, которым оканчивается рулевой вал, через циркулирующие по резьбе шарики толкает вдоль своей оси поршень-рейку, а тот в свою очередь поворачивает зубчатый сектор рулевой сошки.

В дальнейшем такой механизм заменил реечный рулевой механизм, который получил широкое распространение. В нем шестерня, связанная с рулевым колесом, передвигает рейку с зубцами, которая, в свою очередь, поворачивает колёса. Этот механизм оказался более простым.

В 1925 году было запатентовано специальное устройство, названное "гидравлический усилитель рулевого управления". Конечно, такое устройство не сразу обрело успех, но пути для улучшения уже наметились. В 40-х годах в Америке, а потом и в Европе гидравлический усилитель руля (ГУР) стал применяться инженерами-конструкторами при разработке некоторых моделей автомобилей. Сегодня ГУР устанавливается практически на весь автотранспорт. Но большая доля относится к легковым автомобилям.

В настоящее время на автомобилях используются гидро- и электроусилители руля. Конструкция этих усилителей, их достоинства и недостатки рассмотрены ниже.

Усилитель руля является одним из важных устройств современного автомобиля. Он не только облегчает водителю управление машиной, но и повышает ее безопасность.

Усилитель руля понижает усилие, которое водитель прилагает к рулевому колесу, увеличивает «чувство дороги», уменьшая силу ударов, которая передается на руль из-за неровностей дорог, тем самым увеличивает маневренность автомобиля. Поэтому данное устройство позволяет лучше «удерживать» автомобиль на дороге даже и при повреждении одного из передних колес.

Рассмотрим гидроусилитель руля (рисунок 2). Одним из основных элементов гидравлического усилителя руля является насос, который приводится двигателем автомобиля и поддерживает нужное давление жидкости в системе. Это давление жидкости, с помощью