

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Махамматсаитов М.Ж.¹, Нарзуллаев К.С.¹

¹Наманганский инженерно-строительный институт, Узбекистан, e-mail: kamol_n@umail.uz

Аннотация. В настоящей статье освещаются актуальные вопросы применения дизельных двигателей внутреннего сгорания с применением системного анализа. Рассматриваются условия при которых автомобильный транспорт с дизельным двигателем становится более надежным, экономичным, экологичным и приспособленным к различным климатическим условиям, по сравнению с газовыми и силовыми установками с принудительным воспламенением топливно-воздушной смеси. Отмечается, что принятые строгие меры по экологической безопасности негативно влияют на привлекательность данного вида транспорта и способствуют росту себестоимости транспорта. Однако, системное исследование многомерного и комбинированного процесса горения дизельного топлива показало разрешимость этих проблемных аспектов. Надлежащее организация и управление периодами горения дизельного топлива благоприятствует снижению вредных компонентов в структуре отработавших газов, снижению шума двигателя, повышению коэффициента полезного действия ДВС. Кроме того, приводятся цифровые подтверждения, что несмотря на нестабильность в международных экономических отношениях рынок ЕС имеет положительную динамику роста для автомобилей работающих на дизельном топливе.

Ключевые слова: дизельный двигатель, системный анализ, экологическая безопасность, процесс горения, периоды горения.

SYSTEM ANALYSIS OF THE COMBUSTION PROCESS IN A DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Makhammatsaitov M.Zh.¹, Narzullaev K.S.¹

¹Namangan Engineering and Construction Institute, Uzbekistan, e-mail: kamol_n@umail.uz

Abstract: This article highlights topical issues of the use of diesel internal combustion engines using system analysis. The conditions are considered - under which motor transport with a diesel engine becomes more reliable, economical, environmentally friendly and adapted to various climatic conditions, in comparison with gas and power plants with forced ignition of the fuel-air mixture. It is noted that the adopted strict environmental safety measures negatively affect the attractiveness of this type of transport and contribute to the growth of the cost of transport. However, a systematic study of the multidimensional and combined combustion process of diesel fuel showed the solvability of these problematic aspects. Proper organization and management of diesel fuel burning periods favors the reduction of harmful components in the structure of exhaust gases, the reduction of engine noise, and the increase in the efficiency of internal combustion engines. In addition, digital confirmation is given that despite the instability in international economic relations, the EU market has a positive growth trend for diesel-powered vehicles.

Keywords: diesel engine, system analysis, environmental safety, combustion process, combustion periods.

Введение. На современном этапе развития сфера автомобильного транспорта претерпевает серьезные изменения. К автомобилям предъявляются определенные требования. К таким относятся: рациональность конструктивных решений при создании транспортной техники, безопасность, приспособленность к различным природным условиям, простота технической эксплуатации и ремонта, эргономичность, параметры массы, простота обслуживания, экономичность и экологичность.

Основным элементом автомобильного транспорта является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Существуют двигатели, работающие на бензине, дизельном и газообразном топливе.

Дизельные двигатели отличаются экономичностью, экологичностью и долговечностью. При этом данные отличия зависят от качественных, конструктивных, технологических факторов изготовления и организации возгорания дизельного топлива и воздуха [1].

Здесь необходимо подчеркнуть, что несмотря на политику электрификации автомобильного транспорта и разработки альтернативных видов топлива, в 2022 году дизельные грузовики оставались доминирующим выбором для покупателей в Европейском союзе, на их долю приходилось 96,6% от общего числа новых регистраций (по сравнению с 95,9% в 2021 году). Несмотря на значительный рост в прошлом году, электромобили по-прежнему составляют лишь 0,6% рынка грузовых автомобилей ЕС. На автомобили с альтернативным двигателем приходилось 2,8% всех грузовиков, проданных в ЕС [2].

Цель исследования. В настоящее время во многих странах мира приняты строгие меры по экологической безопасности транспортных средств, что снижает привлекательность этого транспорта, требуя дополнительные расходы, что способствует повышению себестоимости автомобиля. Загрязняющие окружающую среду газы вырабатываются в результате сгорания топливно-воздушной смеси - дизельного топлива в цилиндре, между поршнем и головкой блока цилиндра ДВС. Процесс возгорания имеет сложную структуру, негативно влияет на организм человека и окружающую среду. Кроме того, от качества горения топливно-воздушной смеси зависит коэффициент полезного действия двигателя. В этой связи, целью исследования является системный анализ многофакторного и сложного процесса горения дизельного топлива, в том числе снижение расхода топлива и содержания вредных веществ в коллекторных газах, с параллельным увеличением эффективной мощности и с уменьшением образования шума двигателя.

Материал и методы исследования. Вырабатываемая двигателем мощность зависит от крутящего момента. Крутящий момент создается в процессе сгорания топлива.

Кроме того, крутящий момент максимально зависит от частоты вращения коленчатого вала и лимитирован следующими основными требованиями: дымность выхлопных газов, ограниченность давления в цилиндрах, наличие тепловой нагрузки на детали, качество топлива и т.д.

В дизельном двигателе очистка отработавших газов и подавление шума осуществляются в значительной степени внутри самого двигателя, т.е. путем управления

процессом сгорания топлива [3]. Сам процесс горения происходит при взаимодействии нескольких элементов – топлива, кислорода в нужном объеме, механизмов и систем ДВС.

В данном двигателе сгорание топлива состоит из нескольких отдельных периодов или фаз. Основными условиями являются: создание высокого давления в цилиндре и организация правильного впрыска топлива в соответствии с углом вращения коленчатого вала.

1. Период задержки воспламенения топлива. Ближе к завершению такта сжатия начинается впрыск топлива в камеру сгорания, однако воспламенение топливно-воздушной смеси начинается не сразу.

2. Быстрое сгорание. Эта фаза сгорания возникает, когда топливо впервые начинает гореть, создавая внезапное повышение давления в цилиндре. Именно это внезапное и быстрое повышение давления в камере сгорания вызывает характерный стук дизельного двигателя.

3. Контролируемое горение. После того, как происходит быстрое сгорание, начинает сгорать остаток топлива в камере сгорания и впрыск продолжается. Этот процесс происходит в районе форсунки, содержащей топливо, окруженное воздухом. Это топливо сгорает при смешивании с воздухом.

4. Догорание топлива. На этом этапе несгоревшее топливо должно полностью сгореть. Рисунок 1 показывает график зависимости изменения давления в цилиндре от угла поворота коленчатого вала дизельного двигателя.

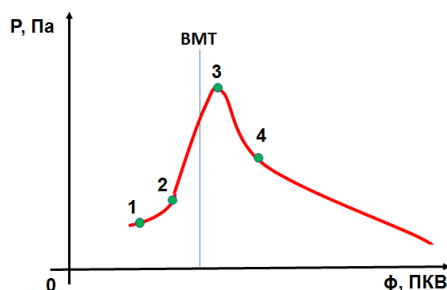


Рисунок 1. График зависимости изменения давления от угла поворота коленчатого вала дизельного двигателя

Следует отметить, что для снижения уровня вредных выбросов автопроизводители находят новые технологические решения для совершенствования поршневых двигателей внутреннего сгорания. В отмеченных выше дизельных ДВС применяются свечи накалывания. Свечи накалывания используются в ДВС с камерой предварительного сгорания и могут использоваться в двигателях с непосредственным впрыском для облегчения запуска. Свеча накалывания - это нагревательный элемент, который использует 12 вольт от аккумулятора и способствует запуску холодного двигателя, выделяя тепло для воспламенения топлива [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение.

Анализ процесса горения показывает, что поступающее в камеру сгорания топливо (на графике точка 1) для полного испарения и окисления с кислородом требует определенного времени. Это время тем больше, чем больше отклонения от теоретических заданных параметров двигателя и качества топлива. Период задержки воспламенения обычно составляет 12-25° угла поворота коленчатого вала или 0,001 - 0,003 с. Таблица 1 показывает периоды и характеристики горения в цилиндре дизельного двигателя.

Чем лучше распылено топливо при впрыскивании в цилиндр, чем выше давление и температура воздуха в конце сжатия, тем меньше период задержки воспламенения топлива и, следовательно, лучше параметры процесса сгорания [7].

Период задержки воспламенения включает в себя время, необходимое для распада струй на капли, некоторого продвижения капель по объему камеры сгорания, прогрева, частичного испарения и смешения топливных паров с воздухом, а также время саморазгона химических реакций.

Таблица 1

Периоды и характеристики горения в цилиндре дизельного двигателя

Периоды горения	Поворот колен.вала ϕ°	Время периода, мкс	Диаметр капель, мкм	Направления движения поршня	Давление P, Па	Температура T, °C
Задержка воспламенения топлива (Точка 1)	12-25	0,001-0,003	30,40	в верх	2,5-5	750-1000
Быстрое сгорание (Точка 2)	10-20	0,008-0,0015	10,20	в верх	6-9	1600-1800
Контролируемое горение (Точка 3)	15-25	0,0012	парообразное	вниз	5,5-8	1800-2200
Догорание (Точка 4)	50-60	0,0035-0,005	сгоревшее топливо	вниз	3-4	630-930

Во второй фазе горения (точка 2) в цилиндре происходит самовоспламенение и быстрое горение начинается с момента воспламенения, и заканчивается в момент достижения максимального давления в цилиндре. В первую очередь сгорают однородные слои смеси топлива и воздуха хорошо перемешанные между собой.

Третья фаза горения (точка 3) показывает плавное изменение давления. Началом этой фазы считается конец второй фазы, а окончанием - момент, соответствующий достижению максимальной средней температуры газов в цилиндре.

Четвертая фаза горения (точка 4) - догорание начинается в момент достижения максимальной температуры и продолжается в течение всего времени догорания топлива. В течение этой фазы догорает топливо, не успевшее сгореть в третьей фазе, причем происходит

это в условиях недостатка кислорода, так как значительное его количество уже израсходовано. Поэтому догорание протекает медленно.

Выводы

Для того, чтобы повысить КПД двигателя и снизить уровень вредных выбросов необходимо более точное управление системой впрыска и горение топлива. В частности, полное сгорание находящегося в цилиндре топлива возможно при обеспечении большего количества воздуха, чем требуется теоретически.

Здесь также надо учитывать тот факт, что смесеобразование и возгорание топлива в дизельных ДВС требует постоянной корректировки. Так как, каждая частичка воздуха участвует в процессе горения топлива. Это осуществляется в течении очень короткого периода времени. Следствием становится неравномерное распределение топливно-воздушной смеси.

Считается целесообразным, когда диаметр распыленного в камеру сгорания капель равен 10-20 мкм. Наряду с этим, на качество смесеобразования оказывает существенное влияние качество топлива - вязкость топлива.

Конструктивным способом влияние на отмеченный процесс является повышение давления распыливания топлива, которое приводит к уменьшению диаметра капель, увеличению дальности полета частиц топлива. Обеспечение температуры самовоспламенения на 100-200°С выше требуемого также благотворно влияет на все указанные выше показатели ДВС.

Список литературы

1. Нарзуллаев К.С. Особенности технического обслуживания двигателя «1,5 MPi DOHC» Шевролет // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта 12 октября 2020 года. – Рязань : Издательство РГАУ, 2020. – Том 1. С. 241-245.
2. Fuel types of new trucks: electric 0.6%, diesel 96.6% market share full-year 2022. [Electronic resource]. The European Automobile Manufacturers' Association. Official website. URL: [https:// www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-trucks-electric-0-6-diesel-96-6-market-share-full-year-2022/](https://www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-trucks-electric-0-6-diesel-96-6-market-share-full-year-2022/) (date of the application: 03.08.2023).
3. Automotive Handbook BOSCH (2022) Published by Robert Bosch GmbH, Postfach 410960, D-76225 Karlsruhe, Business Division, Automotive Aftermarket. Printed in Germany Imprimé en Allemagne. pp. 2046.
4. James D. Halderman. (2015) Automotive engines: theory and servicing. Pearson Education Inc, New Jersey, USA. P. 603.

5. Нарзуллаев К.С. Замонавий ички ёнув двигателларининг кўрсаткичларини яхшилашнинг конструктив ечимлари // “Фан ва техниканинг ривожланишида замонавий инновацион технологияларнинг ўрни” мавзусида Вазирлик миқёсида илмий-амалий конференция материаллари тўплами, Наманган шаҳри, 27 - 28 сентябр 2018 йил”. 123 - 124 б.
6. Горение топлива в цилиндрах дизеля. [Электронный ресурс]. URL: https://myswitcher.ru/books/poyda/page_12.html (датаобращения: 11.03.2023).