

УДК 629.1

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ИСКРОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Скоркин Андрей Сергеевич

студент

Алехин Алексей Викторович

Alekhinal@bk.ru

кандидат технических наук, доцент

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлены систем питания двигателей с искровым зажиганием, проведён анализ направлений повышения их эффективности.

Ключевые слова: двигатель с искровым зажиганием; система питания; инжектор; турбулентность; эффективность.

Двигатель с искровым зажиганием - это поршневой двигатель с внешним или внутренним образованием рабочей смеси и воспламенением ее от внешнего источника. При такте сжатия смесь сжимается в цилиндре до давления 2...3 МПа (при степени сжатия $\epsilon = 8... 12$). Это позволяет в конце такта получать температуру смеси 400... 500 °С, что ниже температуры ее самовоспламенения. Поэтому она поджигается искрой, подаваемой при подходе поршня к ВМТ [1, 2].

Система питания в двигателе с искровым зажиганием предназначена для получения гомогенной горючей топливовоздушной смеси. Однако однородность должна быть обеспечена только для газовых или парогазовых смесей, т. е. перед зажиганием все топливо должно быть подвергнуто испарению. Если существуют факторы, которые не позволяют топливу полностью испариться (например, низкая температура во время холодного пуска двигателя), то следует подать дополнительную порцию топлива, чтобы обогатить топливовоздушную смесь и сделать ее легковоспламеняемой (обогащение смеси при холодном пуске) [3].

Кроме приготовления гомогенной смеси система питания бензинового двигателя должна обеспечивать возможность регулировать ее количество в зависимости от нагрузки [2, 4]. Так как гомогенные рабочие смеси воспламеняются только в узком диапазоне значений коэффициента избытка воздуха ($\alpha = 0,8... 1,2$), то мощность, развиваемая двигателем, и возможность преодоления им внешних нагрузок будут обеспечиваться определенным количеством смеси, поступающей в цилиндры (количественное регулирование). На частичных нагрузках для этого изменяют положение дроссельной заслонки.

Однородность состава топливовоздушной смеси необходимо поддерживать для отдельных цилиндров во всем диапазоне нагрузочных и скоростных режимов работы транспортного двигателя. Однако добиться однородности смеси по цилиндрам весьма сложно.

При частичных нагрузках дроссельная заслонка вызывает колебания давления во впускном тракте, что приводит к нестабильности распределения свежего заряда по отдельным цилиндрам двигателя [4, 5, 6].

Устройства обогащения горючей смеси в системах питания бензиновых двигателей должны компенсировать ее естественное обеднение в условиях холодного запуска двигателя и в случае его работы при низких температурах воздуха (температурная коррекция обогащения топливовоздушной смеси) единственным фактором, оказывающим влияние на стабильность воспламенения смеси, является ее состав [6]. Изменение частоты вращения коленчатого вала, как правило, приводит к изменению периода задержки воспламенения топлива, в то время как величина α оказывает влияние преимущественно на продолжительность процесса сгорания.

Основными факторами, определяющими характер протекания процесса выделения теплоты, являются форма камеры сгорания и месторасположение очага воспламенения (свечи зажигания). Главный фактор, влияющий на продолжительность сгорания скорость распространения пламени (скорость сгорания) [1, 7, 8]. Скорость сгорания определяется процессами диффузии во фронте пламени, а также степенью турбулентности и температурой в тех зонах смеси, которые еще не воспламенились.

Степень турбулентности заряда в камере сгорания и зоне фронта пламени зависит от конструкции впускного тракта и формы камеры сгорания (например, наличия специального вытеснителя для создания турбулентности). Турбулентность внутри камеры сгорания может возникнуть самопроизвольно в результате распространения пламени. На нее всегда оказывают влияние степень сжатия, температура воздуха на впуске и частота вращения коленчатого вала двигателя [2, 9]. Характер роста давления при сгорании оказывает решающее влияние на конечную температуру процесса сгорания, в то время как влияние теплопроводности и теплового излучения проявляется в бензиновых двигателях не столь заметным образом.

Для надежного воспламенения и распространения пламени в двигателях с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием, как правило, не используют бедные смеси с $\alpha > 1,3$. В то же время применение таких смесей весьма желательно для повышения термического КПД и эффективности газообмена, а также уменьшения потерь теплоты, связанных с теплопередачей через стенки камеры сгорания и диссоциацией реагентов.

Детонация происходит тогда, когда скорость распространения пламени приближается к скорости звука. Чаще это явление наблюдается при завершении процесса сгорания. К этому времени остаточные газы уже сильно сжаты и имеют высокую температуру. Детонация характеризуется резким повышением давления. Такое аномальное сгорание приводит к повреждению поршня, головки цилиндра и нередко прокладки между цилиндром и головкой. Вероятность возникновения детонации уменьшается при применении специальных антидетонационных добавок к топливу или обогащении смеси (за счет дополнительного внутреннего охлаждения при парообразовании топлива). [3, 10]

Данная проблема известна давно, и для ее преодоления предлагались различные решения. В частности, цикл Мюллера, в котором на большей части фазы впуска воздух не дросселируется, а впускной канал перекрывается раньше, чем поршень достигнет НМТ. В результате воздух в цилиндре при дальнейшем движении поршня к НМТ «растягивается», его температура снижается, он отнимает теплоту от горячих деталей цилиндра. Цикл Мюллера с помощью так называемых прыгающих заслонок попыталась реализовать фирма «Мазда» на нескольких своих автомобилях, но широкого распространения не получил.

Вторая попытка - цикл Аткинсона. Здесь воздушный тракт открыт не только при движении поршня в сторону НМТ, но и, в зависимости от нагрузки на двигатель от НМТ к ВМТ. В итоге часть воздуха, поступившая в цилиндр на такте впуска, при движении поршня к ВМТ вновь вытесняется из цилиндра, а клапаны системы газораспределения перекрываются в тот момент, когда в

цилиндре остается количество воздуха, строго необходимое для получения заданной мощности. Далее происходит сжатие, воспламенение и т. д., как в обычном цикле. Но потерь энергии на дросселирование при этом нет. Кроме того, вытесненный воздух охлаждает горячие детали цилиндро-поршневой группы и смешивается с поступающим воздухом.

Цикл Атkinsona реализован фирмой «Тойота» на силовой установке гибридного автомобиля «Приус» [4, 6].

Из сказанного следует: совершенствование циклов требует управления фазами газораспределения [2, 5].

Использование непосредственного впрыска бензина в цилиндры приближает работу бензинового двигателя к дизелю, а возросшие возможности и быстродействие электронных элементов, применяемых в автомобилестроении, позволяют решать сложные задачи. Такой решаемой задачей может быть управление составом смеси изменением количества подаваемого топлива и количества рециркуляционных отработавших газов при полностью постоянно открытой дроссельной заслонке. Взаимосвязь между количеством подаваемого топлива и рециркуляционными отработавшими газами, по мнению авторов, будет иметь обратную зависимость, т. е. изменять состав смеси можно управлением рециркуляционных отработавших газов. На основании изложенного можно предположить, что регулирование состава смеси с помощью рециркуляционных отработавших газов взамен дроссельной заслонки позволит снизить потери на впуске и увеличить наполнение цилиндров [2, 11].

Воспламенение богатой топливовоздушной смеси происходит от свечи зажигания возле стенки камеры сгорания. Горение топливовоздушной смеси происходит в кольцевом объеме при его интенсивном вращении. Горячие продукты сгорания, обладающие меньшей плотностью, отводятся из кольцевого объема к оси вращения заряда по направлению и вытесняют относительно холодный воздух из центра вихря в кольцевой объем по направлению. При этом фронт пламени будет смещаться по богатой смеси в

направлении стенки камеры сгорания, откуда в кольцевой объем поступают пары топлива от горячей стенки. Регулирование впрыскивания топлива осуществляют при изменении количества воздушного заряда, поступающего в цилиндр так, что при увеличении количества воздушного заряда угол опережения впрыскивания топлива ϕ увеличивают. Это обусловлено тем, что для испарения большей массы топлива на стенке требуется большее время. Такая организация рабочего процесса в двигателе внутреннего сгорания с искровым зажиганием позволит улучшить топливную экономичность более чем на 15% и снизить содержание в продуктах сгорания оксида углерода и углеводородов более чем на 55%. Один из способов увеличения мощности и повышения экологичности за счет улучшения впрыска топливно-воздушной смеси в цилиндр основан на эффекте Ранка, согласно которому вихревое введение любой текучей среды, в том числе и воздуха, в цилиндрическую полость дает температурный градиент по поперечному сечению полости. Так, пристеночные вихревые потоки, в частности воздуха, разогреваются до температур более 100°C, что определяется в значительной мере давлением подаваемого потока воздуха [1].

Таким образом, повышение эффективности системы питания может осуществляться различными способами, как конструкционными так и технологическими.

Список литературы:

1. Андреев Н.В., Волков Е.А. Способы улучшения смесеобразования в цилиндре ДВС // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://scienceforum.ru/2017/article/2017030020> (дата обращения: 27.10.2020).

2. Лубянкин, А.Н. Альтернативные виды топлива для повышения экологичности автомобильного двигателя / А.Н. Лубянкин, А.В. Алехин // В

сб.: Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения): материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2019 – С. 63-65.

3. Двигатель с искровым зажиганием (двигатель Отто) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://infopedia.su/5x552c.html>

4. Штыка, М. Г. Повышение эффективности двигателя с искровым зажиганием путем снижения сопротивления на впуске / М. Г. Штыка, В. В. Краснокутский, М. А. Русанов, К. И. Лукомский. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 12.1 (92.1). — С. 97-99. — URL: <https://moluch.ru/archive/92/17809/> (дата обращения: 27.10.2020).

5. Хрусталева, Д.А. Перспективы применения двигателя с внешним подводом теплоты / Д.А. Хрусталева, А.В. Алехин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 255.

6. Некоторые пути совершенствования отечественных ДВС [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.avtomash.ru/guravto/2006/20061009.htm>

7. Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла / В.В. Остриков, В.И. Вигдорович, С.Н. Сазонов, Д.Н. Афоничев, К.А. Манаенков // Химия и технология топлив и масел. - 2017. - № 5 (603). - С. 11-16.

8. Консервация машин для разбрасывания пескосоляной смеси / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Соловьёв, [и др.] //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 45.

9. Фирсов, П.В. Современные системы управления механизмами газораспределения двигателя внутреннего сгорания / П.В. Фирсов, Н.А. Эйден, А.В. Алехин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 121.

10. Analysis of the characteristics of natural gas as fuel for vehicles and agricultural tractors / Al-Maidi A.A.H., Rodionov Y.V., Nikitin D.V., Chernetsov D.A., Vdovina E.S., Mikheev N.V. // Plant Archives. - 2019. - T. 19. - C. 1213-1218.

UDC 629.1

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM FOR SPARK ENGINES

Skorkin Andrey Sergeevich

student

Alyokhin Alexey Viktorovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Alekhinal@bk.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article presents the power supply systems for spark ignition engines, analyzes the directions for increasing their efficiency.

Key words: spark ignition engine; supply system; injector; turbulence; efficiency.