DOI: 10.32743/UniTech.2021.85.4-2.8-12

**ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ВПУСКНЫХ И ВЫПУСКНЫХ ПРОЦЕССОВ
ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ДИЗЕЛЯ****Базаров Бахтиёр Имамович**

д-р. техн. наук, профессор,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: baxtbb@mail.ru

Магдиев Каримулла Иргашевич

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: karimullamagdiev@rambler.ru

Васидов Бахром Абдухалилович

соискатель,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Тухтаназаров Эркин Туйчибаевич

магистрант,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**FEATURES OF THE FLOW OF THE INTAKE AND EXHAUST PROCESSES
OF A GAS ENGINE CREATED ON THE BASIS OF A DIESEL ENGINE****Bakhtiyor Bazarov**

Doctor of technical sciences,
Tashkent state transport university
Uzbekistan, Tashkent

Karimulla Magdiev

Senior Lecturer,
Tashkent state transport university
Uzbekistan, Tashkent

Bakhrom Vasidov

Applicant,
Tashkent state transport university
Uzbekistan, Tashkent

Erkin Tukhtanazarov

Master's student,
Tashkent state transport university
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований протекания впускных и выпускных процессов многоцилиндрового четырехтактного газового двигателя, созданного на базе дизеля. Приведены результаты, полученные при эксплуатации газового двигателя с различными конструкциями впускных трубопроводов газового двигателя с наддувом и без наддува, а также особенности воздухообеспечения газового двигателя с наддувом.

ABSTRACT

The article presents the results of analytical and experimental studies of the flow of intake and exhaust processes of a multi-cylinder four-stroke gas engine created on the basis of diesels. The results obtained during the operation of a gas engine with different designs of the intake pipelines of a supercharged and non-supercharged gas engine, as well as the features of the air supply of a supercharged gas engine, are presented.

Ключевые слова: дизель, газовый двигатель, впускные и выпускные процессы, воздухообеспечение газового двигателя.

Keywords: diesel, gas engine, intake and exhaust processes, gas engine air supply.

Введение

В настоящее время в мировой практике широко применяется перевод различных дизельных транспортных средств, а также сельскохозяйственной и строительно-дорожной техники на питание природным газом. Данная тенденция динамично развивается и в настоящее время в мире используется примерно 77...80 млрд. куб м (63,5 млн. т.н.э) природного газа в качестве моторного топлива.

При переводе дизельной техники на питание природным газом по однопаливной (монопаливной) системе питания необходимо учитывать особенности протекания впускных и выпускных процессов из-за различия особенностей протекания рабочего процесса дизеля и газового двигателя, созданного на его основе. Данный подход позволяет улучшить мощностные, эконо-экологические и другие показатели газобаллонной техники.

Цель и постановка задачи

Производство дизелей с питанием газовых топлив или перевод дизельной техники на питание газовыми топливами связано с созданием или с получением транспортных средств с отличительными конструктивными и технологическими решениями. При этом многие системы и механизмы базового дизеля должны быть модернизированы в целях удовлетворения современных энерго-экологических требований.

Поскольку в рамках одной статьи практически невозможно охватить все необходимые научно обоснованные решения по модернизации двигателя, то нами были затронуты только вопросы, связанные по совершенствованию впускных и выпускных систем газового двигателя, созданного на основе дизеля.

Таким образом, целью настоящей работы является обоснование и выбор схемных решений, конструктивных параметров и режимов работы системы подачи топлива и воздуха газового двигателя.

Реализация указанной цели связана с решением следующих задач:

- анализ конструктивно-технологических особенностей впускных и выпускных систем базового дизеля;
- анализ технических решений по размещению систем и элементов по переводу дизеля на питание газовым топливом;
- анализ протекания впускных и выпускных процессов газового двигателя с наддувом и без наддува;

- разработка научно обоснованных конструктивно-технологических решений по совершенствованию впускных и выпускных систем газового двигателя с наддувом и без наддува.

Анализ публикаций

При создании газового двигателя на основе производимых или эксплуатируемых дизелей, помимо достижения заданного уровня мощности, должны обеспечиваться такие важные для транспортных средств параметры, как рабочий диапазон частоты вращения коленчатого вала, диапазон максимальных значений крутящего момента, коэффициент приспособляемости, выбросы вредных веществ и др., которые определяют динамичность и экологичность машин [1...7].

Результаты выполненных научно-исследовательских работ по использованию газообразных альтернативных моторных топлив, таких как, сжатый природный газ (СПГ/CNG), сжиженный природный газ (СжПГ/LNG), сжиженный нефтяной газ (СНГ/LPG), показывают, что рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на этих видах топлива имеют свои особенности по сравнению с жидкими нефтяными моторными топливами [8...15].

Отличительные особенности рабочего процесса газовых двигателей, созданных на базе дизеля связаны:

- пределами воспламеняемости топливо-воздушных смесей;
- компонентным составом топлива;
- способом смесеобразования;
- теплотворной способностью горючей смеси;
- наличием или отсутствием наддува;
- способом воспламенения рабочей смеси;
- конструкцией системы воздухообеспечения.

Таким образом, проведение научных работ по совершенствованию газообменных процессов газового двигателя, созданного на базе производимых или эксплуатируемых дизелей позволяет повысить ряд эксплуатационных показателей транспортных средств, оснащенных данными двигателями, работающими по однопаливной (монопаливной) системе питания [16...21].

Основополагающие подходы

Разработка, модернизация и эксплуатация газовых двигателей на базе выпускаемых или эксплуатируемых дизелей охватывает комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных факторов:

- конструкция впускного и выпускного трубопроводов базового двигателя – дизеля;
- воздухообеспечение дизеля и газового двигателя, созданного на его базе с учетом наддува и без него, а также наличие дроссельной заслонки;
- система охлаждения и зажигания;
- система газораспределения и др.

Результаты исследований

Изучение результатов эксплуатации газовых двигателей, созданных на базе дизеля выявили ряд проблем, решение которых связаны с конструкцией

впускных трубопроводов или системой воздухообеспечения.

Известно, что многоцилиндровые (4 и 6 цилиндровые) рядные дизели, имеющие простую конструкцию впускной системы, нашли наибольшее распространение.

В процессе эксплуатации обнаружены, что клапаны, особенно, выпускные последних цилиндров (5-го и 6-го), работают в условиях высокой теплонпряженности и в отдельных случаях имеются трещины вокруг отверстия под свечу зажигания из-за межцилиндровой неравномерности работы газового двигателя (рис.1)

Рисунок 1. Последствия локального перегрева головки цилиндров из-за межцилиндровой неравномерности работы газового двигателя, созданного на базе рядного шестицилиндрового дизеля

При переводе дизеля на питание природным газом следует учитывать, что система воздухообеспечения имеет ряд особенностей:

- через впускной трубопровод подается газоз-воздушная смесь вместо воздуха;
- горючая смесь может подаваться как в цилиндры с наддувом так и без наддува;
- система промежуточного охлаждения наддувочного воздуха в базовом двигателе в некоторых случаях может отсутствовать;
- в цепь подачи свежего заряда в цилиндры вводится орган управления - дроссельная заслонка, которая оказывает существенное влияние на параметры потока особенно при резком сбросе нагрузки;
- существующие габаритно-массовые ограничения, являющиеся причиной соизмеримости объемов впускного трубопровода с рабочим объемом цилиндров, обуславливают значительные амплитуды пульсации давления в них;
- высокие абсолютные скорости потока горючей смеси и существенное взаимное влияние местных сопротивлений определяют уровень потерь кинетической энергии и тем самым ухудшается качество процессов газообмена в цилиндрах;
- фазы газораспределения, играющие весомую роль в процессе газообмена, остаются постоянными;
- по мере удаления каждого цилиндра от места подачи газа в канале происходит обеднение горючей смеси, которая ещё больше разбавляется выбросами отработавших газов по мере удаления цилиндров.

Таким образом, характер течения газоз-воздушной смеси во впускном канале изменяется по мере развития процесса газообмена. При этом характер течения потока может быть безотрывным, а также отрывным или поток может состоять из рециркуляционных

зон, вызванных неравномерным распределением параметров (давление, температура, скорость) потока по длине (объему) канала и инерционными срывами потока.

Обычно оценка неравномерности работы цилиндров (качество очистки-наполнения) производится по степени наполнения цилиндра свежим зарядом и содержанием остаточных газов.

Однако, наличие рециркуляционных зон определяет возможность локального тепломассообмена во впускном трубопроводе, который образуется по мере удаления от места подачи горючей смеси.

В целях исключения неравномерности работы цилиндров газового двигателя модернизированы впускные трубопроводы с боковым входным патрубком с установкой заглушки (рис.2).

1 – впускной трубопровод; 2 – заглушка; 3 – входной патрубок

Рисунок 2. Модернизированный впускной трубопровод для четырех цилиндровых (а) шестицилиндровых (б) газовых двигателей

Необходимо учитывать, что переоборудуемые базовые дизели на питание газовым топливом могут быть как с наддувом так и без наддува, а также в состав газовой системы питания входит корпус дроссельной заслонки как орган управления газовым двигателем (рис.3)

1 – впускной трубопровод; 2 – воздушный фильтр;
3 – дроссельная заслонка; 4 – турбокомпрессор.

Рисунок 3. Система образования горючей смеси во впускном трубопроводе для шестицилиндровых газовых двигателей без наддува (а) и с наддувом (б)

Наблюдаемый локальный перегрев в последних цилиндрах, связанный с неравномерностью работы цилиндров газового двигателя можно оценить уровнем неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам

$$D_{ци} = \frac{\alpha_{ци} - \alpha_{\phi}}{\alpha_{\phi}} 100, \% \quad (1)$$

где, $\alpha_{ци}$ и α_{ϕ} - коэффициент избытка воздуха соответственно в i-м цилиндре и средний по двигателю.

По полученным данным определяется средняя и максимальная неравномерность распределения горючей смеси по цилиндрам.

$$D_{ср} = \sum_{i=1}^n D_{ци} / n \text{ или}$$

$$D_{max} = |+D_{max}| + |-D_{min}| \quad (2)$$

где, n-число цилиндров.

Для оценки неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам газового двигателя, созданного на базе дизеля, использован метод, основанный на определении содержания компонентов окиси углерода (СО) и углеводородов (СН) в составе отработавших газов отдельно для каждого цилиндра двигателя (газоанализатор пятикомпонентный марки МЕХА-584L).

Отбор отработавших газов для анализа производился у выпускного клапана каждого цилиндра двигателя в режимах холостого хода и максимального крутящего момента, а также максимальной мощности на номинальном режиме.

По результатам измерений концентрации СО в составе отработавших газов можно оценить неравномерность распределения горючей смеси условно принимая $D_{СО} \approx D_{ци}$.

Заключение

На основании проведенного анализа выполненных научных работ по изучению процессов впускной системы газового двигателя, созданного на базе дизеля, установлена необходимость модернизации впускного трубопровода, вызванная особенностями протекания в нем газодинамических процессов.

Список литературы:

1. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. Монография. Ташкент: SHAMS ASA, 2014. –186 с.
2. Базаров Б.И., Васидов А.Х., Калауов С.А. Использование природного газа в качестве моторного топлива для механических транспортных средств. Проблемы и перспективы.// Автомобильная промышленность, 2017, № 6. - 32...34.
3. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Перевод дизелей на питание компримированным природным газом. // Тракторы и сельхозмашины, 2014, №5. – с. 10...12
4. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов Б.А., Сидиков Ф.Ш. Совершенствование эксплуатационных качеств автомобилей с газовыми двигателями, созданных на базе дизелей.// Транспорт Шелкового пути, 2020, Вып. 3-4, с.6...14.
5. Базаров Б.И., Сидиков Ф.Ш., Одилов О.З. и др. Современные тенденции в использовании альтернативных моторных топлив. Journal of Advanced Research in Technical Science. (2019) 14. Vol. 2. p.186...188.
6. Базаров Б.И. Проблемы использования альтернативных моторных топлив и систем питания.// Нефть и газ 2007, №2 –с. 41...42
7. Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей.-М.: Машиностроение, 1982. -151 с.
8. Вошни Г., Цайлингер К., Кавтарадзе Р.З. Вихревое движение воздуха в быстроходном дизеле с четырьмя клапанами на цилиндр// Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение», №1, 1997. С.74...84.

9. Григорьев Е.Г., Колубаев Б.Д., Ерохов В.И. и др. Газобаллонные автомобили. Москва: Машиностроение, 1989. –216 с.
10. Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. – Киев: Высшая школа, 1987. –89 с.
11. Исаков Ю.Н. Методологические основы совершенствования систем воздухообеспечения транспортных двигателей. Автореф. дисс. д-ра. техн. наук.- С-Пб, 1998. -36 с.
12. Рудой Б.П. Влияние на газообмен неустановившихся газодинамических процессов в газоздушном тракте двигателей внутреннего сгорания. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. - М. 1981. -32 с.
13. Самоль Г.И., Гольдблат И.И. Газобаллонные автомобили. Москва: Машгиз, 1963. –386 с.
14. Advanced Combustion Engines and Fuels. Annual Progress Report. Vehicle Technologies Office, 2018. -616 p.
15. Carlos E.G., Bruno S.S., Rech C. Numerical study of an internal combustion engine intake process using a low Mach number preconditioned density-based method with experimental comparison// Proc IMechE Part D: J Automobile Engineering 2015; 229(14): 1863...1877.
16. Davis S.C. Transportation energy. Data book: Edition 36. Oak Ridge: Center for Transportation Analysis. 2017. – 458 p.
17. Endo M., Iwamoto J. A numeral study of pulsating flow In duct with a janction//SAE Techn. Pap. Ser.- 1991 - N911783, C7. -p 1...6.
18. Folkson R. Alternative Fuels and Advanced Vehicle. Technologies for improved Environmental Performance. London. ELSEVIER. 2014. -760 p.
19. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw Hill, New York, NY, USA, 1998. -481 p.
20. Hussain H. Al-Kayiem, Hasanain A. Abdul Wahhab and A. Rashid A. Aziz. Computational Analysis of Flow Characteristic in Inlet and Exhaust Manifolds of Single Cylinder Spark Ignition Engine. //Asian Journal of Applied Sciences, 2017, 10.-p 102...115.
21. Plotnikov L., Zhilkin B.P., Brodov Yu.M. The Influence of Piston Internal Combustion Engines Intake and Exhaust Systems Configuration on Local Heat Transfer.// Procedia Engineering, 2017, 206, - p. 80...85.