

Окулов Роман Юрьевич, магистрант, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация: В настоящее время в крупных городах эксплуатируется большое количество автомобилей, которые загрязняют окружающую среду. Применение газомоторного топлива позволяет существенно снизить уровень вредных выбросов. В данной статье рассмотрены как перспективные виды газового топлива для автомобилей и другой техники, так и те, которые уже применяются. Процесс перехода на альтернативные виды топлива продвигается не очень быстро, так как возникает ряд вопросов, которые требуют решения. Разработка новых материалов, оборудования, создание инфраструктуры занимает немало времени, однако работу в данном направлении необходимо продолжать.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, сжатый природный газ, сжиженный природный газ, биогаз, водородное топливо.

Annotation: Currently, a large number of cars that pollute the environment are operated in large cities. The use of gas engine fuel can significantly reduce the level of harmful emissions. This article discusses both promising types of gas fuel for cars and other equipment, as well as those that are already used. The process of switching to alternative fuels is not progressing very quickly, as there are a number of issues that need to be addressed. The development of new materials, equipment, and infrastructure takes a lot of time, but work in this direction needs to continue.

Keywords: liquefied petroleum gas, compressed natural gas, liquefied natural gas, biogas, hydrogen fuel.

1 Классификация и оценочные показатели газомоторного топлива

Сжиженный углеводородный газ (СУГ)

СУГ (пропан-бутан) – распространенный вид газового топлива. Сжиженный бутан не используют при минусовых температурах, а пропан при высоких (из-за возможного увеличения давления в резервуаре до опасных значений). Поэтому применяется именно смесь газов. СУГ производят на НПЗ из нефти, а также получают в процессе добычи нефти и газа.

К физико-химическим свойствам СУГ можно отнести следующее:

- высокая температура кипения, что дает возможность сохранять сжиженное состояние при температуре от -40 до $+45^{\circ}\text{C}$ и давлении до $16\text{кгс}/\text{см}^2$;
- длительное время не улетучивается и не меняет свои свойства;
- в зависимости от отношения пропана и бутана варьируется и октановое число (90-110);
- энергоэффективность СУГ ниже, чем у традиционных видов топлива.

Пропан кипит при температуре -42°C , бутан при $-0,5^{\circ}\text{C}$, поэтому доля первого выше в зимний период. Соотношение составляет примерно 60% пропана и 40% бутана, летом значения противоположные [9].

Компримированный природный газ (КПГ)

КПГ – это смесь газов, основным из которых является метан. Помимо метана в состав КПГ входят следующие углеводороды: этан, пропан, бутан, а также примеси, не относящиеся к углеводородам. Природный газ намного легче воздуха, не имеет запаха и цвета. Запах он приобретает при обогащении одорантами, чтобы вовремя заметить утечку, так как метан взрывоопасен при определенных концентрациях. В таблице 1 представлены основные физико-химические свойства КПГ.

Таблица 1 – физико-химические свойства КПГ

Расчетное октановое число	105
---------------------------	-----

Взрывоопасная концентрация	5-15% (по объему)
Плотность	0,72кг/м ³
Теплота сгорания	~ 31,8МДж/м ³
Температура кипения	- 162°С

Реализация, транспортировка и хранение КПГ осуществляется под большим давлением. Для того чтобы использовать сжатый природный газ в качестве моторного топлива необходимы автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), подключенные к единой системе газоснабжения.

Суммарную экологическую опасность вредных выбросов автомобилей для человека можно определить посредством современных методик. Они позволяют однозначно оценить уровень экологической опасности отработавших газов автомобилей, как при использовании природного газа, так и других видов моторного топлива. Из всех видов углеводородного моторного топлива, получивших коммерческое развитие, именно природный газ оказывает наименьшее негативное воздействие на окружающую среду [10].

Сжиженный природный газ (СПГ)

К физико-химическим свойствам СПГ можно отнести следующее:

- получают путем охлаждения газа до -162°С, при этом плотность его возрастает до 440кг/м³;
- при испарении воспламеняется от источника воспламенения при концентрации 5-15%;
- температура воспламенения выше, чем у традиционного моторного топлива.

СПГ перевозят на танкерах, хранят в криоцистернах, а в газообразное состояние преобразуют на регазификационных терминалах. Хранение происходит при более низком (1МПа) давлении, по сравнению с КПГ (25МПа), что обеспечивает его большую взрывобезопасность. В процессе сжижения выполняется дополнительная очистка от кислых примесей, что способствует

снижению уровня вредных выбросов и увеличению ресурса мотора, по сравнению со сжатым природным газом.

Сжижение газа выполняется следующими способами:

- охлаждение за счет перепада давления;
- охлаждение либо чистым азотом, либо смесью из нескольких компонентов;
- каскадный способ – свой хладагент и теплообменник на каждый цикл охлаждения, при этом азот в той или иной степени применяется во всех вышеперечисленных подходах.

СПГ – это перспективное топливо для пассажирской, грузовой, карьерной и сельскохозяйственной техники [6].

Биогаз

Биогаз – это сравнительно новое, экологичное и экономичное моторное топливо. В состав биогаза входит метан (60-70%), диоксид углерода (до 30%), а также водород, оксид углерода, кислород, азот, сероводород и водяной пар.

Перед применением биогаза в качестве газомоторного топлива выполняется его очистка, сушка и компримирование. В результате этого доля метана становится выше 95 %. Свойства очищенного биометана такие же, как у природного газа, следовательно, для их применения возможно использование одной и той же топливной аппаратуры. В таблице 2 представлены основные физико-химические свойства биогаза [1].

Таблица 2 – физико-химические свойства биогаза

Низшая теплота сгорания	29850кДж/кг
Температура самовоспламенения	685-747°С
Температура кипения	-161,3°С
Плотность	0,71-0,74кг/м ³
Октановое число	126

Водородное топливо

Водород является наиболее распространенным элементом на нашей планете, однако его не встретишь в обычных условиях, так как он без труда вступает в реакцию с другими соединениями. Существуют разные способы производства водорода, которые различаются как по стоимости, так и по вредному воздействию на окружающую среду, однако основной способ – это реакция воды и метана [3].

В таблице 3 представлены основные физико-химические свойства водородного топлива [4].

Таблица 3 – физико-химические свойства водородного топлива

Низшая теплота сгорания	120МДж/кг
Плотность	0,092кг/м ³
Температура самовоспламенения	570°С
Октановое число	90-95
Точка кипения	-252,8°С

Применять водород в качестве топлива для автомобилей можно двумя способами:

- сжигать в камерах сгорания поршневых двигателей;
- направлять водород в топливные элементы, вырабатывающие электроэнергию, которая в свою очередь подается на электродвигатель.

2 Применение газа как моторного топлива для автомобилей в РФ

Применение сжиженного углеводородного газа

В настоящее время технологии СУГ для автомобильного транспорта тщательно протестированы ведущими автопроизводителями и доказали свою надежность. Наличие газозаправочной инфраструктуры (сегодня это около 4 тыс. газозаправочных станций для нашей страны), невысокий уровень вредных выбросов и стоимость сжиженного углеводородного газа делают его востребованным моторным топливом.

СУГ можно применять и в смеси с дизельным топливом (30/70), что

позволяет сократить топливные затраты, улучшить полноту сгорания и снизить температуру двигателя, продлив тем самым его ресурс. Развиваются производителями и системы непосредственного впрыска топлива в цилиндр, позволяющие максимально точно регулировать процесс сгорания и уровень вредных выбросов [8].

В РФ (на 2020 год) СУГ использовался как топливо для 2,2-5% от общего количества автомобилей (рисунок 1).

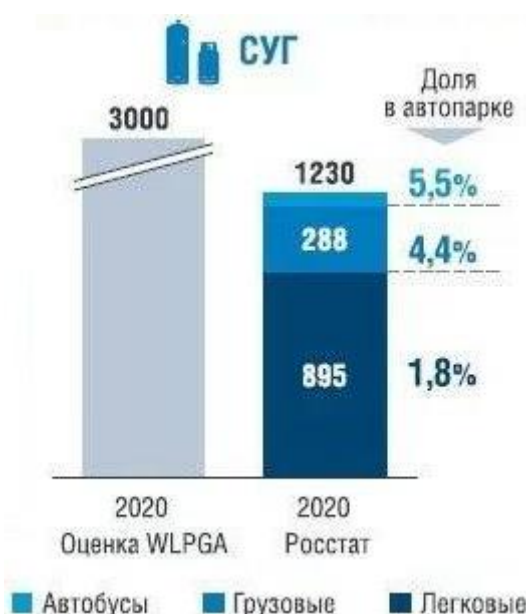


Рисунок 1 – Количество газомоторных автомобилей в РФ, тыс.

На основе данных Всемирной ассоциации СУГ в нашей стране в 2018 году потребление данного моторного топлива было на уровне 3,2 млн. т. В 2019 году наблюдался рост применения, затем падение на фоне пандемии. Сегодня данный показатель составляет примерно 3,3 млн. т, а среднегодовые темпы роста около 3%.

Применение природного газа в сжатом и сжиженном виде

Динамично увеличивается в нашей стране и количество автомобилей на природном газе. Этот показатель для КПП с 2018 года составляет около 7% в год, техника на СПГ же пока слабо распространена (рисунок 2).



Рисунок 2 – Количество газомоторных автомобилей в РФ, тыс.

Потребление природного газа как моторного топлива для автомобилей увеличилось почти в два раза в период с 2018 по 2021 годы, в том числе рост наблюдался и в 2020 году во время пандемии. Одним из факторов здесь является цена газового топлива, для метана она примерно в два раза ниже бензина и ДТ.

В рамках государственной программы РФ «Развитие энергетики» до 2024 года поставлена цель увеличить потребление природного газа как моторного топлива до 2,7 млрд. м³. С учетом нынешней динамики показатели вполне реальные.

Немаловажную роль в данном направлении играет, и поддержка со стороны государства. Приняты некоторые меры, повышающие интерес к переходу на данный вид топлива, они включают следующее:

- предоставление субсидий на переоборудование автомобиля (для легковых сумма составляет от 27000 рублей; для коммерческого транспорта - до 200000 рублей), а в некоторых регионах размер субсидии выше в 1,5 раза;
- субсидирование производителем покупки новой техники (размер субсидии составляет 115-750 тыс. рублей для грузовых автомобилей на КПП и от 300 тыс. до 2,5 млн. рублей для техники на СПГ);
- субсидирование строительства газозаправочных станций (размер субсидии до 36 млн. рублей);

- в некоторых регионах применяется пониженная ставка транспортного налога.

В нашей стране около шести сотен газонаполнительных станций, количество крио-АЗС (для техники на СПГ) гораздо меньше и измеряется десятками. Однако число АГНКС увеличивается каждый год примерно на 20%, в том числе благодаря мерам стимулирования [7].

Применение биогаза

Одним из лидеров по применению биогазовых технологий является Германия, где эксплуатируются порядка 8000 биогазовых установок, а биогаз, очищенный до биометана, применяется как топливо для автомобилей. В нашей стране данное направление развито слабо по ряду причин:

- наличие традиционных видов топлива;
- слабая заинтересованность владельцев объектов, пригодных для производства биогаза;
- сложности с нормативно-правовой базой.

Однако у этого направления есть потенциал, учитывая большое количество отходов, в том числе сельского хозяйства (около 600 млн. т в год) [2].

Применение водорода

Водород является перспективным моторным топливом, так как при его использовании практически отсутствуют вредные выбросы. Результатом химической реакции в топливных элементах является водяной пар и электричество.

Однако на пути внедрения водородных технологий есть ряд нерешенных вопросов:

- получение водорода в промышленных масштабах обходится недешево;
- неразвитая заправочная инфраструктура;
- высокая стоимость топливных элементов (из-за применения дорогостоящих материалов, в том числе платины);
- большой вес и размеры аккумуляторов;
- опасность взрыва.

Несмотря на негативные моменты, работа по внедрению водородного топлива продолжается, ученые разрабатывают новые материалы (к примеру, вместо платины можно использовать углеродные нанотрубки), развивается и сеть заправочных станций, прежде всего в США и Европе [5].

Вывод

В данной статье были рассмотрены основные виды газомоторного топлива. В нашей стране наибольшее применение получил СУГ из-за доступной цены газобаллонного оборудования, стоимости топлива и наличия газозаправочных станций. Растет и применение природного газа, кроме этого, биогаз и водород обладают хорошим потенциалом и являются перспективными видами моторного топлива.

Библиографический список:

1. Альтернативное топливо для автомобилей // AltEnergiya.ru: интернет-портал. 2015. 31 авг. URL: <https://altenergiya.ru/apologiya/alternativnoe-toplivo.html> (дата обращения: 02.01.2023).
2. Биогаз на СПГ // Neftegaz.RU: деловой журнал. 2019. 14 окт. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/500234-biogaz-na-spg/> (дата обращения: 06.01.2023).
3. Водородное топливо // Neftegaz.RU: деловой журнал. 2017. 02 мая. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/142374-vodorodnoe-toplivo/> (дата обращения: 02.01.2023).
4. Использование водорода в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания // CyberLeninka: научная электронная библиотека. 2008. N 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vodoroda-v-kachestve-motornogo-topliva-dlya-avtomobilnyh-dvigatelay-vnutrennego-sgoraniya> (дата обращения: 02.01.2023).
5. Перспективы перехода на водородное топливо // CyberLeninka: научная электронная библиотека. 2017. N 3-4. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-perehoda-na-vodorodnoe-toplivo/viewer> (дата обращения: 06.01.2023).

6. Применение сжиженного природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива // DRIVE2.RU: автомобильный портал. 2015. 30 мар. URL: <https://www.drive2.ru/o/b/1821124/> (дата обращения: 02.01.2023).

7. Российский рынок газомоторного топлива: достижимы ли амбициозные цели? // Neftegaz.RU: деловой журнал. 2022. 09 июн. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/740267-rossiyskiy-rynok-gazomotornogo-topliva-dostizhimy-li-ambitsioznye-tseli/> (дата обращения: 06.01.2023).

8. Сжиженный углеводородный газ как основа альтернативной энергетики и одна из гарантий экономического процветания России и мирового сообщества // CyberLeninka: научная электронная библиотека. 2011. N 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/szhizhennyu-uglevodorodnyu-gaz-kak-osnova-alternativnoy-energetiki-i-odna-iz-garantiy-ekonomicheskogo-protsvetaniya-rossii-i-mirovogo> (дата обращения: 06.01.2023).

9. Сжиженный углеводородный газ (СУГ), сжиженный нефтяной газ (СНГ) // Neftegaz.RU: деловой журнал. 2012. 01 ноя. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/141734-szhizhennyu-uglevodorodnyu-gaz-sug-szhizhennyu-neftyanoy-gaz-sng/> (дата обращения: 02.01.2023).

10. Сравнительный анализ использования КПГ и СУГ в качестве моторного топлива. Продуктовая конкуренция или взаимное дополнение? // CyberLeninka: научная электронная библиотека. 2017. N 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyu-analiz-ispolzovaniya-kpg-i-sug-v-kachestve-motornogo-topliva-produktovaya-konkurenciya-ili-vzaimnoe-dopolnenie/viewer> (дата обращения: 02.01.2023).