



Рисунок 1 – ТПД аммиака катализаторов

5%Zn ЦВМ-30

5%Zn-2%Ga-0,25% Sn ЦВМ-30

(среднетемпературные центры $T_{MAX}= 250^{\circ}C$,
высокотемпературные центры $T_{MAX}= 420^{\circ}C$)

(среднетемпературные центры $T_{MAX}= 230^{\circ}C$,
высокотемпературные центры $T_{MAX}= 370^{\circ}C$)

Таким образом, путём изучения ТПД аммиака показано, что механизм действия олова и свинца заключается в блокировании наиболее активных высокотемпературных центров цеолитов. Это проявляется в уменьшении коксо- и метанообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ароматизация пропан-бутановой фракции на модифицированном пентасиле / Лapidус А.Л., Козлов А.М., Худяков Д.С., Дергачев А.А. // Газохимия. - 2010. - № 6. - С. 16-18.
2. Ароматизация пропан-бутановой фракции на пентасиле, модифицированном солями цинка / Козлов А.М., Худяков Д.С., Лapidус А.Л., Дергачёв А.А. // Технологии нефти и газа. - 2011. - № 1 (72). - С. 7-10.
3. Ароматизация смеси алканов C_3-C_4 на Zn-пентасиле, модифицированном оловом и свинцом / Лapidус А.Л., Козлов А.М., Худяков Д.С., Дергачев А.А. // Известия Академии наук. Серия химическая. - 2011. - № 3. - С. 572.

УДК 665.725

СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ КАК ТОПЛИВО ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

LIQUEFIED NATURAL GAS AS FUEL FOR ALL MODES OF TRANSPORT

А.Д. Кондратенко, Ф.Г. Жагфаров

(Andrey D. Kondratenko, F.G. Zhagfarov)

**Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)**

имени И.М. Губкина

(Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University))

В статье рассмотрена возможность использования сжиженного природного газа на всех видах транспорта (морском, железнодорожном,

автомобильном и авиационном) в качестве наиболее перспективного вида топлива. Применение природного газа приведет к уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу, повышению энергоэффективности и экономичности транспорта.

The article considers the possibility of using liquefied natural gas on all types of transport (sea, railway, automobile and aviation) as the most promising type of fuel. The use of natural gas will reduce emissions of harmful substances into the atmosphere, increase energy efficiency and economy of transport.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, транспорт, газомоторное топливо, мембраны, КЦА.

Key words: liquefied natural gas, transport, gas engine fuel, membranes, PSA.

На сегодняшний день природный газ является наиболее экономичным, экологичным и безопасным топливом. Природный газ — это фактически готовое моторное топливо, поэтому он гораздо дешевле бензина и дизельного топлива.

Следует отметить, что качество СПГ определяется не только нормативными документами на поставку газа, определённые требования накладывает сам процесс сжижения. Например, для предотвращения эксплуатационных проблем в криогенных установках (обмерзание теплообменников из-за высокого содержания воды и углекислого газа, образования амальгам на алюминиевых частях оборудования, коррозия оборудования), концентрация этих веществ ограничивается [1].

Целесообразность использования сжиженного природного газа на морских судах обусловлена постепенным ужесточением требований к выбросам оксидов серы и азота, а также твердых частиц морскими судами. С 1 января 2015 года вступило в силу Приложение VI MARPOL 73/78, касающееся ограничения выбросов в атмосферу. Согласно этому Приложению содержание серы в судовом топливе не должно превышать 0,1%.

Использование сжиженного природного газа в качестве топлива на морских судах позволит решить эту проблему. За последнее время объем перевозок водным транспортом в мире начинает возрастать, что связано в основном с увеличением транспорта грузов в целом по стране. Кроме экологических преимуществ стоит отметить, что износ газовых двигателей ниже, чем у дизелей, за счет уменьшения образования нагара и отсутствия разжижения смазки, что снижает расходы на обслуживание и ремонт.

Таким образом, для использования СПГ в водном транспорте не предъявляются жёсткие требования – не должно возникать сложностей при заправке судов.

В настоящее время в РФ тепловозами осуществляется около 25 % общего объема перевозок грузов. С учетом повышения стоимости

дизельного топлива и экологических преимуществ перевод тепловозов на газовое топливо является важной задачей.

Работы по созданию газотепловозов были начаты в 1980-х гг. На Луганском тепловозостроительном заводе были построены три опытных магистральных газодизельных тепловоза, каждый из которых состоял из двух тяговых секций и одного тендера с двумя криогенными емкостями производства НПО «Криогенмаш» для размещения СПГ.

Требования к СПГ для использования в железнодорожном транспорте одни из самых простых – не должно возникать сложностей при заправке локомотивов, следовательно, СПГ должен содержать нормированные количества воды, метанола, масла и углекислоты.

В настоящее время в России уже реализуются проекты по использованию СПГ в качестве моторного топлива в железнодорожном транспорте. На Свердловской железной дороге ОАО «РЖД» эксплуатируются 2 газотурбовоза: маневровый ТЭМ19 и магистральный ГТ1h. Кроме того в октябре 2017 года было заключено соглашение о сотрудничестве ООО «Газпромтранс» и ООО «Газпром газомоторное топливо», предусматривающее использование СПГ в качестве топлива для подвижного состава на железной дороге «Обская – Бованенково».

Наиболее актуальным сегодня является применение природного газа в автомобильном транспорте. Роль СПГ в качестве моторного топлива постоянно возрастает, однако для применения СПГ в двигателях внутреннего сгорания необходимо получать продукт высокого качества [2].

Применение природного газа на транспорте позволит уменьшить выбросы оксидов серы и азота в атмосферу примерно в 2 раза, углеводородов — в 3 раза окиси углерода — в 10 раз, а также будет способствовать снижению потребления нефтяного топлива.

Известно, что карбюраторные двигатели могут успешно работать на газовом топливе и их переоборудование не вызывает серьезных трудностей, что подтверждают примеры перевода многих автомобилей на газовое топливо. При эксплуатации двигателей на КПГ и СПГ не наблюдалось изменений в их работе по сравнению с работой на ПБФ. Современные дизели могут быть конвертированы в газовые с искровым зажиганием или переоборудованы в газодизели.

Особый эффект даст перевод на СПГ карьерных самосвалов. Так, автомобиль марки БелАЗ-549 грузоподъемностью 75 т ежегодно расходует около 150 т дизельного топлива. Конвертирование в газодизельные 5 тыс. подобных машин позволило бы сэкономить до 600 тыс т/г. топлива.

Следует отметить, что автомобили БелАЗ эксплуатируются в условиях плохо вентилируемых карьеров, где важную роль играют мероприятия по снижению дымности и токсичности отработанных газов.

Решать эти вопросы можно при комплексном использовании СПГ как моторного топлива.

Применение СПГ в качестве топлива для авиации весьма перспективно. Использование СПГ как альтернативного топлива для авиации базируется на возможностях его производства в различных регионах страны при нарастающем дефиците авиационного керосина. СПГ более экологичен и безопасен при квалифицированном использовании, что дает возможность обеспечивать такие экономические характеристики летательных аппаратов, которые на традиционном нефтяном топливе не достижимы.

Однако стоит вопрос о производстве качественного СПГ для таких двигателей. Показатели качества СПГ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 56021-2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия» для СПГ марки А.

Кроме того, получение СПГ для всех видов транспорта целесообразно только на малотоннажных установках, а к газу необходимо предъявлять следующие требования:

- содержание CO₂ не более 0,005 % мол;
- точка росы воды не более минус 70 °С;
- содержание общей серы не более 0,010 г/м³;
- содержание кислорода ввиду отсутствия в магистральном газе не превышает нормируемых показателей, и дополнительная очистка не требуется;
- для обеспечения показателя «мольная доля метана, не менее 99,0%» и «область значений числа Воббе (высшего)» следует обеспечивать коррекцию состава природного газа [3].

При производстве СПГ высокого качества на малотоннажных установках основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к ожижению, т.е. по доведению магистрального газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ высокого качества без дорогостоящей низкотемпературной ректификации.

Одним из таких способов получения СПГ высокого качества является способ с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции на стадии подготовки и применение азотного холодильного цикла на стадии сжижения. Применение азотного цикла целесообразно, поскольку неполное сжижение компонентов природного газа приводит к уменьшению доли метана.

Первоначально из потока сырьевого газа через мембрану в зону низкого давления проникают водяные пары, углекислый газ, сероводород и тяжелые углеводороды. Метан является одним из наименее проникающих компонентов, что позволяет получать подготовленный газ с давлением всего на 2-3 атм. ниже исходного.

Таким образом, на первой стадии подготовки происходит предварительная очистка и осушка природного газа, а также обеспечивается коррекция углеводородного состава с целью достижения показателя «мольная доля метана, не менее 99,0%» для получения СПГ высокого качества.

Далее газ поступает в блок короткоциклового адсорбции (КЦА), где происходит глубокая очистка от диоксида углерода и серосодержащих соединений и осушка газа до температуры точки росы в минус 70 °С.

Сегодня спрос на СПГ постоянно повышается. Развитие малотоннажного производства СПГ в России имеет большое значение. К настоящему моменту в России построено и введено в эксплуатацию малотоннажные установки по производству сжиженного природного газа. Следует отметить, что большая часть данных установок разработана и построена с использованием отечественных технологий (в отличие от крупнотоннажных заводов).

Кроме того, применение СПГ в качестве моторного топлива является перспективным направлением развития отрасли. Однако в России отсутствует сеть крио-АЗС. Увеличить их число способно развитие малотоннажных производств СПГ. Применение природного газа в качестве моторного топлива приведет к уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу, повышению энергоэффективности и экономичности транспорта [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов А. Б., Козлов А.М. Определение ртути в природном газе методом «холодного пара» // Всероссийская молодежная конференция по химической технологии, Всероссийская школа по химической технологии для молодых ученых и специалистов: сборник тезисов докладов. Под редакцией Ю.А. Заходяевой, В.В. Беловой. - 2012. – С. 311-313.

2. Карпов А.Б., Козлов А.М., Жагфаров Ф.Г. Современные методы анализа газа и газоконденсата. – М.: РГУ нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина. - М., 2015. – 238 с.

3. Жагфаров Ф.Г., Карпов А.Б., Козлов А.М. Основные процессы глубокой химической переработки природного газа – М.: ИЦ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. – 172 с.

4. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа / Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мещерин И.В. // Нефтегазохимия. - 2016. - № 4. - С. 31-36.