

Г.К. Лавренченко

Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026
e-mail: uasigma@paco.net

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КПГ И СПГ

Компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ являются энергоносителями, альтернативными нефтяным видам топлива. Во многих странах реализуются программы, стимулирующие перевод транспорта на природный газ. Россия и Украина по количеству автомобилей с газобаллонным оборудованием и численности автомобильных газонаполнительных компрессорных станций уступают лидерам мирового газомоторного рынка. Рассматриваются причины отставания и мероприятия, которые могут способствовать более широкому использованию КПГ. Отмечается универсальность СПГ как криогенного энергоносителя. Приведены примеры успешного применения СПГ в автомобильном и железнодорожном транспорте России.

Ключевые слова: Природный газ. Компримированный природный газ (КПГ). Сжиженный природный газ (СПГ). Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция. Автомобильный транспорт. Газораспределительная станция.

Г.К. Lavrenchenko

ACTUAL PROBLEMS OF CNG AND LNG PRODUCTION AND USING

Compressed (CNG) and liquefied (LNG) natural gas are the energy sources, oil alternative fuels. In many countries programs that promote the transfer of natural gas transportation are realized. Russia and Ukraine on the number of cars with gas cylinder equipment and the number of automobile gas-filling compressor stations are inferior to leaders of the world gas motor market. The causes of the backlog and activities that may contribute greater use of CNG are considered. There is universal LNG as a cryogenic energy carrier. There are examples of successful LNG application in automobile and railway Russian transport.

Keywords: Natural gas. Compressed natural gas (CNG). Liquefied natural gas (LNG). Automobile gas-filling compressor stations (AGFCS). Road transport. Distribution gas station.

1. ВВЕДЕНИЕ

Природный газ (ПГ) находит все более широкое применение в мировой энергетике, где доля его достигла одной трети. Ожидается, что к 2020 г. на природный газ в общем мировом энергетическом балансе будет приходиться до 50 % [1].

ПГ используют на тепловых электростанциях, в промышленности, в коммунальном секторе, на транспорте и в крупнотоннажной химии при производстве метанола, аммиака, карбамида, аммиачной селитры и др.

Исторически ПГ раньше всего стал применяться на транспорте. Когда Э. Ленуар в 1860 г. создал первый практически пригодный двигатель внутреннего сгорания (ДВС), в нём в качестве моторного топлива использовали светильный газ. Все первые ДВС работали на газе, в том числе и 4-тактный двигатель, построенный Н. Отто в 1876 г. [2]. С 1915 г. на автотранспорте начали применять компримированный

природный газ (КПГ).

В СССР интерес к КПГ как эффективному моторному топливу стал проявляться с 1936 г., когда вышло Постановление Совнаркома о газификации автотранспорта. Первые автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) были построены в 1939 г. в Мелитополе, Горловке и Москве.

Достоинства сжиженного природного газа (СПГ) как универсального энергоносителя были оценены несколько позже. Так, первая установка по производству СПГ была сооружена в 1912 г. в Западной Вирджинии (США), а первый коммерческий завод — в 1941 г. в Кливленде (штат Огайо, США). Такие заводы вырабатывали СПГ в основном для сглаживания пикового потребления ПГ [3]. Позже СПГ-заводы, названные базовыми, начали создавать вблизи газовых месторождений. Первый из них построили в 1969 г. на полуострове Кенай (штат Аляска, США) для сжижения ПГ, поступающего с месторождения в за-

ливе Кука. СПГ с этого завода продолжает до сих пор поставляться в Японию.

В 1981 г. в СССР была принята и стала реализовываться государственная программа развития газобаллонного автотранспорта, а позже ещё одна, предусматривающая применение ПГ на железнодорожном, водном и воздушном транспорте. Тогда же в 80-ых годах, в Москве был проведен успешно завершившийся масштабный эксперимент по использованию СПГ в грузовых автомобилях [4]. Одновременно продолжала развиваться сеть АГНКС. В 1990 г. выработка КПП на АГНКС достигла в стране рекордного уровня и превысила 1 млрд. м³.

В настоящей статье рассмотрим ряд вопросов, решение которых сможет расширить использование КПП и СПГ как перспективных энергоносителей.

2. РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КПП-ТЕХНОЛОГИЙ

И сейчас для замещения жидких видов углеводородных топлив всё в большем объеме применяют КПП. С учетом особенностей КПП создают специально адаптированные к нему легковые и грузовые автомобили, автобусы. Специализированные фирмы многие автомобили переоборудуют под газобаллонные схемы топливообеспечения. Украина и Россия, как видно из табл. 1, занимают лидирующие позиции в Европе по количеству КПП-автомобилей. Однако в мировом рейтинге — всего лишь 15-е и 16-е места.

Таблица 1. Информация о европейских лидерах газомоторного парка автомобилей

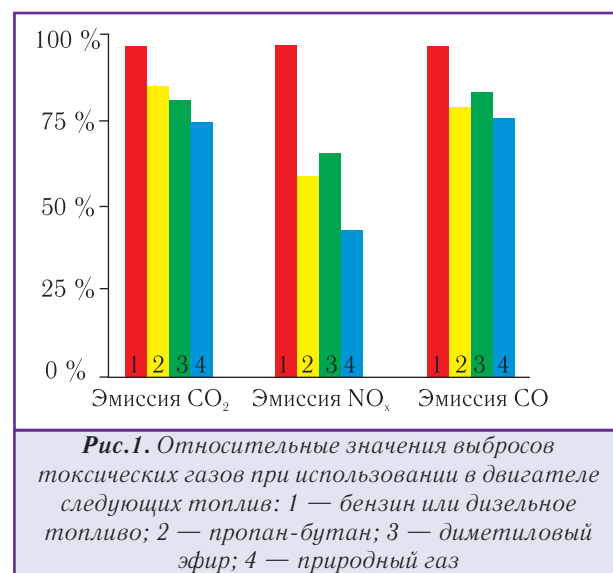
№ п/п	Страна	Парк ГБА	Парк АГНКС
1	Италия	779000	860
2	Армения	244000	345
3	Украина	389000	317
4	Россия	100053	250
5	Германия	94890	903

Интерес к КПП как эффективному газомоторному топливу непрерывно растет. К 01.03.2012 на ПГ, сжатом до 19,6 МПа, в 83-ех странах мира работало 14,73 млн. автомобилей [5]. Общее их количество возросло более, чем на порядок по сравнению с мартом 2000 г., опровергая прогнозы о 15 млн. транспортных средств к 2015 г.

Несмотря на то, что Украина и Россия находятся в пятёрке европейских лидеров по использованию КПП, общее положение дел с переводом транспорта на это перспективное топливо нельзя признать удовлетворительным. В это же время в ряде стран Азии и Латинской Америки, где широкое применение КПП возведено в ранг государственной политики, он остается едва ли не самым востребованным видом моторного топлива. Лидером метанового рынка являются Пакистан (2,9 млн. автомобилей и 3068 АГНКС) и

Иран (2,9 млн. и 1800). В этих странах на достигнутом не останавливаются. В Пакистане на газ ежемесячно переводят до 10 тыс. автомобилей. В нефтедобывающем Иране количество транспортных средств, работающих на КПП, с 2008 г. возросло в шесть раз.

Компримированный метан как газомоторное топливо обладает рядом достоинств [6]. Одно из них — снижение вредных выбросов в окружающую среду работающего на КПП транспорта. Перевод автомобилей на КПП облегчит введение норм «Евро-4» и «Евро-5» в России и Украине. В случае использования традиционных видов топлива требуется серьёзная доработка и двигателей, и самих автомобилей. Для этого нужно применять каталитические нейтрализаторы, дожигатели, системы рециркуляции и др. Это увеличивает стоимость автомобиля более чем на 10 %. Переход на газовое топливо, как следует из рис. 1, позволяет существенно упростить системы нейтрализации отработавших газов или даже отказаться от их применения [7].



Более широкое использование КПП на транспорте сдерживается, с одной стороны, слабой развитостью сети АГНКС, а с другой — для строительства новых АГНКС в среде их действия нужно иметь достаточное число автомобилей. Приведем пример. Чтобы окупить АГНКС в Украине стоимостью в 2 млн. грн. за пять лет, требуется получать 33 тыс. грн. плановой прибыли в месяц. Для этого с учётом всех затрат необходимо продавать по 300 тыс. м³ газа в месяц, что в теперешней ситуации невыполнимо. Согласно статистическим данным, объёмы реализации КПП в 2012 г. с одной АГНКС снизились до 90 тыс. м³ в месяц. В Украине в 2009-2012 гг. стоимость КПП на АГНКС нередко превышала 60 % от розничной цены бензина А-95. Это не способствовало переводу транспорта на газобаллонную схему, так как существенно возростали сроки окупаемости затрат. Кроме этого, нужно принимать во внимание, что с декабря 2011 г. компримированный газ стоит дороже пропан-бутана,

хотя в 2006-2007 гг. природный газ на АГНКС в Украине был на 30-40 % дешевле нефтяного.

В России ситуация, что касается соотношения цен газ/бензин, более благоприятна. Из информации компаний «Газпром трансгаз Ставрополь» [8] следует, что средняя стоимость КППГ — 8,5 руб./м³. Она не превышает 40 % цены бензина марки А-80 (а не дорогого А-95). Поэтому окупаемость затрат на переоборудование автомобиля происходит в среднем после 20 тыс. км его пробега. Приведенные данные показывают, что в России выполняется постановление Правительства, согласно которому цена 1 м³ КППГ не должна превышать 50 % от стоимости 1 л реализуемого в регионе бензина марки А-80.

На чём нужно сосредоточиться для более широкого использования КППГ? Прежде всего в Украине, — а сейчас 4 % транспортных средств могут потреблять метан в качестве топлива, — необходимо сформировать и гарантированно выполнять государственную программу, подкрепленную по-настоящему действующими законами. Примером могут служить принятые в США законодательные акты [5]. Они оформлены в виде документа: «Новая транспортная инициатива, предлагающая американцам эффективное решение».

И другие государства стали больше внимания уделять развитию сети АГНКС, способствуя снижению спроса на нефтяные виды топлива. В Голландии Правительство увеличило на € 3,6 млн. объём субсидий на строительство заправок автомобилей альтернативными видами топлива, включая и КППГ [10]. Создание таких станций в Голландии увеличит плотность сети АГНКС, доведя её до показателя: одна станция — на 912 км дорог с твердым покрытием. Но даже после этого Голландия по плотности сети будет отставать от мирового лидера — Пакистана, где этот показатель 1/82. Для сравнения плотность сети в Украине равна 1/599, в Италии — 1/633, Германии — 1/746 и в России — 1/3032.

Невзирая на сложности, сеть крупных КППГ-заправок, конечно нужно развивать. Но, при этом, одновременно надо расширять использование сжатого газа в транспортных средствах, внедряя повсеместно КППГ-заправки малой производительности [11-13]. Такие автомобильные газонаполнительные компрессорные установки (АГНКУ) уже начали производить некоторые компании. АГНКУ индивидуального и гаражного типов малой и средней производительности рассчитаны на 1-30 заправок в сутки. Они могут подключаться к газовым сетям низкого давления, что характерно для городских и сельских газораспределительных трубопроводов. Один из производителей АГНКУ — компания «Fuel Market» (Канада). В Украине «дожимные» установки на 30-60 заправок в сутки марки АГНКУ-30/7,5-2,5 выпускает ПАО «Сумское НПО им. Фрунзе». Для этих целей можно использовать также оборудование компании «GNC Galileo S.A.». Она предлагает два типоразмерных ряда АГНКУ серии «Подключи-и-Пользуйся». К первому ряду установок этой компании относятся АГНКУ с

фирменным названием «Microbox» (фото 2). Установки включают в себя элементы, которые нужны для полноценной, надёжной и безопасной работы. В связи с этим нет необходимости в строительстве фундаментов, газовой межблочной обвязке, прокладке дополнительных электрокабелей, что значительно снижает затраты и ускоряет ввод АГНКУ в эксплуатацию. Установки типоразмерного ряда «Microbox» имеют диапазон производительности по КППГ от 200 до 4000 нм³/ч; они могут подключаться к газовым сетям с давлениями от 1 до 20 бар (изб.).



Фото 2. АГНКУ модели «Microbox»

Компания «GNC Galileo S.A.» приступила к выпуску новой разработки — ряду АГНКУ с фирменным названием «Nanobox». Эти изделия созданы для автопарков и КППГ-заправок средней производительности: от 30 до 250 автомобилей в сутки. Установки изготавливаются в виде модулей, включающих в себя компрессор, блок газовых аккумуляторов и заправочную колонку. Они представляют собой наиболее современные компрессорные пакеты уже указанной серии «Подключи-и-Пользуйся». Такие АГНКУ могут входить также в состав многотопливных заправочных станций. Однако не всегда это оказывается возможным, так как их, как правило, сооружают вдали от распределительных газопроводов.

Подключению мини-АГНКС могут препятствовать газовые службы. Необходима подготовка нормативных документов, разрешающих использование индивидуальных заправок и устанавливающих для них «сходящий» тариф. Можно обратиться к опыту Италии.

В [14] сообщается, что благодаря недавним изменениям в Италии водители автомобилей, работающих на природном газе, впервые за долгие годы смогут установить у себя дома надёжные и экономичные системы заправки КППГ — так называемые АГНКУ. Изготовитель АГНКУ — итальянская компания «Tartarini Auto S.P.A.». Для применения в ГБА двойной топливной системы на КППГ и дизельном топливе компания «Landi Renzo S.P.A.» разработала новый комплект

электроники. Он является результатом оптимизации множества параметров, влияющих на мощность и расход топлива, включая продолжительность процессов впуска и наддува, благодаря использованию данных о гидродинамике горения.

Используемые сейчас АГНКС в Украине и России нуждаются в модернизации. ОАО «Газпром», эксплуатирующий 186 станций ведет реконструкцию и техническое переоснащение большей их части в соответствии с программой работ, созданной ООО «Газпром ВНИИГАЗ» [15]. В ней предлагается ряд решений, направленных на снижение удельных затрат энергии на компримирование ПГ. Их можно существенно снизить в АГНКС, размещенных вблизи магистральных газопроводов, как следует из опыта Управления «Уралавтогаз» (филиал ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург») [16]. Специалисты «Уралавтогаз» на трех станциях для дожатия ПГ от его давления в магистральном газопроводе до давлений 20 и 25 МПа используют гидропоршневые компрессоры марки В30-30 (см. табл. 2) производства итальянской компании «SAFE s.r.l. CNG Technology» (фото 3).

Таблица 2. Технологические характеристики компрессора В30-30

Показатель	Значение
Температура окружающей среды, °С	-20...+40
Сжимаемый газ	Метан
Вид привода компрессора	Электродвигатель
Потребляемая мощность, кВт	22
Количество ступеней	2
Давление газа на входе в АГНКС, МПа	3,0...7,5
Максимальные давления газа на выходе из ступеней компрессора, МПа	1-ая ст. - до 20,0 2-ая ст. - до 25,0
Производительность (в зависимости от входного давления газа), $\text{нм}^3/\text{ч}$	100...350

Как следует из табл. 2, компрессор В30-30 при питании газом из магистрального газопровода с давлением 3,0...7,5 МПа дожимает его до 20...25 МПа. Компрессор В30-30 производит «сухое» компримирование ПГ. Поршень компрессора работает со скоростью в 20-50 раз меньшей по сравнению со скоростью других механических компрессоров. Гидропоршневой компрессор В30-30 потребляет в 3 раза меньше электроэнергии, чем поршневые при той же производительности. Мембранные компрессоры при расходах такого же количества электроэнергии работают с меньшей в 2 раза производительностью.

Владельцы украинских АГНКС, расположенных вблизи магистральных газопроводов, могли бы, перенимая описанный здесь опыт российских специалистов из «Газпром трансгаз Екатеринбург», снижать стоимость

1 м^3 КПП за счёт уменьшения эксплуатационных затрат на компримирование ПГ.

Для обеспечения КПП удаленных от станции потребителей используют передвижные автомобильные газовые заправщики (ПАГЗы). ПАГЗ предназначен для доставки и хранения КПП, заправки различных транспортных средств и сельскохозяйственной техники, а также стационарных газовых станций, отпускающих ПГ как моторное топливо. Выпуском ПАГЗов нового поколения занимается Инженерно-технический центр «Орион-Д» (г. Сумы, Украина). Компания выпускает несколько моделей ПАГЗ: 3000-25; 3500-25 и 4500-25. Они могут доставлять, соответственно, следующие объёмы газа: 3000-3150; 3500-3675; 4500-4725 м^3 . Заправщики комплектуются баллонами фирмы «Tenaris» (Италия) с объёмами 2000 л на рабочее давление 25 МПа. Коэффициент опорожнения у ПАГЗ всех моделей — 70 %. При использовании в конструкциях заправщиков дожимных компрессоров коэффициент опорожнения возрастает до 95 %.



Фото 3. Вид на гидропоршневой компрессор, размещенный на АГНКС Управления «Уралавтогаз» (г. Екатеринбург)

Для увеличения пробега газобаллонных транспортных средств применяют систему распределенного впрыска КПП «Plug&Drive», которая делает автомобиль гибридным. Эти системы с торговой маркой «BRC Gas Equipment» (Италия) используются сейчас в транспортных средствах, выпускаемых такими мировыми автогигантами, как Peugeot-Citroen, Ford, Jaguar, Daimler-Chrysler, MAN, Volkswagen, Mitsubishi и др. Компания предлагает два варианта систем, обеспечивающих оптимизированный последовательный многоточечный впрыск газа: «Sequent 24» — для автомобилей, использующих пропан-бутан, и «Sequent Fastness» — для автомобилей, заправляемых КПП. При дооснащении автомобилей последней системой сохраняется неизменной стратегия контроля бензинового блока управления. В режиме реального времени при таком подходе оптимизируется количество расходуемого топлива для получения топливной смеси с наилучшими характеристиками. Настройка и регулировка используемых электронных блоков управления

производится с помощью портативного компьютера. Автомобиль, оснащенный соответствующей системой, начинает работу на бензине. Как только основные параметры двигателя, заложенные в программу, будут достигнуты, происходит автоматическое переключение на подачу КПП. Блок электронного управления получает сигналы времени впрыска бензиновой смеси, связывает их с рабочими параметрами двигателя для того, чтобы рассчитать также время впрыска для газовых форсунок. Эти форсунки, расположенные вблизи от бензиновых, дозируют топливо в газовой фазе и подают его в каждый отдельный патрубок пускового коллектора двигателя. Автомобили, оснащенные указанными системами (фото 4), тестировались на соответствие требованиям ряда европейских стандартов. Например, при использовании системы «Sequent Fastness» в автомобиле Skoda Fabia 2,0 наблюдался выброс CO всего на уровне 0,266 г/км (по «Евро-4»-максимум 1 ч/км), а выброс NO_x-0,029 ч/км против допустимого 0,08 ч/км. Испытания подтвердили также существенное (более чем в 4 раза) снижение выбросов в атмосферу и углеводородных комплексов C_xH_y.



Фото 4. Специалисты знакомились на выставке «Мир сжиженных и сжатых газов» (г. Киев) с автомобилем, оснащенный системой многоточечного впрыска газа (а), и подробно изучали элементы и комплектацию системы «Sequent Fastness» (б)

В результате внедрения в газомоторную отрасль перечисленных разработок и использования имеющегося опыта можно рассчитывать на более широкое и

эффективное применение КПП-технологий в газобаллонных и гибридных автомобилях типа «бензин+КПП».

Эффективность КПП как газомоторного топлива можно повысить при использовании специального, а не конвертированного под газ двигателя. Автомобиле- и моторостроительные заводы РФ и Украины, к сожалению, пока не производят серийно газовые двигатели как транспортного, так и стационарного назначения. Зарубежные компании, напротив, уже несколько лет выпускают и газовые двигатели, и автомобили, комплектуемые ими. Сейчас при переходе на газ приспособливают конкретный двигатель для работы по газовому циклу с получением интегральных характеристик по крутящему моменту и мощности, близких к прототипу. Этого, конечно, недостаточно для создания высокоэкономичных малотоксичных и надежных двигателей. Для постепенного насыщения рынка Украины автомобилями с газовыми двигателями в [5] предлагается обязать автомобильных импортеров и дилеров ввозить в Украину в составе каждой партии транспортных средств не менее 5 % газомоторных автомобилей. Кроме этого, рекомендуется государственным, ведомственным и коммунальным автотранспортным предприятиям приобретать газомоторные автомобили при обновлении своего подвижного состава.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ СПГ-ТЕХНОЛОГИЙ

Проблему более широкого использования газа в качестве эффективного энергоносителя можно решить в результате внедрения технологий, основанных на сжиженном природном газе (СПГ). СПГ, как и сетевой ПГ, применяется для выработки электрической и тепловой энергии, газификации населенных пунктов и промышленных объектов, создания резерва топлива для компенсации пикового его потребления, а также в виде сырья в химической промышленности. В последние десятилетия за рубежом во все возрастающих объемах СПГ используется в качестве универсального моторного топлива в автомобильном транспорте. Уже имеются примеры его применения в морском и речном [1], железнодорожном и авиационном транспорте.

СПГ — криогенная жидкость, которая при нормальных условиях кипит при 111К (–162 °С). При сжижении объем газа снижается более чем в 600 раз, что эквивалентно его сжатию до давления выше 100 МПа. В одинаковом объеме в 3 раза больше содержится СПГ, чем КПП при давлении 15 МПа, что способствует увеличению пробега автомобиля на одной заправке. Топливные системы транспортных средств (особенно большегрузных), использующих СПГ, характеризуются по сравнению с аналогичными системами на КПП существенно меньшей массой. Например, грузовик ЗИЛ-138А, конвертированный под природный газ и укомплектованный криогенным баком емкостью 300 л СПГ, имеет пробег в 1,8 раза больше, а суммарную массу оборудования и топлива на 570 кг меньше в сравнении с его работой на КПП.

Для использования СПГ в различных технологиях производится самое разнообразное оборудование: атмосферные испарители [17], криогенные полуприцепы [18] и резервуары для СПГ [19] (фото 5).

Подробнее остановимся на уникальных криогенных резервуарах с экранно-вакуумной изоляцией для СПГ, которые производятся компанией «Chart Ferroх A.S.», входящей в международный холдинг «Chart Industriales Inc.». Это объединение — ведущий изготовитель оборудования для хранения, газификации и транспортирования жидких продуктов разделения воздуха и природного газа. Компания «Chart Ferroх» несколько лет выпускает криогенные СПГ-резервуары серий НТ683/8. При максимальном объёме 683000 л, их диаметр 5,6 м, длина примерно 37 м и масса более 160 т. Заказчикам в Норвегии и Финляндии в последние годы было поставлено 17 таких резервуаров. Резервуары используются для хранения СПГ и его регазификации с целью снабжения промышленных предприятий и городов вне сети газопроводов, дозаправки судов и для хранения большого объема газа на случай неожиданного снижения или прекращения его поставки, высокого его расхода. Недавно компания «Chart Ferroх» сообщила о своём последнем достижении — начале изготовления особо крупных криогенных резервуаров. Несколько штук резервуаров новой модели НТ1000 объёмом 1 млн. л отправлены водным путем по реке Эльбе в порт Гамбург и оттуда в Норвегию. Резервуары имеют диаметр 5,8 м, длину 48 м, рассчитаны на рабочее давление 8 бар (изб.) и имеют массу 212 т. Это самые крупные в мире резервуары с экранно-вакуумной изоляцией заводского изготовления. Они войдут в состав новой базы хранения СПГ, построенной по проекту «Chart Ferroх», для компании «Skangass» вблизи города Фредрикстад, Норвегия. База состоит из двух резервуаров по 500 м³, пяти резервуаров по 683 м³ и двух резервуаров по 1000 м³. Таким образом, при общей вместимости базы 5774 м³ СПГ она представляет собой самое большое хранилище в мире, состоящее из резервуаров с экранно-вакуумной изоляцией. База будет снабжаться СПГ с помощью судов, заправляемых от ожигителя в г. Ставангер. База будет служить для заправки судов, использующих СПГ как моторное топливо, а также для подачи газа в локальные трубопроводы и поставки его на несколько промышленных предприятий. Этот проект показывает, как стремительно развиваются СПГ-технологии, которые становятся важной составляющей современной энергетики и других отраслей.

Для широкого внедрения СПГ необходимо организовать его производство [20]. Морские терминалы, отгружающие СПГ с базовых заводов, не могут решать эту проблему, так как их функции состоят в поставках крупных партий сжиженного ПГ на экспорт. Для обеспечения многочисленных потребителей сжиженным ПГ следует создавать сеть малотоннажных установок с единичной производительностью до 10 т/ч СПГ. В России такие установки выпускают ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области)

[21], ОАО НПО «Гелиймаш» (г. Москва)[22].

При росте потребления СПГ в каких либо регионах его производство может осуществляться с помощью установок сжижения, использующих внешние азотные детандерные циклы. Выпуск СПГ-установок этого типа в состоянии организовать ОАО «Криогенмаш» [21].

Остановимся на двух перспективных направлениях производства СПГ, которые характеризуются относительно невысокими капитальными затратами.



Фото 5. Криогенный СПГ-резервуар ёмкостью 1 млн.л, подготовленный для перевозки по автодороге (а), и его вид перед погрузкой на баржу для отправки в Норвегию водным и морским путем (б)

Значительными резервами по производству СПГ обладают АГНКС. В связи с низкой загруженностью станций на их базе можно вырабатывать, кроме КПП, ещё и СПГ. Об успешной модернизации АГНКС с одновременным интегрированием в её состав криогенного оборудования для получения СПГ сообщается в [23]. Накопленный опыт нуждается в его распространении и на другие АГНКС.

Россия и Украина располагают разветвленной сетью магистральных газопроводов, включающих большое количество газораспределительных станций. На ГРС могут размещаться достаточно экономичные ожигители ПГ. С небольшими затратами уже сейчас можно организовать производство СПГ с помощью криогенных установок, использующих перепад давлений газа на

ГРС. Оценим объёмы СПГ, который может производиться в Украине. Предприятие ДК «Укртрансгаз» имеет 1360 ГРС в составе газотранспортной сети Украины. При срабатывании в криогенных установках перепада давлений можно при коэффициенте ожижения 20 % производить в год 10,5 млн. т СПГ. Это количество сжиженного ПГ по энергетическому показателю эквивалентно годовому использованию Украиной высокооктановых бензинов. Криогенные установки, размещаемые вблизи ГРС, будут производить СПГ, практически не расходуя электроэнергию или природный газ на привод компрессорного оборудования. Значительны и российские резервы. По данным российской компании «Промгаз» в РФ на ГРС в год вполне возможно с учетом фактической загрузки газопроводов-отводов производить 11-12 млн.т СПГ в год (15-16 млрд. м³). На АГНКС, принадлежащих ООО «Газпром», удастся после их реконструкции получить еще 2-3 млн. т/год СПГ (4-5 млрд. м³).

Нужно иметь в виду, что одна из проблем, возникающая при малотоннажном производстве СПГ на ГРС — высокая стоимость очистки газа от содержащихся в нём высококипящих компонентов. Её необходимость вызвана, с одной стороны, требованием к СПГ как товарному продукту и с другой — возможностью забивки оборудования в процессе сжижения, в первую очередь, кристаллами CO₂. Выполненные в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» исследования показали, что при использовании усовершенствованной схемы сжижения газа на ГРС с разделением сетевого газа на входе на производственный и технологический потоки, можно ограничиться очисткой от CO₂ только первого из потоков [24].

Остановимся на перспективных направлениях использования СПГ. В России в течение более 20-ти лет проводятся работы по применению СПГ как эффективного энергоносителя в авиации. После успешного использования в качестве топлива водорода (15.04.1988 г.) и СПГ (18.01.1989 г.) в Ту-155 в КБ «Туполев» разработан ряд самолетов для полетов на СПГ. В ближнемагистральный самолет Ту-334К (фото 6) заправляются 7 т СПГ и 2 т авиакеросина для создания аэронавигационного запаса при полете на расстояние до 2000 км с 102-мя пассажирами [25].



Фото 6. Самолет Ту-334К, созданный для полётов на СПГ

В России проведены успешные испытания газотурбовоза ГТ1-001, работающего на СПГ (фото 7). Криолокомотив позволяет транспортировать поезд с общей массой 20 тыс. т. Запас хода — 1000 км при

заправке в криобаки 17 т СПГ. Полная мощность газотурбинного двигателя — 8,3 МВт, скорость газотурбовоза — 100 км/ч. Газотурбовоз создает более низкую нагрузку на окружающую среду. Так, выбросы газовой турбины соответствуют нормам, которые будут вводиться для локомотивов в Европе только через несколько лет [26].

Нужно остановиться на важном событии в российской экономике, вызванном тем, что Российская Федерация стала членом всемирного клуба крупнотоннажного производства СПГ [27]. Несколько лет назад начал функционировать комплекс «Сахалин-2» по ожижению ПГ (фото 8). Подготовка, переработка и сжижение газа осуществляются на двух параллельных технологических линиях производительностью по 4,8 млн. т СПГ в год. В Японии для комплекса построены три однотипных метановоза на 145 тыс. м³ СПГ каждый. После выхода на проектную мощность комплекс будет производить около 24 млн. м³ СПГ в год.



Фото 7. Газотурбовоз ГТ1-001 в процессе ходовых испытаний

СПГ, в отличие от КПГ, является универсальным моторным топливом. При наличии СПГ можно использовать его в виде жидкости в топливных криогенных баках приспособленного для этого автотранспорта. Но на основе СПГ создают заправки транспорта сжиженным ПГ. В этом случае станция, снабжаемая СПГ, как бы подключается к виртуальной газовой трубе. Технологию такого типа называют СПГ/КПГ. В Москве уже создана станция с заправкой автомобильного транспорта СПГ/КПГ [28].

Следует констатировать, что, к сожалению, в Украине СПГ-технологии пока не получили развития. Хотя в 60-80 гг. прошлого века Украина занимала в этом направлении лидирующие позиции. Укажем только две весьма значительные работы. В 1959 г. А.П. Клименко (Институт газа АН Украины) разработал высокоэффективный так называемый однопоточный цикл ожижений ПГ, который служит основой технологических схем современных базовых СПГ-заводов [29]. В 80-ые годы в Физико-техническом институте низких температур АН Украины была создана конструкция криогенных топливных СПГ-баков [4]. Их использовали при

проведении успешных масштабных испытаний грузового транспорта, работающего на СПГ.



Фото 8. Морская платформа для добычи природного газа комплекса «Сахалин-2» (а); загрузка СПГ в морской метановоз (б)

Украина с целью диверсификации поставок природного газа начинает строительство СПГ-терминала в порту Южном, вблизи Одессы. Планируется построить две его очереди на 5 млрд. м³/год каждую. Сооружение терминала займёт 49 месяцев.

На первом этапе к причальной линии терминала будет пришвартована одна плавучая установка (FSRU) для приёма, хранения и регазификации СПГ с максимальной производительностью 5 млрд. м³/год ПГ. На втором этапе будет создан береговой терминал с общей мощностью 10 млрд. м³/год ПГ. Объём хранилища составит 540000 м³ СПГ (три резервуара по 180000 м³). Береговой терминал сможет принимать метановозы ёмкостью 180000 м³ СПГ. После его ввода в эксплуатацию отпадёт необходимость в установке FSRU. Сметная стоимость работ по сооружению терминала — € 846 млн. После его постройки Украина будет располагать вторым независимым источником поставок ПГ.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природный газ как моторное топливо может использоваться в транспортных средствах в двух состояниях: компримированного (КПГ) или сжиженного газа (СПГ).

Украина и Россия уступают лидерам мирового газомоторного рынка КПГ в количестве газобаллонных

автомобилей и численности АГНКС. На правительственном уровне нужны эффективные решения, способствующие более низкому использованию КПГ на транспорте.

Решению этой проблемы может способствовать производство и применение СПГ, которое является криогенным универсальным энергоносителем. Рост интереса к СПГ в России и Украине будет способствовать созданию современной инфраструктуры для его производства и использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н. Мировые тенденции в использовании сжиженного природного газа как универсального топлива // АГЗК+АТ. — 2011. — № 3. — С. 16-22.
2. www.ngvrus.ru/story_01.shtml.
3. Морская транспортировка природного газа/ С. Эндрю МакИнтош, Питер Г. Ноубл, Джим Роквелл, Карл Д. Рамлахан// Нефтегазовое обозрение. — 2008. — № 3. — С. 58-73.
4. Гаврилов Р.В., Михайльченко Р.С., Архипов В.Т. Автомобильные системы хранения и выдачи сжиженного природного газа// Технические газы. — 2004. — № 2. — С. 60-64.
5. Рябцев Г.Л. Неходовой товар// Терминал. — 2012. — № 13. — С. 6-11.
6. Мовчан Е.П., Рогольский Е.И., Черепанов А.П. Перспективы внедрения газомоторного топлива в автотранспорт России// Технические газы. — 2006. — № 5. — С. 52-57.
7. Лапушкин Н.А. Технологии использования природного газа в двигателях автотранспортных средств и силовых установках// Транспорт на альтернативном топливе. — 2008. — № 2. — С. 47-50.
8. www.kavkazavtogaz.ru/content/article/37.
9. США: Газомоторная атака// www.house.gov/emanuel.
10. МЕТАНинфо//Информация НГА РФ от 07.07.2010.
11. Лапишинов В. Широкое использование мини-АГНКС «Fuel Market» (Канада) — эффективный путь внедрения КПГ на транспорте// АГЗК+АТ. — 2008. — № 1. — С. 28-29.
12. Геращенко А. Малогабаритное АГНКУ индивидуального и гаражного типов// АГЗК+АТ. — 2008. — № 1. — С. 30-32.
13. Заправка личного автотранспорта КПГ// АГЗК+АТ. — 2008. — № 1. — С. 33.
14. Информация с рынка КПГ// Czas na gaz! — 2010. — № 41. — С. 8.
15. Савиных А.М. Реконструкция сети АГНКС ОАО «Газпром»// Транспорт на альтернативном топливе. — 2008. — № 2. — С. 44-46.
16. Попов Н.А., Белов М.Б. Опыт эксплуатации АГНКС с дожимающим гидроприводным оборудованием // Технические газы. — 2010. — № 4. — С. 70-72.
17. Иванов К.А., Павлов Н.В. Атмосферные испарители высокого давления для газификации СПГ и жидких продуктов разделения воздуха// Технические газы. — 2012. — № 3 — С. 69-72.
18. Оборудование для производства и использования сжиженного и компримированного природного газа/ Ю.Г. Жилев, Л.М. Кельс, М.В. Подгорная и др.// Технические газы. — 2012. — № 3. — С. 36-41.
19. Современное оборудование для хранения, газифика-

ции и транспортирования жидких продуктов разделения воздуха и жидкого метана/**Э. Зайдлерова, М. Мокер, В. Хрз и др.**//Технические газы. — 2005. — № 1. — С. 30-36.

20. **Зайцев Ю.В., Лавренченко Г.К.** Опыт создания СПГ-установок различного назначения// Технические газы. — 2007. — № 2. — С. 48-55.

21. Научно- конструкторская база, опыт разработки и производства ОАО «Криогенмаш» — совершенствованию СПГ-оборудования/**И.Ф. Кузьменко, А.Л. Довбиш, К.В. Безруков, В.А. Передельский**//Технические газы. — 2012. — № 3. — С. 17- 23.

22. Современные технологии сжижения природного газа в установках малой и средней производительности/**Б.Д. Краковский, В.А. Мартынов, О.М. Попов и др.**//Технические газы. — 2008. — № 5. — С. 26-30.

23. Модернизация АГНКС с интегрированием в её состав оборудования для производства СПГ/**Г.С. Горячев, В.П. Кульбякин, С.Ю. Лебедев и др.**//Технические газы. — 2012. — № 3. — С. 30-35.

24. **Люгай С.В., Горбачев С.П.** Сжижение стоимости очистки при производстве СПГ на ГРС//Транспорт на альтернативном топливе. — 2010. — №2. — С. 70-73.

25. Самолеты взлетают на газе// www.tupolev.ru/russian/show/asp.sectionID=82 Page=2

26. Газотурбовоз — воскрешение//www.venture-biz.ru/tekhnologii-innovatsii/141-gazoturbovoz-gt1.tmpl.

27. **Гречко А.Г., Новиков А. Н.** Мировой рынок сжиженного природного газа//Холодильная техника. — 2009. — № 9. — С. 52-55; № 10. — С. 45-48.

28. Первый опыт заправки автомобилей газифицированным СПГ в Москве/ **А.И. Савицкий, Г.Н. Левдик, Б.М. Машункин, В.Н. Уткин**// Технические газы. — 2011. — № 5. — С. 65-69.

29. **Лавренченко Г.К. Вклад профессора А.П. Клименко и его школы в создание научных основ углеводородных технологий**//Технические газы. — 2009. — № 5. — С. 9-14.

30. National Project «LNG terminal»//www.ukr-project.gov.ua.



ПАО «Сумское НПО им.М.В.Фрунзе» - одно из старейших предприятий в мире по изготовлению поршневых компрессоров

- широкая номенклатура;
- высокая эффективность и надежность;
- большой ресурс работы;
- автоматизированная система контроля, управления и защиты;
- гарантийное обслуживание.

www.frunze.com.ua

ОПЫТ, которому можно доверять!



Украина, 40004, г.Сумы, ул.Горького, 58
www.frunze.com.ua
управление продаж:
т. +38 0542 78 84 64, ф. +38 0542 22 63 62
отдел маркетинга:
т. +38 0542 78 05 71



Представительство в России, г.Москва
т. +7 495 745 88 30, ф. +7 495 745 88 31