

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ: СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ — МОТОРНОЕ ТОПЛИВО XXI ВЕКА

*Н.Г. Кириллов, д.т.н., заслуженный изобретатель РФ, академик АВН,
А.Н. Лазарев, к.т.н., доцент, академик МАИ
Военный инженерно-технический институт*

Представлены результаты анализа ресурсных и экологических проблем использования традиционных моторных топлив и дана оценка перспективности различных видов альтернативных моторных топлив. Проанализированы преимущества сжиженного природного газа (СПГ) как наиболее дешевого, экологически безопасного и функционально универсального моторного топлива для двигателей различных транспортных средств.

Современные ресурсные проблемы производства традиционных нефтяных моторных топлив

В настоящее время нефть является практически единственным источником сырья для производства моторного топлива. В настоящее время каждую секунду во всем мире добывается и потребляется (химической промышленностью, автомобилями и т. д.) примерно 127 т нефти.

Среди различных видов транспорта (воздушного, морского, речного, железнодорожного и т. д.), ее роль особенно велика в автотранспорте, на потребности которого тратится более 60 % от общего количества добытой нефти, что обусловлено огромным количеством автомобилей. Если в 1896 г. в мире всего было 4 автомобиля, то в 1920 уже около 10 млн автомобилей, а в настоящее время мировой автомобильный парк насчитывает более 700 млн ед. и продолжает быстро расти.

Для примера можно привести динамику роста парка автомобилей в странах бассейна Тихого океана. В 1993 г. в этом регионе насчитывалось 91 млн легковых автомобилей, к 2020 г. их там будет уже более 500 млн. Причем Китай по числу частных автомобилей превзойдет Японию в 3 раза. А ведь всего несколько лет назад в КНР частный легковой автомобиль являлся большой роскошью.

Если сегодняшний темп прироста автомобилей сохранится в ближайшие двадцать лет, то уже в 2025 г. в мире будет свыше 1,5 млрд автомобилей. И всем этим машинам потребуется бензин

или дизельное топливо. По прогнозам специалистов, для удовлетворения нужд промышленности и транспорта потребление нефти должно возрасти до 190 т в секунду. Это потребует увеличения добычи нефти относительно современного уровня почти в 1,5 раза. К сожалению, разведанных запасов такого количества нефти на планете нет. Так, по прогнозам комиссии ЮНЕСКО уже в первой четверти наступившего столетия в значительной мере будут исчерпаны все разведанные запасы нефтяных месторождений. По данным Энергетической комиссии США за последние 20 лет в мире не было открыто ни одно новое крупное месторождения нефти.

По расчетам ОПЕК, при существующем уровне добычи нефть в Великобритании закончится в ближайшие 3–4 года, в Норвегии — во втором десятилетии, в США — в первом десятилетии. Истощение запасов российской нефти прогнозируется на 20-е гг. Нефтяных запасов Ирана, Саудовской Аравии, Венесуэлы хватит только до 50-х гг. нашего столетия.

Можно смело предположить, что уже после 2020 г. истощение нефтяных ресурсов приведет к резкому дефициту нефтепродуктов, увеличению их стоимости и необходимости перехода на альтернативные виды моторного топлива [1].

Современные экологические проблемы использования традиционных нефтяных моторных топлив

Все более возрастающим фактором, обуславливающим необходимость перевода различных видов транспорта на альтернативные моторные топлива, является ужесточение экологических требований к отработавшим газам двигателей автомобилей. Транспорт — один из основных источников выбросов углекислого газа (CO_2) и других вредных веществ в атмосферу. Так, при сжигании 1 л бензина в воздух выбрасывается до 2,2 кг CO_2 до 65 г продуктов неполного сгорания топлива и до 100 г окислов азота (NO_x).

Антропогенное воздействие на окружающую среду от применения нефтяных топлив в автотранспортных средствах определяется огромным

количеством вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу вместе с отработавшими газами автомобилей, проявлением которых являются усиление «парникового эффекта» и негативное влияние на здоровье людей [2].

Изменение климата — одна из самых серьезных экологических проблем в наши дни, что связано с «парниковым эффектом», который, по мнению ученых, вызван резким увеличением концентрации в атмосфере углекислого газа (CO_2). Один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая при этом с отработавшими газами примерно 800 кг угарного газа, 40 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Учитывая, что в настоящее время суммарная мощность двигателей транспортных средств в целом превосходит суммарную мощность электростанций, применение традиционного нефтяного моторного топлива на транспорте вступает в жесткое противоречие с решениями, принятыми странами-участниками Киотского протокола и климатической конвенции (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), определяющих значительное сокращение выбросов CO_2 и других парниковых газов в XXI веке.

Широко известно, что значительные количества выбросов токсичных веществ автомобилями, работающими на традиционных нефтяных видах топлива, наносят огромный ущерб здоровью людей, особенно в крупных городах, где уровень выбросов вредных веществ от автотранспорта достигает величины 90 %. Так, пиковые значения концентрации оксидов азота, углерода и других вредных веществ на улицах крупных российских городов в 10–18 раз превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

Подсчитано, что в целом по РФ ежегодные выбросы вредных веществ от различных видов транспорта составляют около 180 кг на каждого жителя страны. Неудивительно, что по некоторым оценкам, нынешний уровень загрязнения атмосферы ведет к росту заболеваний и сокращению срока жизни наших соотечественников в среднем на пять лет. Так, например, в одном из докладов Минприроды РФ говорится: *«Загрязнение атмосферного воздуха... оказывает негативное влияние на здоровье россиян. За последние пять лет заболеваемость взрослого населения хроническим бронхитом возросла в 1,7 раза, обращения граждан по поводу приступов бронхиальной астмы увеличились на 30 %. Заболеваемость детей выросла в 1,5 раза... В зонах сверхнормативного загрязнения воздуха проживает 10–15 миллионов горожан, а численность населения, находящегося на территориях, где уровень шума превышает допустимые пределы, составляет 30 миллионов человек».*

С учетом истощения запасов и экологических проблем, связанных с использованием нефтяных моторных топлив, применение альтернативных моторных топлив в двигателях транспортных средств становится актуальным для всех стран мира. В связи с этим в настоящее время во всех промышленно развитых странах проводятся масштабные исследовательские работы в области создания наиболее оптимальных с точки зрения экологичности, высокой эффективности, низких издержек производства и имеющих значительные запасы, новых альтернативных видов моторных топлив. Целью этих работ является разработка национальных топливных концепций и создание новых двигателей, соответствующих самым жестким мировым стандартам. Так, за последнее 15 лет в США принят ряд законодательных актов, в которых самое пристальное внимание уделяется проблеме улучшения экологической обстановки в городах и населенных пунктах. В их числе: Закон «Об альтернативном моторном топливе», Закон «О чистом воздухе», Закон «Об энергетической политике» и т. д. На основе этих законов Министерство энергетики США значительно расширило объем научно-исследовательских работ в секторе потребления энергоресурсов на транспорте и разрабатывает новые программы по ускоренному широкомасштабному использованию альтернативных видов топлив.

Анализ перспективности различных видов альтернативных моторных топлив

В отличие от развитых зарубежных стран, в России до сих пор не существует концепции производства и использования альтернативных моторных топлив, что в значительной степени усложняет решение задач развития отечественного моторостроения и снижения выбросов от всех видов транспорта. Основными критериями выбора новых видов топлива являются: экологическая безопасность, высокая экономическая эффективность, значительная сырьевая база и т. д. [3].

Очевидно, что первым шагом в решении этой проблемы является учет всех видов возможных альтернативных моторных топлив и анализ перспективности их использования в условиях России.

Синтетический бензин и ДМЭ. Сырьем для производства синтетического бензина может быть уголь, попутный нефтяной газ и другие вещества, но чаще всего используется природный газ. При этом природный газ окисляется в присутствии катализатора в синтез-газ, содержащий CO и H_2 . Моторные топлива из синтез-газа производятся либо с использованием процесса Фишера–Тропша, либо с помощью так

называемого Мобил-процесса через промежуточное получение метанола. За рубежом данные технологии получили название «газ-в-жидкость».

В настоящее время в России широко обсуждается вопрос целесообразности и эффективности создания крупномасштабных производств синтетического бензина из природного газа. Однако необходимо понимать, что за рубежом данная технология развивается как альтернативная форма морской доставки природного газа из удаленных добывающих стран в США, Западную Европу и Японию. Более того, при данной технологии из 1 м³ природного газа получают не более 250 г синтетического бензина. В современных легковых автомобилях использование 1 м³ природного газа в качестве моторного топлива эквивалентно 1,2 л бензина, что составляет 1 кг нефтепродукта. Следовательно, при производстве синтетического бензина из природного газа теряется топливо, энергетический потенциал которого эквивалентен 700 г нефтепродукта. Эти потери уходят в окружающую среду в виде углекислого газа и грязной технической воды.

В России применяется наземная трубопроводная транспортировка природного газа, в связи с этим производство синтетических моторных топлив из природного газа лишено экономического смысла.

Все сказанное выше в полной мере относится и к диметиловому эфиру (ДМЭ). Производство ДМЭ из природного газа в континентальной России означает ничто иное как энергозатратную конверсию метана, который изначально сам по себе является идеальным энергоносителем. При этом существующие технологии получения ДМЭ через конверсию в метанол или синтез-газ приводят к значительному загрязнению окружающей среды.

Метанол. Метанол как моторное топливо имеет высокое октановое число и низкую пожароопасность. Эти свойства оправдывают применение метанола на гоночных автомобилях. Однако из-за высокой токсичности массовое применение метанола в развитых странах запрещено.

В России метанол производят для газовой промышленности: его закачивают в магистральные трубопроводы для снижения температуры конденсации примесей природного газа. В качестве моторного топлива метанол ввиду его высокой стоимости и токсичности в России также не используется.

Электрический и гибридный привод. Интерес к электромобилю, работающему на электричестве от аккумуляторных батарей, в начале XXI века обусловлен прежде всего развитием технологий

хранения энергии, которые позволили увеличить срок работы батарей между подзарядками и сократить время самой подзарядки, увеличить срок жизни аккумуляторов и снизить их стоимость. Пока источником энергии в электромобиле служат в основном свинцово-кислотные батареи. Это наименее дорогой из всех типов батарей. Стандартный комплект свинцово-кислотных аккумуляторов для электромобиля средней массы стоит порядка \$3000 США. Однако на подобных батареях без подзарядки нельзя проехать более 150 км, и менять их приходится минимум раз в три года. Существуют и более перспективные технологии хранения энергии, позволяющие увеличить срок работы батарей. Но они пока слишком дороги. В целом, как и прежде, цена электромобилей значительно превышает цену бензинового аналога, в связи с чем потребительская ниша их использования очень ограничена.

Одним из направлений применения электродвигателей является их комбинированное использование на автотранспортных средствах в сочетании с традиционными двигателями внутреннего сгорания (гибридный привод). При этом предполагается, что электричество будет использоваться для привода транспортных средств в городских условиях для снижения антропогенного влияния автомобилей на окружающую среду. В России работы по созданию современных гибридных электромобилей практически не ведутся.

Водород и автомобили на топливных элементах. До недавнего времени за рубежом и в России активно обсуждалась тема о перспективе развития водородной энергетики и использования водорода в качестве альтернативного топлива для автомобилей с топливными элементами.

Топливные элементы — это устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства за счет процесса обратного электролиза, т. е. в процессе реакции водорода и кислорода образуются вода и электрический ток. В последние 20 лет в этом направлении работало достаточно много зарубежных автомобильных фирм в странах, импортирующих нефть. Однако несмотря на огромные финансовые затраты, им так и не удалось приблизить стоимость автомобилей на топливных элементах к традиционным. Так, американский минивэн «HydroGen3», работающий на топливных элементах, стоит около \$1 млн и для большинства автолюбителей автомобили на топливных элементах очевидно так и останутся несбыточной мечтой.

В настоящее время топливные элементы обладают рядом серьезных недостатков. Так, кроме высокой стоимости и короткого срока службы

применение топливных элементов на транспортных средствах дает существенный прирост массогабаритных характеристик автомобиля. Более того, несмотря на заявленный разработчиками топливных элементов высокий теоретический КПД (около 70 %), эффективность даже лучших топливных элементов за весь жизненный цикл в настоящее время составляет менее 30 %. Наиболее интенсивные исследования по применению топливных элементов в автотранспортных средствах проводились в США с 2001 по 2005 г., на которые затрачено более \$2 млрд долл. Исследования показали, что для широкого и доступного применения топливных элементов на автотранспорте необходимо создать новые революционные открытия почти в 100 отраслях техники и материаловедении.

Более того, последние годы отмечены серьезными неудачами в области опытной эксплуатации «водородных двигателей». Так, осенью 2008 г. ведущие автопроизводители мира, занимающиеся разработкой автомобилей на топливных элементах, приняли участие в американском автопробеге Hydrogen Road Tour 08, призванном стать первой такого масштаба рекламной акцией, привлекающей внимание к созданию инфраструктуры для будущих суперэкологических моделей, однако мероприятие привело к неожиданному результату.

В 13-дневном «приключении» приняли участие девять автопроизводителей: «Honda», «General Motors», «Toyota», «Ford», BMW, «Daimler», «Hyundai», «Nissan» и «Volkswagen», вознамерившихся доказать необходимость сооружения большого числа водородных заправочных станций. Но, ко всеобщему разочарованию, пробег закончился провалом, красноречиво показавшим, что автомобили с двигателями, работающими на водороде, не готовы для внедрения в массовое производство. Старт заезда состоялся в Портленде, штат Мэн, и проходил по 18 штатам через 31 город с финишем в Лос-Анджелесе. Но из-за технических проблем большую часть намеченного пути автомобили не смогли проделать самостоятельно — их пришлось транспортировать на эвакуаторах. Оказалось, что машины не были готовы к условиям ежедневной эксплуатации. По мнению американских специалистов, технологии в создании топливных элементов достигли своих пределов, и они пока не видят возможности для их дальнейшего усовершенствования, а делать водородные автомобили с топливными элементами просто нерентабельно. В связи с этим Президент США Барак Обама 13 мая 2009 г. закрыл «Фонд развития автомобилей с водородными двигателями» с бюджетом \$1,2 млрд, учрежденный администрацией президента Джорджа Буша-мл. в 2003 г.

Попытки создания топливных элементов для двигателей автомобильного транспорта в России предпринимает ОАО «Автоваз» в кооперации с Уральским электрохимическим комбинатом. В качестве прототипа двигателя автомобиля используется электрохимический генератор «Фотон». При мощности 27 кВт данный двигатель на топливных элементах имеет моторесурс не более 2 тыс. ч и стоит около \$300 тыс. США.

Однако результаты зарубежных компаний показывают, что дальнейшие исследования по созданию водородных автомобилей с топливными элементами не имеет перспектив в ближайшем будущем.

Этанол. Этанол (спирт питьевой) обладает высоким октановым числом и энергетической ценностью, является отличным моторным топливом. Серьезность отношения в мире к спиртовым топливам определяется уровнем их применения в транспортных средствах. Так, например, в конце прошлого века в Бразилии чистый этанол в качестве моторного топлива использовали более 7 млн автомашин и еще 9 млн машин — его смесь с бензином (газохол).

США является вторым мировым лидером по масштабному изготовлению этанола для нужд автотранспорта. Этанол используется как «чистое» топливо в 21 штате, а смесь этанол–бензин составляет 10 % топливного рынка США и используется более чем в 100 млн двигателях.

Стоимость этанола в среднем гораздо выше себестоимости бензина. Всплеск интереса к использованию этанола в качестве моторного топлива за рубежом был обусловлен налоговыми льготами. Так, в США эти льготы компенсируют продавцам убыток в случае, если они продают этанол по цене бензина. Цель проведения такой политики в США и Западной Европе — снизить зависимость от импорта нефти. Для России, которая не имеет значительных излишков зерновых культур, идея использования автомобиля, работающего на этаноле, не актуальна, сомнительна и маловероятна.

Биодизельное топливо. В последние годы в США, Канаде, Германии и странах ЕС возрос коммерческий интерес к биодизельному топливу, в особенности к технологии его производства из рапса. В Австрии биодизельное топливо уже сейчас составляет 3 % общего рынка дизельного топлива при наличии производственных мощностей до 30 тыс. т/год; во Франции эти мощности составляют 20 тыс. т/год; в Италии — 60 тыс. т/год. В США планируется на 20 % заменить обычное дизельное топливо биодизельным и использовать его на морских судах, городских автобусах и грузовых автомобилях. Хотя потенциальных источников для произ-

водства моторных топлив из местного сырья достаточно много, на практике круг их сужается вследствие географических, климатических, экономических и других факторов. Особенно это актуально для России, 2/3 территории которой расположено в зоне умеренно холодного климата. Пищевые культуры, как потенциальное сырье для производства моторного топлива, для России исключаются, поскольку являются не менее дефицитными сегодня для производства продуктов питания. В отличие от экваториальных стран, технические сельскохозяйственные культуры в России — сезонное сырье и их выращивание требует больших земельных площадей. Например, для производства в США 3,8 млрд л в год этанола нужно собрать урожай технических культур с 2 млн га.

Поэтому в России практически отсутствует сырьевая база для получения этанола и биодизельного топлива (необходимо отметить, что наиболее эффективными продуцентами для этих топлив являются представители тропической и субтропической флоры), что позволяет скептически оценивать возможность их широкого использования на транспорте в РФ.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ). В широком обиходе под СУГ понимают бутан-пропановую смесь. Как моторное топливо СУГ обладают важным преимуществом перед другими видами газовых моторных топлив: бутан-пропановая смесь при нормальной температуре и давлении в 1,6 МПа переходит в жидкое состояние. Следует отметить и более низкую себестоимость производства этого топлива по сравнению с традиционными моторными топливами — бензинами. В связи с данными показателями СУГ широко применяется в качестве моторного топлива как в России, так и за рубежом.

Однако при рассмотрении перспектив применения СУГ в качестве моторного топлива в России следует иметь в виду, что эти газы являются химическим сырьем для производства важных продуктов и незаменимым технологическим сырьем целого ряда производств. Необходимо также учитывать, что СУГ широко используется для бытовых нужд в местах, удаленных от газопроводов природного и попутного газа (отопление, приготовление пищи). Таким образом, ресурсы СУГ, которые могут быть выделены для использования в качестве моторного топлива в перспективе будут существенно ограничены.

Учитывая, что бутан—пропан является продуктом переработки нефти и нефтяного попутного газа, в полном смысле слова он не может считаться альтернативным видом моторного топлива и его использование на транспорте в

ближайшие 10–15 лет может полностью прекратиться.

Природный газ. Приоритет природного газа (ПГ) как наиболее перспективного экологически безопасного моторного топлива очевидна для многих стран мира. Широкое применение природного газа как наиболее чистого и дешевого альтернативного моторного топлива в настоящее время возведено в ранг государственной политики во многих странах мира. В США, Германии, Канаде, Новой Зеландии, Аргентине, Италии, Голландии, Франции и других странах успешно действуют национальные программы перевода автотранспорта, в первую очередь городского, на газомоторное топливо. Для этого разработана соответствующая нормативно-законодательная база: ценовая, налоговая, тарифная, кредитная. В результате в этой области наблюдается явный прогресс. В Нидерландах более 50 % всего автотранспорта используют в качестве топлива газ, в Италии — более 20 %. 95 % автобусного парка Вены (Австрия) и 87 % парка Дании работают на природном газе.

При переводе на природный газ, который на 95–98 % состоит из метана, выбросы двигателей внутреннего сгорания по вредным компонентам значительно сокращаются. Результаты исследований токсичности газобаллонных автомобилей показывают, что при замене бензина на природный газ выброс токсических составляющих (г/км) в атмосферу, в зависимости от типа автомобиля, снижается: по оксиду углерода в 5–10 раз, окислам азота — в 1,2–1,5 раза, ПАУ — в 10 раз, дымности — в 8–10 раз. По оценкам специалистов отработавшие газы метановых двигателей на 60 % менее вредны для человека, практически не содержат канцерогенных компонентов; на 60–80 % меньше разрушают озоновый слой; на 50 % меньше способствуют формированию кислотных осадков; на 25 % снижают риск возникновения парникового эффекта. Этот показатель очень важен при реализации Киотского протокола, к которому присоединилась Россия.

На природный газ могут быть переведены стандартные бензиновые двигатели путем установки газового топливного оборудования, включающего устройства для редуцирования давления топливного газа и регулирования его расхода в соответствии с режимом работы. Для дизельных двигателей, помимо оснащения их газовым оборудованием, необходима установка системы искрового зажигания. Может быть использован также газодизельный процесс, в котором зажигание газозвоздушной смеси, подаваемой в цилиндры двигателя, осуществляется за счет впрыска запальной порции дизельного топлива.

При использовании природного газа в 2–3 раза увеличивается срок службы моторного масла, свечей зажигания — возрастает на 40 %; на 35–40 % увеличивается моторесурс двигателя и межремонтный пробег. При этом не образуется нагар на поршнях, клапанах и свечах зажигания. Метан не смывает масляную пленку со стенок цилиндров и не разжижает масло в картере; не содержит вредных примесей, на химическом уровне разрушающих детали камеры сгорания, каталитический нейтрализатор и лямбда-зонд.

По технической безопасности природный газ имеет следующие преимущества: в газовых емкостях отсутствует воздух, не образуется смесь паров, как у бензина или дизельного топлива; метан обладает самой низкой температурой воспламенения (680 °С); почти в 2 раза легче воздуха, при утечке устремляется вверх, достаточно быстро «растворяясь» в атмосфере. По этим причинам природный газ является самым пожаробезопасным видом моторного топлива.

Постановлениями Правительства РФ от 15 января 1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом» и от 2 ноября 1995 г. № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению», в частности, предусмотрено осуществить замену дефицитных нефтяных видов топлива альтернативными, а также сократить объем потребления бензина за счет увеличения выпуска автотранспортных средств, работающих на газообразном топливе. В связи с этим перевод автомобильного транспорта на природный газ становится важнейшей государственной задачей для России.

Уникальные физико-химические свойства природного газа, значительные естественные запасы, развитая сеть его доставки от месторождений во многие регионы страны по магистральным газопроводам и экологические преимущества в сравнении с традиционными видами топлив позволяют рассматривать ПГ как наиболее перспективное и универсальное моторное топливо для автомобильного и других видов транспорта России. Россия располагает крупнейшими разведанными запасами газа в мире, которые в настоящее время составляют более 47 трлн м³, ежегодная добыча — 540 млрд м³, из них на внутренний рынок поставляется не менее 290 млрд м³. Единая система газоснабжения обеспечивает подачу природного газа в 20 тыс. населенных пунктов страны, в том числе 800 крупных городов.

В связи с этим использование природного газа как моторного топлива в России может уже в ближайшее время превратиться в самостоятельную высокорентабельную подотрасль газовой промышленности [4].

Сжиженный природный газ — наиболее перспективный вид альтернативного моторного топлива XXI века

Природный газ как моторное топливо может применяться как в виде сжатого (КПГ) газа, сжатого до давления 200 атм, так и в виде сжиженного (СПГ), охлажденного до –160 °С, природного газа. Отечественный и зарубежный опыт использования КПГ в качестве моторного топлива показал, что сжатый природный газ имеет ряд существенных недостатков, среди которых увеличение массы топливной системы транспортного средства, значительное уменьшение пробега на одной заправке, необходимость периодического обслуживания баллонов высокого давления и т. д. Это приводит к тому, что технологические сложности и технические риски применения природного газа на транспорте полностью переносятся на потребителя. В связи с этим в странах Западной Европы для стимулирования газификации автотранспорта предусматривается существенное уменьшение налогов на автомобили, использующие КПГ, в среднем в 1,5–2 раза. Кроме того, автовладельцы после конверсии автомобиля освобождаются от налоговых выплат на 3 года. С 1996 г. в Великобритании и Франции существенно уменьшены налоги на автомобили, использующие газовое топливо по отношению к традиционным транспортным средствам. В Германии эта разница составляет 1,5 раза, в Нидерландах — 1,7 раза.

В последние годы исследования зарубежных автомобильных компаний показали, что недостатки использования природного газа в виде КПГ могут быть устранены при переходе на сжиженный природный газ. Именно по этому пути идут в настоящее время все развитые страны мира. Сегодня сжиженный природный газ рассматривают как наиболее дешевое и функционально универсальное альтернативное моторное топливо для автомобильного, авиационного, водного и железнодорожного транспорта [5, 6].

Преимущества СПГ при использовании в качестве моторного топлива объясняются его более высокой плотностью (в 3 раза) по отношению к сжатому природному газу при давлении 200 атмосфер. Замена сжатого природного газа на СПГ позволяет существенно улучшить технические показатели транспортных средств: уменьшить габариты и массу системы хранения бортового топлива; увеличить полезную грузоподъемность и запас хода на одной заправке; сократить за счет более редких заправок непроизводительные затраты, связанные с холостыми пробегами. Сжижение позволяет уменьшить объем газа, занимаемый в обычных условиях,

почти в 600 раз, что приводит, по сравнению со сжатием газа, к уменьшению массы системы хранения природного газа на транспортном средстве в 3–4 раза, а объема в 1,5–3 раза.

Так, например, для среднего грузового автомобиля, оборудованного криогенной емкостью СПГ объемом 300 л, пробег на одной заправке увеличивается в 1,8 раз, а суммарная масса оборудования и топлива уменьшается на 600 кг по сравнению с тем же автомобилем, работающим на КПГ. Грузоподъемность автомобиля при его переводе на СПГ и пробег на одной заправке сопоставимы с аналогичными характеристиками автомобиля, работающего на традиционном топливе (бензин или соляр).

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики топливной системы среднего грузового автомобиля при использовании компримированного и сжиженного природного газа в качестве моторного топлива.

Таблица 1

Сравнительные характеристики топливной системы автомобиля при использовании КПГ и СПГ

Показатели	КПГ	СПГ	Отношение КПГ/СПГ
Запас газа, кг	75	75	1
Вместимость, л	400	175	2,3
Рабочее давление, МПа	20	0,15	130
Число емкостей, шт.	8	1	8
Объем пространства, необходимый для размещения, м ³	1,4	0,6	2,3
Масса, кг	740	85	9
Удельная металлоемкость, кг массы/кг газа	10	1,15	9

Интенсивному росту использования СПГ в качестве моторного топлива способствует и то, что мировой рынок сжиженного природного газа является одним из наиболее динамично развивающихся рынков углеводородов, в среднем его прирост составляет до 7 % в год. За рубежом производство СПГ в значительной степени стимулировано более экономичной транспортировкой огромного количества природного газа морским транспортом в сжиженном виде, из газодобывающих стран в страны мира, не имеющих своих энергетических ресурсов [7].

В настоящее время за рубежом построено и эксплуатируется более 15 крупных заводов по производству СПГ. Производительность вновь вводимых установок сжижения газа возросла за последние 20 лет с 0,6 до 3 млн т СПГ в год за счет применения нового более мощного оборудования, что обеспечивает снижение расхода энергии на сжижение. Как правило, на крупных установках для получения СПГ используют каскадный способ (каскад пропан–этилен–метан) или холодильный цикл на смешанном холо-

дильном агенте с предварительным пропановым охлаждением. Быстрое развитие технологий производства и перевозки сжиженного природного газа привело к снижению их стоимости, которое совпало с очередным глобальным повышением цен на энергоносители.

Благодаря этому в последние 10 лет объем торговли СПГ увеличился в два раза. Сегодня в мире производится около 200 млрд м³ сжиженного природного газа. По оценкам экспертов Международного энергетического агентства (IEA) Организации экономического сотрудничества и развития к 2030 г. рост объемов торговли СПГ может вырасти в пять раз. Планируется увеличение поставок СПГ в Японию, Южную Корею, Тайвань, Индию, Китай, Грецию, США и страны Западной Европы. Уже сейчас в США доля СПГ в общем газопотреблении составляет более 25 %. Япония импортирует до 85 % (45 млрд м³) природного газа в сжиженном состоянии.

По оценкам отечественных специалистов, производство и использование СПГ в качестве моторного топлива также экономически оправдано. Так, по данным ОАО «Газпром» и ВНИИгаз, использование СПГ в качестве моторного топлива, с точки зрения технико-экономической эффективности, значительно выгоднее, чем КПГ. Отмечается, что при крупномасштабном производстве СПГ удельные капиталовложения в производство ниже на 25–30 %, себестоимость производства СПГ ниже на 40 %, а суммарные приведенные затраты на производство–доставку–распределение для СПГ ниже на 10–30 %, чем на аналогичные системы для КПГ [8].

В России до 2009 г. существовало только мелкомасштабное производство СПГ. Однако и это уже позволяло оценить себестоимость производства сжиженного природного газа [9]. Так, в табл. 2 представлены сравнительные характеристики стоимости различных видов моторного топлива в России.

Таблица 2

Сравнительные характеристики стоимости различных видов моторных топлив

Наименование горючего	Стоимость, тыс. р./т (на 1.02.2010 г.)
СПГ	11
Дизельное топливо	20–22
Бензин	20–22
Жидкий водород	240

Как видно из проведенного анализа, применение СПГ является перспективным направлением использования природного газа в качестве моторного топлива, а массовый перевод отечественного транспорта на данный вид топлива является наиболее экономически выгодным,

ресурсообеспеченным и экологически приемлемым путем повышения эффективности и снижения экологической опасности транспорта России [10, 11].

Широкому применению СПГ на транспорте в ближайшее время будет способствовать и начало в России крупномасштабного производства СПГ. Так, в 2009 г. компанией «Сахалин Энерджи» введен в эксплуатацию завод по производству СПГ на о. Сахалин. Комплекс завода состоит из двух технологических линий про-

изводительностью по 4,8 млн т СПГ в год каждая. В настоящее время планируется строительство крупных заводов СПГ в Ленинградской и Мурманской областях.

О зарубежном опыте использования СПГ в качестве моторного топлива в различных видах транспортных средств, новых технологиях производства и хранения СПГ, а также перспективах использования СПГ в России читатели журнала будут информированы в последующих публикациях.

Литература

1. Леонард Р. Истощение нефтяных запасов и грядущая эпоха природного газа // Нефтегазовая вертикаль. — 2001. — № 9. — С. 50–59.
2. Кириллов Н.Г. Природный газ как моторное топливо и экология автомобильного транспорта России. — М.: ИРЦ «Газпром», 2003. — 31 с.
3. Терентьев Г.А., Тюков В.М., В.М. Смаль В.М. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. — М.: Химия, 1989. — С. 149–150.
4. Кириллов Н.Г. Состояние топливно-энергетического комплекса России и энергосберегающий путь развития энергетики // Энергетика и промышленность России. — 2002. — № 1. — С. 6–7.
5. Кириллов Н.Г. Сжиженный природный газ как универсальное моторное топливо XXI века: технологии производства и системы долгосрочного хранения. — М.: ИРЦ «Газпром», 2002. — 64 с.
6. Мельников А.А., Пронин Е.Н. Сжиженный природный газ — перспективы российского рынка // Полимергаз. — 2000. — № 2. — С. 12–14.

7. Кириллов Н.Г. Рынок сжиженного газа: российские перспективы // Энергетика и промышленность России. — 2009. — № 1. — С. 31.
8. Седых А.Д., Роднянский В.М. Политика Газпрома в области использования природного газа в качестве моторного топлива // Газовая промышленность. — 1999. — № 10. — С. 8–9.
9. Ходорков И.Л. Первый в России типовой мини-завод по производству сжиженного природного газа на АГНКС // Холодильный бизнес. — 2001. — № 4. — С. 12–13.
10. Kirillov N. G. Liquefied Natural Gas as a Motor Fuel and a Refrigerant: Methodology of Evaluation of Ecological Suitability of Truck-Mounted Refrigerating Systems // Chemical and Petroleum Engineering. — 2002. — № 38 (5–6) May–June. — P. 344–350.
11. Елисеев В.Г., Кулис И.Д. Экологические аспекты применения сжиженного природного газа как альтернативного топлива // Конверсия в машиностроении. — 2001. — № 2. — С. 21–23.



НОВОСТИ «ALFA LAVAL»

НОВЫЙ ТИПОРЯД РАЗБОРНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ TL10P

Семейство разборных пластинчатых теплообменников Alfa Laval расширяется за счет использования нового типа пластин TL10P. Обладая теми же размерами, что и существующая серия теплообменников TL10B, новая модель позволяет расширить перекрываемый диапазон мощностей и дополнить номенклатуру продукции Alfa Laval.

Пластина TL10P разработана с учетом самых современных требований к разборным пластинчатым теплообменникам, обеспечивает эффективную теплопередачу и обладает высокой механической прочностью. Эти ее особенности гарантируют получение необходимых рабочих характеристик при использовании компактных теплообменников с великолепным качеством уплотнения.

Теплообменники TL10P могут применяться для решения большинства задач по СКВ, но особенно подходят для использования в качест-

ве промежуточных теплообменников, а также для работы в системах естественного охлаждения и с тепловыми насосами.

Новая модель TL10P, как и остальные, поставляется с пластинами и уплотнениями, выполненными из различных материалов. Теплообменник может работать в условиях высоких давлений (до 25 бар) и температур (до 180 °С) и поставляется в соответствии с требованиями к сосудам высокого давления, включая PED, ASME, pvcALSTM, а также с требованиями ГОСТ.

Как и для всех пластинчатых теплообменников Alfa Laval, для типоряда TL10P имеются трехмерные компьютерные модели, которые можно импортировать в программы 3D-проектирования (AutocAD, MagiCAD и др), что значительно упрощает процесс разработки системы в целом и гарантирует корректный общий вид теплообменника.