

УДК 665; <https://doi.org/10.37878.2708-0080/2020.018>

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА И ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ



Х.С. МЕРПЕИСОВ^{1*},

директор,

<https://orcid.org/0000-0003-1934-7971>

В.В. ФИНЬКО², генеральный директор, инженер

В.Е. ФИНЬКО², кандидат технических наук, член-корреспондент Международной академии холода, главный конструктор

¹ТОО «Научно-техническая фирма Инжиниринг»
Республика Казахстан, 030012, г. Актобе, ул. Маресьева, 2 «Б», к. 8

²ООО «Фирма новых технологий»
Российская Федерация, 198510, Санкт-Петербург,
Петродворец, ул. Братьев Горкушенко 18, кв. 44

Для выполнения Постановления Правительства по переводу транспорта на газ и газификации регионов предлагаются новые, проверенные на практике, технологии производства сжиженного природного газа, обеспечивающие получение товарного продукта по самой низкой себестоимости. Окупаемость затрат на установки – до одного года. Ресурс работы установок без вращающихся механизмов соизмерим со сроком службы магистральных газопроводов. Аналоги таких установок в мировой практике отсутствуют.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сжиженный газ, установка получения сжиженного газа, новая технология, газомоторное топливо, экономическая эффективность газорегулирующих станций магистрального газопровода, окупаемость.

*Автор для переписки. E-mail: mhamit@rambler.ru

АВТОКӨЛІККЕ ЖӘНЕ АЙМАҚТАРДЫ ГАЗДАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН СҰЙЫТЫЛҒАН ТАБИҒИ ГАЗ ӨНДІРІСІНІҢ ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Х.С. МЕРПЕИСОВ¹, директор, <https://orcid.org/0000-0003-1934-7971>

В.В. ФИНЬКО², бас директор, инженер

В.Е. ФИНЬКО², т.ғ.к., салқынның Халықаралық академиясының корреспондент мүшесі, бас құрастырушы

¹«Инжиниринг Ғылыми-техникалық фирма» ЖШС
Қазақстан Республикасы, 030012, Ақтөбе қаласы, Маресьев көшесі, 2 «Б», 8 к

²«Жаңа технологиялар фирмасы» ЖШҚ
Ресей Федерациясы, 198510.
С-Петербург, Петродворец, ағайынды Горкушенко көшесі 18, 44 пәтер

Көлікті газға көшіру және аймақтарды газдандыру бойынша Үкімет қаулысын орындау үшін СПГ өндірісінің тәжірибеде тексерілген жаңа технологиялары ұсынылады, олар ең төменгі өзіндік құнмен тауар өнімін алуды қамтамасыз етеді. Қондырғыларға кеткен шығын бір жыл ішінде өтеледі. Айналу механизмдерін қоспағанда қондырғылардың жұмыс қоры магистралды газ құбырларының қызмет ету мерзімімен өлшенеді. Осындай қондырғылардың баламалары әлемдік тәжірибеде жоқ.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: сұйылтылған газ, қондырғы, сұйылтылған газды алу, жаңа технология, газмоторлы отын, магистралды газ құбырының газреттегіш бекеттерінің экономикалық тиімділігі, өтелімділік.

NEW TECHNOLOGY FOR LIQUEFIED NATURAL GAS PRODUCTION FOR MOTOR TRANSPORT AND PROVISION OF REGIONS WITH GAS SUPPLY

Kh.S. MERPEYISSOV^{1*}, Director, <https://orcid.org/0000-0003-1934-7971>

V.V. FINKO², General Director, Engineer

V.E. FINKO², Candidate of Technical Sciences, Corresponding Member of the International Academy of Refrigeration, Chief Structural Engineer

¹ Engineering Scientific and Technical Firm LLP
Republic of Kazakhstan, 030012, Aktobe, Maresyevast., 2 «B», apt. 8

² Firm of new technologies LLC
Russian Federation, 198510. St. Petersburg
Petrodvorets, Gorkushenko Brothers st. 18, apt. 44

For implementation of Government Decree on conversion of transport to gas fuel and provision of regions with gas supply the new field-proven technologies for liquefied natural gas production are proposed ensuring the lowest possible production cost of the product. Cost recovery for installations up to one year. Operational life of non-rotating installations is commensurate with the service life of the main gas lines. There are no analogues of such installations in world practice.

KEY WORDS: liquefied gas, installation for liquefied gas production, new technology, gas engine fuel, economic efficiency of gas control stations of the main gas lines, cost recovery.

ВВЕДЕНИЕ

Постановление Правительства РК за № 797 от 2018 г. [1] о переводе городского транспорта на газ является революционным мероприятием, так как реализация его позволит обеспечить быстрый технический прогресс и существенно повысит благосостояние подавляющей части населения страны. На постсоветском пространстве РК является единственной страной, которая проблему использования газа на транспорте и для газификации удаленных от газовых месторождений регионов подняла на государственный уровень с обеспечением целевого финансирования. Другая важная задача – газификация РК, поставленная Президентом для всех ветвей исполнительных органов, реализуется темпами вследствие применения технологии, основанной на прокладке дорогостоящих труб от магистральных газопроводов к потребителям. Огромные территории и большие расстояния между населенными пунктами для проведения газификации удаленных регионов потребуют весьма больших капитальных вложений, что резко ограничивает возможности подключения многих потребителей к газу, как и для перевода транспорта на газ [2]. Предлагается надежный, проверенный в России, более экономичный и быстрый способ решения поставленных задач через сжиженный природный газ (СПГ – сжиженный метан), который может доставляться без потерь потребителям, удаленным за 1000 км. На конкурсной основе по заказу Авиационного научно-технического комплекса им. Туполева была выбрана самая эффективная технология производства СПГ за счет применения нового генератора холода без вращающихся механизмов. Созданная на его базе опытно-промышленная установка была размещена на АГНКС № 8 ПО «Лентрансгаз», а проведенные испытания подтвердили высокую экономичность и эффективность использования новой технологии для газификации энергообеспечения удаленных регионов и перевода части транспорта на газ [3]. Специалистами ПО «Лентрансгаз» за весьма короткий срок был газифицирован рабочий поселок, удаленный на 220 км от места производства СПГ, переоборудован автомобиль КАМАЗ и речной прогулочный катер на использование газа вместо дизельного топлива. Для компании «Петротранснефтепродукт» три мазутных котла, отработавшие свой ресурс, были заменены на новые финские, использующие природный газ. Регулярная доставка СПГ потребителям обеспечивалась криоперевозчиками объемом 16 м³. За счет теплоты окружающей среды СПГ регазифицировался и поступал потребителям. Замена мазутных котлов обеспечила возврат всех понесенных затрат всего за два года работы оборудования при условии сохранения обслуживающего персонала. Участники создания новой технологии производства СПГ и его применения были удостоены премии Газпрома за 2000 г.

Республика Казахстан занимает весьма выгодное положение по любому из возможных направлений маршрута Шелкового пути из Китая в Европу (через Россию или Иран). Поэтому перспектива развития «Международного Транспортного Маршрута «Европа – Азия» (МТМ ЕК) очень сильно зависит от топливного рынка СПГ в республике, что позволит стать важным участником обеспечения заправки транспорта с весьма привлекательной ценой для покупателя и высокой вероятностью получения больших гарантированных прибылей при условии развития

экономичного производства СПГ самой низкой себестоимости. Без развития в РК аналогичного производства СПГ самой низкой себестоимости невозможно будет выполнить важные правительственные задачи.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПГ

Все существующие и используемые технологии производства СПГ больших и малых часовых объемов, обобщенные в газовой энциклопедии [4], практически исчерпали свои возможности в части снижения капитальных и эксплуатационных затрат, а также уменьшения себестоимости получаемого продукта, отвечающего требованиям на моторное топливо. Используемые в качестве генераторов холода самые совершенные и дорогие турбодетандеры требуют для привода больших затрат электроэнергии, а подготовка сырьевого газа для сжижения вынуждает обеспечивать весьма высокую его чистоту, что связано с большими эксплуатационными затратами. Все турбодетандеры имеют ограниченный ресурс непрерывной работы, а периодическая замена их на новые через каждые 5 лет требует новых больших капитальных вложений и приводит к временным задержкам в работе, что выражается в потерях прибыли. Кроме того, подготовка к сжижению даже магистрального газа, по данным исследований специалистов [5], стоит таких затрат, которые превышают стоимость самих установок сжижения в 2–3 раза. Поэтому, по причине высокой себестоимости получения СПГ, малотоннажное производство его не нашло широкого развития ни в одной стране мира, владеющей даже самыми передовыми технологиями.

Предлагается новая технология производства СПГ, в конструкции установок которой отсутствуют вращающиеся механизмы, поэтому ресурс работы комплекса соизмерим со сроком службы магистрального газопровода. На прилагаемой схеме (*рисунк 1*) представлен комплекс непрерывного производства СПГ производительностью до 7 т/ч.

Он отличается тем, что не требуются системы предварительной подготовки и осушки газа, так как все вредные включения, присутствующие в магистральном газе (влаги, углекислота, эмульсии, машинное масло и даже ртуть) – вымораживаются. А выводятся они из установки при растеплении (отогреве) от газогидратов, которые образуют легкие углеводороды и углекислота при низких температурах вследствие наличия в газе влаги. Генератором холода в новой технологии служит устройство без вращающихся механизмов, особенностью которого является способность переохлаждать технические газы ниже температуры их затвердевания [6]. Получаемый такими генераторами избыток холода (весьма низких температур) позволяет обеспечить высокий коэффициент сжижения. Предлагаемый комплекс производства СПГ включает три соединенных между собой блока, в первом из которых происходит отделение тяжелых компонентов (C5+), а также вымораживается влага, эмульсии, масла и ртуть. Во втором блоке установки конденсируются пропан с бутаном и частично этан, которые накапливаются в нем, а затем автоматически переливаются в первый блок, обеспечивая эффективное охлаждение входного потока. Также из первого блока в накопитель отводится товарная пропан-бутановая смесь. В третьем

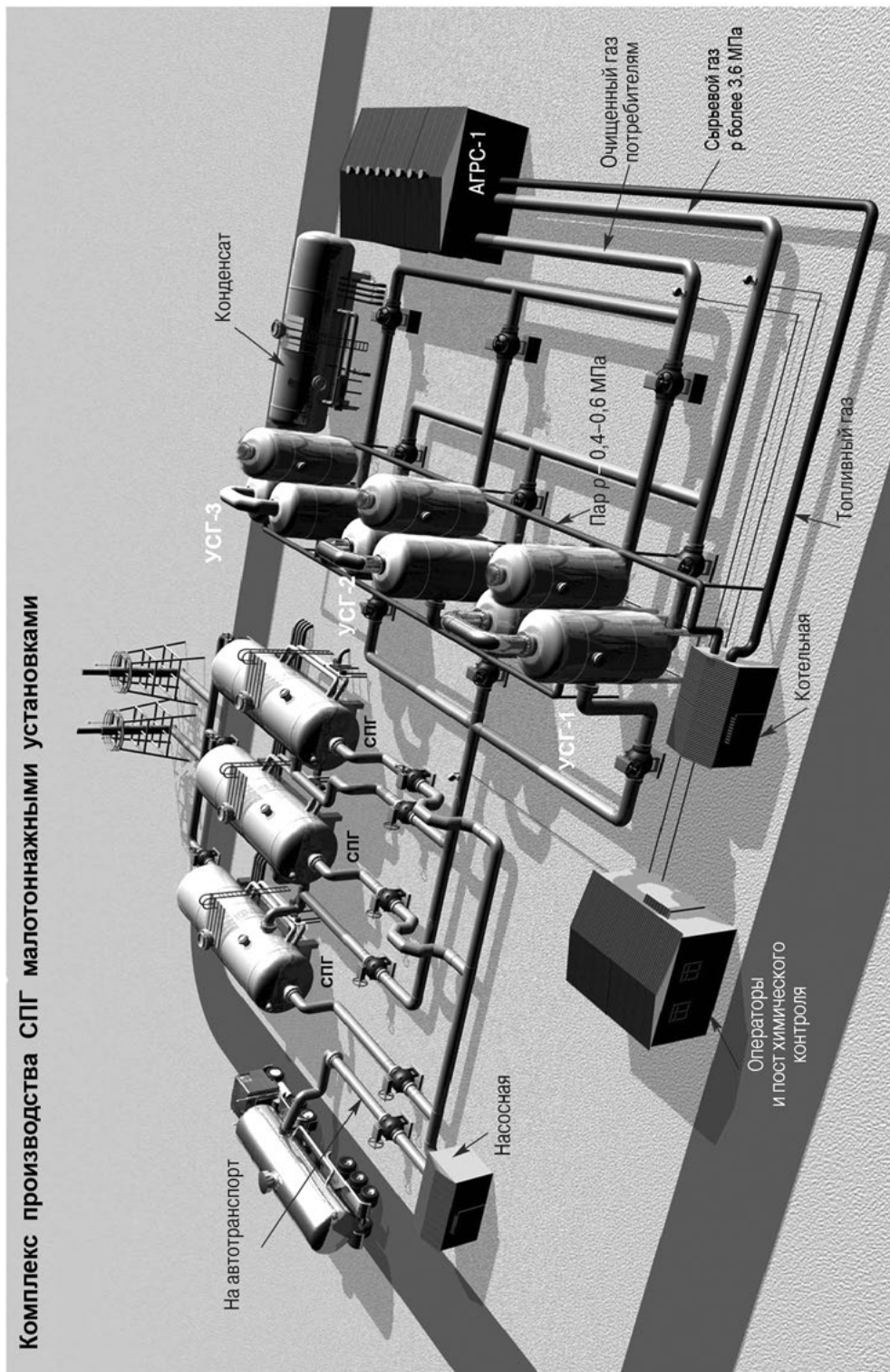


Рисунок 1 – Комплекс производства СПГ малотоннажными установками

блоке конденсируется этан с метаном, которые также накапливаются в объеме блока, что обеспечивает охлаждение входного потока газа до более низких температур. Далее при достижении определенного уровня сжиженных продуктов в третьем блоке – СПГ за счет избыточного давления отводится в криостат. Обслуживать комплекс из трех установок в смену смогут всего три оператора. Если разместить по трассе МТМ ЕК предлагаемые установки сжижения на газораспределительных станциях магистрального газопровода (ГРС МГ) с большим потреблением газа низкого давления в городах Алматы, Тараз, Шымкент, Кызылорда, Аральск и Актобе, то можно будет получать СПГ, себестоимость которого превысит стоимость сырьевого газа всего на 7%. Этот вывод обосновывается тем, что для производства СПГ по предлагаемой технологии используется только перепад давления между магистральным газом (4,0 МПа и выше) и давлением газа, которое отводится потребителям (0,6 МПа). Потребление электроэнергии на ГРС с размещением на них комплексов производства СПГ необходимо только для освещения и обеспечения работы электронного оборудования. Сравним характеристики предлагаемых установок производительностью до 5 т/ч с теми разработками из США и России, которые используются в Китае для получения СПГ производительностью до 2 т/ч. Вариант установки России, поставки Криогенмаш работает при давлении газа в 22,0 МПа, что требует использования дополнительного компрессора с обеспечением на привод электроэнергии мощностью до 300 кВт. Второй вариант установки Криогенмаш основан на использовании низкотемпературного азота, который производится в специальной установке, также требующей больших энергозатрат. Очевидно, что себестоимость производства СПГ на таких установках становится весьма высокой. Установка получения СПГ разработки США использует в качестве хладагента ядовитый аммиак, утечки которого губительны для персонала и окружающей среды. Для генерации холода в таком комплексе используется турбодетандер, требующий дорогостоящей системы подготовки и очистки газа от вредных примесей, а также подвода электроэнергии для привода, что в итоге приводит к высокой себестоимости получаемого СПГ.

Предлагаемый вариант установок производства СПГ не требует подвода энергии и применения дополнительных рабочих тел, в них отсутствуют вращающиеся механизмы, поэтому они надежны, просты в обслуживании и имеют самую низкую себестоимость. Поставляются установки в полной заводской готовности и для подключения их к работе потребуются только выполнить необходимые присоединения. Если одну американскую установку должны обслуживать пять операторов в смену, то предлагаемый комплекс из трех установок обслуживают всего три оператора. Из приведенного сравнения характеристик установок следует, если для примера 1 кг магистрального газа в РК стоит 20 тенге, то 1 кг СПГ, полученный на предлагаемой установке, будет стоить всего 21,4 тенге, что гарантирует привлечение иностранных покупателей на такой продукт, так как 1 кг СПГ в Китае стоит 4,7 юаня или 254 тенге. Поэтому использование предлагаемой новой технологии обеспечит получение существенных гарантированных прибылей, что позволит быстро компенсировать затраты по приобретению комплексов сжижения. Отметим, что по доступным нам источникам информации, на текущий момент отсутствуют в мировой практике

подобные разработки установок производства СПГ. Поэтому использование новой технологии открывает широкие возможности по газификации удаленных регионов с переводом на газ всего городского транспорта в областных центрах, гарантируя снабжение транспорта, следующего по МТМ ЕК, качественным топливом.

Другим важным источником газоснабжения для всех видов транспорта и газификации, а главное для производства СПГ, являются станции газовой заправки автомобилей (АГНКС). Намечаемое большое строительство таких станций по трассе МТМ ЕК потребует огромных капитальных затрат, возврат которых в будущем не гарантирован при заправке транспорта на АГНКС только сжатым до 20,0 МПа газом. При таком способе их использования гарантируется повторение неудачи России по переводу транспорта на газ, так как построенные в 1980–1988 годах в разных городах 256 АГНКС, рассчитанные на заправку от 250 до 500 автомобилей в сутки, оказались убыточными. Только некоторые из них смогли заправлять в сутки до 100 автомобилей, а в Санкт-Петербурге только одна из десяти станций обеспечивала требуемое число заправок, поэтому подавляющее большинство АГНКС оказались убыточными. Суммарные годовые убытки по 230 станциям составляли около 200 млн руб. Принятая на текущий момент в России компанией ООО «Газпромгазоторное топливо» идеология заправки транспорта на всех вновь строящихся АГНКС только сжатым газом грозит очередным, уже четвертым по счету провалом перевода транспорта на газ. В РК повторили убыточность введенных в эксплуатацию АГНКС на сжатом газе. Эксплуатируемые АГНКС в гг. Алматы, Актобе, Актау и Рудный показали их загрузку на 15–20%, а остальные 80% заправок станций простаивают. На территории РК до конца 2022 г. намечено строительство и ввод в эксплуатацию 100 АГНКС [7]. Такое состояние лишь повышает финансовые вложения и убыточность АГНКС, работающих на производство газомоторного топлива в качестве сжатого газа. Чтобы РК не повторяла в будущем эти ошибки, рентабельность всем станциям сможет обеспечить только получение на АГНКС (рисунки 2) сжиженного метана, отвечающего требованиям на моторное топливо по ГОСТ Р 56921–2014 [8]. Этот вывод впервые был получен в ПО «Лентрансгаз», который совместно с АНТК им. Туполева провел успешные испытания в 1991 году опытно-промышленной установки производства СПГ [3]. При работе станции в ночное время, когда почти отсутствует заправка автотранспорта, получали СПГ, реализация которого разным потребителям обеспечивала рентабельность работы данной АГНКС.

Третьим обязательным источником газоснабжения и важной сырьевой базой для решения поставленных задач должны стать нефтяные промыслы с большим объемом выделения попутного газа, который необходимо полностью утилизировать и весь сжижать. Новые технологии позволяют весьма экономично и эффективно решить задачу на примере установок по очистке жанажольского газа от сероводорода и меркаптанов, которые работали в г. Актобе с 2001 по 2005 г. [9]. Большим резервом увеличения добычи газа могут стать также малые газовые месторождения, на которых весь объем выделяемого газа должен сжижаться. Решение этих задач позволит существенно увеличить ресурсную базу для производства в РК электроэнергии самой низкой себестоимости.

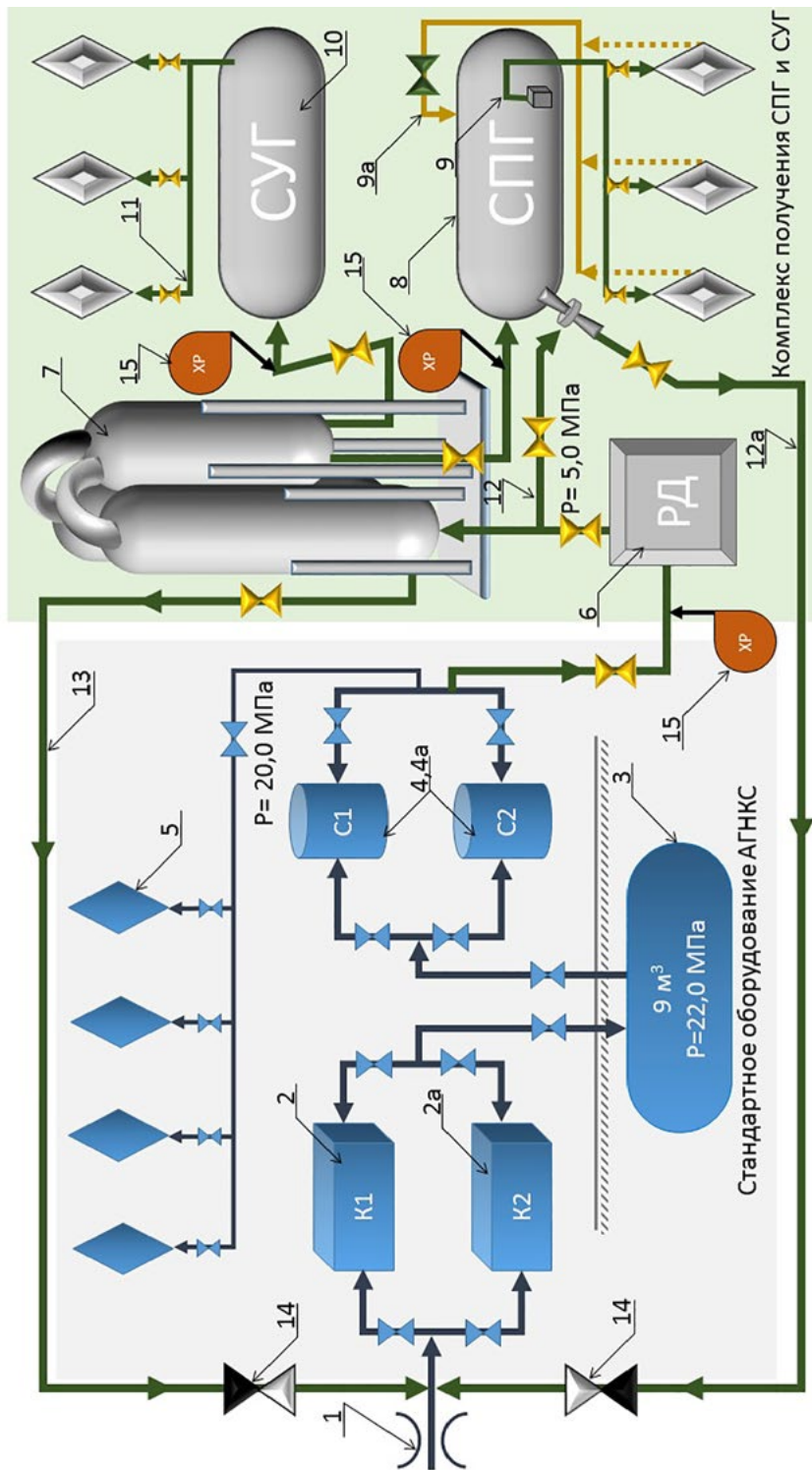


Рисунок 2 – Схема производства и раздачи сжатого газа, СПГ и СУГ на АГНКС

1 – расходомер; 2, 2а – компрессоры; 3 – ресивер; 4, 4а – сепараторы; 5 – газораспределительные колонки; 6 – регулятор давления; 7 – установка получения СПГ и СУГ; 8 – криостат СПГ со встроеным насосом; 9 – колонка раздачи СПГ; 9а – утилизация паров СПГ; 10 – сборник СУГ; 11 – колонка раздачи СУГ; 12, 12а – система утилизации паров СПГ с эжектором; 13 – линия возврата не сжижаемого газа; 14 – обратные клапаны; 15 – места отбора проб на входе в комплекс и получаемых продуктов.

Для реализации Постановления Правительства № 797 по переводу транспорта на газ необходимо выполнить следующие важные мероприятия.

1. Центрами производства СПГ обязательно должны стать все газораспределительные станции магистральных газопроводов (ГРС МГ) с большим объемом потребления газа низкого давления, что позволит получать СПГ самой низкой себестоимости.

2. Все вновь строящиеся и существующие АГНКС необходимо снабдить самыми экономичными и эффективными установками производства СПГ, которые следует определить объявлением в республике тендера. Тогда на АГНКС автотранспорт можно будет заправлять не только сжатым до 20,0 МПа газом, но дополнительно СПГ и пропан-бутановой смесью (СУГ), которую следует выделять из магистрального газа при использовании совершенных технологий.

3. Потребуется создать новую отрасль – криогенная техника, что поставит перед необходимостью обеспечить подготовку специалистов.

Доставку СПГ, производимую на ГРС и АГНКС, всем удаленным потребителям можно будет осуществлять любым видом транспорта в специальных контейнерах объемами до 60 м³, которые изготавливают предприятия в России, расположенные в Нижнем Тагиле, Омске, Самаре и Балашихе. Криостаты также можно будет приобрести в Китае за счет продажи части производимого в республике СПГ. В РК также найдутся предприятия, способные выпускать криогенные емкости определенных объемов для хранения и перевозки СПГ, что позволит поднять промышленный потенциал. Таким образом, первоначальными центрами производства и накопления больших объемов СПГ в республике должны стать все ГРС МГ, производящие раздачу газа низкого давления потребителям, а также те АГНКС, которые будут производить избыточные объемы СПГ, необходимые для транспорта и проведения газификации. Весь вновь приобретаемый городской транспорт с газовыми движками, согласно Постановлению № 797, должен быть снабжен криогенными баками для заправки их СПГ с помощью колонок, аналогичных бензиновым, которые следует закупить большими партиями, например, в Китае, а затем начать их производство на своих предприятиях. Первыми потребителями СПГ в качестве моторного топлива могут стать выпускаемые в России автомобили КАМАЗ, их выпускают каждый год до 2000 грузовиков, а также Тольяттинский ВАЗ, который начинает выпуск легковых автомобилей с газовыми двигателями и баками для хранения СПГ. Избыток производимого в республике СПГ, в случае успешного создания сырьевой базы для его производства на ГРС и АГНКС, может быть использован для газификации удаленных регионов, что существенно сократит сроки снабжения населения газом и снизит капитальные затраты по сравнению с проводимой в России газификацией прокладкой труб и отводов от магистральных газопроводов. При грамотной организации производства СПГ в республике имеющиеся большие запасы неиспользуемого газа, которые могут быть сжижены и реализованы в Китае и в Средней Азии, где СПГ будет необходим для обеспечения работы собственного транспорта и того, который будет обеспечивать непрерывную работу коридора «Шелковый путь». Это позволит часть вырученных от реализации программы средств расходовать на приобретение городских автобусов,

средств доставки продукта и заправки им транспорта, а также на подключение к газоснабжению населения страны за символическую плату.

В России разработан, изготовлен и испытан весьма мощный и экономичный газотепловоз, который в состоянии перемещать до 100 полногрузных вагонов. Такие газотепловозы, работающие на качественном СПГ, будут очень востребованы в РК для доставки больших объемов грузов по всей территории, а также сжиженных газов для газификации удаленных регионов и перевода транспорта на газ с продажей СПГ в России, Китае и в Средней Азии. Для реализации Постановления № 97 потребуется оперативно создавать в республике локальные центры подготовки специалистов для производства больших объемов СПГ на крупных ГРС. Один из таких центров может быть вновь воссоздан в Актобе, где в 2001 году на трех установках обеспечивалась непрерывная очистка сернистого жанажольского газа суммарной производительностью 50,0 тыс. м³/ч с возможностью получения из него СПГ. К сожалению, из-за отсутствия на тот период инфраструктуры потребления СПГ, работы по использованию газа на транспорте и газификации регионов были прекращены. Но сохранившиеся в г. Актобе специалисты по криогенной технике способны при размещении на ГРС МГ установок получения СПГ создать Северо-Западный центр обучения и подготовки персонала по безопасной и производительной эксплуатации оборудования.


ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Оценим экономическую эффективность от использования предлагаемых новых разработок установок производства СПГ при условии, что доллар стоит 6,8 юаня (68 рублей или 380 тенге), а продажная цена 1 кг СПГ составит для примера 0,5 доллара. Если в трех центрах производства СПГ, какими следует выбрать г. Алматы для реализации СПГ в Китае, г. Шымкент для реализации СПГ в Средней Азии и г. Актобе для продажи СПГ в России и газификации региона, при этом разместить на каждой ГРС этих городов минимум по две установки стоимостью по 3,2 млн долл. каждая, то общие затраты по всем трем комплексам составят 20,0 млн долл. Две установки на ГРС г. Алматы при работе в сутки по 20 часов обеспечат получение 200 тонн СПГ, а за год (350 суток) – 70 000 тонн. По официальным данным, в Китае уже имеется 1,5 млн автомобилей, работающих на природном газе, поэтому приобретение ими более дешевого энергоносителя на границе или самовывозом не вызывает никаких сомнений. При реализации СПГ в Китае, например, по цене 0,5 долл. за килограмм (2,2 л) выручка от продаж всего произведенного объема топлива составит 35,0 млн долл. Следовательно, всего одна точка производства СПГ двумя установками за один год в состоянии оправдать все необходимые затраты по приобретению шести комплексов с учетом уплаты всех налогов. Две установки производства СПГ, размещенные на ГРС в Шымкенте, обеспечат поступление в бюджет такой же выручки при реализации СПГ в Средней Азии, которая также может быть конкурентным ответвлением транспортировки продукции из Китая в Европу. В России на текущий момент только в г. Екатеринбург работает для нужд железнодорожного транспорта и газификации всего одна установка получения

СПГ производительностью 3 т/ч. Продукция этой установки, к сожалению, приобретает уже третий год для обеспечения работы котельной университета в г. Нур-Султан. Поэтому этот регион РК нуждается в дешевом и качественном СПГ для нужд транспорта и газификации удаленных поселений. Нетрудно подсчитать, что при работе двух установок, размещенных Х.С. на ГРС в г. Актобе, будет гарантирован возврат вложенных средств, необходимых для приобретения установок, которые разместят уже на ГРС в городах Тараз, Кызылорда и Аральск, что полностью обеспечит внутренние потребности этих регионов в газе для транспорта и газификации всех прилегающих населенных пунктов.

ВЫВОДЫ

1. Перспективы развития МТМ ЕК, а также перевод транспорта страны на газ с проведением газификации удаленных от газа районов зависят от возможностей РК обеспечить в больших объемах быстрое производство СПГ, отвечающего требованиям на моторное топливо.

2. Решение поставленных Правительством задач можно обеспечить, используя самые передовые и экономичные технологии, что позволит РК самостоятельно развивать криогенную отрасль и энергетику. 

REFERENCES

- [1] Postanovlenie Pravitel'stva RK 29 noyabrya 2018 goda № 797 Ob utverzhdenii Plana meropriyatij po rasshireniyu ispol'zovaniya prirodnogo gaza v kachestve motornogo toplivana 2019–2022 gody [Resolution of the government of the Republic of Kazakhstan on November 29, 2018 No. 797 on approval of the action Plan for expanding the use of natural gas as a motor fuel for 2019–2022] Available at: https://online.zakon.kz / Document / ?doc_id=39554017#pos=1;-119 (accessed 20.06.2019)
- [2] Надиров Н.К. Будущее рационального использования всех видов природного газа. *Нефть и газ*. 2018;3:74–77. [Nadirov N.K. The future of rational use of all types of natural gas. *Neft i gas / Oil and gas*. 2018;3:74–77. (In Russ.)]
- [3] Родионов П.И., Финько В.Е. Новая технология сжижения природного газа и ее возможности для освоения северных месторождений. *Газовая промышленность*. 1993;9:18–20. [Rodionov P.I. Finko V.E. New technology of natural gas liquefaction and its possibilities for the development of Northern fields. *Gas Industry Magazine*. 1993;9:18–20. (In Russ.)]
- [4] Басниев К.С. Энциклопедия газовой промышленности. Перевод с французского. Москва: АО «ТВАНТ»; 1994:429–452. [Basniev K.S. *Encyclopedia of the gas industry*. Translated from the French. Moscow: «TWANT»; 1994:429–452. (In Russ.)]
- [5] Широкова Г.С., Елистратов М.В. Технологические задачи комплексной очистки природного газа для получения СПГ. *Газовая промышленность*. 2011;668:11–15. [Shirokova G. S., Elistratov M. V. Technological problems of complex natural gas treatment for LNG production. *Gas Industry Magazine*. 2011;668:11–15. (In Russ.)]
- [6] Финько В.Е. Особенности охлаждения и сжижения газов в вихревом потоке. *Журнал технической физики*. 1983; 53(9):1770–1776. [Finko V.E. Features of cooling and liquefaction of gases in a vortex flow. *Journal of technical physics*. 1983; 53(9):1770–1776. (In Russ.)]

- [7] Климов П.В. Газомоторное топливо. *Нефть и газ*. 2019;1:20–24. [Klimov P.V. Gas engine fuel. *Neft i gas / Oil and gas*. 2019;1:20–24. (In Russ.)]
- [8] Мерпеисов Х.С., Финько В.Е. Новая эффективная технология получения газомоторных топлив из природного газа. *Нефть и газ*. 2015;2:117–123. [Merpeisov H.S., Finko, V. E. A new effective technology for producing motor fuels from natural gas. *Neft i gas / Oil and gas*. 2015;2:117–123. (In Russ.)]
- [9] Финько В.Е., Финько В.В., Мерпеисов Х.С., Шарафиев М.Г. Комплекс очистки влажного нефтяного газа, содержащего сероводород и меркаптаны. *Нефть и газ*. 2004;3:51–57. [Finko V.E., Finko V.V., Merpeisov H.S., Sharafiev M.G. Complex for cleaning wet petroleum gas containing hydrogen sulfide and mercaptans. *Nefti gas / Oil and gas*. 2004;3:51–57. (In Russ.)]