



ЛенПромАвтоматика



О ПРИМЕНЕНИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ) В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

www.lenprom.spb.ru

#метановыйкоктейль

Содержание

1. Состояние отрасли	3
2. Предпосылки перевода транспорта на СПГ	3
2.1 Общие сведения	3
2.2 Способы использования газового топлива на транспорте	4
2.3 Экономический эффект	5
2.4 Экологический эффект	6
3. Оптимальная заправочная инфраструктура	6
3.1 Основные понятия и определения	6
3.2 Технологии хранения и заправки СПГ	6
3.2.1 Хранение СПГ в криогенных резервуарах	6
3.2.2 Виды топливных криобаков, их требования к заправке	7
3.2.3 Температура хранения и заправки, насыщение СПГ	9
3.3 Оптимизация заправочной инфраструктуры	10
3.3.1 Планирование архитектуры станции для заправляемого транспорта	10
3.3.2 Планирование расположения и производительности заправок, объема резервуаров, логистики доставки СПГ	11
3.3.3 Выбор между стационарными и блочно-модульными решениями	11
4. Компетенции НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»	11
4.1. Создание заправочной инфраструктуры	11
4.2. Разработка и изготовление отечественного СПГ-оборудования	12
4.2.1 СПГ-колонки	12
4.2.2 Блочно-модульные станции	12

1. СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ

В настоящее время в Европе работает чуть меньше 100 заправочных СПГ-станций, несколько сотен в Северной Америке (Канада, США, Мексика) и более 1500 в Китае.

Мировые автопроизводители серийно выпускают грузовики, предназначенные для использования СПГ как топлива. Лидеры – Iveco (Италия), Scania (Швеция), Shacman (Китай). Первым российским производителем мощных газопоршневых двигателей и грузовых автомобилей на КПГ/СПГ является «КамАЗ». В России эксплуатируется около 10 СПГ-автомобилей.

СПГ ограниченно применяется на железных дорогах в США и России. Российский опыт признан успешным, в пла-

нах РЖД существенное расширение парка газомоторных локомотивов.

По разным данным, в мире эксплуатируется около 200 крупных морских судов с двигателями на СПГ и неизвестное количество речных, причем количество таких судов быстро растет.

В России в настоящий момент все заправки немногочисленного СПГ-транспорта носят экспериментальный характер, на которых учет осуществляется по достаточно несовершенным технологиям. Единственная заправочная станция с погружным насосом и заправочной колонкой (производства фирмы Vanzetti, Италия) недавно закрыта после нескольких лет опытной эксплуатации.

2. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПЕРЕВОДА ТРАНСПОРТА НА СПГ

2.1 Общие сведения

Природный газ как топливо имеет высокую энергоэффективность. Теплотворная способность природного газа составляет около 48 МДж/кг, что близко к теплотворной способности дизельного топлива 51 МДж/кг.

В топливном баке транспортного средства природный газ хранится в сжатом до 20 МПа (компримированный природный газ, КПГ) или сжиженном (СПГ) виде.

Для сравнительного анализа разных видов топлива иногда используются разные единицы измерения количества, что вносит

путаницу. В таблице ниже сведены характеристики видов топлива с коэффициентами «энергетического эквивалента».

Таким образом, использование природного газа на транспорте требует повышенного объема топливных баков (баллонов). СПГ обеспечивает значительно большую, по сравнению с КПГ, эффективность использования объема топливных баков, но все равно объем используется в 2 раза менее эффективно, чем при применении дизельного топлива. Тем не менее, этот недостаток перекрывается экономическим и экологическим эффектом от использования газомоторного топлива, показанным ниже.

Таблица 1

Параметры газового топлива в сравнении с дизельным

Топливо	Теплотворная способность, МДж/кг	Типовая единица измерения	Теплотворная способность, МДж/типовую единицу	Энергетический эквивалент	Энергетический эквивалент в реальной эксплуатации
Дизельное топливо	51	литры	43 МДж/л	1	1
Компримированный природный газ (КПГ)	48	нормальные м ³ (то есть м ³ при 15°C и атмосферном давлении)	33,5 МДж/м ³	1 м ³ природного газа = 0,78 л дизельного топлива	1 л объема топливного бака для дизельного топлива соответствует 6,4 л объема баллона для КПГ
Сжиженный природный газ (СПГ)	48	кг или литры	48 МДж/кг или 20,3 МДж/л	1 кг СПГ = 1,12 л дизельного топлива, 1 л СПГ = 0,47 л дизельного топлива	1 л объема топливного бака для дизельного топлива соответствует 2,12 л объема криобака для СПГ

2.2 Способы использования газового топлива на транспорте

Существуют несколько способов обеспечения работы двигателя на газовом топливе, их особенности сведены в таблицу ниже.

Таблица 2

Способы обеспечения работы двигателя на газовом топливе

п.	Конструкция	Суть технического решения	Преимущества	Недостатки	Область применения
1	Переоборудование бензинового двигателя для работы на природном газе	К двигателю добавляется вторая топливная система с дополнительным комплектом форсунок для распределенной или одноточечной подачи газа. Бензиновая система сохраняется. Пуск двигателя обычно производится на бензине, переключения газ-бензин производятся при работе, безударно.	Сравнительно низкая цена модернизации, возможность использования резервного топлива (бензина)	Вариант подходит только для небольших двигателей, т.к. мощных бензиновых двигателей (тяжелые грузовики, автобусы) практически не существует.	Легковые, легкие грузовые автомобили. Экономически оправдано только при большом остаточном ресурсе транспорта, чтобы модернизация окупилась.
2	Бензиновый (газопоршневой) двигатель, изначально спроектированный для работы на природном газе	То же, что вариант 1, но двигатель оптимизирован под работу на газовом топливе. Бензиновая система может быть (резервное топливо), а может и отсутствовать.	Улучшенные параметры двигателя (мощность, экономичность) по сравнению с вариантом 1. Возможность оборудования тяжелой техники.	Повышенная цена. Невозможность переоборудования имеющейся техники, вариант подходит только для покупки нового транспорта.	Любые автомобили, речные суда. На автомобилях (автобусах) сопряжено с покупкой новой техники.
3	Переделка дизельного двигателя в газопоршневой	Глубокая модернизация двигателя, при которой заменяется головка блока цилиндров, топливная система, добавляется искровая система зажигания, в результате на основе конструкции дизельного двигателя создается газопоршневой, подобный варианту 1 или 2.	Возможность полного перевода мощного двигателя (грузовики, автобусы) на газовое топливо.	Дорогая модернизация, дороже, чем капитальный ремонт двигателя.	Крайне ограниченное решение, т.к. ухудшаются характеристики двигателя при достаточно больших затратах. Но в некоторых случаях может быть оправданным, если остаточный ресурс велик (покупка нового автомобиля невыгодна), а предполагаемая экономия на топливе окупится.
4	Переделка дизельного двигателя для работы в газодизельном режиме	К дизельному двигателю добавляется система, подмешивающая газ в топливо. Двигатель потребляет одновременно и дизельное топливо (20-40% по массе), и газ (60-80% по массе). Дизельное топливо необходимо для зажигания, т.к. степень сжатия, необходимая для самовоспламенения газа, очень высока.	Сравнительно невысокая стоимость модернизации мощного двигателя (грузовики, автобусы).	Необходимость в заметном количестве дизельного топлива. Ухудшение характеристик двигателя (крутящий момент). Повышенная, по сравнению с 1-3, токсичность выхлопа.	Вариант недорогой модернизации в случае, если остаточный ресурс техники велик. Серьезные ограничения применимости – ухудшение крутящего момента (особенно критично на спецтехнике), недостаточно сильная экономия на топливе.
5	Двигатель, изначально спроектированный как газодизельный	То же, что вариант 4, но двигатель изначально оптимизирован под газодизельный режим, что позволяет снизить процент дизельного топлива («пилотное топливо») до 5-10%.	Повышенные характеристики двигателя (мощность, экономичность, крутящий момент) по сравнению с вариантами 3, 4.	Необходимость в дизельном топливе. Повышенная, по сравнению с 1-3, токсичность выхлопа.	Возможно, несколько лучшие характеристики на тяжелой технике по сравнению с вариантом 2. Но стоимость топлива и удобство эксплуатации – хуже.

Итак, из всего многообразия вариантов наиболее перспективным для крупных проектов являются п. 2 и п. 5 таблицы 2. Причем для автомобилей и автобусов эти варианты связаны однозначно с приобретением новой техники, а для речных судов интересным вариантом может быть ремоторизация с заменой дизельных двигателей на газопоршневые. Однако, тут может быть серьезным препятствием отсутствие одобрения Речного Регистра, т.к. в настоящее время типов газопоршневых двигателей, одобренных для применения на речных судах и подходящих по мощности, немного.

В связи с этим возможным вариантом для судов может быть и модернизация дизельных двигателей по газодизельному принципу, что в случае судов с их почти постоянным режимом работы даст положительный эффект (можно добиться большого процента замещения дизельного топлива газовым).

По способу хранения газового топлива на транспортном средстве существуют два варианта: сжиженный природный газ (СПГ) в баллонах высокого давления и сжатый природный газ (СПГ) в криобаках.

Таблица 3

Способы хранения газового топлива на транспорте

Вариант	Преимущества	Недостатки	Область применения
КПГ	Неограниченное время хранения. Отработавшая, достаточно дешевая топливная аппаратура и баллоны.	Малый запас хода. Необходимость размещения большого количества баллонов на транспортном средстве. Психологическая неуверенность водителей и пассажиров (баллоны высокого давления воспринимаются как источник повышенной опасности). Энергоемкий процесс подготовки газа к заправке.	Легковые автомобили, легкие и средние грузовики с неопределенным дневным пробегом, автобусы со сравнительно небольшим удалением от места заправки (городской транспорт).
СПГ	Хороший запас хода в сочетании с низкой ценой топлива.	Время хранения топлива ограничено качеством теплоизоляции криобака, составляет 10-20 суток до начала срабатывания предохранительных клапанов. Слабо развита заправочная инфраструктура. Дорогое оборудование заправочных станций. Нет нормативной базы, регулирующей розничную продажу СПГ на заправочных станциях, т.е., с формальной точки зрения, в России могут строиться только криоТЗП с доступом транспорта определенной фирмы.	Магистральные автоперевозки, маршрутные автобусы, тяжелая техника, речные и морские суда, тепловозы, коммунальная техника. Важно обеспечить постоянство и прогнозируемость пробега транспорта.

В настоящем обзоре далее не рассматриваем КПГ-технику, т.к. легкая техника составляет небольшую долю в крупных инфраструктурных проектах, а городские автобусы на КПГ, скорее всего, в ближайшее время начнут проигрывать электробусам по запасу хода и стоимости километра пробега.

Таким образом, формируется облик рассматриваемого транспорта: это тяжелый грузовой автомобиль, автобус большой вместимости или речное пассажирское судно, имеющие прогнозируемый и достаточно большой суточный пробег, оснащенные газопоршневым или газодизельным двигателем, с системой хранения СПГ (криобаком).

2.3 Экономический эффект

Экономический эффект от перехода от использования дизельного топлива на СПГ формируется за счет более низкой цены топлива. Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что расход топлива в кг СПГ на один и тот же пробег будет на 12% ниже, чем расход в литрах дизельного топлива. Это хорошо согласуется со статистическими данными, которые говорят,

что расход снижается на 10-15%, в зависимости от конструкции автомобиля и условий эксплуатации. Цена 1 кг СПГ оптом принята за 18,5 руб. Цена 1 л дизельного топлива оптом составляет около 40 л. При расходе 30 кг СПГ на 100 км (магистральный тягач Iveco Stralis Euro VI LNG) стоимость топлива на 100 км на один автомобиль снизится на $30 \cdot (1,15 \cdot 40 - 18,5) = 825$ руб. Для автобуса большого класса этот показатель будет достаточно близким. При пробеге автобуса 50 000 км/год экономия на топливе составит 412 500 руб. Можно приблизительно принять простую закономерность «8 рублей экономии с 1 км пробега», или, в относительных единицах, около 60% по отношению к стоимости дизельного топлива.

Для речных судов типа «Москва» (пр. Р-51) расход дизельного топлива составляет около 48 кг/ч, или 56 л/ч. При полном переходе на СПГ (ремоторизация) экономия составит 1032 руб/ч. При модернизации дизельных двигателей по газодизельному принципу с замещением 60% дизельного топлива получим экономию 620 руб/ч. При работе теплохода по 10 часов в сутки в течение 5 месяцев экономия за одну навигацию составит 1 548 000 руб. при ремоторизации и 930 000 руб. при модернизации имеющегося двигателя.

2.4 Экологический эффект

В настоящее время большое внимание уделяется минимизации выбросов парниковых газов и сокращению общей токсичности выхлопа двигателей.

По европейским данным, двигатель на СПГ по сравнению с дизельным на тяжелом грузовике в смешанном цикле движения («автодорога, проходящая через небольшие города») существенно сокращает выбросы:

- оксидов азота со 122 до 38 г/100 км;
- CO₂ с 93 до 82 кг/100 км;
- существенно (практически до 0) снижаются выбросы сажи.

Таким образом, основной экологический эффект заключается в снижении дымности выхлопа и снижении выбросов парникового CO₂ на 10–12%.

Тут важно отметить, что использование СПГ сопряжено с незначительными, но важными выбросами природного газа (метана), который сам по себе является парниковым агентом, примерно в 25 раз сильнее, чем CO₂. Эти выбросы обусловлены стравливаниями из топливной системы и неполным сгоранием метана, а также (см. 3.1) присутствуют выбросы и из заправочных станций. Более высокая парниковая активность метана приводит к тому, что малое количество выбросов природного газа может свести на нет эффект от снижения выбросов CO₂. Различные конструкции двигателей имеют различные выбросы метана. Выбросы 10 кг CO₂ эквивалентны выбросу 400 г метана на 100 км, или, в пересчете на потребление топлива, потерям 13 г на 1 кг СПГ (1,3%). Таким образом, крайне важным становится обеспечение правильного распределения, хранения и заправки СПГ, чтобы потери «от СПГ-завода до выхлопной трубы» не превышали этой величины.

3. ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.1 Основные понятия и определения

Под оптимальной инфраструктурой следует понимать такую организацию заливок, которая приводит к наименьшим потерям СПГ, т.е., минимальным выбросам при хранении и заливке. В идеальном случае потерь не должно быть вовсе, кроме незначительных стравливания из заливочных рукавов при подключении автоцистерны-криовоза и заполнении емкости хранения. С другой стороны, по европейским материалам инфраструктурного проекта «Blue Corridors», при неоптимальной организации заливочных станций до 5% СПГ теряется на испарение. Этот наихудший вариант означает потерю с каждой тонны 50 кг СПГ, т.е. «удорожание» тонны заливоленного СПГ на 925 руб. при цене 18500 руб/т и выброс газа, эквивалентного 1250 кг CO₂. Легко видеть (см. выше), что экологический эффект от перехода на газовое топливо обнуляется при «заливочных» выбросах более 325 кг эквивалента CO₂ на 1000 кг СПГ. Таким образом, для достижения экологического эффекта необходимо, чтобы выбросы в атмосферу при хранении и заливке составляли не более 1% от массы СПГ.

Далее будут использоваться понятия «теплого» (насыщенного) и «холодного» (ненасыщенного) СПГ. «Холодным» СПГ принято считать СПГ, который находится в состоянии при температуре ниже -143°C и давлении до 0,34 Мпа. Для «теплого» СПГ эти значения составляют от -125 до -131°C и от 0,69 до 0,93 МПа соответственно.

3.2 Технологии хранения и заливоки СПГ

3.2.1 Хранение СПГ в криогенных резервуарах

СПГ хранится в криогенных резервуарах с вакуумной (перлитово-вакуумной, экранно-вакуумной) теплоизоляцией. Длительность бездренажного хранения измеряется десятками дней. При анализе зарубежных материалов необходимо учитывать, что обычная практика для европейских стран – емкости с максимальным давлением 1,2...1,6 МПа, а в России свод правил СП 326.1311500.2017 «Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности» ограничивает давление в резервуарах для малотоннажных объектов на уровне 0,8 МПа. На графике (Рисунок 1) показана зависимость давления в резервуаре от времени хранения СПГ. Видно, что при уровне 0,8 МПа длительность хранения до начала стравливания избыточного давления существенно меньше, а использование изначально насыщенного СПГ вовсе невозможно (о необходимости насыщения см. 3.2.2), это заставляет тщательнее подходить к планированию заполнения и расходования СПГ в резервуаре хранения.

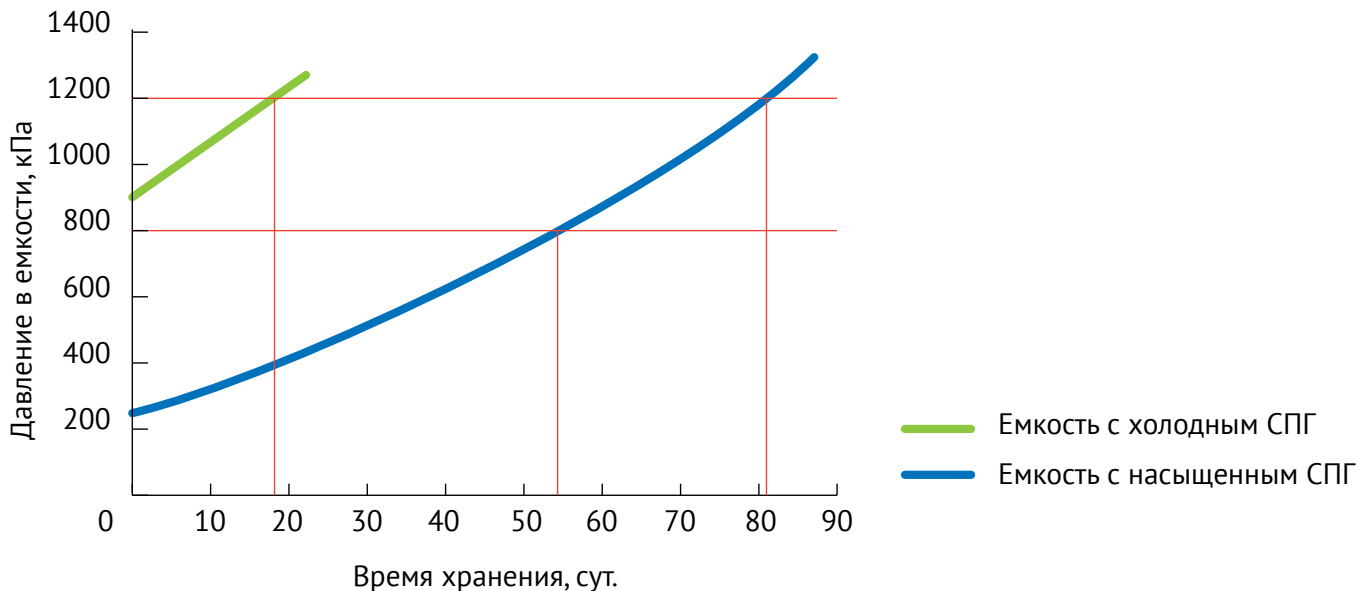


Рисунок 1. Рост давления в емкости во время хранения СПГ

3.2.2 Виды топливных криобаков и требования к заправке

Для хранения СПГ на борту транспортного средства предназначен криогенный топливный бак (КБТС – криогенный бак транспортного средства). Этот бак должен обеспечивать длительное хранение СПГ при низкой температуре,

прием без утечек при заправке, подачу СПГ или газообразного топлива с необходимой производительностью в систему питания двигателя. В настоящее время созданы и эксплуатируются несколько разновидностей КБТС (Рисунок 2). Все они имеют экранно-вакуумную теплоизоляцию, но в части хранения и выдачи топлива различаются, притом достаточно существенно.

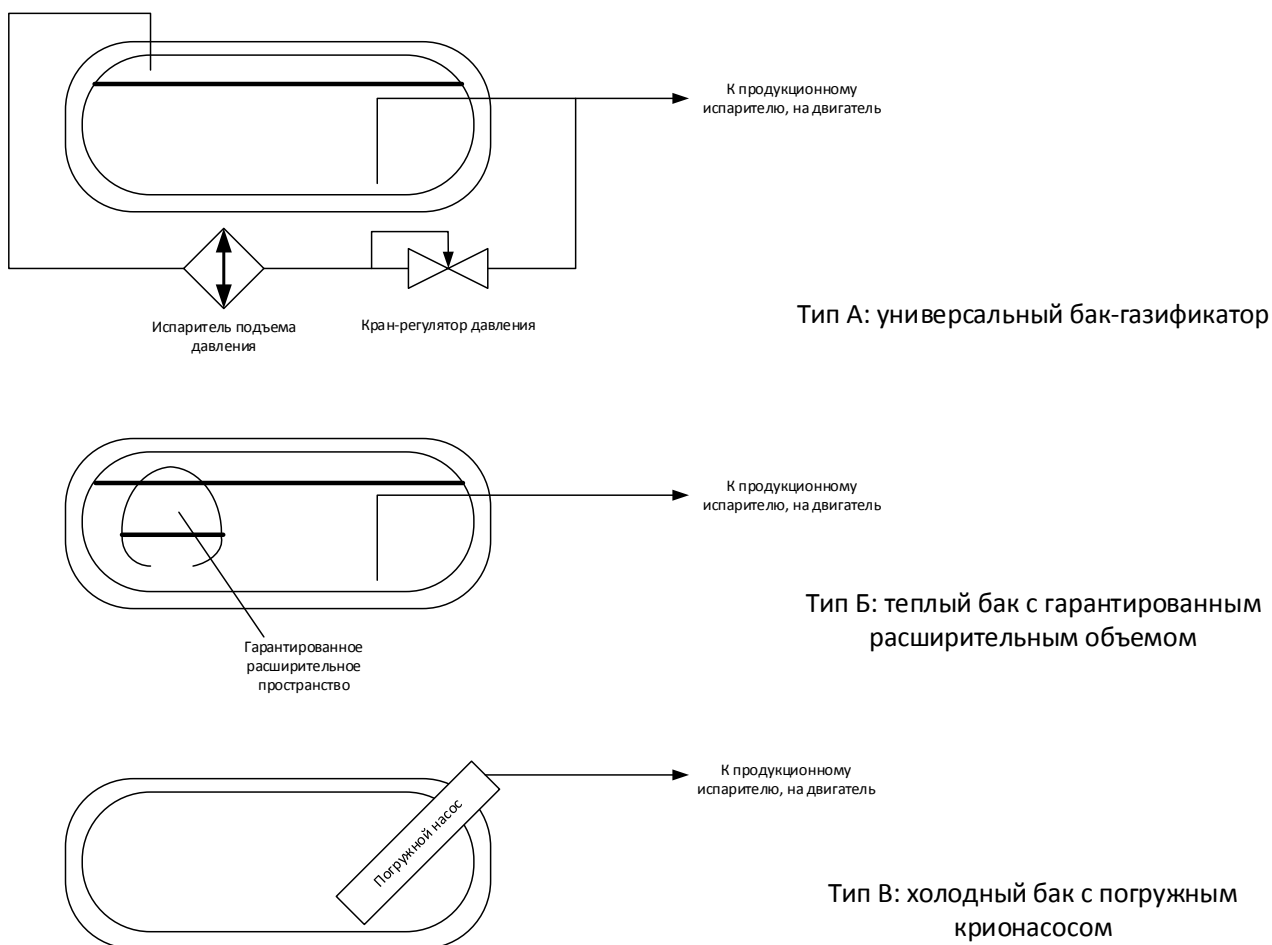


Рисунок 2. Типы КБТС

Тип А – традиционная схема криоёмкости - газификатора. В таком баке давление, необходимое для поступления СПГ в топливную систему, создается атмосферным испарителем. СПГ из нижней части бака самотеком поступает в испаритель, где нагревается теплом окружающей среды, испаряется и возвращается в верхнюю часть бака, повышая давление в нем. Степень повышения давления зависит от температуры окружающей среды, температуры СПГ и регулируется краном-регулятором.

Тип Б – бак без внешнего испарителя, с гарантированным объемом для сжатых паров, образованным дополнительной внутренней емкостью, открытой снизу. При заправке в расширительном

объеме образуется газовый пузырь, давление в котором и создает подпор, необходимый для подачи топлива к двигателю. Чтобы этот подпор был достаточным, необходима заправка бака «теплым» СПГ под повышенным давлением.

Тип В – наиболее совершенный на данный момент тип КБТС, он оснащен встроенным погружным крионасосом, что позволяет подавать СПГ на двигатель вне зависимости от температуры и настройки регулятора.

Преимущества и недостатки трех типов КБТС представлены в таблице (Таблица 4).

Таблица 4

Преимущества и недостатки КБТС разных типов

Тип	Преимущества	Недостатки
А	<ul style="list-style-type: none"> • Конструктивно простой и дешевый бак; • Низкая чувствительность к температуре заправляемого СПГ, возможность настройки испарителя. 	<ul style="list-style-type: none"> • Наличие внешнего испарителя, подверженного загрязнению и возможным повреждениям при эксплуатации автомобиля; • Необходимость настройки регулятора давления – повышенные требования к квалификации водителя; • Необходимость ручных переключений в ходе эксплуатации: если оставить автомобиль надолго с открытым испарителем на баке, то давление в баке быстро повысится до срабатывания предохранительного клапана; • Работа испарителя приводит к подогреву СПГ в баке, что сокращает длительность хранения.
Б	<ul style="list-style-type: none"> • Простота в эксплуатации, не требуется настройка; • Отсутствует внешний испаритель. 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая чувствительность к температуре заправляемого СПГ; • Необходимость заправки под повышенным давлением; • Несколько снижена вместимость бака и запас хода на одной заправке из-за пониженной плотности заправляемого СПГ.
В	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность заправки «холодным» СПГ, т.е. наибольшая вместимость бака и длительность хранения; • Нечувствительность к параметрам СПГ и окружающего воздуха; • Производительность подачи автоматически настраивается под режим работы двигателя 	<ul style="list-style-type: none"> • Наиболее сложная конструкция бака, включающая топливный насос; • Сложность переоборудования старого автомобиля.

Существует также тип баков для «сверхнасыщенного» СПГ, работающих под давлением более 1 МПа, но такие баки вряд ли получат широкое распространение, поэтому рассматривать их не будем.

Исторически тип А – наиболее старый, в настоящее время выпускается достаточно много баков такого типа, особенно китайскими производителями. Недостатки, отмеченные выше, привели к

тому, что сейчас более совершенными считаются баки типов Б и В. Проблема заключается в том, что эти два новых типа баков требуют принципиально разного подхода к заправке: тип Б заправляется насыщенным СПГ, а тип В – холодным. Тип А достаточно универсален, но предпочтительна заправка насыщенным СПГ. Ниже приведена таблица (Таблица 5) «совместимости» типов заправки и типов баков.

Совместимость типов баков и вариантов заправки

Вариант	Тип А	Тип Б	Тип В
Холодный СПГ	Нежелательно: потребуется заметное время (до 1-2 часов) работы испарителя, чтобы топливо начало поступать к двигателю с нужной производительностью, т.е. транспорт будет простаивать при заправке.	Недопустимо: топливо не будет поступать к двигателю с нужной производительностью, причем эту ситуацию невозможно исправить без длительного простоя (естественный прогрев) или стравливания бака и его заправки насыщенным СПГ	Норма
Насыщенный СПГ	Норма	Норма	Допустимо, хотя пробег на одной заправке будет понижен.

В итоге видим, что самым совершенным со всех точек зрения является тип В. Тип А наиболее распространен, достаточно нетребователен к условиям заправки, но требует повышенной квалификации от водителя (механика), обслуживающего транспорт. Тип Б – самый простой в эксплуатации, но одновременно и самый требовательный к условиям заправки.

3.2.3 Температура хранения и заправки, насыщение СПГ

Как показано в предыдущих разделах, наиболее эффективно хранить СПГ в «холодном» виде, а заправлять, в зависимости от типов криобаков, в холодном или насыщенном виде. Более того, выше вероятность того, что для заправки потребуется именно насыщенный СПГ, т.к. топливных систем, способных работать с холодным СПГ, меньше. Для насыщения необходимо подогревать СПГ, подаваемый на заправочные колонки. Для этого существуют две технологии (Рисунок 3):

1. насыщение во всем объеме (bulk saturation). СПГ в этом варианте пропускается заправочным насосом через атмосферный теплообменник, после чего в подогретом виде возвращается в емкость хранения;

2. проточное насыщение (насыщение «на лету», saturation on-the-fly). СПГ при заправке подается на колонку не напрямую, а через теплообменник (в этом случае атмосферного теплообменника недостаточно, организуется электрический подогрев), после которого температура СПГ повышена достаточно для заправки транспортных средств.

Преимущества и недостатки, а также возможная область применения этих технологий, показаны в таблице (Таблица 6).

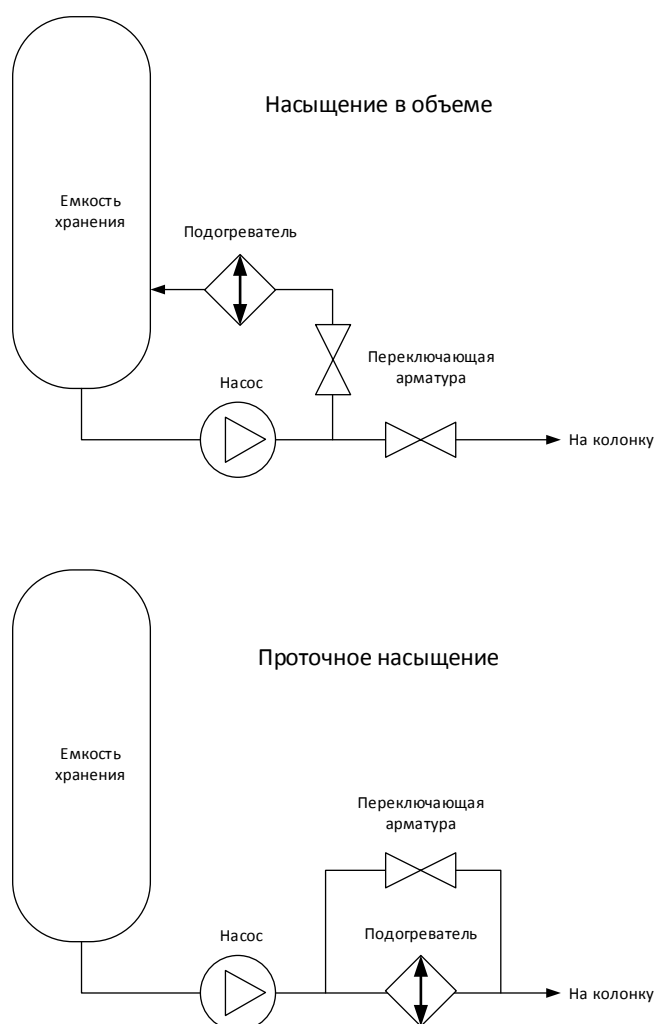


Рисунок 3. Способы насыщения СПГ

Сравнение способов насыщения СПГ

Технология	Преимущества	Недостатки	Область применения
Насыщение в объеме	<ul style="list-style-type: none"> • Простое и дешевое оборудование; • Небольшая потребляемая мощность (около 10 кВт, только во время процесса насыщения). 	<ul style="list-style-type: none"> • Нагревается весь СПГ в емкости хранения, что снижает время хранения. На российских объектах снижение времени хранения может быть критическим, т.к. давление ограничено 0,8 МПа; • Невозможность заправки холодным СПГ, если емкость уже нагрета. 	Станции с постоянным, установившимся потоком заправок, с регулярной доставкой нового СПГ.
Проточное насыщение	<ul style="list-style-type: none"> • Не нагревается СПГ в емкости хранения. • Есть возможность заправки как холодным, так и насыщенным СПГ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Дороговизна и сложность проточного обогревателя; • Потребляемая мощность во время заправки до 100 кВт. 	Станции с нерегулярными заправками, где возможно длительное хранение СПГ в емкости без отбора и пополнения.

3.3 Оптимизация заправочной инфраструктуры

3.3.1 Планирование архитектуры станции для заправляемого транспорта

Подбор оборудования станции должен отвечать следующим требованиям:

1. минимальные затраты энергии на заправку автомобилей;
2. минимальные потери СПГ в процессе эксплуатации;
3. минимальная стоимость оборудования.

Разумеется, эти требования могут вступать в противоречие. Для поиска необходимого компромисса необходимо руководствоваться, прежде всего, технологической необходимостью оборудования, снижающего потери СПГ при эксплуатации, т.к. именно эта составляющая затрат оказывает одновременно и наибольшее влияние на экологичность проекта.

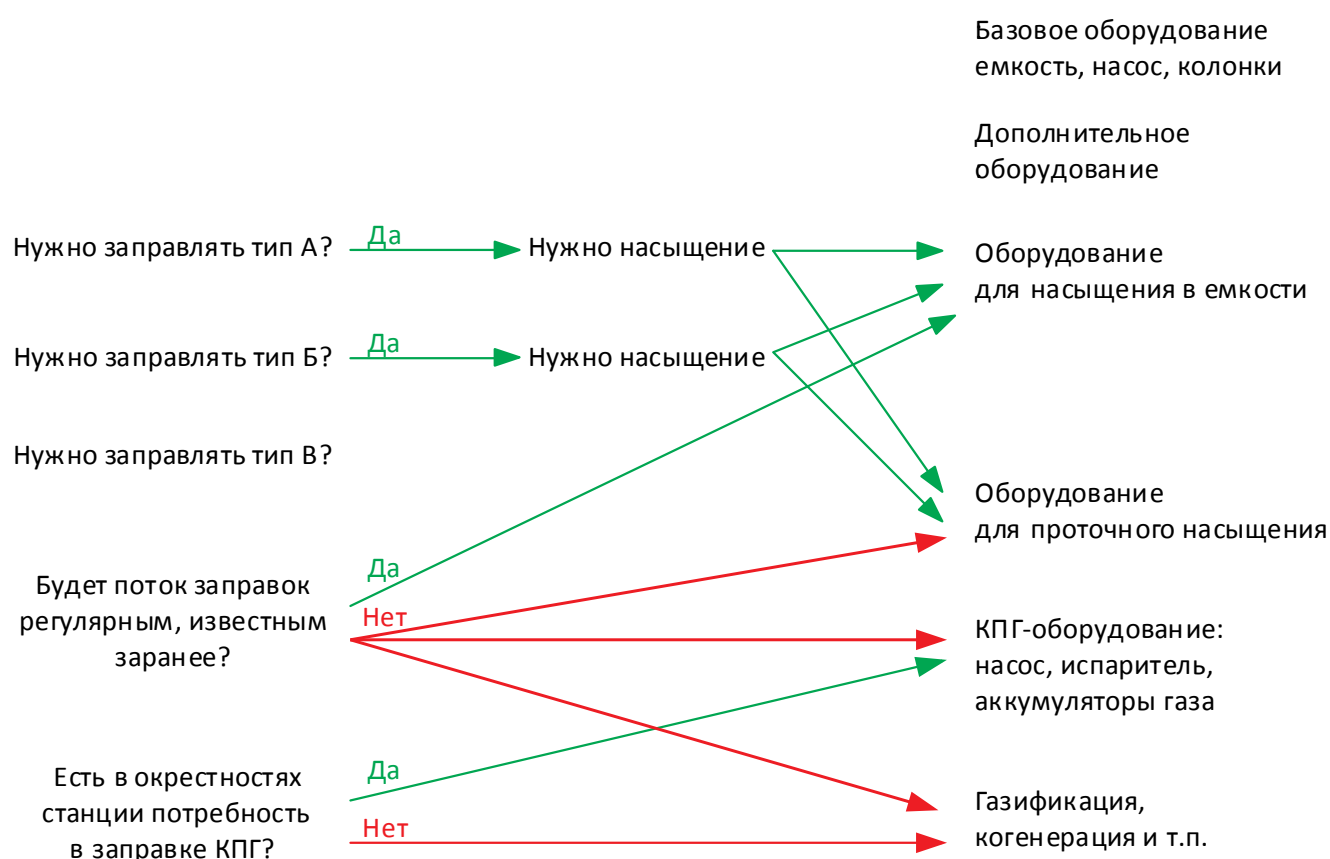


Рисунок 4. Дерево выбора вариантов архитектуры криоТЗП

3.3.2 Планирование расположения и производительности заправок, объема резервуаров, логистики доставки СПГ

В заполненной емкости хранения постепенно возрастает давление, т.к. хранящийся в ней СПГ нагревается (теплоизоляция не идеальна) и испаряется. В отсутствие заправок это приводит к тому, что за 40-50 суток давление в емкости, изначально заполненной холодным СПГ, достигнет 0,8 МПа, что является пределом для объектов малотоннажного использования СПГ. После этого начнется сброс отпарного газа в атмосферу.

При заправках давление снижается за счет расходования СПГ в емкости, т.е., тенденции увеличения давления (нагрев СПГ) и уменьшения давления (расходование СПГ) уравниваются друг друга при некотором количестве заправок (больше 10 заправок в сутки по зарубежным данным). При этом сбросов отпарного газа нет, его утилизация не требуется, а новое заполнение емкости холодным СПГ обеспечивает возврат давления на начальный уровень.

В связи с вышеизложенным, необходимо планировать расположение заправок станций и объем их емкостей таким образом, чтобы в сутки происходило не менее 10 средних заправок, а емкость пополнялась на 50–100% своего объема. Исходя также из возможностей доставки емкостей (наиболее крупного оборудования) на место строительства станции, пространство выбора сводится к емкостям 25–50 м³.

3.3.3 Выбор между стационарными и блочно-модульными решениями

Размещение заправок станций и объем емкостей хранения тесно связан с предполагаемым объемом потребления и ключевыми точками потребления. На начальном этапе создания сложно запланировать все объемы потребления и логистику доставки топлива на криотЗП, тем более, что параметры всей системы могут достаточно сильно меняться в начале развития заправок сети. С другой стороны, оборудование криотЗП достаточно дорогое, и изменить структуру стационарных пунктов заправки сложно при выявлении или появлении неоптимальности уже построенного решения.

Представляется хорошим решением использование блочно-модульных, легковозводимых криотЗП, возможно, с их последующим переводом на другие площадки с целью оптимизации сети. Полностью мобильные заправокные комплексы, скорее всего, невозможно сделать экономически эффективными в силу ряда технических и нормативных ограничений, а блочно-модульные, в высокой степени заводской готовности и с упрощенными требованиями к фундаментам, могут оказаться эффективными. Переоборудование и наращивание производительности таких комплексов занимает меньше времени по сравнению со стационарными, сроки ввода в эксплуатацию уменьшены. По мере становления заправокной инфраструктуры, возможно, часть блочно-модульных систем может быть заменена стационарными, например, с резервуарами большой емкости.

Оптимальное сочетание стационарных и блочно-модульных комплексов должно быть предметом технико-экономического обоснования, основанного на текущем состоянии СПГ-транспорта в регионе, краткосрочных и долгосрочных прогнозах развития сети криотЗП.

4. КОМПЕТЕНЦИИ НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»

4.1 Создание заправокной инфраструктуры

ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» в настоящее время выполняет проектирование двух стационарных криотЗП, для маневровых тепловозов (Магнитогорск) и для городских автобусов (Челябинск). Фирма сотрудничает с ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФГБУ ВНИИПО МЧС России в части обсуждения новых разработок на соответствие нормативно-технической документации, оценки принимаемых решений для объектов заправки транспортных средств СПГ.

Ленпромавтоматика успешно разработала и сертифицировала топливно-заправочные колонки СПГ. В настоящий момент это единственная рабочая и полностью сертифицированная отечественная колонка для заправки СПГ. Также разработаны блочно-модульные решения для применения СПГ в области моторного топлива.

Компанией достигнуты партнерские соглашения с поставщиками основного оборудования криотЗП. Пройдено обучение для поставки и обслуживания крионасосов фирмы Vanzetti (Италия, один из ведущих европейских производителей крионасосов), постоянно ведется мониторинг рынка поставщиков в России и за рубежом.

Компания в разное время проектировала и выпускала оборудование для установки на морских и речных судах, имеет лицензии и типовые одобрения Речного Регистра, Морского регистра и Bureau Veritas, что позволяет вести работы по проектированию заправокных (бункеровочных) станций для речных судов. Возможна кооперация с судостроительными/судоремонтными предприятиями с целью внедрения СПГ-инфраструктуры для речных судов, особенно это может быть интересно для малых судов, работающих в черте г. Москва (прогулочные, маршрутные пассажирские суда под юрисдикцией ГИМС и Речного Регистра).

4.2 Разработка и изготовление отечественного СПГ-оборудования

4.2.1 СПГ-колонки

Заправочная колонка ЛПА-СПГ-К является первой заправочной колонкой для СПГ, полностью разработанной и производимой в России, доведенной до стадии испытаний опытного образца, сертификации как средства измерения (погрешность измерения массы СПГ, заправленного в КБТС, составляет не более 1%) и подготовки серийного выпуска. В настоящее время первые образцы серийных колонок заказаны клиентами и находятся в производстве.

Особенности колонки ЛПА-СПГ-К:

- погрешность не более 1%;
- высокая степень автоматизации процесса заправки, включая захлаживание КБТС;
- минимальные потери СПГ при заправке благодаря оптимальному алгоритму определения момента захлаживания.

Некоторые технические решения, полученные при разработке колонки, в настоящее время находятся на стадии патентования.

4.2.2 Блочно-модульные станции

Модуль заправки СПГ.

В настоящее время ведется разработка и изготовление блочно-модульного заправочного комплекса. Комплекс обеспечивает быстрое развертывание криотЗП с емкостью хранения 25 м³, транспортируется к месту установки в габаритах двух 40 ft ISO-контейнеров, все оборудование поставляется в максимальной заводской готовности.

Комплекс комплектуется оборудованием ведущих российских и зарубежных производителей (доля российской продукции со-

ставляет более 50%). Заправочная колонка в составе комплекса обеспечивает точность измерения заправленной массы СПГ 1%, пригодную для коммерческого учета топлива (сертифицированное средство измерения). Все оборудование создано с учетом российских нормативных требований, соответствует отечественным противопожарным нормам. Пока аналогичных решений, позволяющих использовать подобные модули на объектах КриоТЗП в соответствии в действующей нормативно-технической документацией, нет. Зарубежные аналоги не соответствуют требованиям обеспечения пожарной безопасности в РФ.

Выпуск первого образца заправочного комплекса намечен на осень 2019 года.

Модуль заправки КПП, полученного регазификацией СПГ.

Также ведется разработка модуля заправки транспорта КПП, полученным путем регазификации СПГ с применением поршневого насоса высокого давления и испарителя. В состав модуля СКПП войдут опорная рама, поршневой насос высокого давления, испаритель, блок аккумуляторов газа, газозаправочная колонка КПП, система автоматизированного управления технологическим процессом, вспомогательные системы (контроль загазованности, пожаробнаружения и пр.), ёмкость хранения. Будет предусмотрен вариант применения интермодальных ISO танк-контейнеров и передвижной автоцистерны в качестве емкостей хранения.

Данное решение позволит обеспечить загрузку производственных мощностей заводов СПГ на период развития инфраструктуры СПГ. Также использование подобных модулей позволит существенно сократить стоимость капитальных вложений при строительстве станций заправки КПП, а также позволит размещать подобные станции вне зависимости от наличия газопровода.



199178, Санкт-Петербург,
13-я линия В.О., д. 78

Тел./факс (812) 648-24-60

www.lenprom.spb.ru