

ствий для обеспечения надежного энергоснабжения в Евразии, что в российском Зауралье, что за пределами России в Азии, является отсутствие инфраструктуры доставки. Традиционная модель централизованного энергоснабжения на основе стационарной наземной инфраструктуры здесь запретительно неэкономична: низкая плотность населения в большинстве внутриконтинентальных районов Евразии не дает возможности использовать эффект масштаба для транспортировки

* Генеральный директор ООО «Бэдфорд Груп».

** Доктор экономических наук, профессор, член Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике. энергоносителя к потребителям этих районов, а наличие вечной мерзлоты зачастую делает создание такой всесезонной инфраструктуры технически или экономически невозможным.

В качестве одного из нетрадиционных технологических решений может быть предложено децентрализованное газо-/ электро-/теплоснабжение на основе малотоннажного СПГ (мтСПГ), доставляемого в места потребления в криогенных цистернах в танк-контейнерах с помощью грузовых дирижаблей нового поколения.

Рабочая альтернатива

Предлагается использовать модульный подход к созданию энергогенерирующих и энергопотребляющих установок как для децентрализованного производства электроэнергии и тепла потребителям разной мощности, так и для прямого

использования мтСПГ для нужд локального внесетевого газоснабжения и в качестве локального моторного топлива. На основе типовых модулей можно будет собирать генерирующие установки заданной мощности. Отсутствие у дирижаблей ограничений по весу и габаритам перевозимых грузов дает возможность собирать в заводских условиях крупногабаритные производственные модули, что резко снизит затраты на их изготовление и транспортировку.

Революционный метод технологически стандартизированного производства при индустриальном строительстве был разработан сто лет назад в США Архитектурным бюро Альберта Кана и широко применен им в ходе советской индустриализации. Этот же метод широко применяется, например, при освоении морских месторождений нефти и газа.



В местах потребления предлагается формирование линейки мощностей газовых электростанций конденсационного типа (там, где речь идет об электроснабжении) и/или теплофикационного типа (там, где речь идет о комбинированном электро- и теплоснабжении). Появляется также возможность создания крио-АЗС с мощностями хранения на основе сменных криогенных танк-контейнеров. Эти крио-АЗС могут использоваться для заправки сжиженным газом грузового и легкового автотранспорта.

Традиционные виды транспортировки топлива в указанных районах не кажутся эффективными либо попросту недоступны. Железных дорог практически нет. Автомобильных дорог здесь тоже мало, и, как правило, они не всесезонны (зимники). Морской транспорт может обеспечить доставку топлива в

прибрежные порты по трассе Севморпути в круглогодичном режиме. Но как его оттуда доставить вглубь континента? Речной транспорт может работать только в период короткого летнего погодного окна и высокой воды в реках. Поэтому на доставку грузов методом «северного завоза» уходит до двух лет.

Конечно, проблема энергоснабжения стоящих в низовьях рек либо на побережье крупных городов или крупных промышленных объектов с приданной им социальной инфраструктурой может быть отчасти решена на основе малых плавучих атомных электростанций (типа «Академик Ломоносов»), установленных на гравитационные платформы. Но это счастливый удел только крупных жилых и промышленных объектов. И только частичное решение, закрывающее базовую часть графика электрической нагрузки.

Традиционный авиатранспорт для челночной доставки криогенных танкконтейнеров (туда — заполненные, обратно — пустые) непригоден. Грузовым самолетам нужна капитальная взлетно-посадочная полоса. Самый большой вертолет в мире Ми-26 имеет грузоподъемность в грузовой кабине или на внешней подвеске 20 тонн, что существенно меньше веса 40-футового криогенного танк-контейнера с СПГ (30-36 тонн). На предельной дальности 1000 км вес переносимого груза снижается у Ми-26 до 10 тонн, в то время как грузовой дирижабль «Вертикаль-4А» переносит груз весом 20 тонн на расстояние 5500 км, 30 тонн (20-футовый танк-контейнер с СПГ) — на 4500 км, 60 тонн (40-футовый танк-контейнер с СПГ или два 20-футовых) — на 1000 км, 65 тонн — на 500 км.

Таким образом, мы приходим к выводу, что в отсутствие транспортной инфраструктуры единственным средством регулярной доставки мтСПГ в криогенных танк-контейнерах до потребителя могут быть современные грузовые дирижабли. Возможность поднимать груз много более 20 тонн, низкая себестоимость доставки, экологичность (двигатели используют СПГ в качестве моторного топлива), большая дальность полета (1000-2000 км и более), безаэродромное базирование, всесезонность — это те необходимые качества, которые позволяют использовать дирижабли как транспортное средство, применимое для газификации удаленных территорий. И для решения более широкого круга задач.

Важнейшая характеристика предлагаемого нами воздушного судна — беспилотность. Современные технологии автоматического управления воздуш-

ными судами, космическая связь, невысокие скорости полета, возможность зависания и вертикальной посадки, беспосадочных грузовых операций делают дирижабль идеальным судном для применения беспилотных систем с возможностью дистанционного управления из мест базирования.

Решение проблем ветроуязвимости и безопасности

Одни из самых существенных вопросов, возникающих в связи с эксплуатацией дирижаблей, — их ветроуязвимость и безопасность. Коллектив ученых из Института теплофизики СО РАН, АО «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики» (ДКБА), Московского авиационного института, Московского государственного технического университета (МГТУ) им. Н. Э. Баумана, Центрального аэрогидродинамического института им. профессора Н. Е. Жуковского (ЦАГИ) под общим руководством транспортно-логистической компании ООО «Бэдфорд Груп» взялся за решение этих задач. Проект разрабатывается при финансовой поддержке государственного Фонда перспективных исследований

Роль несущего газа в дирижаблях традиционно выполнял взрывоопасный водород. Что и привело к известной катастрофе дирижабля «Гинденбург» 6 мая 1937 года в США, в штате Нью-Джерси, которая на многие годы посеяла недоверие, а то и страх по отношению к этому типу летательных аппаратов («эффект Гинденбурга»), который привел к практически полному сворачиванию их использования к концу 1930-х. Мы же предлагаем вместо водорода использовать взрывобезопасный гелий. В качестве поставщиков гелия мы рассматриваем Иркутскую нефтяную компанию, Амурский ГПЗ и «Газпром добыча Оренбург».

Технология перевозки СПГ в танкконтейнерах — строго регулируемый вид перевозок со 2-м классом опасности. Правила перевозки описываются в международных соглашениях (МОПОГ, ДОПОГ, ИКАО) и соответствующими внутренними ГОСТами, Морским и Воздушным кодексами РФ. В частности, они предусматривает загрузку 85% объема сосуда для возможности накопления отпарного газа. При этом технологическую гарантию на сохранение внутреннего давления в пределах безопасной нормы дают производители — на 60-120 суток от момента заправки без каких-либо потерь (то есть выхода газа за объем сосуда).

Ветроустойчивость дирижабля обеспечивается несколькими решениями.



Источник: составлено авторами

Во-первых, разработана гибридная форма дирижабля — вытянутый эллипс, позволяющий, несмотря на внушительные размеры корпуса (102 × 73 × 32 м, то есть превышает в длину футбольное поле) иметь минимальное сопротивление боковому порыву ветра.

Во-вторых, впервые применены циклороторные движители, позволяющие оперативно изменять вектор тяги.

В-третьих, мощная гибридная энергетическая установка, способная работать как на традиционном топливе, так и на СПГ, позволит иметь достаточную энерговооруженность для сопротивления ветру до скорости 30 м/с (30 и выше — это ураган, 12 баллов по шкале Бофорта).

Следует упомянуть и о других технических решениях, которые направлены на купирование проблемы ветровых нагрузок в полете. Так, мощные электродвигатели и бортовые аккумуляторы позволят оперативно регулировать мощность. Крепкий каркас дирижабля, состоящий из композитных материалов на основе углеволокна и алюминиевых сплавов, позволит выдержать экстремальные ветровые нагрузки. Наконец, бортовые комплексы радиолокации, лидары, навигационные комплексы позволят «видеть» маршрутную метеорологическую обстановку и избегать турбулентных перегрузок.

Дирижабль не сможет упасть даже при выходе из строя всех двигателей, энергия в аккумуляторах позволит судну завершить маневренную операцию и приземлиться в безопасном режиме.

Или продолжать дрейф в воздухе. В случае приводнения дирижабль не может утонуть.

А возможность безэллингового базирования существенно упрощает наземное обслуживание. Швартовка к мачте в прошлом существенно снижала удобство обслуживания дирижабля, а сооружение таких матч было сопряжено с существенными затратами. Жесткое крепление судна к земле позволит выполнять его обслуживание, не загоняя в эллинг. Необходимость в мачте, как и в эллинге для временной стоянки, отпадает.

Когда выстрелит «Аврора»?

После успешной защиты проекта в ФПИ коллективу ученых, сформированному под руководством ООО «Бэдфорд Груп», было предложено продолжить реализацию проекта под названием «Дирижабли в Якутии», включая строительство демонстратора (грузоподъемностью две тонны), целевого изделия (грузоподъемностью 60 тонн) и организацию опытной эксплуатации.

Дорожная карта этого пути предусматривает создание совместной компании, которая будет отвечать за весь цикл развития проекта. В настоящий момент такая компания уже создана — это ООО «Аврора».

По приглашению якутской стороны — инициатора проекта компания зарегистрирована в поселке Тикси. В настоящее время идет формирование состава участников компании и не-

обходимого бюджета для реализации программы частно-государственного партнерства. Поскольку создание нового транспортного комплекса на основе дирижаблей требует значительных финансовых средств и организационных усилий, платформа «Авроры» послужит площадкой для консолидации участников, заинтересованных в проекте, в разделении рисков и финансовой нагрузки. Структуры «Росатома», «Газпром нефти», Алюминиевой ассоциации, некоторые частные нефтяные компании, компании, работающие с гелием, уже выразили желание присоединиться к проекту.

Отметим, что попытки обращения к грузовым дирижаблям для решения народнохозяйственных задач уже предпринимались. В 1960-1970-е годы в Госплане СССР рассматривалась возможность использования грузовых дирижаблей при освоении Западной Сибири для целей обустройства и материально-технического снабжения нефтяных промыслов. Но тогда для них не пришло время — не было гелия, поэтому возобладали иные техникоэкономические решения. Сегодня же мы видим возможность для ренессанса грузовых дирижаблей на новом витке технического прогресса.

Логистика доставки сжиженного газа

Мы видим три направления поставок мтСПГ вглубь России к востоку от Урала и в Арктической зоне — от источников,



ных криогенных танкконтейнеров позволит решить старую проблему северного завоза — замусоривания Арктики бочками из-под солярки

расположенных: 1) на северном и восточном контуре этой территории; 2) на западном и южном ее контуре; 3) внутри этого контура.

1. Северный и восточный внешний контур доставки мтСПГ внутрь территорий к востоку от Урала может быть сформирован на основе трех существующих центров крупнотоннажного производства сжиженного газа (ктСПГ) — проекты «Сахалин-2», «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ — 2». На этих проектах могут быть выделены технологические линии по заполнению криогенных танкконтейнеров мтСПГ. Плюс к этому наличные объемы СПГ будут доступны на двух перегрузочных терминалах СПГ — на Камчатке и в Мурманске.

При создании в Ямальском кластере производства СПГ технологических линий по его «расфасовке» в криогенные танк-контейнеры этот уже малотоннажный СПГ оттуда может поставляться судами ледового класса или обычного класса с ледокольным сопровождением по трассе Севморпути, также в восточном и западном направлениях, но с иным предназначением. Цель — пор-

ты населенных пунктов по трассе СМП, где эти танк-контейнеры будут разгружаться как для нужд энергоснабжения данного населенного пункта, так и для складирования на специально оборудованных площадках для последующей транспортировки грузовыми дирижаблями вглубь континента.

Логистика размещения площадок складирования танк-контейнеров с криогенными цистернами по трассе СМП (и баз обслуживания дирижаблей) обосновывается исходя из оптимизации стандартной транспортной задачи: необходимо оптимизировать зоны охвата территории с разных площадок базирования, чтобы минимизировать транспортную работу в рамках заданных ее объемов по конкретным населенным пунктам территории. Понятно. что такая работа требует системного специализированного оператора, а не набора индивидуальных частных решений.

Контейнеровозы идут с Ямала на восток и запад с заполненными мтСПГ танкконтейнерами, разгружая их по трассе следования. Одновременно — или на

обратном пути — они забирают на борт с площадок хранения пустые цистерны, которые доставляются на эти площадки возвратными рейсами грузовых дирижаблей из соответствующих населенных пунктов в глубине территории. В итоге танк-контейнеры возвращаются к местам производства мтСПГ для нового заполнения. И ни контейнеровозы. ни грузовые дирижабли не совершают холостых пробегов и порожних рейсов. Туда — с мтСПГ в танк-контейнерах, обратно — с возвратной тарой для ее повторного заполнения. Это решает одну из основных сегодняшних и исторических проблем модели энергоснабжения удаленных территорий страны на основе «северного завоза» и дизельгенераторов — проблему невозвратной



тары: бочек из-под солярки, которыми замусорена вся Арктика.

На востоке, с перегрузочного терминала на Камчатке либо с завода СПГ в Пригородном (проект «Сахалин-2»), при создании технологической линии по расфасовке СПГ в танк-контейнеры, можно покрыть поставками мтСПГ всю прибрежную российскую зону Берингова, Охотского и Японского морей (а затем, возможно, и зарубежное побережье южнее).

Такая же схема может быть применена и при доставке мтСПГ с площадок складирования криогенных танк-контейнеров на Мурманском перегрузочном узле. Правда, в этой части России площадь территорий, не охваченных централизованным электроснабжением и/или газификацией, а также дорожной инфраструктурой, меньше, чем на востоке страны. Поэтому основное применение грузовых дирижаблей мы увидим, скорее, для районов к востоку от Урала.

2. Западное и южное плечо — это газопроводы: действующий «Сила Сибири — 1» и перспективный «Сила



Источник: составлено авторами

Роль несущего газа в ди-

рижаблях традиционно

выполнял взрывоопасный

водород. Мы предлагаем

использовать вместо него

безопасный гелий

Сибири — 2», трассы которых проходят по южной и западной границам российского Зауралья. Некоторые компрессорные станции на этих газопроводах могут стать местами размещения заводов мтСПГ и площадок складирования танк-контейнеров. Конкретные места их расположения тоже предмет для решения логистической транспортной задачи. Отсюда криогенные танк-контейнеры с мтСПГ могут доставляться грузовыми дири-

жаблями, в режиме отсутствия холостых пробегов, в населенные пункты и на производственные объекты в глубине территории Восточной Сибири и Лальнего Востока.

3. Освоение отдельных газовых месторождений внутри территории российского Зауралья (например, в Якутии) может быть нацелено на сжижение газа на месте на установках по производству мтСПГ, «расфасовку» в криогенные танк-контейнеры и использование для нужд газификации этого региона, где средство доставки те же грузовые дирижабли. Освоение многочисленных мелких и средних месторождений газа в Восточной Сибири (за рамками освоения гигантов для трубопроводного транспорта) может вестись на основе модульных схем. Грузовые дирижабли будут использоваться в этом случае как средство доставки модулей с оборудованием для освоения месторождений и для производства мтСПГ, «фасуемого» в танкконтейнеры, и для доставки этих танкконтейнеров на место назначения или на логистические площадки, откуда они могут уже другим видом транспорта (при его наличии — например. железнодорожным, автомобильным и экономической целесообразности такой перегрузки) доставляться конечным потребителям.

По данным «СПГ карты России 2023», подготовленной под руководством Александра Климентьева, в России построено 18 заводов мтСПГ,

строятся или находятся в стадии реализации (в активной фазе) еще 25 проектов, а общее заявленное количество проектов мтСПГ достигло 52 единиц. Дальнейшее развитие производства мтСПГ сдерживается в значительной степени (оставим пока в стороне ценовые, налоговые и экспортные вопросы) отсутствием технической возможности эффективной реализации произведенной продукции за пределами мест производства. При «расфасовке» мтСПГ при его производстве в криогенные танк-контейнеры дирижабли (и модульные системы энергоснабжения) решают эту задачу.

Небольшой срок разработки отдельных мелких месторождений «на истощение» подразумевает необходимость регулярного монтажадемонтажа оборудования и доставки его на новые месторождения по мере срабатывания действующих (старых). Дирижабли дают не только возможность обеспечить такую доставку с объекта на объект в условиях бездорожья, но и возможность производства и комплектации оборудования в крупнотоннажных модулях, чтобы сократить сроки, затраты и повысить надежность монтажа-демонтажа на объектах добычи и сжижения газа. Избытки произведенного мтСПГ (сверх потребностей газификации внутренних потребителей региона) можно направлять через существующую транспортную нетрубопроводную инфраструктуру на экспорт в Азию.