

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№10(176), октябрь 2022



Тема номера

**ТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НЕРЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА**



«Россети» —
вместе
в будущее



ГАЗПРОМБАНК

Лучшее создается вместе

Весь спектр банковских услуг

карты

вклады

счета

кредиты

услуги для юр. лиц

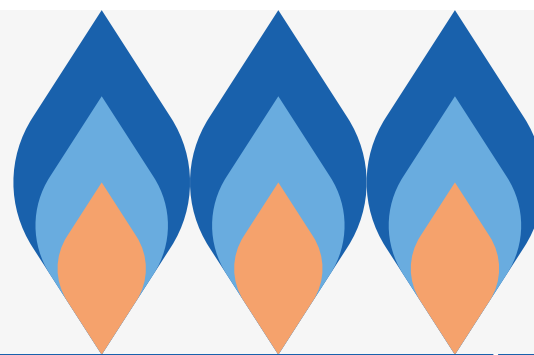
страхование

ипотека

рефинансирование

gazprombank.ru

Банк ГПБ (АО). Ген. лицензия ЦБ РФ № 354. Реклама.



Содержание

5 Слово редакторов

От первого лица

6 А. Новак. Угольная промышленность XXI века: закат или ренессанс

Энергетика

14 Ж. Седова. «Мы не сидели сложа руки и предприняли активные действия по поиску альтернативных запчастей»

Энергопереход

22 В. Зайченко, А. Цыплаков. Перспективы создания отечественного водородного газопоршневого двигателя

Газ

34 А. Конопляник. Новые внешние вызовы для России в газовой сфере и возможные ответные меры

Нефть

54 А. Ненахов, Е. Сергееenkova. Возможности применения композитных материалов в области энергетики для нефтепроводов и продуктопроводов

Цифра

66 В. Бабчук, Л. Шилова, В. Евстратов. Использование технологий информационного моделирования в гидроэнергетическом строительстве

Регионы

74 Н. Казеева, М. Козырева. Фокус на Африку: российские перспективы и возможности в новых реалиях



Contents

5 Editor's Column

In the first person

6 A. Novak. The coal industry of the XXI century: sunset or Renaissance

Energy

14 Zh. Sedova. «We did not sit idly by and took active steps to find alternative spare parts»

Energy transition

22 V. Zaichenko, A. Tsyplakov. Prospects for the creation of a domestic hydrogen gas piston engine

Gas

34 A. Konoplyanik. New external challenges for Russia in the gas sector and possible retaliatory measures

Oil

54 A. Nenakhov, E. Sergeenkova. The possibilities of using composite materials in the field of energy for oil pipelines and product pipelines

Digitalization

66 V. Babchuk, L. Shilova, V. Evstratov. The use of information modeling technologies in hydropower construction

Regions

74 N. Kazeeva, M. Kozyreva. Focus on Africa: russian perspectives and opportunities in new realities

УЧРЕДИТЕЛИ

Министерство энергетики Российской Федерации, 107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1

ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.В. Бушуев – акад. РАЕН и РИЗ, д. т. н., председатель совета, ген.директор ИЭС А.М. Мастепанов – акад. РАЕН, д. э. н., г. н. с. Центра энергетической политики ИПНГ РАН Д.А. Соловьев – к. ф.-м. н., ответственный секретарь совета А.Н. Дмитриевский – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН А.И. Кулапин – д. х. н., ген. директор РЭА Минэнерго России В.А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЗОПП СО РАН

Е.А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., декан факультета РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина А.И. Громов – к. г. н., директор по энергетическому направлению ФИЭФ С.П. Филиппов – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН А.Б. Яновский – д. э. н., к. т. н., помощник руководителя администрации президента РФ П.Ю. Сорокин – первый заместитель министра энергетики России О.В. Жданев – к. ф.-м. н., зам. ген. директора – руководитель Центра компетенций технологического развития ТЭК «РЭА» Минэнерго РФ

Главный редактор Анна Горшкова

Научный редактор Виталий Бушуев

Зам. главного редактора по продвижению Виолетта Локтева

Корректор Роман Павловский

Фотограф Иван Федоренко

Дизайн и верстка Роман Павловский

Адрес редакции: 129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1 +79104635357 anna.gorshik@yandex.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–75080 от 07.03.2019

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

При перепечатке ссылка на издание обязательна

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Редакция не имеет возможности вступать в переписку, рецензировать и возвращать не заказанные ею рукописи и иллюстрации

Тираж 1000 экземпляров Периодичность выхода 12 раз в год Цена свободная

Отпечатано в ПБ «Модуль», 115162, Москва, Мытная улица, дом 48, цоколь пом. 2, ком. 1,3

Подписано в печать: 05.10.2022 Время подписания в печать по графику: 13:00 фактическое: 13:00

The image features a central circular logo for the International Hydrogen Conference (ih2con). The logo has a dark brown center with the text "International Hydrogen Conference" in white. Surrounding this is a ring with alternating red and black segments. The numbers "27", "10", and "22" are placed in the red segments, indicating the dates of the event. The outermost ring of the logo is green and contains the text "ih2con" in white. Below the logo, the date "27 октября 2022" and the location "Москва" are listed on the left, and the venue "Отель Метрополь" and the website "ih2con.com" are listed on the right. The background is a dark green grid with several circular icons containing the chemical formula H_2 and the text "национальный энергетический форум" (National Energy Forum).

International Hydrogen Conference

ih2con

27 10 22

27 октября 2022
Москва

Отель Метрополь
ih2con.com

- Перспективы развития водородной энергетики в России и в мире: инвестиционные проекты, развитие инфраструктуры и новые технологии;
- Водородный диалог в рамках БРИКС и ЕАЭС: научно-технологическое сотрудничество и трансфер компетенций;
- Основные направления технологического развития водородной энергетики;
- Новые технологии для водородной энергетики: сделано в России.

+7 (495) 640-34-64
mail@oilandgasforum.ru



Виталий БУШУЕВ
Научный редактор журнала
«Энергетическая политика», акад. РАЕН и РИЭ, д. т. н.



Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Стабильно нестабильное состояние энергорынка

Первая, ознакомительная, если можно так сказать, фаза энергетического кризиса прошла. Европейские санкции и российские ответные меры вступили в действие. На рынке укрепилось понимание, что новый порядок будет действовать достаточно долго, а значит перед компаниями, трейдерами, политиками, экономистами и другими участниками рынка как в России, так и в мире возникает необходимость приспосабливаться под изменившиеся условия.

На второй план отходят отдаленные, стратегические и дорогостоящие задачи, такие как борьба с изменениями климата или развитие новых энергоресурсов в виде водорода. Возобновляемая энергетика наконец-то стала приобретать исключительно утилитарные задачи, а именно необходимость максимально быстро компенсировать Европе выпадающие объемы рос-

сийского газа. Уголь и нефть снова обрели стратегическое значение в энергобалансах большинства стран, при подключении нерыночных механизмов формирования цен на них.

В России же начался бум поиска не просто научных технологий, а недорогих и готовых практических наработок, в том числе за счет реинжиниринга и адаптации западных ноу-хау, способных вытянуть работу целых отраслей ТЭК. Одновременно возникла задача максимального использования дешевых энергоресурсов на внутреннем рынке, оперативного поиска новых зарубежных ниш для них и формирования гибкой ценовой системы.

Вот так, к концу 2022 г. мировая экономика перешла в стабильно нестабильное состояние, сформированное самыми разнообразными нерыночными условиями.



Александр НОВАК

Заместитель председателя Правительства РФ

УДК 622.33

DOI 10.46920/2409-5516_2022_10176_6

EDN: NMMFAZ

Угольная промышленность XXI века: закат или ренессанс

В последние годы ряд ведущих стран мира взяли курс на ускоренное сокращение доли углеводородов в энергобалансе. Особое значение в этом контексте отводится замещению угля, который считается одним из наименее экологичных современных источников энергии. При этом мировой энергетический кризис, продолжающийся с конца 2020 г., оказывает беспрецедентное влияние на глобальную экономику, побуждает мировое сообщество пересмотреть энергетическую политику и существенно сократить темпы диверсификации источников энергии. Таким образом, уголь остается в числе наиболее востребованных энергоресурсов. Это позволяет России – одному из мировых лидеров по запасам и добыче угля – в значительной степени реализовать свой высокий потенциал на новом мировом рынке угля и удовлетворить растущие мировые потребности в источниках энергии.

“

Мировой рынок угля

Глобальная тенденция действительно говорит о том, что доля угля в мировом энергобалансе постепенно сокращается. Но если в 1970 г. она составляла 30 %, то в 2020 г. – 26,5 %, то есть за полвека снижение составило всего 3,5 процентных пункта. В то же время потребление угля в абсолютных величинах стабильно растет: в период с 1980 по 2020 гг. показатель, по данным IEA, вырос вдвое, до 7,5 млрд т, а в 2021 г. – потребление угля увеличилось примерно на 6 %, до 7,95 млрд т. Уголь остается основным топливом для производства электроэнергии в мире – в 2021 г. на его долю приходилось 36 % всей генерации. Таким образом, это ископаемое сохраняет устойчивые позиции и имеет высокую

значимость на мировом рынке энергоресурсов.

При этом последние два года стали достаточно сложными для угольной промышленности. Отрасль столкнулась с рядом вызовов, среди которых экономические последствия пандемии, стремление к ускоренному энергопереходу, а также переориентация логистических цепочек в связи с отказом ряда стран от поставок из России. В результате мировой рынок угля сегодня отличается высокой волатильностью.

В 2020 г. из-за замедления мировой экономики в связи с пандемией мировой спрос на уголь снизился на 4,4 %. Наибольшее снижение наблюдалось в США и ЕС – почти на 20 %, в Индии и Южной Африке – на 8 %. При этом уже в 2021 г. рост

мирового производства электроэнергии на угле оценивался МЭА в 9 %, рост общего потребления – в 6 %.

К концу лета-началу осени прошлого года, в силу ускоренного восстановления мировой экономики после пандемии и соответственно повышенного спроса на энергоресурсы, резко выросли цены на энергоносители. На фоне энергетического «голода» и продолжающегося ценового ралли на газ и нефть и в Европе, и в Азии появилась необходимость замещения углем газовой и ветряной электрогенерации. В результате стоимость угля на мировых рынках в марте-апреле 2022 г. превысила 400 долл. за тонну. Уже тогда аналитики прогнозировали, что в 2022 г. общий спрос на уголь может достичь нового исторического максимума.

Если в 1970 г. доля угля в мировом энергобалансе достигала 30 %, то в 2020 г. – 26,5 %, то есть за полвека снижение составило всего 3,5 п. п.

В последние месяцы на фоне мирового энергетического кризиса Германия, Франция, Нидерланды, Италия и Австрия планируют использовать угольные электростанции, чтобы компенсировать дефицит газа

Одновременно в последние годы мы наблюдали усиление климатической повестки. Ряд стран высказывали намерения отказаться от углеводородных источников энергии и достичь углеродной нейтральности в перспективе 20–40 лет. Вместе с тем сегодня темпы развития альтернативной энергетики начали снижаться. Это связано как с экономическими причинами, так и с относительно низкой надежностью этих энергоресурсов, которые во многом зависят от нестабильных погодных условий.

По итогам конференции ООН по климату (COP26) в ноябре прошлого года делегации почти 200 стран смягчили формулировку итогового соглашения, в том числе в части угля. Финальный документ фиксирует договоренность «постепенно сокращать», а не «прекращать», как было обозначено ранее, потребление угля. Также соглашение призывает активизировать усилия по снижению объемов производства электроэнергии на угольных станциях, но уточняется, что речь идет только о тех, где нет технологий улавливания углекислого газа.

В последние месяцы на фоне мирового энергетического кризиса Германия, Франция, Нидерланды, Италия и Австрия планируют использовать угольные электростанции, чтобы компенсировать дефицит газа. В Чехии продолжают работать угольные электростанции, которые должны быть закрыты с 2022 г. из-за повышенных выбросов. В Польше разрешили использовать уголь более низкого качества и призывают ЕС пересмотреть темпы энергоперехода. Южная Корея также корректирует ранее принятые планы отказа от угольной генерации. Индия рассчитывает увеличить добычу угля на 75–100 млн т в ближайшие

2–3 года за счет перезапуска ранее закрытых шахт. Китай снизил до нуля пошлины на импорт угля, которые ранее достигали 6 %, что позволит нивелировать риски энергодефицита, который может образоваться из-за еще большей переориентации европейских потребителей на сжиженный природный газ. И это решение принято несмотря на то, что зависимость Китая от импорта угля сравнительно низка – в 2021 г. на долю поставок из-за рубежа в страну пришлось 8 % потребления энергетического угля и 7 % – коксующегося.

Кроме того, неопределённость на рынке создает переориентация поставок угля. С февраля от импорта российского угля отказались США, с апреля Австралия, с августа – страны ЕС. Великобритания планирует прекратить закупки до конца года. Япония и Южная Корея сообщили о планах по постепенному снижению потребления. Напомню, что Россия занимает второе место по запасам угля в мире, шестое по добыче, а также наряду с Индонезией и Австралией входит в тройку поставщиков-лидеров – доля совокупного экспорта этих трех стран составляет более 80 %.

Таким образом, отсутствие на отдельных региональных рынках одного из ведущих производителей создает значительные проблемы для потребителей, приводит к повышенному спросу и росту цен. В значительной степени это касается европейских стран, куда в прошлом году,

Добыча угля в Индонезии

Источник: sopbuaah.blogspot.com



Угольная ТЭС в США

Источник: [J Brew / flickr.com](https://www.flickr.com/photos/jbrew/)

по данным ФТС, наша страна экспортировала 46,8 млн т энергетического угля и 3,6 млн т коксующегося, что составляет примерно 35 % от общего объема европейского импорта. Подчеркну, что за последние 10 лет эта доля заметно выросла, то есть, декларируя снижение зависимости от российских энергоресурсов, фактически страны Европы его только наращивали. Поэтому сегодня потребители как в ЕС, так и в других странах, вынуждены срочно искать новых поставщиков угля, нарушая сложившийся баланс и разрывая устойчивые логистические цепочки, что приводит к дополнительным финансовым издержкам на транспортировку, повышенному спросу, хаосу на рынке и росту цен.

При этом, по прогнозам экспертов Wood Mackenzie, потребление твердого топлива в мире будет стабильным – на уровне 8,5 млрд т – до 2025 г. Драйвером мирового потребления выступит АТР, в период 2021–2024 гг. оно увеличится на 5,2 %: с 6,1 млрд т до 6,4 млрд т. Падение спроса на уголь в странах Атлантики снова компенсирует рост спроса на рынке АТР.

Все это свидетельствует о том, что мировое сообщество, несмотря на политические лозунги, продолжает рассматривать уголь как надежный и доступный источник энергии, поспешный отказ от которого может привести к непредсказуемым последствиям для мировой экономики.

Текущее состояние и перспективы развития российской угольной отрасли

В 2019 г. добыча угля в России достигла исторического максимума в 442,8 млн т. В 2020 г. этот показатель в результате влияния пандемии снизился до 402,6 млн т, но уже по итогам прошлого года добыча угля в России практически вышла на докризисный уровень (439,5 млн т). Одновременно в 2021 г. был зафиксирован рекорд по экспорту угля – 223,4 млн т.

В последние месяцы угольная отрасль России наравне с другими отраслями экономики столкнулась с беспрецедентными ограничениями со стороны недружественных стран. Это касается как эмбарго на импорт российского угля, так и экспорта технологий для угольной промышленности. Но, несмотря на внешнее давление, отрасль демонстрирует высокую степень устойчивости.

За первые семь месяцев 2022 г. уровень добычи снизился на 0,9 %. Падение экспорта на 8,6 % за аналогичный период было в значительной степени компенсировано повышенным спросом на внутреннем рынке, который с начала года вырос на 6,8 % г/г, достигнув уровня 99,5 млн т за счет увеличения потребления электроэнергетикой (+14,4 % г/г) ввиду маловодности сибирских рек в этом году.

Чтобы сохранить дальнейшее устойчивое развитие отрасли, необходимо в ускоренном порядке решить ряд важнейших стратегических задач. В первую очередь, это касается новых маршрутов поставок угля за рубеж в силу ввода эмбарго на российский уголь со стороны ряда потребителей.

Несмотря на политические лозунги, мир продолжает рассматривать уголь как надежный и доступный источник энергии, поспешный отказ от которого приводит к непредсказуемым последствиям



Березовский разрез

Источник: «СУЭК»

Отмечу, что в прошлом году экспорт угля в Атлантическом направлении достиг 98,2 млн т, в страны АТР – 125,2 млн т, соответственно в 2010 году он составил 82,3 млн т и 34,2 млн т. Крупнейшими импортерами стали Китай с 53,6 млн т, Япония с 21,9 млн т и Южная Корея с 21,4 млн т. В эти годы отмечалась естественная постепенная переориентация поставок в направлении восточных партнеров. В сложившихся условиях этот процесс будет принимать формы ускоренной диверсификации.

В частности, рассматривается возможность увеличения поставок в страны АТР, часть объемов с рынка Европы мо-

жет быть отправлена по железной дороге в адрес восточных портов и погранпереходов. Таким образом, с западного в восточном направлении может быть перенаправлено около 25 млн т, в том числе, через порты Азово-Черноморского бассейна.

В этой связи будем работать совместно с Минтрансом над увеличением пропускной способности Восточного полигона, доступности морского транспорта, ускоренным развитием угольных портовых терминалов на перспективных направлениях экспорта, а также сокращением себестоимости и сроков транспортировки. В соответствии с паспортом проекта провозная способность Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей в 2024 г. должна составить 180 млн т. При этом, к 2030 г. объем экспорта угля по Восточному полигону может возрасти до 216 млн т. К 2031 г. портовые мощности восточных портов по перевалке угля могут увеличиться на 55–211 млн т, что превысит текущие перевалочные возможности (около 150 млн т) в 1,4–2,3 раза.

Одна из приоритетных задач сегодня – создание российским угольным компаниям условий для повышения их конкурентоспособности при любой рыночной конъюнктуре, в том числе за счет повышения производительности труда, сни-

К 2031 г. портовые мощности восточных портов по перевалке угля могут увеличиться на 55–211 млн т, что превысит текущие перевалочные возможности (около 150 млн т) в 1,4–2,3 раза

жения себестоимости добычи угля, роста объемов переработки и обогащения угля, обеспечения стабильных поставок угля на внутренний и внешний рынки, развития производственных мощностей в регионах, приближенных к потребителям.

В этой связи предполагается смещение центров угледобычи на восток страны, при одновременном максимальном и эффективном использовании потенциала ведущих бассейнов России – Кузбасса, Горловского и Канско-Ачинского. Также предусматривается освоение новых месторождений коксующегося угля в Республике Саха (Якутия), антрацитов и коксующегося угля на полуострове Таймыр в Арктической зоне Российской Федерации.

Для диверсификации экспорта внимание уделяется активизации расчетов в национальных валютах. Такие механизмы уже предусмотрены при оплате поставок угля с Китаем, Индией и другими странами.

Что касается импортозамещения технологий, то в этом направлении Правительство РФ и профильные компании активно работают с 2014 г. Сегодня потенциал в этой области особенно высок. На рынке освобождается много ниш, в этой связи правительство готово оказать поддержку

Предполагается смещение центров угледобычи на восток, при одновременном максимальном и эффективном использовании потенциала ведущих бассейнов РФ – Кузбасса, Горловского и Канско-Ачинского

добросовестным российским производителям. Уже действует достаточно широкий спектр инструментов, направленных на обеспечение устойчивого развития промышленности, в том числе и горного машиностроения. В частности, создаются возможности получения льготного заёмного финансирования для производства или приобретения критически важных комплектующих, запчастей, материалов, выпуск которых в России ограничен или отсутствует. Сумма такого займа может составлять от 10 до 500 млн рублей на срок до 3 лет под 5 % годовых. При этом софинансирование требоваться не будет.

Назаровский разрез

Источник: «СУЭК»



Рассматривается возможность создания для предприятий угольной промышленности программы льготного финансирования закупки российского оборудования под ставку 3-5 % годовых на 5 лет

Вместе с тем предстоит дальше работать над снижением стоимости кредитов на приобретение российского оборудования. В этой связи рассматривается возможность создания для предприятий угольной промышленности программы льготного финансирования закупки российского оборудования под ставку 3–5 % годовых на 5 лет по аналогии с тем, как это сделано для машиностроительных предприятий, которые финансирует Фонд развития промышленности.

Также в ближайшее время необходимо решение сложной логистической задачи по обеспечению поставок из-за рубежа того

сегмента оборудования, аналоги которого не производятся в России и выпуск которого не может быть организован в ближайшее время. Одновременно крайне важно проработать вопрос об организации локализации производства зарубежного горношахтного и горнотранспортного оборудования дружественных стран на базе российских предприятий, входящих в состав вертикально интегрированных компаний по добыче, обогащению и переработке угля, в том числе с использованием различных механизмов государственно-частного партнерства и региональной кластеризации.

Что касается поддержки внутреннего рынка, здесь, в частности, продолжается совершенствование биржевых механизмов реализации угольной продукции. Федеральная антимонопольная служба (ФАС России) и Минэнерго России подготовили совместный приказ, в соответствии с которым предусмотрена реализация не менее 10 % энергетического угля марок Д и ДГ на площадке АО «СПбМТСБ» в секции «Энергоносители». Это позволит дополнительно обеспечить необходимыми объемами внутренний рынок энергетическим углем, а также будет способствовать формированию отечественных биржевых индикаторов.

Транспортировка угля по ж/д в России

Источник: agnormark@gmail.com / depositphotos.com



Шахтеры направляются на смену

Источник: [svet110.ya.ru / depositphotos.com](https://svet110.ya.ru/depositphotos.com)

Так как угледобывающая отрасль является системообразующей для 30 городов и поселков, особое внимание уделяется повышению качества жизни и безопасности граждан, занятых в производстве.

Идет работа над экологизацией работы угольных предприятий. Например, группа «Евраз» планирует добиться 75 %-ной утилизации метана, получаемого при дегазации шахт. На шахте «Алардинская» уже смонтированы две установки факельного типа для сжигания метана. Каждая способна утилизировать до 50 м³ метановоздушной смеси в минуту. До 2023 г. на шахтах Распадской угольной компании планируется установить еще 4 факельных установки мощностью 150 м³/мин. Дальнейшее дооснащение шахт факельными установками будет проводиться, исходя из достигнутых показателей по метану.

СУЭК планирует перевести часть карьерной техники с бензина и дизельного топлива на газомоторное топливо. Дополнительно в СУЭК прорабатывается пилотный проект электрификации карьерной техники.

Продолжается системная работа по вопросам повышения уровня безопасности. Реализуется программа реструктуризации угольной промышлен-

ности. В рамках программы из ветхого жилья переселено 65 729 семей шахтеров. По поручению президента России, процесс по переселению будет окончательно завершен в 2024 г. В последние годы стабильно росло благосостояние шахтеров. Средняя заработная плата в угольной отрасли за 10 лет (в период 2011–2022 гг.) увеличилась больше, чем в два раза – с 33 тыс. руб. в 2011 г. до 72 тыс. руб. в 2021 г., а за прошедшие месяцы 2022 г. этот показатель возрос до более, чем 75 тыс. руб.

Напомню, что в кризисном 2020 г. благодаря мерам, принимаемым Правительством Российской Федерации, региональными органами исполнительной власти, недропользователями, отрасль избежала крупных банкротств угольных компаний, мы сохранили все трудовые коллективы. То есть успешный опыт преодоления кризисов уже есть. Поэтому сегодня необходимо объединить усилия органов власти и бизнеса, чтобы успешно ответить на возникающие вызовы, обеспечить социально-экономическое развитие угледобывающих регионов и достойный уровень жизни работников отрасли, а также максимально реализовать экспортный потенциал с учетом текущей конъюнктуры.

Жанна СЕДОВА

Генеральный директор ПАО «Энел Россия»

DOI 10.46920/2409-5516_2022_10176_14

EDN: PWKSAI

«Мы не сидели сложа руки и предприняли активные действия по поиску альтернативных запчастей»

Непростая геополитическая ситуация, введение санкций со стороны Евросоюза и США, сложности в финансовой системе ставят перед энергетическими компаниями новые задачи и вызовы, вынуждая максимально быстро и эффективно принимать сложные решения в нестандартных условиях. Как удается обеспечивать стабильную и надежную работу предприятий в таких тяжелых условиях рассказала новый генеральный директор ПАО «Энел Россия» Жанна Седова в своем первом интервью журналу «Энергетическая политика».

– Вы стали генеральным директором компании «Энел Россия», наверное, в самый сложный период ее работы. Насколько тяжело было взять на себя такую ответственность, как удается справляться и какие первоочередные задачи Вы перед собой ставите?

В текущей ситуации нашей первоочередной задачей безусловно является обеспечение работоспособности не только нашей компании, но и всего электроэнергетического сектора в целом. В связи с тем, что Евросоюз 15 марта 2022 года принял четвертый санкционный пакет, в рамках которого появился запрет на инвестиции в российский энергетический сектор, головным офисам иностранных энергокомпаний стало запрещено оказывать какие-либо услуги и поставлять в Россию новое оборудование. И мы, как и вся электроэнергетическая отрасль,

столкнулись с проблемами, связанными с импортозамещением и реинжинирингом. Однако, любые сложности порождают и новые возможности, дают стимул для развития российской экономики. Для преодоления этих трудностей мы решили переориентироваться на новые направления, в частности, написали запросы в торгово-промышленные палаты Китая, Турции, Ирана, ОАЭ, составили перечни запасных частей, которые необходимо поставить для электрооборудования.

Что касается того, не просто ли сейчас взять ответственность за работу компании, то да, конечно, сложно. Однако назначение меня, юриста, именно в санкционное время несмотря на то, что моя кандидатура давно находится в кадровом резерве компании, продиктовано необходимостью разбираться и уметь лавировать между санкционными режимами.





Азовская ветроэлектростанция

Источник: «Энел Россия»

– **Как отсутствие иностранного менеджмента и иностранных членов совета директоров отразилось на работе компании?**

Так получилось, что к моменту начала спецоперации иностранцев в органах управления компании уже практически не было, кроме бывшего генерального директора и еще одного менеджера, отвечавшего за капитальное строительство. Так что санкции не оказали серьезного влияния на работу компании.

Если говорить о совете директоров, здесь необходимо пояснение. Евросоюз запретил оказывать услуги энергокомпаниям, под этот запрет попадает и оказание услуг иностранными физическими лицами,

в том числе членами совета директоров и генеральным директором. Здесь, как я уже рассказывала на Петербургском международном юридическом форуме, возникла коллизия правопорядков, когда иностранным членам совета директоров и генеральному директору пришлось выбирать между двумя правопорядками: места гражданства и места деятельности. С точки зрения права, это однопорядковые ценности, поэтому выбор делается по принципу наименьшего вреда для гражданина. Понятно, что наименьший вред гражданам Евросоюза причиняется, если они выбирают правила места своего гражданства.

Плюс, нужно понимать, что санкционные списки обновляются. Контрагенты, с которыми ты обязан заключить договор, начинают попадать под санкции, голосовать по таким сделкам иностранные члены совета директоров не могут. В итоге было принято абсолютно грамотное решение, связанное с заменой совета директоров.

Сейчас наша компания соответствует «бриллиантовым стандартам» кодекса корпоративного управления, когда все члены совета директоров являются независимыми. Выбор был сделан в пользу только граждан России, у которых нет иных гражданств, нет никаких связей с иностранными государствами.

Сейчас наша компания соответствует «бриллиантовым стандартам» кодекса корпоративного управления, когда все члены совета директоров являются независимыми. Выбор сделан в пользу граждан РФ

– **То, что Вы все-таки юрист, а не энергетик, сказывается на работе?**

Я работаю в энергетике уже более 17 лет. Еще до реформы РАО «ЕЭС России» начала работать в «Пермэнерго», потом в ТГК-9, откуда перешла в ОГК-4 (сейчас – «Юнипро»). В 2010 году меня пригласили работать в «Энел Россия» на позицию заместителя генерального директора по правовым вопросам. Компания как раз нуждалась в моих знаниях международного права, поскольку я юрист-международник и, будучи доцентом кафедры Российского государственного университета правосудия, до сих пор преподаю международное частное право.

Конечно, юрист до конца не может разбираться в технических параметрах, да это и не его задача. Однако у меня были судебные процессы, связанные с очень сложными технологическими спорами. Мы обжаловали акты расследований причин аварий, так что пришлось разбираться и в лопатках, и в газовых турбинах, и чем цилиндр низкого давления отличается от цилиндра высокого давления. Поэтому основная база у меня есть. Что же касается каких-то новых бизнес-процессов или аспектов деятельности, с которыми я ранее не сталкивалась, я в этом вопросе

Среднеуральская ГРЭС

Источник: «Энел Россия»



Мы решили переориентироваться на новые направления, написали запросы в торгово-промышленные палаты Китая, Турции, Ирана, ОАЭ, составили перечни для поставки необходимых запасных частей

полностью полагаюсь на свою высокопрофессиональную команду. Это слаженный коллектив, где работают грамотные, стрессоустойчивые люди, которые в сложных условиях переходного периода, смены акционера, остаются в команде.

– **В конце сентября стало известно, что президент России подписал распоряжение, разрешающее «ЛУКОЙЛу» и «Газпромбанк-Фрезия» приобрести долю Enel в «Энел Россия». Как будет проходить дальнейший процесс оформления сделки и когда сделка может быть закрыта?**

Ранее в рамках общего регулирования необходима была выдача разрешений пра-

Доля иностранного оборудования пока довольно высокая, однако являясь российской энергокомпанией, у нас много оборудования, которое было произведено отечественными предприятиями

вительственной комиссией по контролю за осуществлением иностранных инвестиций. Но Указ Президента Российской Федерации от 5 августа ввел специальное, я бы даже сказала, чрезвычайное правовое регулирование для сделок по покупке/продаже иностранными собственниками долей в объектах ТЭК и установил, что компании, которые будут получать данное разрешение, должны быть включены в специальный перечень.

Согласно новым требованиям, с точки зрения правового регулирования, процесс одобрения должен быть таким: разрешение президента РФ, одобрение правительственной комиссии по контролю за осуществлением иностранных инвестиций, в котором должны быть прописаны условия, разрешающие сделку, потом – разрешение Федеральной антимонопольной службы РФ. Учитывая, как много разрешений необходимо получить, их формализация требует времени.

– Как в текущих условиях складывается работа компании? Есть ли проблемы с импортным оборудованием?

Как я уже сказала, с самого начала мы не сидели сложа руки и сразу предприняли активные действия по поиску альтернативных запасных частей. Плюс мы получили от государства меры поддержки, например, необходимые части оборудования были включены в перечень товаров, разрешенных для параллельного импорта.

Кроме того, по мере возможности мы занимаемся реинжинирингом.

– Как говорят специалисты, реинжиниринг тесно связан с вопросами патентного права. Например, на часть оборудования, которая прошла реинжиниринг, патенты были оформлены в России, что не дает возможность их использовать. Сталкивается ли компания с этими проблемами?

Сейчас проблем нет. Возможно, потом, когда экономическая ситуация стабилизируется, могут начаться юридические разбирательства именно в связи с патентом.

Однако патентные споры были и раньше, еще до ситуации с санкционным оборудованием, которое запрещено к поставкам на территорию России. У нас есть знаменитое дело «Фолтер» против «Энел Россия». Компания «Фолтер» обратилась к нам с претензией, что мы использовали воздушные фильтры, которые были ими запатентованы. Ранее эта компания выиграла по аналогичному делу у Курганской ТЭЦ, и, расхрабрившись, пошла против, так сказать, «гигантов» – «Энел Россия», «Татэнерго» и других, навязывая патентное соглашение. Нам стало понятно, что это патентный троллинг. Запатентованная компанией «Фолтер» технология была разработана и использовалась производителями фильтров задолго до регистрации «Фолтером» патента. Вероятно, технологию могли просто позаимствовать и запатентовать. Причем запатентовали ее тоже безграмотно. Мы оспорили патент, связанные с ним пункты исключены из дела, с чем «Фолтер» согласился, в итоге сейчас дело рассыпается.

Почему я так подробно об этом рассказываю? Потому что считаю, что такую информацию необходимо делать публичной, чтобы защитить энергорынок от патентного троллинга.

Среднеуральская ГРЭС
Источник: «Энел Россия»



Кольская ветроэлектростанция
Источник: «Энел Россия»

– Какая доля оборудования, используемого компанией, уже замещена российскими аналогами, какая доля еще импортного?

Конечно, процент иностранного оборудования на станциях довольно высокий, однако являясь российской энергокомпанией, у нас, безусловно, много оборудования, которое было произведено отечественными предприятиями.

Если обратиться к истории, то следует отметить, что реформа РАО «ЕЭС России» задумывалась не только для того, чтобы разделить естественные энергетические монополии по четырем технологическим признакам, но и для того, чтобы привлечь иностранные инвестиции, почему и были проданы государственные пакеты компаниям Fortum, E.ON и Enel, как крупнейшим мировым энергетическим концернам.

Привлечение иностранных инвестиций было связано, в том числе, и с ноу-хау. У нас за период перестройки и в 90-е годы производство электроэнергетического оборудования затормозилось, и отрасль до сих пор испытывает проблемы, в частности, с налаживаем производства больших турбин мощностью более 100 МВт. Сейчас на долю иностранных турбин большой мощности приходится более 70 %, а остальные – это совместные производства с тем же Siemens или другими зарубежными компаниями.

И, конечно, это является одной из острых проблем, над решением которой все активно работают. Пока же госу-

дарство предусмотрело новую меру поддержки, которая называется «экономия паркового ресурса». На время, когда вся электроэнергетика разбирается с импортозамещением, проводит реинжиниринг и ищет аналоги, можно продлить срок эксплуатации импортного оборудования.

– Есть ли проблемы с поставкой и ремонтом оборудования, особенно после ухода Siemens? Какие решения существуют?

У нас оборудование не только компании Siemens, но еще и General Electric. Причем, что удивительно, если с Siemens есть проблемы, то проблем с американской General Electric нет. США ни разу не вводили энергетическое оборудование в запрещенный сектор. Кроме того, General Electric заключает долгосрочные контракты на сервисное обслуживание своих турбин на длительные сроки.

Конкретно по Siemens, на своем сайте данная компания публично объявила приверженность европейским санкциям. Это их официальная политическая линия, поэтому они везде выходят из бизнеса и даже не исполняют действующие договоры, несмотря на такой неоспоримый принцип «pacta sunt servanda» – договоры должны исполняться. Это общий принцип международного права, он применяется по Венской конвенции о праве международных договоров 1969 г., в частном праве он тоже применяется, а общие принципы права выше национального регулирования.

В связи с уклонением от исполнения обязательств, мы инициировали разбирательство с Siemens Gamesa, которая выступала основным подрядчиком на нашей строящейся самой крупной ветроэлектростанции в России за полярным кругом (201 МВт) Кольской ВЭС, и в один день решила уйти с площадки и забыть о своих обяза-

На данный момент на долю иностранных турбин большой мощности приходится более 70%, а остальные – это совместные производства с тем же Siemens или другими зарубежными компаниями

тельствах. Мы пока преуспели в этом судебном споре, и Арбитражный суд Мурманской области удовлетворил ходатайство о введении обеспечительных мер.

– Как тогда идет процесс строительства Кольской ВЭС? Сохраняются ли ранее заявленные сроки запуска?

Основное оборудование, которое необходимо для монтажа Кольской ВЭС, уже завезли. В этом плане нам больше повезло, чем некоторым другим компаниям, строящим ВИЭ объекты.

Что касается сроков, то мы сначала планировали завершение в июле, потом в октябре 2022 года. Пока мы новых дат не объявляли, но сейчас многое будет зависеть от судебного разбирательства с Siemens Gamesa.

Я, на самом деле, смотрю очень позитивно на завершение строительства Кольской ВЭС и уверена, что мы уже на финишной прямой. Ведь это важный проект не только для нас, но и для всей энергосистемы в целом, и для Мурманской области в частности. Помимо инвестиционной составляющей, есть еще и социальный аспект – когда видишь такие объекты в окружении природы, понимаешь, что они уже стали частью местной культуры, они выглядят как арт-объекты. К ним ездят фотографироваться во время свадеб, фильмы снимают.

– То есть в новых условиях для «Энел Россия» «зеленая» энергетика будет приоритетной?

Ветровые электростанции – это, как минимум, очень красиво (смеется), а как максимум, они еще и вырабатывают экологически чистую электроэнергию. Мы как компания пытаемся участвовать в различных проектах, поддерживающих именно «зеленую» энергетику. Но мы понимаем,

Я смотрю позитивно на завершение строительства Кольской ВЭС, уверена, что мы уже на финишной прямой. Это важный проект для энергосистемы в целом, и для Мурманской области, в частности



Азовская ветроэлектростанция
Источник: «Энел Россия»

что надо соблюдать разумный баланс. Здесь я абсолютный приверженец высказывания президента РФ Владимира Путина о том, что внедрять ВИЭ надо постепенно, осторожно, в точечных регионах страны и понимать, для чего ты это делаешь. Например, в регионах, где ничего другого не построить, или необходимо развивать гибридную генерацию. В общем, я считаю, что «зеленая» генерация все-таки больше подходит для тех компаний, которые основные деньги зарабатывают на тепловой.

– С учетом необходимости развития внутреннего рынка газа, рассматривается ли возможность усиления блока газовых электростанций, приобретение новых активов?

Мы участвуем в проектах модернизации тепловых электростанций. Например, в конце прошлого года завершили проект на Невинномысской ГРЭС, в рамках которого была произведена модернизация котла № 5. Все успешно реализовано в положенный срок. Проблем с оборудованием не было.

Также мы сохраняем планы по реализации проекта модернизации оборудования на Среднеуральской ГРЭС. Мы уже заключили договоры с российскими поставщиками на изготовление и поставку основного оборудования. Считаем, что завершим проект, как и планировали, в четвертом квартале 2025 г. Проблем с импортозамещением не будет, здесь нет никаких сомнений.

Что касается увеличения газовой генерации, мы готовы ее развивать. Пока конкретных задач не поступало, но, если

это будет необходимо в соответствии с политикой страны, будем только рады поучаствовать.

– Вместе со сменой акционеров планировалось изменение названия компании на «ЭЛ5-Энерго», но внеочередное собрание по одобрению нового названия не состоялось из-за отсутствия кворума. Будет ли все-таки компания переименована и почему выбрано именно такое название?

Да, ВОСА не состоялось, как Вы верно отметили из-за отсутствия кворума. Однако, нынешний мажоритарный акционер всегда вправе подать требование о созыве внеочередного общего собрания акционеров с соответствующей повесткой. Поэтому вопрос переименования – это вопрос времени. Что касается имени компании, то лично я для себя расшифровываю его как микс между прошлым, настоящим и будущим: Э – «Энел», Л – «ЛУКОЙЛ», 5 – ОГК5 (прежнее название «Энел Россия»).

– Повлечет ли новое название изменение позиционирования компании на рынке?

Я считаю, что мы очень хорошо себя зарекомендовали в энергетическом сообществе, в подтверждение этому есть объективное мнение рынка. Здесь отдельно хочу отметить роль корпоративной культуры, которая складывается из регламентов, политик, локальных нормативных актов, и прежде всего, из особого отношения сотрудников друг к другу. У нас есть стержень – это внутреннее уважение, когда недопустима грубость, когда субординация соблюдается только потому, что люди сами

Среднеуральская ГРЭС
Источник: «Энел Россия»



Переименование компании – это вопрос времени. Новое название я расшифровываю как микс между прошлым, настоящим и будущим: Э – «Энел», Л – «ЛУКОЙЛ», 5 – прежнее название «Энел Россия» ОГК5

по себе высокоорганизованные, грамотные, дисциплинированные.

Я считаю, что высокий уровень культуры в нашей компании – это не исключительно заслуга международной компании, это в первую очередь грамотная работа дирекции по персоналу, умеющей этот персонал отбирать и эту культуру сохранять, поддерживать и развивать, применяя наилучшие стандарты в сфере устойчивого развития.

Я уверена, что новые акционеры захотят эту идентичность сохранить.

– Вы – одна из немногих женщин-руководителей энергетической компании, а в случае с «Энел Россия» – первый генеральный директор – женщина. Чувствуете ли Вы определенное давление или, может быть, большую ответственность в связи с этим, ведь наша страна достаточно консервативна в гендерных вопросах?

Нет, не чувствую. Хотя не могу не отметить, что, когда я пришла в «Энел Россия» на должность заместителя генерального директора по правовым вопросам, все члены правления были мужчины, и я была одна женщина среди них и в столь молодом возрасте на высокой позиции. Помню, что как-то раз мы собрались на оперативное совещание у кабинета генерального директора, и в ожидании совещания мне кто-то сказал: «Девушка, здесь директора собираются». Я ответила: «Тогда мне точно сюда!».

В целом же никакого негатива или недоверия в моей практике не было. Внутренних комплексов по поводу того, что я женщина, не было и нет.

У меня шикарная команда, которая дает невероятное чувство уверенности. И если вы спросите, как мне сейчас работать генеральным директором, то я отвечу просто: «Мне нравится!».

Перспективы создания отечественного водородного газопоршневого двигателя

Prospects for the creation of a domestic hydrogen gas piston engine

Виктор ЗАЙЧЕНКО

Главный научный сотрудник, д. т. н.,
Объединенный институт высоких
температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН)
e-mail: aits54@yandex.ru

Victor ZAICHENKO

Chief Researcher, Doctor of Technical
Sciences, Joint Institute of High
Temperatures of the Russian
Academy of Sciences
e-mail: aits54@yandex.ru

Александр ЦЫПЛАКОВ

Ведущий инженер, Объединенный
институт высоких температур Российской
академии наук (ОИВТ РАН)
e-mail: aits54@yandex.ru

Alexander TSYPLAKOV

Lead engineer, Joint Institute
of High Temperatures of the Russian
Academy of Sciences
e-mail: aits54@yandex.ru

Система производства водорода на Фукусиме

Источник: world-energy.org



Аннотация. Мир переходит к низкоуглеродному развитию. Водородная энергетика рассматривается в качестве одного из направлений модернизации существующей энергетической системы с целью сокращения антропогенного влияния на природное равновесие. С экономической точки зрения распределенное энергоснабжение является более выгодным по отношению к централизованным энергосистемам. Показано, что газопоршневые электростанции (ДВС) являются наиболее перспективным видом энергопроизводящего оборудования, использующего водород и водородосодержащие смеси в виде топлива. Рассмотрены различные методы получения водорода и обсуждаются возможные направления использования водорода и водородосодержащих смесей в качестве топлива для ДВС. Обозначены возможные пути практического решения данной проблемы.

Ключевые слова: низкоуглеродная энергетика, водород, газопоршневые электростанции, ВИЭ, системы аккумулирования электроэнергии.

Abstract. The world is moving towards low-carbon development. Hydrogen energy is considered as one of the ways to modernize the existing energy system on the way to reduce the anthropogenic impact on the natural balance. From an economic point of view, distributed energy supply is more profitable in relation to centralized energy systems. It is shown that gas piston power plants (ICE) are the most promising type of energy sources using hydrogen and hydrogen-containing mixtures as fuel. Various methods for producing hydrogen are considered and possible directions for using hydrogen and hydrogen-containing mixtures as fuel for internal combustion engines are discussed. Possible ways of practical solution of this problem are considered.

Keywords: carbon-free energy, hydrogen, gas piston power plants, renewable energy sources, electric power storage systems.

//

**До настоящего времени
проблемы, связанные
с рядом ограничений
при создании топливных
элементов большой
мощности, остаются
не решенными**

Введение

Энергопереход от ископаемых видов топлива к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) и декарбонизация экономики – важнейшие глобальные тренды, формируемые Парижским соглашением по климату. Россия в 2019 году присоединилась к данному соглашению.

В Правительстве РФ есть понимание необходимости ускоренного развития возобновляемой энергетики. В принятых Правительством РФ постановлениях уделяется особое внимание снижению стоимости электроэнергии, получаемой от солнечных и ветровых станций, а также технологий производства «зеленого» водорода, в том числе и производства водородных систем аккумулирования электроэнергии для покрытия неравномерностей графика нагрузки на объекты генерации.

В России принята программа развития солнечной и ветряной энергетики до 2024 г. «Пять гигаватт». Запланировано, что к 2024 г. выработка электроэнергии на СЭС и ВЭС составит около 1 % от общего объема производства.

Для малой, распределенной и ВИЭ-энергетики отдаленных районов России, не имеющих централизованного энергоснабжения, водородное аккумулирование является одним из перспективных (если не единственно возможным) способов обеспечить бесперебойное энергоснабжение при работе системы генерации в автономном режиме.

ВИЭ (солнечная, ветровая и гидроэнергия) отличаются большой степенью

нестабильности, построение надежных и устойчивых генерирующих источников оказывается практически невозможным без применения систем накопления энергии (СНЭ). СНЭ в возобновляемой энергетике часто должны обеспечивать не только многочасовое и суточное аккумулирование электроэнергии (что возможно, например, гидроаккумулирующей электростанцией – ГАЭС) но, в ряде случаев, сезонное и, даже, круглогодичное аккумулирование.

Использование водорода для целей аккумулирования электрической энергии заключается в том, что при производстве ВИЭ, большей по отношению к потреблению в данный момент времени, излишняя энергия используется для производства водорода на электролизных установках. При недостатке мощности, вырабатываемой ВИЭ, запасенный водород используется для генерации недостающей электрической мощности. Общепринятое название этой технологии – «электроэнергия в электро-энергию» (Power-to-Power (P2P)).

Использование водорода в технологии P2P может быть осуществлено в системах с водородными топливными элементами. Однако до настоящего времени проблемы, связанные с рядом ограничений при создании топливных элементов большой мощности, не решены [1]. Подобных ограничений не возникает при использовании водорода в виде топлива на тепловых электростанциях, с последующим получением электроэнергии с помощью паротурбинных, газотурбинных или парогазовых технологий.

На малых электростанциях распределённой и автономной генерации, использующих ВИЭ в комплексе с системами водородного аккумулирования, для этих целей наиболее удобными являются элек-

Оценочные расчёты показывают, что в энергосистемах киловаттного класса водородный ГПА вполне конкурентоспособен по показателям эффективности с другими способами водородной электрогенерации



Хранение водорода
Источник: aa-w / depositphotos.com

тростанции на базе газопоршневых двигателей на водородном топливе.

Газопоршневые двигатели на природном газе, а также на водородосодержащих горючих газах (доменный, коксовый), широко используются в качестве привода в электроагрегатах с единичной электрической мощностью до 5 МВт. Накоплен большой опыт их эксплуатации. Газопоршневой электроагрегат (ГПА) и его двигатель, использующий в качестве топлива чистый водород, будет отличаться по конструкции, эксплуатационным режимам, экономическим показателям от своих аналогов на природном газе.

Оценочные расчёты показывают, что на настоящее время в энергосистемах киловаттного класса водородный ГПА вполне конкурентоспособен по показателям эффективности с другими способами водородной электрогенерации. Согласно существующим оценкам, в перспективе, приведенная себестоимость электроэнергии от ГПА на водородном топливе практически не будет отличаться от аналогичных показателей для установок с топливными элементами [2]. Весьма эффективно, как показывают расчёты и финансово-коммерческие оценки, использование водородных ГПА в энергокомплексах ВИЭ мегаваттного класса с водородным аккумулированием. В этом случае [3], расчётная средняя себестоимость отпускаемой потребителю электроэнергии при его совмест-

ной работе ГПА на водороде мощностью 10 МВт с комплексом ВИЭ может быть в несколько раз меньше по отношению к тарифам 2022 г.

До настоящего времени ни у нас в стране, ни за рубежом не созданы и серийно не выпускаются газопоршневые двигатели стационарного назначения, использующие чистый водород в качестве топлива. Ведущие мировые производители газопоршневых электроагрегатов и газовых двигателей – «Caterpillar» (США), «Jenbacher» (Австрия) и ряд других, интенсивно работают над этой проблемой. Немногочисленные зарубежные работы по использованию ГПА на водороде в уже действующих системах водородного аккумулирования посвящены, как правило, демонстрационным установкам [4].

Свойства водорода как моторного топлива

Водород по своим свойствам отличается от углеводородных моторных топлив. Теплота, выделяемая при сгорании 1 м³ водородно-воздушной смеси на 10–15 % ниже, чем у природного газа или бензина, поэтому удельная мощность двигателей при переводе с углеводородного топлива на водород окажется меньше. Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси – отношение общего объёма газов после сгорания рабочей смеси к объёму рабочей

Таблица 1. Сравнение теплофизических свойств водорода, пропана и бензина

Параметр	Водород	Пропан	Бензин
Плотность, кг/м³	0,089	2,02	720–750
Теплоемкость при постоянном объеме, кДж/м³	0,904	2,675	–
Теплоемкость при постоянном давлении, кДж/м³	1,277	3,048	–
Низшая теплота сгорания:			
МДж/кг	119,91	46,39	–
МДж/м³	10,79	91,27	–
Теоретическое количество воздуха в стехиометрической смеси (по объему паров), м³/м³	2,38	23,8	58
Температура воспламенения, °C	547–597	507	467–527
Теплота сгорания стехиометрической смеси, мДж/м³	3,19	3,46	3,83
Температура горения, °C	2227	1985	2197
Скорость распространения пламени (максимальная), м/с	3,1	0,39	1,2
Теплопроводность при 290К, Вт/м °C	0,178	0,017	–
Минимальная энергия зажигания, 10² Вт	0,9	3,8	–
Пределы воспламенения в стехиометрической смеси с воздухом (по объему паров),%	4–74,2	2,3–9,5	0,6–6
Коэффициент избытка воздуха по пределам воспламенения	10–0,15	1,78–0,4	1,35–0,3
Октановое число по моторному методу ОЧМ, ед.	45–70 до 130	100	80–100

Основными проблемами водородных двигателей являются: вероятность детонации водородно-воздушной смеси в камере сгорания, преждевременное самовоспламенение и охрупчивание материалов

смеси до сгорания, при сжигании водорода $\mu = 0,85$, это меньше, чем при сжигании жидких топлив.

Свойства водорода и углеводородных видов моторного топлива для поршневых двигателей представлены в таблице 1.

Водородно-воздушные смеси отличаются высокой скоростью горения, которая примерно в 3 раза выше по сравнению с бензиновым эквивалентом. При использовании «бедных» смесей высокая скорость горения водорода обеспечивает нормальную работу двигателя. Обеднение топливной смеси достигается путём увеличения коэффициента избытка воздуха, например, с 1 до 4–5.

Водородно-воздушные смеси обладают широким диапазоном концентрационных

Сейчас нет однозначного определения понятия детонации в водородном двигателе и методов ее фиксации. На появление детонации влияют состав водородно-воздушной смеси и конструкция двигателя

пределов воспламенения. Весьма малое значение нижнего концентрационного предела воспламенения обеспечивает работу водородного двигателя на всех нагрузочных режимах в широком диапазоне составов смеси. Это позволяет сохранить или улучшить КПД двигателя на частичных нагрузках при использовании качественно регулирования.

Проблемы использования чистого водорода в газопоршневом двигателе

Как правило, значительная часть газопоршневых электроагрегатов малой мощности (до 1 МВт) оснащается газовыми двигателями, создаваемыми на базе быстроходных транспортных дизелей автотракторного типа. Известный научно-технический опыт использования водорода в качестве топлива для ДВС, а также последние исследования и разработки показывают, что водород и водородосодержащие газы вполне совместимы с существующей базовой конструкцией поршневого ДВС.

Рядом зарубежных производителей производятся газопоршневые электроагрегаты, рассчитанные на использование газов с высоким содержанием водорода (генераторный, коксовый газы и т. п.). Немногочисленные отечественные производители ГПА так же сообщают о возможном использовании в их двигателях в качестве топлива водородосодержащих газов: синтез- и генераторного газов. Тем не менее, газопоршневые двигатели стационарного назначения, длительно использующие чистый водород в качестве основного топлива, до настоящего времени не созданы. Это связано как с труд-

ностями организации процесса сгорания водорода в поршневом двигателе с искровым зажиганием, так и с особенностями взаимодействия водорода с конструктивными материалами.

В качестве основных проблем следует отметить вероятность возникновения детонации водородно-воздушной смеси в камере сгорания, преждевременное самовоспламенение смеси на такте сжатия, «хлопки» от воспламенения водородно-воздушной во впускном коллекторе, так называемое «внешнее водородное охрупчивание» конструктивных материалов, из которых изготавливается двигатель.

Явление детонации в ДВС на водороде и на углеводородных топливах имеют кардинальные отличия. На данный момент нет однозначного определения понятия детонации и детонационного сгорания в водородном двигателе и методов её фиксации. На возникновение детонации оказывают влияние состав водородно-воздушной смеси и конструктивные особенности двигателя. Так, оценка по «стуку» в двигателе даёт результаты почти в два раза отличающиеся от оценки по амплитуде высокочастотных колебаний на линии сгорания индикаторной диаграммы [5]. В литературе приводятся различные данные по детонационной стойкости водорода (октановому числу по моторному методу – ОЧМ). Для водорода ОЧМ указывается от 45 до 70 и до 110 и выше при обеднении смеси [5, 6].

Генератор энергии на топливных элементах
Источник: David Murphey / peopleofsaltchuk.com



Газовый двигатель КАМАЗ 820.92-300
Источник: himpribor-reaktiv.ru

Опасность преждевременного воспламенения и связанные с ним т. н. «обратные вспышки» во впускном коллекторе водородосодержащей смеси в двигателях с внешним смесеобразованием является существенной проблемой, что недопустимо с точки зрения надежности и безопасности эксплуатации. В работе [7], посвященной исследованиям сгорания водорода в ДВС, сообщается о надежной корреляции между границей «хлопков» во впускном коллекторе и удельным количеством теплоты, подводимой при сгорании, на единицу массы рабочего тела. Отмечено, что газопоршневой (на базе бензинового) двигатель, переведенный на водородное топливо без значительной модернизации его конструкции, может нормально работать на водородно-воздушной смеси с коэффициентом избытка воздуха α не ниже значения 2, что приводит к 50 % потере мощности (в сравнении с показателями на природном газе). Эта потеря может быть скомпенсирована увеличением количества воздуха и, соответственно, водорода, поступающего в цилиндр путём увеличения давления наддува.

Наилучшие результаты даёт непосредственная подача водорода в камеру сгорания на такте сжатия. В этом случае полностью исключаются обратные вспышки во впускном тракте, поскольку во впускном коллекторе находится только воздух, а впрыскиваемый в цилиндр водород в про-

цессе смешивания с воздухом интенсивно отводит тепло от нагретых деталей камеры сгорания. Реализация внутреннего смесеобразования и качественного регулирования мощности двигателя на водороде является достаточно сложной задачей и связана с созданием системы распределенного фазированного впрыскивания непосредственно в цилиндр газообразного водорода и её ключевого элемента – электронно управляемой водородной форсунки [7].

Проблемой создания ДВС на водороде является водородное охрупчивание металлов и сплавов, из которых выполнены детали двигателя, контактирующие с водородом, и представляет собой снижение прочности и пластичности металла из-за поглощенного водорода. Водородному охрупчиванию, в той или иной мере, подвержены сплавы железа, меди, алюминия, титана, никеля и др., то есть практически все конструкционные материалы. Это серьёзная проблема, решение которой не найдено. Об этом, в частности, свидетельствуют результаты исследований данного явления непосредственно в условиях эксплуатации газового двигателя на чистом водороде [8]. Зарубежные публикации по вопросам водородного охрупчивания в поршневых двигателях на водороде крайне малочисленны, а российские – отсутствуют.

Результаты исследований по созданию газопоршневых двигателей на водороде

Ведущие зарубежные производители газопоршневых двигателей и электроагрегатов сообщают на своих официальных сайтах об исследованиях и подготовке к производству генераторных установок,

До настоящего времени ни у нас в стране, ни за рубежом не созданы и серийно не выпускаются газопоршневые двигатели стационарного назначения, использующие чистый водород в качестве топлива



ВЭС и СЭС с аккумуляторами

Источник: malpetr / depositphotos.com

способных работать на топливе с 100 % содержанием водорода.

Так, «Caterpillar» (США) имеет большой опыт моделирования и экспериментальных исследований, особенно процессов горения и распространения пламени. Производитель имеет более чем 35-летний опыт сжигания водородосодержащих промышленных газов и водорода в составе топливных смесей в генераторных установках. Выпускаемые в настоящее время двигатели могут работать на смесях природного газа с содержанием водорода от 5 до 10 %. Некоторые индивидуальные проекты имеют более 200 000 часов работы на смеси с содержанием водорода до 60 %. Ведутся

исследования использования в поршневых двигателях топлива с 100 % содержанием водорода. Компания декларировала, что в ближайшее время начнутся продажи генераторных установок, способных работать на 100 % водороде.

Компания INNIO (в которую входит «Jenbacher» Австрия и «Waukesha» (США)) имеющая более чем 30-летний опыт исследований и эксплуатации двигателей, работающих с водородосодержащими газовыми топливами, заявила, что газовые двигатели Jenbacher Type 4 с 2022 г. будут доступны как двигатели «Ready for H₂» и способны работать на 100 % водороде. С 2022 г. все другие типы двигателей предлагаются как «готовые к работе с H₂» с возможностью работы на трубопроводном природном газе с добавлением до 25 % (по объему) водорода.

Среди российских производителей только ЗАО «ПФК «Рыбинсккомплекс» (г. Рыбинск) и ООО «Производственная компания «Дизельные системы» (г. Ярославль) на своих сайтах декларируют возможность использования в ГПА водородосодержащих газов: синтез- и генераторный газы. Электроагрегаты названных производителей выполнены с использованием конвертированных на газ дизелей ЯМЗ. По сообщениям российских СМИ подразделение группы

Наилучшие результаты даёт непосредственная подача водорода в камеру сгорания на такте сжатия. В этом случае полностью исключаются обратные вспышки во впускном тракте

«ГАЗ» – «Силовые агрегаты» работает над созданием водородного двигателя для автобуса с обещанием представить опытные образцы в 2023 г. Сведения о производстве отечественных газопоршневых двигателей для электроагрегатов с возможностью работы на 100 %-ном водороде отсутствуют.

Все известные отечественные производители используют для комплектации выпускаемых ГПА газовую аппаратуру и регулирующую электронику только зарубежных специализированных производителей.

Современные немногочисленные отечественные публикации касаются, в основном, проблем использования водорода в транспортных двигателях (автомобили, тепловозы) [15–17], а работы последних лет затрагивают, в основном, общие вопросы использования водорода в качестве моторного топлива.

ОИВТ РАН – одна из немногих организаций, где на протяжении ряда последних лет ведутся расчётные и экспериментальные исследования особенностей использования водорода и водородосодержащих газов в качестве топлива газопоршневых двигателей электроагрегатов.

Для экспериментальных исследований процесса сгорания водорода и водородосодержащих топливных смесей в цилиндре

Водородному охрупчиванию подвержены сплавы железа, меди, алюминия, титана, никеля и т. д., то есть практически все конструкционные материалы. Решения этой серьезной проблемы не найдено

двигателя в ОИВТ РАН создана экспериментальная установка на базе газопоршневой электростанции АГ-75 электрической мощностью 75 кВт. Электростанция оснащена двигателем Г-266, представляющим собой конвертированный на природный газ дизельный двигатель Д-266.4 (изготовитель – ОАО «УКХ «ММЗ» г. Минск, Беларусь). Для обеспечения работы на водороде без нарушений процесса сгорания (вспышки смеси в системе впуска, детонация) в двигателе был выполнен ряд доработок, а именно – снижена температура системы охлаждения до 61–65 °С, устранено так называемое «перекрытие клапанов» путем

Хранилище водорода

Источник: about.bnef.com



Стационарные газопоршневые двигатели, длительно использующие водород в качестве топлива, пока не созданы. Это связано с трудностями организации процесса сгорания водорода в двигателе

регулировки зазоров в приводе клапанов механизма газораспределения. Впуск водорода осуществлялся по отдельному газопроводу в впускной коллектор в зону впускного клапана. При продолжительной работе двигателя использовался состав смеси «водород – воздух» с коэффициентом избытка воздуха не менее, чем $\alpha = 2$. Двигатель оснащен аппаратурой для индцирования рабочего процесса (датчики давления в цилиндре, момента зажигания и положения коленчатого вала) [19, 20].

В ходе выполненного комплекса исследований в ОИВТ РАН получены следующие результаты [19–23]:

1. Использование чистого водорода в качестве топлива газового двигателя с внешним смесеобразованием приводит к снижению его индикаторной мощности и КПД на ~ 30 % по сравнению с получаемыми на природном газе. В меньшей мере такое снижение отмечается и при использовании водородосодержащего синтез-газа. Компенсация потерь мощности возможна при установке системы турбонаддува и требует дополнительных исследований.
2. Индикаторный КПД на исследованных режимах слабо зависит от α и для смесей «водород – воздух» составляет 30–32 %. Для смеси «метан – воздух» – 48 %. Для смесей «водород – метан – воздух» КПД выше, чем для смесей «водород – воздух».
3. При использовании в качестве газового топлива синтез-газа (CO - 40 %, H_2 –50 %, N_2 , CO_2 и CH_4 – остальное, в процентах указано объёмное содержание компонентов) индикаторные показатели эффективности (КПД, индикаторная мощность) выше, чем при использовании чистого водорода.

Грузовик на водородном топливе

Источник: Hydrogen_Council / flickr.com



Модель Toyota Mirai на водородных топливных элементах

Источник: ammza12 / depositphotos.com

4. При использовании внешнего смесеобразования и работе двигателя на водороде обеспечивается качественное регулирование мощности за счёт изменения состава смеси.
5. За время проведения исследований специфических нарушений процесса сгорания, характерных для водорода, отмечено не было, что является подтверждением эффективности мероприятий по адаптации газового двигателя к использованию чистого водорода в качестве топлива.
6. Двумерное численное моделирование работы двигателя на водородосодержащем топливе подтвердило качественные зависимости показателей эффективности работы двигателя от состава смеси и опережения зажигания, в сравнении с полученными в эксперименте. Показано, что при одинаковом содержании водорода в смеси добавление метана приводит к более эффективной работе двигателя.
7. Создана математическая модель горения и развития интенсивных динамических процессов при сжигании чистого водорода в камере сгорания поршневого двигателя. В результате проведенного в работе анализа вы-

делены три основных сценария развития горения водорода в камерах двигателей внутреннего сгорания: детонационное горение, дефлаграционное горение и режим быстрого горения с генерацией ударных волн. Последний сценарий представлен впервые и является базовым для описания нештатных режимов горения водорода в камере сгорания ДВС с искровым зажиганием [15].

8. Полученные результаты по рабочему процессу водородного газового двигателя вполне согласуются с данными исследований, выполненных зарубежными авторами [16–18].

В отдаленных районах России, не имеющих централизованного энергоснабжения, технология водородного аккумулирования электроэнергии, полученной на СЭС и ВЭС, является экономически оправданной

Проблемы, связанные с водородным охрупчиванием и вопросы ресурса двигателя на водороде, в указанных работах ОИВТ РАН не затрагивались. Очевидно, что для создания промышленных образцов ГПА необходима разработка новых видов материалов, способных к длительной работе в водородной среде. Это должна быть совместная работа материаловедов и производителей двигателей.

Заключение

Создание отечественного газопоршневого двигателя, использующего в качестве топлива чистый водород, связано с рядом достаточно серьезных проблем. За рубежом (и в меньшей мере у нас в стране) ведутся интенсивные работы по созданию газовых двигателей, способных длительно работать на топливе со 100 %-ным содержанием водорода. Получены определённые положительные результаты в данном направлении. В некоторых случаях (как правило, при использовании в качестве топлива водородосодержащих газовых смесей) достаточно небольшого объёма доработок традиционного газопоршневого двигателя, работающего на природном газе. Видимо, главной трудностью создания газопоршневых двигателей на водороде является процесс водородного охрупчивания. Решение проблемы водородного охрупчивания требует разработки новых видов



Водородная заправка
Источник: MonaMakela / Depositphotos.com

материалов, способных к длительной работе в условиях двигателя в водородной среде, с привлечением к исследованиям соответствующих специализированных организаций.

Помимо названных выше, вполне решаемых технических проблем по созданию водородного газопоршневого двигателя, существует ряд вопросов (начиная от неопределенности водородной

повестки в нашей стране и заканчивая сегодняшним состоянием российской двигателестроительной отрасли), которые могут создать впечатление, что острой необходимости в нашей стране в таком двигателе нет. Согласно последним документам Правительства РФ, касающимся водородной энергетики и малоуглеродного развития РФ, основным показателем решения задачи водородной энергетики назван экспорт водорода, причем данные по перспективам спроса водорода, в том числе и в России, пока неясны, а сам глобальный рынок водорода отсутствует [19].

С другой стороны, в упомянутых постановлениях правительства в составе стратегических инициатив и ключевых мер для решения задач развития водородной энергетики в Российской Федерации указана необходимость создания научно-технологической инфраструктуры для разработки и внедрения отечественных технологий водородной энергетики, в том числе и водородного аккумулирования в системах генерации с ВИЭ.

В России, в связи с ускоренным развитием отдаленных районов страны, не имеющих централизованного энергоснабжения, расширяется использование ВЭС и СЭС. В таких регионах технология водородного аккумулирования электроэнергии с использованием ГПА на водородном топливе является одним из немногих и, как показывают оценоч-

Для исследований процесса сгорания водорода и водородных смесей в цилиндре двигателя в ОИВТ РАН создана экспериментальная установка на базе газопоршневой электростанции мощностью 75 кВт

ные расчёты, экономически оправданных способов обеспечить бесперебойное энергоснабжение потребителей.

Нам действительно необходимо создание отечественных двигателей, и газопоршневых электроагрегатов, работающих на 100 %-ном водороде, в существенной мере определяющих эффективность использования ВИЭ. Для успешного решения задачи в сроки, обозначенные постановлениями Правительства РФ, уже сейчас требуется серьезная государственная поддержка, значительные инвестиции и организационная подготовка работ по созданию и внедрению отечественных технологий водородной энергетики, в том числе и одного из ключевых элементов системы водородного аккумулирования – отечественного газопоршневого электроагрегата на водородном топливе.

Использованные источники

1. Водородные энергетические технологии: материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН: сб. науч. тр. / редколл.: Д. О. Дуников (отв. ред.) [и др.]. – М.: ОИВТ РАН, 2017. Вып. 1. – 190 с.
2. Tarasenko Alexey B., Kiseleva Sophia V., Popel Oleg S. Hydrogen energy pilot introduction – technology competition. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2022. V. 47 (23), P. 11991–11997.
3. Зайченко В. М., Исьемин Р. Л., Чернявский А. А., Цыплаков А. И. Развитие водородной энергетики в России. – М., ООО «Издательский Дом «Недра». – 71 с.
4. The wind/hydrogen demonstration system at Utsira in Norway: Evaluation of system performance using operational data and updated hydrogen energy system modeling tools. Øystein Ulleberg, Torgeir Nakken, Arnaud Eté // *March 2010. International Journal of Hydrogen Energy* 35(5):1841–1852. 2009.10.077.
5. Водородное топливо. – URL: <https://extxe.com/11839/vodorodnoe-toplivo/#3>
6. Мищенко А. И. Применение водорода для автомобильных двигателей. – Киев, Наукова думка, 1984. С. 57–58.
7. Akshay Prakash Metkar, Dr. Vikas Vitthal Shinde. Design of Injector for Hydrogen Operated S. I. Engine *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 8, Issue 4, April-2017.
8. Findings of Hydrogen Internal Combustion Engine Durability Final Technical/Scientific Report Project Period: 3/7/07–12/31/2010 Garrett P. Beauregard March 31, 2011 DE-FC26–06NT43027 Electric Transportation Engineering Corporation 430 S. 2nd Ave Phoenix, AZ 85003
9. Хрипач Н. А. и др. Разработка водородной энергоустановки новой генерации. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*, 2012. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-vodorodnoy-energoustanovki-novoy-generatsii>
10. Бабков Ю. В., Котяев Д. В., Прохор Д. И., Воронков А. Г., Журавлев С. Н. Особенности использования водорода на железнодорожном транспорте – выбор агрегатного состояния и способы экипировки локомотива водородом // *Бюллетень результатов научных исследований*. Вып. 2, 2021. С. 107–118.
11. Козлов С. И., Фатеев В. И., Люгай С. В. Автомобили с водородными поршневыми двигателями. *Транспорт на альтернативном топливе*. № 4, 2014. С. 15–23.
12. Зайченко В. М., Киверин А. Д., Смыгалина А. Е., Цыплаков А. И. Горение обедненных смесей на основе водорода в двигателе с искровым зажиганием. *Известия Академии наук. Энергетика*. № 4, 2018. С. 87–99.
13. Зайченко В. М., Киверин А. Д., Смыгалина А. Е., Цыплаков А. И. Об эффективности использования водорода и синтез-газа в двигателе с искровым зажиганием // *Инженерно-физический журнал*. Т. 95. № 1, 2022. С. 160–177.
14. Petrov A. E., Tsyplakov A. I., Zaichenko V. M. Piston engine on pure hydrogen. XXXII International Conference on Interaction of Intense Energy Fluxes with Matter March 1–6, 2017, Elbrus, Kabardino-Balkaria, Russia.
15. Киверин А. Д., Смыгалина А. Е. Механизмы развития интенсивных динамических процессов при сжигании водорода в камерах сгорания ДВС, ТВТ, 60:1 (2022). С. 103–107.
16. Shudo T. Improving thermal efficiency by reducing cooling losses in hydrogen combustion engines // *Intern. J. Hydrogen Energy*. 2007 V. 32(17). P. 4285–4293.
17. Shudo T. A new equation to describe cooling loss in hydrogen combustion engines which was developed from the equation for turbulent heat transfer of pipe flows // *6th World Conf. on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics*. April 17–21, 2005. Matsushima, Miyagi, Japan.
18. C. B. Sinivasana, D. R. Subramanian. Hydrogen as a spark ignition engine fuel technical review. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, IJMME-IJENS*, Vol:14 No:05. P. 111–117.
19. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года // *Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 г. № 1523-р*.

Новые внешние вызовы для России в газовой сфере и возможные ответные меры

New external challenges for Russia in the gas sector and possible response measures

Андрей КОНОПЛЯНИК
Советник генерального директора ООО
«Газпром экспорт», член научного совета
РАН по системным исследованиям
в энергетике, д. э. н., профессор
Дипломатической академии МИД РФ
e-mail: andrey@konoplyanik.ru

Andrey KONOPLYANIK
Adviser to Director General, Gazprom export
LLC, Member of Scientific Council on System
Research in Energy, Russian Academy of
Sciences, Professor of the Diplomatic Academy,
Ministry for Foreign Affairs of Russia
e-mail: andrey@konoplyanik.ru

Танкер «Залив Находка» и СПГ-танкер «Обь»

Источник: vladsv / depositphotos.com



Аннотация. Статья поднимает вопрос о направлениях использования на внутреннем рынке объемов природного газа, высвобождающихся за счет политики ЕС по сокращению импорта российских энергоресурсов. Автор предлагает один из вариантов: наращивать децентрализованную газификацию районов к востоку от Урала за счет использования малотоннажного СПГ, производимого в Ямальском кластере (и доставляемого в перегрузочные терминалы на Камчатке и в Мурманске) и/или на Сахалине, который будет доставляться в криогенных танк-контейнерах на судах по Северному морскому пути в пункты складирования в портах по трассе СМП и далее с помощью дирижаблей развозиться вглубь материка с севера и востока. А также производимого на установках мтСПГ на компрессорных станциях по трассам газопроводов «Сила Сибири 1» и «2» и далее по той же логике доставляться вглубь континента с запада и юга. И использоваться для децентрализованного энергоснабжения (электро-, тепло- и газоснабжения) на модульных установках – криоАЗС и газовых электростанциях, мощности которых соответствуют уровню потребления муниципальных образований.

Ключевые слова: Европейский союз, сокращение импорта российского газа, внутренний рынок газа РФ, малотоннажный СПГ, газификация/энергоснабжение районов к востоку от Урала, Арктическая зона, Северный морской путь, грузовые дирижабли, криогенные танк-контейнеры, модульные установки.

Abstract. The article addresses the topic of ways of use at the Russian domestic market of former export gas volumes to Europe which became available since the EU policy is to cut-off Russian gas import. The author proposes one of such ways – to increase decentralized gasification of the areas to the East of the Urals by the use of small-scale LNG (SSLNG). It should be produced at the Yamal cluster (and delivered to the reloading terminals in Murmansk and at Kamchatka) and/or at Sakhalin. It should be delivered in cryogenic tank-containers at the ships and stockpiled in the sea-ports through the Northern Sea Route. From there it should be delivered inside the inland territory from its North and East by the airships (zeppelins). SSLNG should be also produced at the locations of compressor stations on the routes of the gas pipelines “Power of Siberia” 1 & 2. And delivered following the same logic further inside the inland territory from the West and South. SSLNG should be used for decentralized (off-grid) energy supplies (electricity, heat and gas supplies) at the modular installations – cryogenic gas-fueling stations and gas-fueled power plants, which capacities to be adequate to the energy demand of corresponding municipalities.
Keywords: European union, import cut-off of Russian gas, internal Russian gas market, small-scale LNG, gasification/energy supply of the areas to the East of Urals, Arctic zone, Northern Sea Route, cargo-airships, cryogenic tank-containers, modular installations.

Внешние вызовы для России

На мой взгляд, можно выделить две основные, с лагом во времени, взаимодополняющие глобальные тенденции в развитии мировой энергетики за последние полвека. После 1973–1979 гг., когда в течение одного десятилетия произошел двадцатикратный рост цен на нефть (с 2 до 40 долл. за баррель), мировое развитие стало разворачиваться от энергорасточительной к энергоэффективной экономике. Поначалу такой разворот происходил в зависимых

от импорта нефти странах ОЭСР в условиях нарастающей глобализации мировой экономики.

После 2008 г. (Киотского) и особенно 2015 г. (Парижского соглашения по климату) стал происходить разворот от высоко-эмиссионной экономики к низко-эмиссионной (нетто-нулевой) по объемам выбросов CO₂ и других тепличных газов экономике. На уровне публичного дискурса (видимый уровень для «прогрессивной общественности» и обывательского сообщества) находилась, на первый взгляд, именно климатиче-



Рис. 1. МИД Китая изобразил карту видения Западом «международного сообщества» после начала СВО

Источник:
Lijian Zhao

ская повестка, объединившая поначалу практически все страны ООН. Но вне публичного дискурса, на невидимом поначалу широкой публике внутреннем политическом уровне промышленно развитых стран, например, в ЕС, все более четко артикулировалась повестка нарастающего противостояния с Россией. При этом климатическая повестка была лишь прикрытием, а сутью – «замещение грязных импортных молекул чистыми отечественными электронами». Речь шла фактически о технологическом переделе мира [1]. Природному газу, хоть и наиболее чистому и обильному органическому топливу, стала отводиться лишь роль «переходного энергоресурса». Ему были противопоставлены электроэнергия из возобновляемых источников (солнечная, ветровая) и возобновляемый (так называемый «зеленый», получаемый методом электролиза воды) водород.

В рамках начавшейся после мирового финансового кризиса 2008–2009 гг. деглобализации стали нарастать тенденции регионализации, перехода к протекционизму, крайними формами которого являются нелегитимные санкции и эмбарго, устанавливаемые отдельными странами (США) и/или группами стран (ЕС, «Группа семи») в одностороннем порядке вне

мандата ООН. Это явление в значительной мере отражает постепенную утрату США своего глобального экономического доминирования. Поэтому данная страна (а под ее руководством и давлением и другие страны т. н. «международного сообщества») стала все чаще прибегать к указанным нелегитимным мерам как к регулярным инструментам конкурентной борьбы для противостояния выходящим на мировые рынки новым сильным экономикам, для очередного передела мира в свою пользу.

После начала специальной военной операции (СВО) в феврале 2022 г. произошел давно подспудно вызревавший окончательный политический раскол мира ООН – страны западного так называемого «международного сообщества» (МИД Китая очень наглядно изобразил карту видения Западом «международного сообщества» после начала СВО – см. рис. 1) стали форсировать отказ от глобального сотрудничества с Россией в своей публичной политике. Энергетика стала одной из приоритетных зон санкционного разрыва отношений с нашей страной, в том числе по вопросам энергоэффективного и низкоэмиссионного развития, являющихся ключевыми для перехода мировой экономики на новый технологический уклад.

Страны ЕС нацелились на полный отказ от российских энергоресурсов, в том числе газа, опираясь на политически-мотивированные рассуждения о «надежности и безопасности» поставок, в рамках которых Россия отныне артикулируется как «политически ненадежный» поставщик. При этом внедрение в общественное сознание ЕС этой идеологемы происходило по технологии «окна Овертона» (цепочкой последовательных пошаговых сознательных искажений), начиная с транзитных российско-украинских кризисов 2006–2009 гг. (когда кризис транзитера был трансформирован в общественном сознании ЕС в ненадежность поставщика).

Предпочтение сегодня в ЕС отдается решениям, которые по сравнению с поставками российского трубопроводного газа являются:

- более дорогими: поставки газа из отдельных месторождений по отдельным трубопроводам против поставок из газотранспортной системы (ГТС) РФ через радиально-кольцевую систему экспортных трубопроводов РФ в ЕС;
- более эмиссионно-грязными: импортный СПГ, тем более СПГ США на основе сланцевого газа;

Таким образом, на данный не вполне определенный по перспективам период у России появляются дополнительные высвобождающиеся в Европе объемы газа для использования на внутреннем рынке

- менее надежными и устойчивыми по технико-экономическим соображениям:
 - (i) возобновляемые источники энергии (такие как солнце и ветер, основные ВИЭ для ЕС) – метеозависимы, недиспетчеризуемы, требуют наличия больших резервных мощностей, характеризуются низким коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ);
 - (ii) возобновляемый же водород как системное решение энергетических проблем для ЕС – это

Танкер СПГ в океане

Источник: MikeMareen / depositphotos.com



Узкое место в энергетической цепочке для обеспечения устойчивого бесперебойного энергоснабжения большей части территории России к востоку от Урала – это транспортное звено

в чистом виде «водородная иллюзия» (С. Фурфари) [2].

Возникает естественный вопрос: Cui bono? Cui prodest? (Ищи, кому выгодно?). Ответ известен: единственным бенефициаром разрыва отношений Европы с Россией являются США. Не устаю повторять, что целью США является устранение России с газового рынка Европы для того, чтобы заместить поставки более дешевого российского газа своим более дорогим СПГ. И за счет этого (роста энергетической составляющей издержек производства обрабатывающих отраслей ЕС) понизить конкурентоспособность Европы на глобальном рынке, расширив тем самым (удержав от сжатия) конкурентную нишу США. Ничего личного. Только бизнес. Америка превыше всего (America First).

Строительство газопровода «Бованенково – Ухта»

Источник: gazprom.ru



Инструменты разрыва ЕС с Россией

03.03.2022 г., через 10 дней после начала СВО, был обнародован план МЭА «10 пунктов отказа ЕС от российского газа» [3], итогом реализации которого должно стать сокращение спроса на российский газ в ЕС на 50 млрд м³/год до конца 2022 г. Это эквивалентно сокращению на 1/3 импорта из РФ в годовом исчислении (155 млрд м³/год в 2021 г. по оценке МЭА).

Пункт 1 плана МЭА – замещение российского сетевого газа импортным СПГ (в первую очередь СПГ США, в рамках специальных программ сотрудничества США-ЕС). Но сам по себе СПГ является более эмиссионно грязным, как по выбросам CO₂ так и по утечкам метана, чем трубопроводный газ, а СПГ США на основе сланцевого газа – намного более грязным, чем российский трубопроводный газ, особенно если последний поставляется в ЕС по современным газопроводам «Северный поток 1» или «2» и/или «Турецкий поток» (это показали исследования Thinkstep 2017 и 2020 гг. [4–5]). Более того, британское издание Financial Times отметило рост радиоактивных/самовоспламеняющихся загрязнителей в ГТС Великобритании в связи с ростом поставок СПГ после апреля 2022 г. [6]

Затем в ЕС было принято несколько основополагающих (для преодоления ру-

котнового энергетического кризиса в ЕС) документов и семь пакетов санкционных инструментов по их реализации.

Во-первых, программа «Перезагрузить ЕС!» (предварительный от 08.03.2022 [7] и обновленный от 18.05.2022 [8] варианты). Этот документ предполагает сокращение спроса на российский газ на 100 млрд м³/год в 2022 г. (2/3 импорта из РФ в 2021 г.) и полный отказ от импорта энергоресурсов из РФ к 2027 г. за счет:

(а) замещения российского сетевого газа импортным СПГ (СПГ США). Но мы уже отметили, что этот вариант замены является эмиссионно более грязной альтернативой. К тому же мировой рынок СПГ остается дефицитным. Поэтому на нем будет (особенно в преддверие и в течение зимы) возрастет конкуренция между Европой и Азией, что приведет к дальнейшему росту газовых цен;

(б) роста энергоэффективности. Она активно росла в ЕС с 1970-х гг. – ответная реакция на последствия нефтяных кризисов, и с того времени была пройдена значительная часть ее «кривой обучения» (снижение удельных расходов за счет технологических усовершенствований на основе эволюционного НТП). Поэтому ресурсы быстрого дальнейшего роста энергоэффективности в ЕС в значительной степени исчерпаны, а революционный НТП требует времени и денег. То есть движение по этому пути в ЕС – это дорого и долго. Тем более ставка в ЕС в последние годы,

в рамках «зеленой повестки», делалась не на снижение удельных расходов энергии, а на снижение удельных выбросов CO₂;

(в) возобновляемого водорода, на основе как внутреннего производства, так и импорта, но это долгий и дорогой путь с неясными перспективами.

20 июля 2022 г. в ЕС был принят документ «Экономить газ, чтобы преодолеть зиму» [9], предусматривающий добровольно-принудительное сокращение потребления газа на 15 % в период 01.08.2022–31.03.2023 гг. по сравнению со средним 5-летним уровнем. Это в итоге ведет к замещению дефицитного газа более эмиссионно-грязными невозобновляемыми энергоресурсами (уголь, дрова, мазут/дизтопливо) и/или электроэнергией АЭС, которая все еще не считается «чистой» и безопасной, а потому планы по выводу АЭС из эксплуа-

Кардинальным системным решением представляется децентрализованная и внесетевая газификация. И на ее основе – энергоснабжение домохозяйств, которые не попадают под программу газификации РФ



Бурение газовых скважин на Медвежьем месторождении

Источник: gazprom.ru

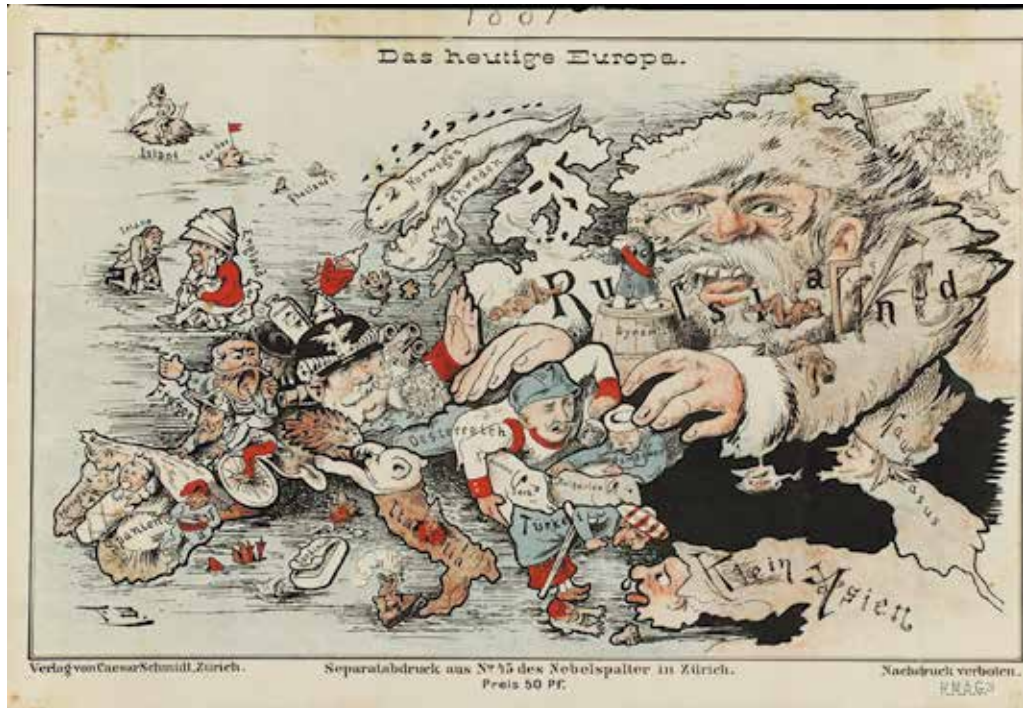


Рис. 2. Демонизация России – ничего нового... Déjà vu... (1875. «Сегодня в Европе», Цюрих)

тации не отменены, а лишь приостановлены. Особо хочу отметить «Обращение к нации 2022 г. президента Еврокомиссии Урсулы фон дер Ляйен», с которым она выступила 14.09.2022 [10]. В самом начале ее выступления прозвучали слова: «война бушует на европейской земле»... (то есть слова «Украина – це Европа» мы услышали уже из уст высшего должностного лица исполнительной власти ЕС!), «Россия ... безжалостное лицо дьявола», «санкции [ЕС против России – А.К.] увековечены...» Все это свидетельствует о текущем пике конфронтации ЕС с РФ, о продолжающейся демонизация России, о долгой грядущей санкционной

Энергоснабжение оставшихся 17 % домохозяйств, на наш взгляд, следует вести на основе малотоннажного СПГ в криогенных танк-контейнерах в энергопроизводстве и энергопотреблении

истерии в ЕС. Правда, это уже было. Как в истории полутравековой давности (см. рис. 2), так и в истории сорокалетней давности. Тогда нечто подобное (а может оно и было взято за основу, за отправную точку мадам фон дер Ляйен?) прозвучало в речи президента Рейгана 08.03.1983 [11], что «СССР – империя зла...», является «концентрацией зла в современном мире...». Тогда это был очередной (после Карибского кризиса) пик конфронтации США – СССР, который затем сменился очередной разрядкой отношений двух стран («когда Луна становится полной, она начинает убывать...»). Правда, спустя несколько лет Советский Союз прекратил свое существование, даже мысли о чем в нынешнее время в отношении России я не допускаю, а полагаю, что ныне такая участь грозит, скорее, Евросоюзу.

Высвобождающиеся экспортные объемы на внутренний рынок

Нынешние санкции США и ЕС («Группы семи», ОЭСР) против РФ делают невозможным (полагаю, что временно) развивать любое (в т. ч. энергетическое) сотрудничество Россия – ЕС.

При отсутствии транспортной инфраструктуры, единственным средством регулярной доставки малотоннажного СПГ в криогенных танк-контейнерах могут быть современные грузовые дирижабли

целевого сокращения спроса на российский газ со стороны ЕС в соответствии с «10 пунктами» МЭА и «REPowerEU» ЕС. По мнению Ю. Шафраника, в области малотоннажного СПГ (мтСПГ) в стране имеются полностью освоенные российские технологии, кроме криогенных цистерн (завозим китайские). А. Климентьев приводит данные Федеральной таможенной службы РФ, что «по итогам 2019 г. поставки малотоннажного СПГ из России осуществлялись в 12 стран (в 2018 г. – 8). При этом флот газовозов и криогенных цистерн, использующихся для вывоза СПГ, принадлежит зарубежным компаниям» [13]. О перспективах

Производство среднетоннажного СПГ в Высоцке

Источник: rus-shipping.ru



Грузоподъемность более 20 т, низкая себестоимость доставки, экологичность, большая дальность полета, безаэродромное базирование – все это позволяет использовать дирижабли как транспорт

использования малотоннажного СПГ для газификации России и поговорим далее.

Узкое место – транспортное звено

Узкое место в энергетической цепочке для обеспечения устойчивого бесперебойного энергоснабжения большей части территории России к востоку от Урала – это транспортное звено. Именно оно в значительной степени диктует выбор схемы энергоснабжения удаленных территорий (см. рис. 3). Понятно, что любое совершенствование схемы «северного завоза» имеет лишь тактическое значение,

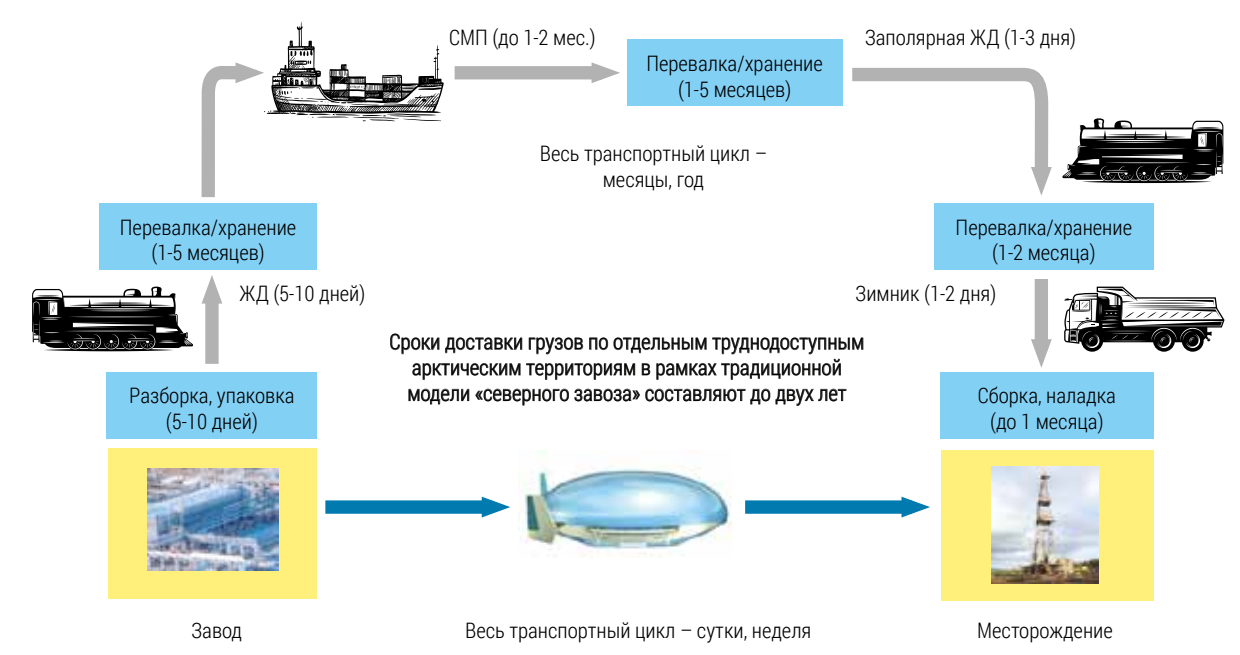
специфические индивидуализированные частные решения.

Кардинальным системным решением представляется децентрализованная и внесетевая газификация. И на ее основе – энергоснабжение тех домохозяйств, которые не попадают в рамках программы газификации России под так называемую «технически возможную газификацию», которая в перспективе должна охватить 83 % домохозяйств на основе преимущественно сетевой газификации. Энергоснабжение оставшихся 17 % домохозяйств, на наш взгляд, следует вести на основе малотоннажного СПГ в криогенных танк-контейнерах в энергопроизводстве и энергопотреблении.

В условиях отсутствия транспортной инфраструктуры, единственным средством регулярной, всесезонной доставки малотоннажного СПГ в криогенных танк-контейнерах до потребителя могут быть современные грузовые дирижабли. Возможность поднимать груз много более 20 т (что является пределом грузоподъемности для крупнейшего вертолета Ми-26), низкая себестоимость доставки, экологичность (двигатели используют СПГ в качестве моторного топлива), большая дальность полета (1000–2000 км), безаэродромное базирование, всесезонность –

Рис. 3. Революционные возможности по доставке крупногабаритных и тяжелых грузов на территории со слаборазвитой или отсутствующей инфраструктурой

Источники:
А. Конопляник, В. Ворошилов



Завод малотоннажного СПГ

Источник: gazprom.ru

это те необходимые качества, которые позволяют использовать дирижабли как транспортное средство, применимое для реализации задачи газификации удаленных территорий на постоянной основе. Помимо собственно газификации удаленных муниципальных образований и производственных объектов, с помощью грузовых дирижаблей можно решать широкий комплекс задач по всей энергетической цепочке, так и вне ее в рамках народнохозяйственных потребностей.

В общем виде, предлагаемая нами схема энергоснабжения построена на комбинации нескольких элементов. В ее основе поставки малотоннажного СПГ как источника подведенной энергии для децентрализованного энергоснабжения населенных пунктов и производственных объектов различной крупности (уровня энергопотребления).

Использовать малотоннажный СПГ предлагается на основе модульного ряда газовых электростанций (конденсационного типа, там где речь идет об электроснабжении) и/или теплофикационного типа (там где речь идет об электро- и теплоснабжении) для децентрализованного электро- и теплоснабжения, а также газоснабжения, в рамках внутрипоселковых, создаваемых

в конкретных муниципальных образованиях, распределительных сетей, запитываемых от локальных же крио-АЗС на основе сменных криогенных цистерн в танк-контейнерах.

Эти крио-АЗС могут использоваться для заправки СПГ как грузового автотранспорта (для коммерческого, промышленного сектора), так и частного легкового для локальных пассажирских перевозок внутри и вокруг населенных пунктов.

Три ключевых вопроса в этой связи: где взять малотоннажный СПГ, как его доставить потребителю, как его использовать?

Из-за низкой плотности населения и больших расстояний энергоснабжение большинства территорий к востоку от Урала, в том числе в Арктике, может быть только децентрализованным и локализованным

Модели энергоснабжения для Восточной Сибири

Для большинства территорий и населенных пунктов к востоку от Урала, в том числе в Арктической зоне, энергоснабжение может быть только децентрализованным, локализованным, ибо централизованное сетевое хозяйство в Сибири за пределами крупных городов невозможно по экономике (низкая плотность населения при резком увеличении дальности транспортировки по сравнению с европейской частью). А в условиях вечной мерзлоты – и по технологии... Каковы в таком случае варианты децентрализованного электроснабжения?

Варианты с мини-АЭС (плавучая АЭС «Ломоносов» и подобные) могут подойти для крупных городов и производственных объектов на крупных реках (доставить и поставить на причал). Проблемой для использования мини-АЭС является прохождение ночного провала в графике нагрузки (их низкая маневренность), поэтому они должны работать в энергосистеме с промышленными потребителями с непрерывным производственным циклом. Поэтому они не подходят для энергоснабжения городов (тем более малых) с разуплотненным графиком нагрузки. Или должны работать в связке с накопителями энергии, по аналогии с ГАЭС.

ВИЭ, а сегодня это преимущественно ветровая и солнечная энергия, обеспечивают только электропотребление, так как производят только электроэнергию. При этом они метеозависимы, у них «рванный» цикл производства электроэнергии (когда есть солнце и ветер), поэтому для них нужны резервные (балансирующие) мощности. В нынешних условиях это либо мазут,

Децентрализованная газификация на базе малотоннажного СПГ – это иная экономическая логика. Это индивидуализация и подстройка производства под индивидуальные особенности потребителей



Плавучая АЭС им. Ломоносова на Чукотке
Источник: *merphi.ru*

либо уголь. Значит, возникает проблема транспорта и экологии. Альтернативой для решения проблемы экологии может быть газ. Откуда его взять и как и в каком виде его доставить (решение проблемы транспорта) – об этом ниже.

Вариант с мини-гидростанциями на основе прямоточных турбин без строительства плотин (ГЭС плотинного типа, с большим объемом земляных и бетонных работ – не для условий вечной мерзлоты) возможен как частное локальное решение малой и микромощности. При этом он подходит лишь для сезонного использования в Сибири, где реки имеют обыкновение замерзать не только зимой, но с осени по весну. Остальные ВИЭ (волновая, приливная, геотермальная и т. п.) пока экзотика и не могут стать системным решением.

Угольные, мазутные электростанции (конденсационные и/или теплофикационные) и/или котельные (как основной или как резервный источник энергоснабжения) – это вопросы экологии, логистики доставки топлива (Северный завоз – 2 года), низкой калорийности угля (7 тыс. ккал/кг против 10–11 у нефти/газа), увеличения выбросов CO₂.

Значит, остается природный газ. Сетевой не проходит – разоримся на инфраструктуре. Сжатый или сжиженный? Сжиженный, так как в 600 раз меньший объем при той же калорийности.

Итак, СПГ – как безальтернативная (если идти «от противного») опция для энергоснабжения Восточной Сибири и Арктической зоны. Децентрализованная газификация на базе малотоннажного СПГ –

это не опора на эффект масштаба. Это иная экономическая логика. Это индивидуализация. Это подстройка производства под индивидуальные особенности конкретных потребителей (групп потребителей), живущих на конкретных территориях, с учетом особенностей этих территорий (среди основных: нет постоянных дорог и есть вечная мерзлота). То есть это принципиально иная технико-экономическая модель газификации и энергоснабжения на ее основе.

Причем эта модель – энергоснабжение на основе малотоннажного СПГ – может работать в связке с моделью децентрализованного производства электроэнергии на основе ВИЭ. Большая часть территории России непригодна для централизованного энергоснабжения. Значительные территории пригодны лишь для автономного энергоснабжения, а многие – до сих пор не электрифицированы. ВИЭ могут и должны решить – частично – проблему электрификации неэлектрифицированных пока очаговых территорий. Но в одиночку они эту проблему решить не смогут в силу своей метеозависимости, неприменимости многих доступных сегодня технологических решений электрификации на основе ВИЭ для некрупных муниципальных образований и производств (крупные ГЭС, солнечные электростанции – СЭС). Остается преимущественно ветровая энергия – ветровые электростанции (ВЭС). Но у них, по определению, низкий КИУМ и системное несоответствие графику электрической нагрузки. Значит, в отсутствие промышленных накопителей энергии (эта проблема еще долго не будет решена), нужны резервные генерирующие установки.

Установки по производству малотоннажного СПГ
Источник: *sdelanounas.ru*



В районах Арктической зоны, Крайнего Севера никогда не будет постоянной традиционной транспортной инфраструктуры, которая эффективно связывала бы эти территории по земле и воде

Причем не исторически традиционные для этих мест угольные котельные или дизельные электрогенераторы, а современные экологичные установки. Значит это будут газовые (парогазовые) установки/турбины: теплофикационные (для выработки тепла и электроэнергии) или конденсационные (для выработки электроэнергии). Таким образом мтСПГ будет востребован как самостоятельный источник децентрализованного энергоснабжения удаленных районов, так и источник резервного энергоснабжения, работающий в паре с ВЭС.

Энергопотребление: модульный подход

Для эффективного решения проблемы надежного и устойчивого энергоснабжения на основе малотоннажного СПГ необходим модульный подход. То есть стандартизация и унификация отдельных блоков технических решений, чтобы на основе типовых модулей можно было собирать (пакетировать) генерирующие установки заданной мощности, то есть соответствующей тому объему спроса на электроэнергию и тепло, который задает соответствующее муниципальное образование (населенный пункт и его производственные, коммерческие и коммунальные объекты). В основе блока генерации – газовая конденсационная (производство электроэнергии) или теплофикационная (производство электроэнергии и тепла) установка. Необходим дискретный ряд генерирующих мощностей для малых населенных пунктов разной крупности, чтобы компенсировать за счет модульности и стандартизации отсутствующий при децентрализованном энергоснабжении эффект масштаба.



20-футовые
(вариант складирования)



40-футовые

Рис. 4. Типовые танк-контейнеры для перевозки СПГ и варианты их складирования

Источник:
В. Ворошилов

Это же относится и к необходимости разработки дискретного ряда модульных установок по производству малотоннажного СПГ и его расфасовки на выходе с установки по сжижению в стандартные 20-футовые или 40-футовые криогенные танк-контейнеры. На основе сборок из таких танк-контейнеров должны формироваться заправочные комплексы, которые будут обслуживать как локальные мощности децентрализованной газовой генерации, так и локальный автотранспорт, работающий на СПГ для пассажирских (внутри муниципальных образований) и грузовых локальных же перевозок (см. рис. 4).

Решение проблемы
транспортной доставки

В районах Арктической зоны, Крайнего Севера, Сибири или на отнесенных к ним сухопутных территориях, на мой взгляд, никогда не будет постоянной традиционной транспортной инфраструктуры, которая эффективно связывала бы эти территории по земле, по воде, или существующими средствами воздушной доставки (люди, грузы) в круглогодичном режиме. Поэтому ни один вид традиционного транспорта не сможет обеспечить регулярной, всесезонной, устойчивой, надежной, бесперебойной доставки танк-контейнеров с криоцистернами и с малотоннажным СПГ от мест его производства в места назначения (см. рис. 5).

Железные и автодороги. Всеобъемлющей дорожной инфраструктуры в этих районах нет и не будет, не в последнюю

очередь из-за вечной мерзлоты (сезонное оттаивание, вспучивание грунтов, ведущее к регулярным деформациям дорожного полотна) и отсутствия потребности в высокой провозной способности магистралей. Поэтому возможны только отдельные новые линии к новым крупным промышленным объектам (типа расширения углевозных магистралей для якутского угля). Указанные проблемы будут либо делать очень дорогим строительство диверсифицированной дорожной транспортной инфраструктуры (низкая провозная способность дорог при очень высоких затратах на их строительство и эксплуатацию). Либо окажется просто технически невозможно охватить такой инфраструктурой все населенные пункты для работы в круглогодичном режиме. Значит, какие-то муниципальные образования все равно окажутся вне круглогодичного доступа. Но если основные пассажирские перевозки можно переложить на плечи большой и малой авиации, то регулярные грузоперевозки в том числе малотоннаж-

Морской транспорт может доставить малотоннажный СПГ в криогенных танк-контейнерах в прибрежные порты круглогодично по трассе Севморпути. Но как его доставить вглубь континента?

Освоение отдельных газовых месторождений внутри Арктического региона должно быть нацелено на сжижение газа на месте, «расфасовку» в криоцистерны и использование для нужд газификации

ного СПГ для энергоснабжения всех, в том числе удаленных и малонаселенных муниципальных образований – нет. Поэтому строительство авто- и железнодорожной инфраструктуры – это точечная задача для связывания между собой лишь некоторых центров концентрации населения или промышленных предприятий, обладающих достаточным объемом существующей или перспективной грузовой базы.

Трубопроводы. Мы уже пояснили, что ведем речь о территориях за пределами 83 % газифицированных домохозяйств, где сетевая газификация (то есть использование магистрального трубопроводного транспорта) технически невозможна, либо совершенно разорительна по определению. Речь, однако, не идет об отказе от формирования локальных распределительных сетей внутри населенных пунктов при децентра-

лизованном их газоснабжении на основе малотоннажного СПГ.

Морской транспорт может обеспечить доставку малотоннажного СПГ в криогенных танк-контейнерах в прибрежные порты по трассе Севморпути в круглогодичном режиме (контейнеровозами ледового класса либо обычного класса с ледокольным сопровождением). Но как его оттуда доставить вглубь континента? Речной транспорт (грузовые баржи) может работать только в период короткого погодного окна для навигации. Конечно, проблема энергоснабжения (электроэнергия и тепло) стоящих на реках крупных городов или крупных промышленных объектов с приданной им социальной инфраструктурой может быть решена на основе малых плавучих атомных электростанций, поставленных на прикол (типа «Академик Ломоносов»). Но это – счастливый удел только крупных жилых и/или промышленных объектов.

Традиционный авиатранспорт (вертолеты и самолеты) для целей регулярного энергоснабжения (регулярная челночная доставка криогенных цистерн в танк-контейнерах – туда заполненные, обратно пустые) непригоден. Самый большой вертолет в мире Ми-26 имеет грузоподъемность в грузовой кабине или на внешней подвеске – 20 т, что почти вдвое меньше веса 40-футового танк-контейнера с СПГ криоцистерной (36 т).

Таким образом, никакой из видов традиционного транспорта, ни их совокуп-

Рис. 5. СПГ и транспортные решения по его доставке потребителям в Сибири и Арктической зоне

Источники:
А. Конопляник, В. Ворошилов





Грузоподъемность: 68 т
Дальность: 2000 км
Объем гелия: 90000 куб. м

Скорость: 150-180 км/час
Потребление топлива: 850 л/час (керосин/СПГ)

Рис. 6. Грузовые дирижабли «Атлант» Источник: В. Ворошилов

Рис. 7. Внешний контур для децентрализованного газоснабжения районов к востоку от Урала и Арктической зоны => для размещения заводов мтСПГ и мест базирования грузовых дирижаблей со складскими площадками криогенных танк-контейнеров Источник: А. Конопляник (источник карты: ПАО «Газпром»)



★ Заводы ктСПГ: 1 – «Сахалин-2» 2 – «Ямал СПГ» 3 – «Арктик СПГ»

★ Перегрузочные терминалы СПГ: 4 - Камчатка 5 – Мурманск

→ Северное и восточное морское полукольцо

→ Западное и южное трубопроводное полукольцо

→ Поставки танк-контейнеров с криоцистернами мтСПГ и/или модулей с оборудованием ГТЭС/ГТЭЦ дирижаблями с заводов мтСПГ/баз хранения



СПГ-завод проекта «Сахалин-2» Источник: gazprom.ru

ность, не могут создать разветвленную транспортную сеть, которая могла бы покрыть всю территорию Арктической зоны и/или Крайнего Севера и приравненных к нему местностей, чтобы обеспечить круглогодичную внесезонную доставку экологичного топлива (природный газ в виде малотоннажного СПГ) в целях энергоснабжения и газификации муниципальных образований и производственных объектов этих территорий. Но эту задачу легко решают грузовые дирижабли «Атлант» грузоподъемностью 68 т и дальностью полета 2000 км (см. рис. 6).

Где брать малотоннажный СПГ и логистика доставки

Я вижу в Арктической зоне и восточных районах России три существующих или потенциальных центра производства малотоннажного СПГ, которые мы рассматриваем в качестве возможных источников энергоснабжения территорий, не охваченных сегодня централизованным электро-снабжением и/или «технически возможной» газификацией. На этих проектах могут быть выделены технологические линии по заполнению криогенных танк-контейнеров сжиженным газом.

Во-первых, это проекты «Сахалин-2», Ямал СПГ и Арктик СПГ. Плюс к этому наличные объемы СПГ будут доступны

на двух перегрузочных терминалах СПГ – на Камчатке и в Мурманске (см. рис. 7).

Поэтому при создании технологической линии в рамках проекта «Сахалин-2» или в Ямальском кластере производства СПГ по его «расфасовке» там же в криогенные танк-контейнеры, этот уже малотоннажный (в отличие от крупнотоннажного, который танкерами-метановозами ледового класса идет на восток или запад на перегрузочные терминалы) оттуда может поставляться контейнеровозами ледового класса, или обычного класса с ледокольным сопровождением, по трассе Севморпути (СМП) также в восточном и западном направлении, но с иным предназначением. Цель – порты населенных пунктов по трассе СМП (см. рис. 8), где эти танк-контейнеры будут

Грузоподъемность дирижабля зависит от расстояния перевозки. Поэтому логистика покрытия Сибири и Арктики предполагает как более разреженную, так и более плотную сетку «кругов покрытия»



Рис. 8. Основные порты по трассе Севморпути
Источник: Е. Краснова (<https://rusvst.ru/index.php?newsid=2388>)

Дирижабли также могут обеспечить внутренний рынок сбыта для гелия и предотвратить возможный обвал мирового рынка этого газа после выхода Амурского ГПЗ на проектные показатели

разгружаться как для нужд энергоснабжения данного населенного пункта, так и для складирования на специально оборудованных площадках (рис. 4) для последующей транспортировки грузовыми дирижаблями вглубь континента (рис. 7).

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 танк-контейнерами, 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 с соответствующих населенных пунктов в глубине территории. Таким образом ни контейнеровозы, ни грузовые дирижабли не совершают холостых пробегов и порожних рейсов. Туда – с газом в танк-контейнерах, обратно – с возвратной тарой.

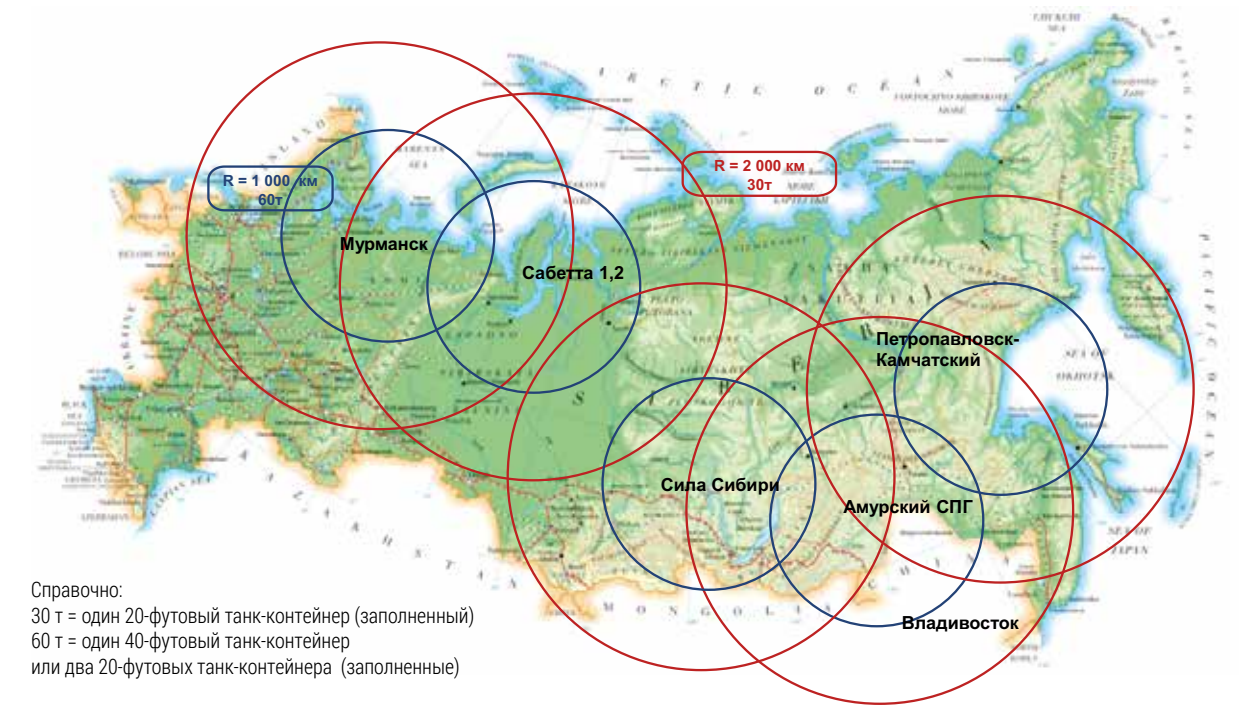
На востоке, с перегрузочного терминала на Камчатке либо с завода СПГ в Пригородном (проект «Сахалин-2»), при создании технологической линии по расфасовке СПГ в криогенные цистерны – танк-контейнеры, можно покрыть поставками малотоннажного СПГ всю прибрежную зону Охотского, Японского и Берингова морей. Как для энергоснабжения прибрежных населенных пунктов, так и для создания в некоторых из них баз складирования танк-контейнеров с криоцистернами для последующей доставки дирижаблями вглубь континента

с восточного направления. Понятно, что эффективное плечо дальней доставки с побережья вглубь территории будет определяться именно дирижаблями.

За исключением тех частных (точечных) случаев, когда в наличии имеются постоянно действующие авто- или железные дороги. Или морской транспорт, как в случае с запускаемым «Газпромом» на Сахалине проектом газоснабжения островов Курильской гряды на основе поставки малотоннажного СПГ, производимого в рамках проекта «Сахалин-2», по предлагаемой нами логике: в сменных криогенных танк-контейнерах.

Такая же схема может быть применена и при доставке малотоннажного СПГ с площадок складирования танк-контейнеров с криоцистернами на Мурманском перегрузочном узле. Правда, в этой части России площадь территорий, неохваченных 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. Сказанное относилось к доставке сжиженного газа вглубь континента с севера и/или востока Арктической зоны/районов Крайнего Севера и приравненных к ним.

Рис. 9. Эффективная грузоподъемность дирижабля в зависимости от расстояния перевозки (пример более разреженной сетки покрытия)
Источники: В. Ворошилов, А. Конопляник



Справочно:
30 т = один 20-футовый танк-контейнер (заполненный)
60 т = один 40-футовый танк-контейнер
или два 20-футовых танк-контейнера (заполненные)

Никакой из видов традиционного транспорта не может создать разветвленную инфраструктурную сеть, которая могла бы круглогодично покрывать всю территорию Арктической зоны и Крайнего Севера

Во-вторых, это газопроводы «Сила Сибири-1» и «Сила Сибири-2», трассы которых проходят по южной и западной границам рассматриваемых районов. Некоторые компрессорные станции на этих газопроводах могут стать местами размещения заводов малотоннажного СПГ и площадок складирования танк-контейнеров с криоцистернами. Конкретные места их расположения – также предмет для решения логистической транспортной задачи. Отсюда танк-контейнеры с криоцистернами с малотоннажным СПГ могут доставляться грузовыми дирижаблями, в режиме отсутствия холостых пробегов, в населенные пункты в глубине территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 7).

В-третьих, освоение отдельных газовых месторождений внутри обширного Арктического региона (например, в Якутии), должно быть нацелено на его сжижение на месте, «расфасовку» в криоцистерны в танк-контейнерах 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 производства малотоннажного СПГ, «фасуемого» в танк-контейнеры, и для доставки этих танк-контейнеров на место назначения или на логистические площадки, откуда они могут уже другим видом транспорта доставляться конечным потребителям.

Небольшой срок разработки отдельных мелких месторождений «на истощение» подразумевает необходимость регулярного монтажа-демонтажа оборудования и доставки его на новые месторождения по мере вырабатывания действующих (старых). Дирижабли дают возможность не только 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 малотоннажного СПГ (сверх потребностей газификации внутренних потребителей

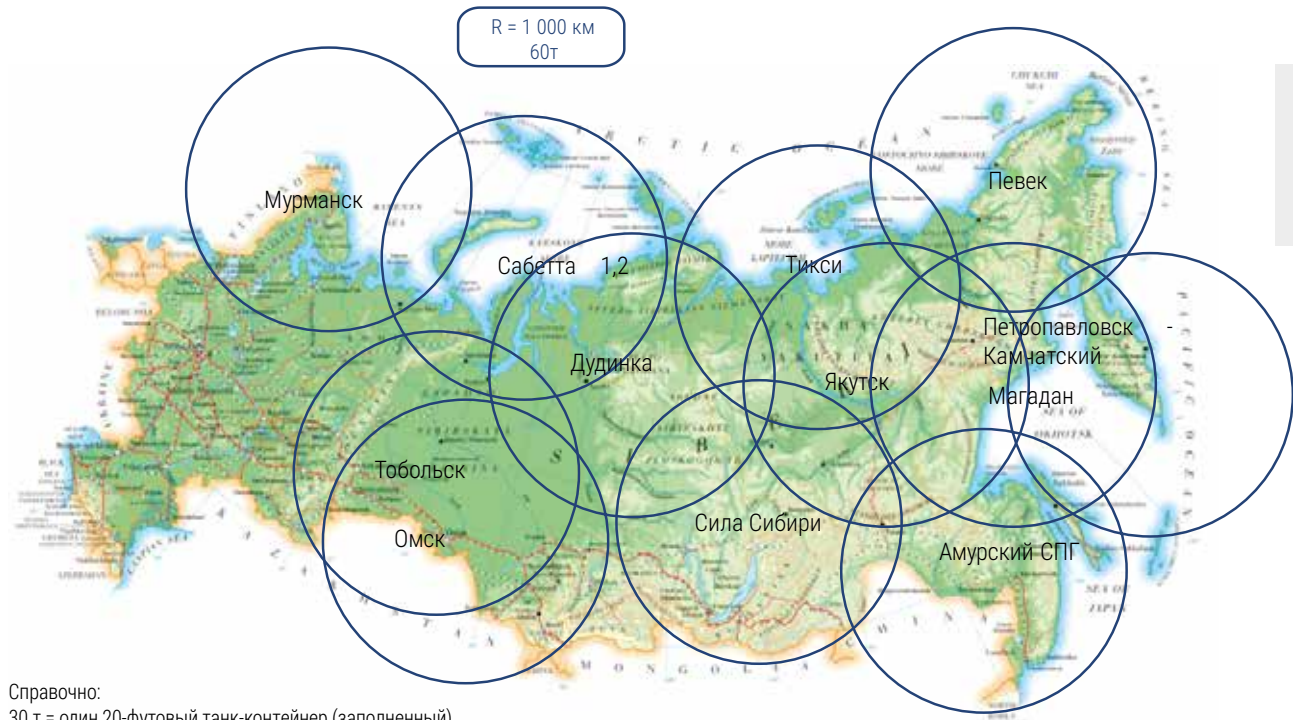
региона) можно направлять через существующую транспортную несетевую инфраструктуру на экспорт.

Эффективная грузоподъемность дирижабля зависит от расстояния перевозки. Поэтому логистика покрытия территории Сибири и Арктической зоны транспортной сетью грузовых дирижаблей предполагает как более разреженную (см. рис. 9), так и более плотную (см. рис. 10) сетку в виде «кругов покрытия».

Выводы

Грузовым дирижаблям может принадлежать ключевая роль в программе автономной (децентрализованной, несетевой) газификации удаленных районов и населенных пунктов, лишенных регулярного транспортного сообщения, так как газификация имеет смысл только при регулярной доставке СПГ. Этой регулярности и доступности не может обеспечить ни один иной вид транспорта (авто, ж/д, речной, авиа – в силу различных ограничений). Системное бездорожье, являющееся непреодолимой проблемой для всех других видов транспорта, – это основной конкурентный плюс для грузовых дирижаблей. На основе малотоннажного СПГ, доставляемого грузовыми дирижаблями в сменяемых (сменных) криогенных танк-контейнерах (что предопределяет отсутствие порожних рейсов и существенно улучшает экономику) может осуществляться:

- автономная газификация (теплоснабжение), поскольку даже локальное сетевое теплоснабжение может быть нецелесообразно в зоне вечной мерзлоты;



Справочно:
30 т = один 20-футовый танк-контейнер (заполненный)
60 т = один 40-футовый танк-контейнер или два 20-футовых танк-контейнера (заполненные)

Рис. 10. Повышение эффективности перевозки СПГ с опорой на существующую инфраструктуру или местный завод СПГ (более плотная сетка покрытия)

Источники:
В. Ворошилов,
А. Конопляник

- автономная электрификация на основе связки малотоннажного СПГ плюс конденсационные или теплофикационные установки малой мощности. При этом модульные установки дают возможность подобрать оптимальный размер генерирующих установок для разных населенных пунктов с разным уровнем спроса на электроэнергию и тепло;
- криогенные АЗС (модульные крио-АЗС разной мощности) для локаль-

ного перевода на газомоторное топливо автотранспорта внутри и вокруг даже изолированных от больших автодорог населенных пунктов.

Важным дополнением является и тот факт, что дирижабли обеспечивают внутренний рынок сбыта для гелия, в том числе предотвращают обвал мирового рынка гелия после выхода Амурского газоперерабатывающего завода на проектные показатели.

Использованные источники

1. Конопляник А. Борьба за сохранение климата превращается в инструмент конкурентной борьбы. Член научного совета РАН по системным исследованиям энергетики об иллюзиях энергоперехода // «Ведомости». Рекламно-информационное издание к ПМЭФ-2021 «Зеленые технологии: умный переход». №4 (77). 03.06.2021. С. 3.
2. Samuel Furfari. The hydrogen Illusion. Amazon Fulfillment, Poland, Wroclaw, 2020, 182 pp.
3. A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas. // IEA, 3 March 2022. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/1af70a5f-9059-47b4-a2dd-1b479918f3cb/A10-PointPlanToReducetheEuropeanUnionsRelianceonRussianNaturalGas.pdf>
4. GHG Intensity of Natural Gas Transport. Comparison of Additional Natural Gas Imports to Europe by Nord Stream 2 Pipeline and LNG Import Alternatives. Final Report. // Thinkstep, 24.03.2017.
5. Lifecycle Emissions of Natural Gas Transported via TurkStream. Final report. // Thinkstep a Sphera company, 01.10.2020.
6. Energy crisis: Energy companies urge UK to detoxify gas exports to EU. Businesses say «hazardous» contaminants could force shutdown of subsea pipelines as supply crisis intensifies. // «Financial Times», 08.08.2022. – URL: https://www.ft.com/content/6e39c9ab-6545-417e-9940-ccdb18ed867c?access_token=zWAAAYJ94LEHkc9uOcmrZUVBftOZQMzbGO2GfA.MEQCIEmJNd488d9tDuKTtVfJvNUXH7X5UyH22vW6iyfW2gFAiAdr0s7g0ofdOXWzM_HJJVNu1ah4z9mduKK7BDaw3f3VQ&sharetype=gift&token=71ec1415-dde5-4b14-bc21-a71503815f8c
7. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European

- Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy // Strasbourg, 8.3.2022, COM (2022) 108 final. – URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:71767319-9f0a-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
8. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. REPowerEU Plan. {SWD (2022) 230 final} // Brussels, 18.5.2022, COM (2022) 230 final. – URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
9. Save Gas for a Safe Winter: Commission proposes gas demand reduction plan to prepare EU for supply cuts. Press-release.

- 20 July 2022, – URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4608
10. State of the Union address 2022 by Ursula von der Leyen, President of the European Commission. European Commission, 14.09.2022. – URL: https://state-of-the-union.ec.europa.eu/index_en
11. President Reagan's Speech before the National Association of Evangelicals, 08.03.1983 // The Reagan Information Page. – URL: <http://www.presidentreagan.info/speeches/empire.cfm>
12. Шафраник Ю. ТЭК России: новый вызов // «Эксперт», 22.08.2022. – URL: <https://expert.ru/expert/2022/34/tek-rossii-noviy-vyzov/>
13. Климентьев А. Итоги экспорта малотоннажного СПГ из Российской Федерации в 2019 году, 20.02.2020. – URL: <https://lngnews.ru/2020/02/1263/itogi-eksporta-malotonnazhnogo-spg-iz/>

Возможности применения композитных материалов в области энергетики для нефтепроводов и продуктопроводов

Research of approaches to the use of composite materials intended for energetics in the pipeline transport system of oil and oil products

Александр НЕНАХОВ
Старший научный сотрудник ООО «НИИ Транснефть», к. т. н.
e-mail: NenahovAI@niitnn.transneft.ru

Елизавета СЕРГЕЕНКОВА
Старший научный сотрудник ООО «НИИ Транснефть», к. т. н.
e-mail: SergeenkovaEV@niitnn.transneft.ru

Alexander NENAKHOV
Senior Researcher of Transneft Research Institute LLC,
Candidate of Technical Sciences
e-mail: NenahovAI@niitnn.transneft.ru

Elizaveta SERGEENKOVA
Senior Researcher of Transneft Research Institute LLC,
Candidate of Technical Sciences
e-mail: SergeenkovaEV@niitnn.transneft.ru

Композитные кабели и провода

Источник: asmarketing.ru



Аннотация. В статье дан обзор особенностей изготовления и применения изделий из композитных материалов, анализируются факторы, влияющие на возможность и целесообразность использования на объектах магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов ряда изделий, предназначенных для энергетики, в том числе кабельных лотков, опор освещения, трубопроводов теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения. Отдельно рассмотрены характеристики, определяющие возможность накопления статического электричества и возникновения искровых разрядов как важный фактор риска, ограничивающий возможность применения КМ во взрывоопасных зонах. *Ключевые слова:* композитные кабельные лотки, стеклопластиковые кабельные лотки, композитный трубопровод, трубы из композитного материала, накопление статического электричества, искробезопасность.

Abstract. The article provides an overview of the features of manufacturing and application of products made of composite materials, analyzes the factors affecting the possibility and expediency of using products intended for energetics, including cable trays, lighting poles, heat supply pipelines, hot water and cold water supply at the facilities of the pipeline transport of oil and oil products. In addition, the characteristics determining the possibility of static electricity accumulation and the appearances of spark discharges are considered as an important risk factor restricting the possibility of using composite materials in explosive zones. *Keywords:* composite cable trays, fiberglass cable trays, composite heat pipe, composite pipes, static electricity accumulation, intrinsic safety.

//

Трубная соединительная арматура для трубопроводов из композитных материалов может быть выполнена как из композита, так и из металла

Введение

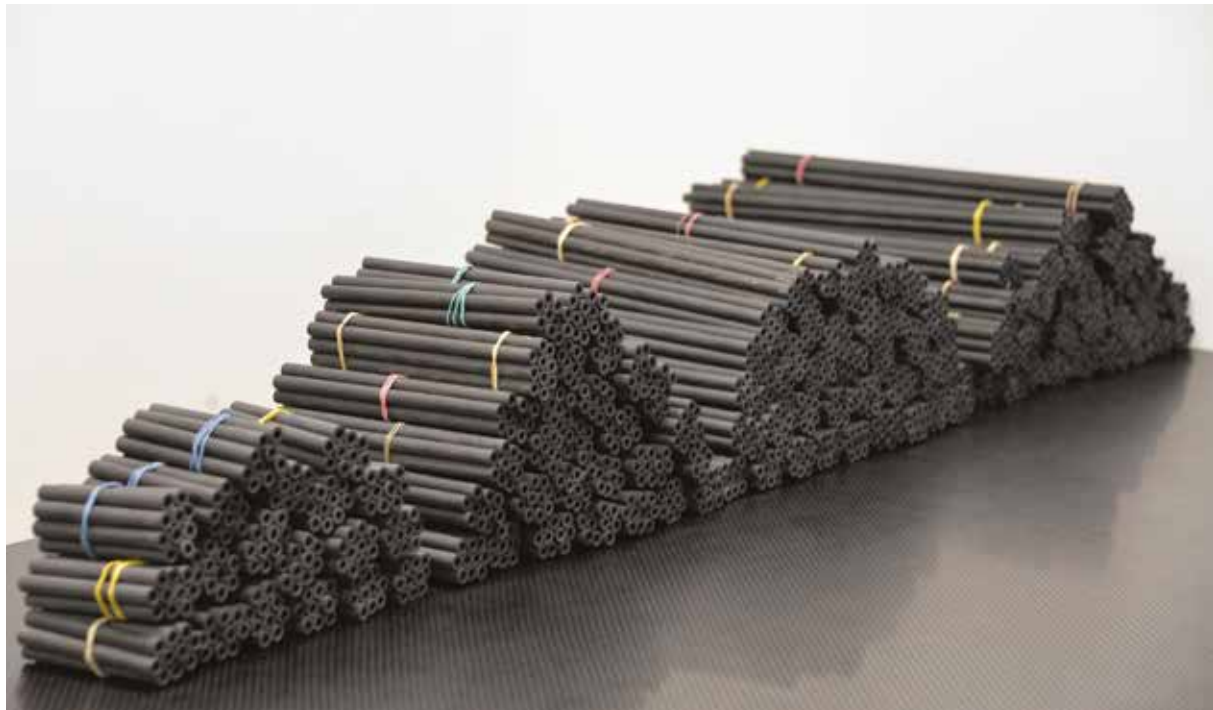
В настоящее время изделия из композитных материалов находят все более широкое применение в различных областях промышленности, так как обладают рядом преимуществ (длительный срок службы, низкая масса изделий, и т. д.). Предлагаемая изготовителями область применения продукции из композитных материалов – это химические производства, объекты

нефтедобывающей отрасли, морские нефтегазодобывающие платформы, морские порты и терминалы, горнодобывающие предприятия, объекты железнодорожного транспорта, электростанции, тоннели, пищевые предприятия, объекты гражданского строительства.

Однако вопрос применения композитных материалов в области энергетического оборудования, применяемого на объектах магистральных трубопроводов, пока недостаточно изучен и отражен в нормативных документах.

Анализ научных статей и публикаций показывает актуальность направления внедрения изделий из композитных материалов, но, при этом, отмечены отдельные области, требующие дополнительной проработки, такие как: подготовка нормативной базы в области проектирования, монтажа и эксплуатации изделий из композитных материалов, подготовка квалифицированного персонала, разработка методов диагностирования конструкций, способов утилизации или переработки.

В рамках проводимой работы рассмотрены конкретные виды изделий, которые могут быть изготовлены из композитных материалов, и находящиеся в области ответственности служб главного энергетика объектов трубопроводного транспорта, а именно:



Изоляционные трубки из композитных материалов

Источник: m-carbo.ru

- кабельные лотки;
- опоры освещения;
- элементы систем теплоснабжения и водоснабжения (трубопроводы, фасонные элементы, запорная арматура).

Были изучены различные факторы, определяющие возможности и ограничения на применение изделий из композитных материалов на объектах магистральных трубопроводов. К таким факторам отнесены: наличие требований в российских и международных нормативных документах, допускающих применение данных изделий, наличие достаточного количества изготовителей на российском

За счет коррозионной стойкости изделия из композитных материалов могут применяться в качестве труб для подземной прокладки систем теплоснабжения, холодного и горячего водоснабжения

рынке, результаты сопоставления технических характеристик и стоимости изделий из композитных материалов и их аналогов из традиционных материалов.

Следует отметить, что важным фактором риска применения таких материалов на объектах магистрального трубопроводного транспорта является возможность накопления статического электричества и возникновения искровых разрядов. По общим оценкам порядка 20 % всех металлических кабельных лотков на объектах трубопроводного транспорта эксплуатируются во взрывоопасных зонах. С целью определения возможности безопасной эксплуатации изделий из композитных материалов во взрывоопасных зонах по результатам анализа нормативной документации выделены требования, которым должны соответствовать материалы, и рассмотрено их наличие на российском рынке.

Обзор требований действующих нормативных документов

Для оценки условий применения изделий из композитных материалов были рассмотрены специализированные стандарты,

устанавливающие технические требования к каждому виду изделий (например, ГОСТ 52868 [1], ГОСТ Р 55068 [2], ГОСТ Р ЕН 40–7 [3]), своды правил в области проектирования электрических, тепловых сетей, систем водоснабжения, а также стандарты, устанавливающие требования в области электростатической безопасности (далее – ЭСИБ) и пожарной безопасности (ГОСТ 31610.32–1 [4], ГОСТ 31610.0 [5], ГОСТ 31613 [6] и другие).

В области применения кабельных лотков из композитных материалов выделены ключевые требования, которым должны соответствовать данные изделия:

- требования к механической прочности (стойкость к воздействию безопасной рабочей нагрузки, стойкость к ударам);
- требования к ЭСИБ (к значению удельного поверхностного сопротивления) для изделий применяемых во взрывоопасных зонах;
- требования пожарной безопасности (к теплостойкости, стойкости к зажиганию нагретой проволокой, стойкости к воздействию открытого пламени, к дымообразующей способности и токсичности продуктов горения).

Подстанция «Транснефтьэнерго»

Источник: transneftenergo.transneft.ru



По результатам анализа в действующих нормативных документах не выявлены требования, препятствующие применению изделий из композитных материалов на объектах магистральных трубопроводов

В части ЭСИБ стоит отметить требование введенного в действие в 2022 г. изменения № 1 к СП 423.1325800.2018 [7] о допустимости использования кабельных лотков из композитных материалов в электроустановках до 1 кВ во взрывоопасных зонах класса 2 при условии обязательного наличия защитных мероприятий для исключения накопления и опасных проявлений разрядов статического электричества.

Конкретные требования к защитным мероприятиям в СП 423.1325800.2018 не установлены. Сводный анализ документов, включенных в перечень стандартов, в результате применения

В качестве материала изготовления применяют стеклопластик, на 60–80% состоящий из стекловолокнистого наполнителя и на 20–40% из связующего компонента полиэфирной или винилэфирной смолы

которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» показал, что во взрывоопасных зонах допускается применение изделий из материалов с поверхностным удельным сопротивлением, не превышающим 10⁹ Ом при условии наличия постоянного заземления.

В тоже время не выявлены конкретные требования к практической реализации заземления протяженных объектов из КМ (кабельных лотков, эстакад, трубопроводов надземной прокладки и т. д.) с целью обеспечения их ЭСИБ, такие как требования к порядку и способам определения количества и расположения точек заземления протяженного объекта. Вопрос достаточности наличия заземления протяженных объектов из КМ в точках их начала и окончания в настоящее время остаётся открытым.

Также в стандартах, устанавливающих общие технические требования на изделия, не выявлены требования стойкости к внешним воздействиям, которые могут иметь существенное значение при эксплуатации, в том числе стойкости:

- к коррозии (неметаллические элементы считают устойчивыми по умолчанию);
- к воздействию ультрафиолетового излучения (далее – УФ);
- к климатическим воздействиям и таким факторам окружающей среды как снег, ветер и т. п.;
- к воздействию агрессивных сред.

В области элементов трубопроводных систем выделены требования к применению изделий из композитных материалов в следующих сферах:

- в сетях водоснабжения, в том числе хозяйственно-питьевого водоснабжения, хозяйственно-бытовой канализации, ливневой канализации, а также в качестве напорных труб внутреннего водопровода горячей воды;
- в тепловых сетях в качестве трубопроводов (при рабочем давлении пара 0,07 МПа и ниже и температуре воды 135 °С и ниже при давлении до 1,6 МПа включительно);
- в системах отопления в помещениях с коррозионно-активной средой;
- в трубопроводах технологического назначения, транспортирования жидких пищевых продуктов, морской воды и химически агрессивных сред, системах ирригации и мелиорации.

За счет коррозионной стойкости изделия из данных материалов могут применяться в качестве труб для подземной, в том числе бесканальной прокладки систем теплоснабжения, холодного и горячего водоснабжения.

Возможность применения композитных опор освещения вместо металлических или железобетонных уже длительное время предусмотрена в основных стандартах по данному направлению. При этом к изделиям предъявляют требования в части геометрических размеров и прямолинейности, стойкости к горизонтальным нагрузкам

Полиэтиленовая труба ПЭ-100 SDR 13,6

Источник: s-posad.pulscen.ru



Завод стеклопластиковых труб

Источник: complectology.ru

на уровне вершины, требования к материалам, требования к качеству изготовления и внешнему виду.

Таким образом, по результатам анализа в основных действующих нормативных документах не выявлены требования, препятствующие применению изделий из композитных материалов на объектах магистральных трубопроводов, но, в то же время, отмечено, что текущая нормативная база РФ описывает не все факторы, которые могут влиять на возможность эксплуатации данных изделий. Из рассмотренных видов изделий опоры освещения имеют наименьшее количество факторов, ограничивающих их применение.

Обзор технологий изготовления и продукции изготовителей

При анализе номенклатуры изделий, представленных на рынке РФ, выявлено достаточное количество изготовителей и поставщиков изделий из композитных материалов. Были рассмотрены:

- 7 изготовителей, предлагающих готовые технические решения в области кабельных систем из неметаллических материалов;
- 5 изготовителей, предлагающих композитные трубы (включая трубы с защитой внутренней поверхно-

сти химостойкими, теплостойкими, герметизирующими материалами) и опоры освещения, в том числе 1 изготовитель, имеющий в номенклатуре оба вида продукции.

Для изготовления прямоугольных профилей (в том числе кабельных лотков, опорных конструкций и т. д.) и труб, имеющих круглое сечение (для трубопроводов, опор и т. д.), применяются различные технологии.

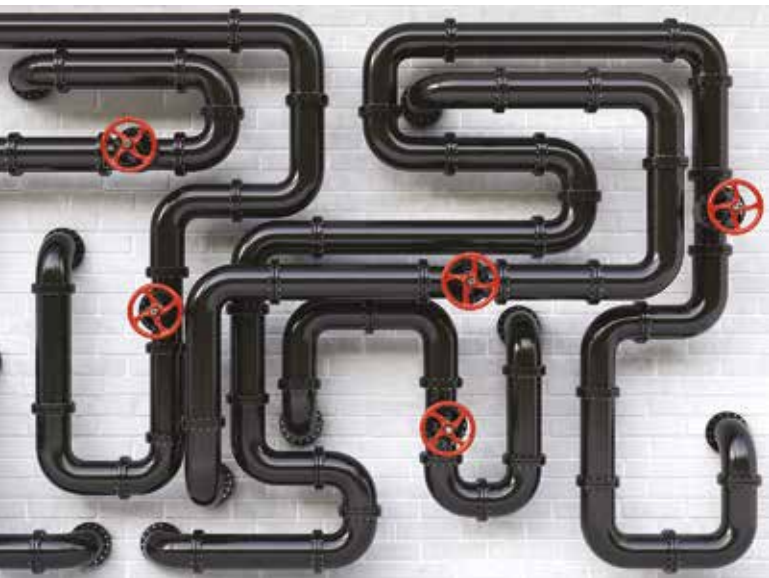
При производстве кабельных лотков большинством изготовителей применяется технология пултрузии. В процессе пултрузии волоконные нити подаются с катушек и пропускаются через ванну, где они пропитываются полимером. Пропитанные волокна проходят через формовочное устройство, которое придает волоконно-полимерному составу желаемую форму и выравнивает волокна. Далее волокна и незатвердевший полимер пропускаются через нагретую пресс-форму (фильеру). Из фильеры с помощью вытяжной машины вытягивается отвержденный продукт, не требующий дополнительной обработки. Разделение профиля на готовые к использованию сегменты проводится отрезной машиной. В отдельных случаях также может использоваться технология горячего прессования.

В качестве материала изготовления, как правило, применяют стеклопластик (стеклокомпозит), на 60–80 % состоящий из стекловолокнистого наполнителя и на 20–40 % из связующего компонента полиэфирной или винилэфирной смолы. Тип смолы выбирается в зависимости от типа атмосферы и условий эксплуатации, он влияет на коррозионную стойкость изделия и определяет величину пожарной нагрузки.

Изготовление изделий методом намотки позволяет наиболее полно реализовать высокую прочность на растяжение и обеспечить высокую степень автоматизации технологического процесса

Для монтажа кабельных лотков изготовителями предлагается выполняемая как из металла, так и из композитных материалов (горячим прессованием) соединительная арматура и различные варианты опорных конструкций для крепления кабельных лотков к стенам, полу, потолку. Соединение лотков осуществляется болтовыми соединениями. Выявлен только один изготовитель, который предлагает вариант соединения с помощью защелок.

Для производства труб, в том числе опор, применяют методы непрерывной намотки или центробежного литья (центрифугирования). В качестве материала изготовления, как правило, используют



Макет возможностей прокладки труб
Источник: dimdimich / depositphotos.com

стеклокомпозит со связующим компонентом из полиэфирной или эпоксидной смолы.

По технологии намотки армирующий материал в виде жгута, нити, ленты, ткани, пропитанный связующим компонентом, наматывают на вращающуюся оправку, имеющую конфигурацию внутренней поверхности изделия. Специальные механизмы, перемещающиеся со скоростью, синхронизированной с вращением оправки, контролируют заданное направление и расположение армирующего материала на оправке. После получения необходимой схемы армирования, толщины и структуры, производится отверждение связующего и удаление оправки.

Технология изготовления изделий методом намотки позволяет наиболее полно реализовать в изделиях высокую прочность на растяжение и обеспечить высокую степень автоматизации технологического процесса. Среди методов намотки наиболее часто применяют методы спирально-винтовой, спирально-ленточной, спирально-кольцевой или косослойной продольно-поперечной намотки.

Метод центробежного литья предусматривает процесс производства в направлении от наружной поверхности к внутренней с применением вращающейся формы. В зависимости от соотношения длины и диаметра формируемой трубы, связующее вводится во вращающуюся форму либо с одного, либо обоих концов. Под действием центробежной силы происходят пропитка армирующего наполнителя, уплотнение полученной композиции и её удержание на стенках вращающейся формы до и в процессе отверждения связующего.

Трубная соединительная арматура для трубопроводов из композитных материалов также может быть выполнена изготовителями как из композита, так и из металла.

Обзор технологий изготовления показал, что изделия из композитных материалов могут производиться из схожего сырья, но с применением различного оборудования и методов производства. Выбор того или иного метода определяется требованиями к форме и характеристикам конечного изделия.

Обзор технических характеристик изделий из композитных материалов

Технические характеристики изделий из композитных материалов можно разделить на 2 группы: характеристики применяемых материалов и характеристики изделия в целом, зависящие от его формы и размера. При этом каждый вид изделий имеет свой набор параметров.

Из перечня технических характеристик КМ выделен набор параметров, наиболее важных с точки зрения применения в области энергетического оборудования объектов магистральных трубопроводов: механические характеристики (пределы прочности, модули упругости при изгибе и растяжении), ряд электрических параме-

тров (электрическая прочность, удельное объемное и поверхностное электрическое сопротивление), характеристики пожарной безопасности (группа горючести, группа воспламеняемости, группа дымообразующей способности и т. д.).

Механические характеристики композитных материалов, определяемые при растяжении или изгибе, сильно зависят от направления армирования: значения характеристик прочности вдоль направления армирования отличаются на 20–50 %

- максимальные рабочие температура и давление для труб;
- номинальные и максимальные горизонтальные нагрузки для опор освещения.

Масса изделий из композитных материалов может быть ниже аналогов, но, например, для кабельных лотков она сравнима с массой металлических аналогов, несмотря на более низкую плотность исходного материала. Это связано с тем, что для обеспечения механической прочности,



Строительные работы на объектах «Транснефти»

Источник: rigma.info

от стали, поперек направления армирования – в 5–15 раз ниже. В целом механические характеристики таких материалов хуже характеристик стали, но за счет применения большей толщины материала в изделиях достигается необходимый уровень механической прочности.

Состав и электрические характеристики композитных материалов не могут быть непосредственно сравнены с характеристиками металлов, так как данные материалы имеют принципиально разное строение.

К основным характеристикам готовых изделий следует отнести:

- массу;
- безопасную рабочую нагрузку для кабельных лотков;

при одном и том же поперечном сечении лотка, применяется различная толщина листа, например, толщина металлического лотка – 0,7–1 мм, толщина аналогичного лотка из КМ – 3–4 мм.

Прочностные характеристики изделий из композитных материалов, как правило, устанавливаются изготовителями в технической документации на уровне характеристик металлических изделий, предназначенных для тех же задач.

Одним из основных преимуществ применения изделий из композитных материалов, заявляемых изготовителями, является длительный срок службы. В технической документации указываются сроки службы до 50 лет, однако экспериментальное

В нормативной базе РФ отсутствует методика, позволяющая расчетным способом по результатам ускоренных испытаний определить прогнозный срок службы изделий из композитных материалов

или опытное подтверждения данного срока в настоящее время отсутствует. Для сравнения сроки службы наиболее часто применяемых оцинкованных кабельных лотков или лотков с порошковой окраской составляют 15–20 лет, а более современных лотков с цинк-ламельным покрытием 30–40 лет.

Необходимо отметить, что в нормативной базе РФ отсутствует утвержденная методика, позволяющая расчетным способом по результатам ускоренных испытаний определить прогнозный срок службы изделий из композитных материалов, в связи с чем изготовителями могут применяться

методики общего назначения, либо предназначенные для других видов материалов.

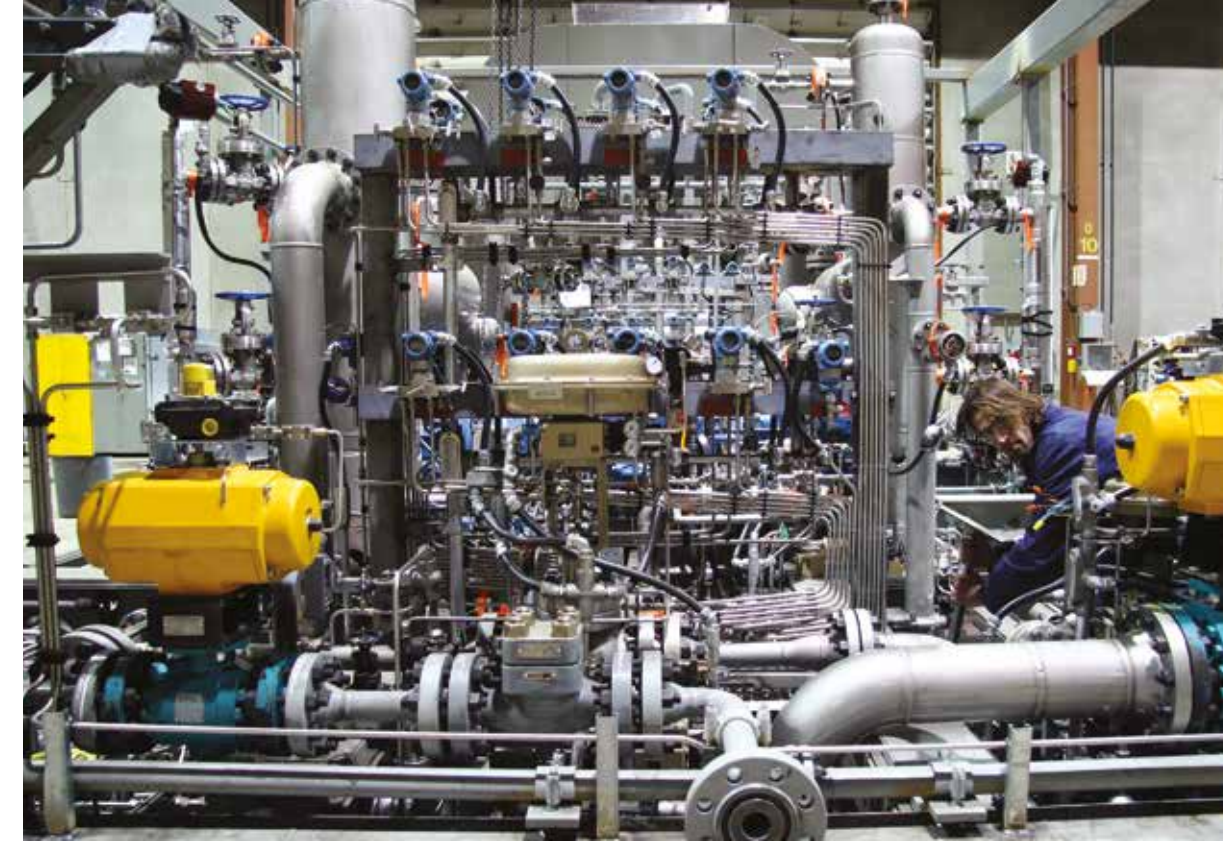
Если металлические элементы могут подвергаться коррозии, то изделия из композитных материалов считают коррозионностойкими, что позволяет применять их в различных средах, в том числе коррозионно-активных или химически агрессивных, например, в морских терминалах.

В сравнении с металлами на срок службы композитных материалов влияют другие разрушающие факторы. Основным разрушающим механизмом для данных материалов является воздействие ультрафиолета. Поэтому стойкость изделий к данному виду воздействия является важным фактором их применения и должна быть проверена в ходе испытаний.

С точки зрения соблюдения требований ЭСИБ, изготовители предлагают отдельные виды своей продукции, имеющие значения удельного поверхностного сопротивления не выше 10^9 Ом. Снижение сопротивления достигается за счет включения в состав композитных материалов проводящих добавок. Недостатком данного способа является возможное влияние данных добавок на другие характеристики изделий (механическую прочность, цвет и т. д.).

Нефтепровод «Заполярье – Пурпе»

Источник: siberia.transneft.ru



Комплексная компрессорная станция

Источник: [Imagecom / depositphotos.com](https://www.depositphotos.com)

Также необходимо отметить, что применяемые в настоящее время металлические кабельные короба могут являться одним из элементов систем молниезащиты. Возможность обеспечения достаточного уровня защиты от перенапряжений (например, защиты сигнальных цепей) в случае применения кабельных лотков из композитных материалов потребует дополнительного изучения.

Принимая во внимание, что изготовители изделий одного вида представляют различные наборы сведений, предложено комплексное сравнение фактических значений характеристик проводить по результатам совместных испытаний продукции различных изготовителей.

Обзор стоимости изделий из композитных материалов и традиционных аналогов

Оценка стоимости изделий из композитных материалов проведена на основании данных, представленных в официальных письмах и прайс-листах компаний-изготовителей в конце 2021 г. В ходе анализа рассмотрены стоимости отдельных элементов из композитных материалов, в том числе прямых и фасонных секций

сплошных, перфорированных и лестничных кабельных лотков, элементов сборно-разборных трубопроводов различного диаметра, трубопроводной арматуры, стоек опор освещения. Стоимость изделий из композитных материалов сравнивалась со стоимостью аналогичных изделий из стали.

На данном этапе анализа рассмотрены только стоимости отдельных изделий и не учитывались затраты на транспортировку, монтаж, эксплуатацию, обслуживание изделий, которые могут повлиять на общую экономическую целесообразность применения.

Результаты анализа стоимости кабельных лотков показывают, что стоимость

Анализ технических характеристик композитных кабельных лотков показал отсутствие преимуществ по стоимости, массе и безопасной рабочей нагрузке в сравнении с аналогами из металла



Резервуарный парк ЛПДС, Самара

Источник: kama.transneft.ru

продукции изготовителей композитных материалов сильно отличается. При этом в среднем:

- прямые секции кабельных лотков российских изготовителей дороже в 1,8–2,2 раза стальных аналогов в зависимости от вида лотка;
- фасонные секции российских изготовителей дороже на 5–55 %;
- прямые и фасонные секции зарубежных изготовителей дороже в 3,5 и более раз.

Ряд характеристик композитных материалов, таких как состав, электрические параметры, показатели пожарной безопасности, не могут быть сравнены с показателями материалов, применяемых сегодня

В среднем элементы кабельных систем из композитных материалов в сравнении с металлическими изделиями дороже в 2 и более раз. Так же присутствует один российский изготовитель, стоимость продукции которого сравнима по стоимости с металлическими элементами.

Касательно стоимости элементов трубопроводов в среднем:

- композитные трубы малого диаметра (для внутреннего теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения) дороже стальных труб более чем в 2 раза;
- композитные трубы большего диаметра (для наружных сетей и котельных) имеют стоимость практически аналогичную стоимости стальных труб;
- серийная трубопроводная арматура из композитных материалов на рынке не выявлена и может изготавливаться под заказ.

Для кабельных лотков и трубопроводов целесообразно оценивать стоимость на примере конкретных объектов, что позволит учесть соотношение количества различных элементов в конструкции.

По результатам рассмотрения данных по опорам освещения из разных материалов можно сделать вывод о том, что композитные опоры имеют примерно одинаковую стоимость по сравнению с аналогами. При этом некоторые изготовители не поставляют опоры из композитных материалов серийно, а работают только по индивидуальному техническому заданию заказчика.

В целом изделия из композитных материалов не имеют явных ценовых преимуществ в сравнении с аналогами из металлов на стадии строительства.

Выводы

В настоящее время кабельные лотки и эстакады, опоры освещения из композитных материалов не применяются на объектах магистральных нефтепроводов и продуктопроводов. Трубопроводы, фасонные элементы и арматура из композитных материалов также не распространены, но при строительстве и реконструкции современных блочно-модульных котельных применяются трубы и фитинги из них для обвязки оборудования узла водоподготовки.

Результаты проведенной работы показывают, что каждый из видов изделий имеет свои особенности и условия, обеспечивающие эффективность их применения. Анализ технических характеристик композитных кабельных лотков показал отсутствие значительных преимуществ по стоимости, массе, безопасной рабочей нагрузке и прочностным характеристикам в сравнении с аналогами из металла.

Ряд характеристик композитных материалов, таких как состав, электрические параметры, показатели пожарной безопасности, не могут быть непосредственно сравнены с характеристиками материалов, применяемых в настоящее время.

Применение композитных изделий во взрывоопасных зонах объектов магистральных трубопроводов требует соответствия характеристик материалов (поверхностного удельного сопротивления) установленным в нормативных документах ограничениям и наличия постоянного заземления. К сожалению, технических решений по заземлению лотков в настоящее время у производителей нет.

Элементы систем тепло- и водоснабжения закрытой прокладки и опоры освещения имеют более высокие перспективы внедрения в энергетическом секторе объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. Для их применения достаточным условием будет являться соответствие прочностных характеристик уровню аналогов.

При наличии таких недостатков основным преимуществом изделий из композитных материалов является увеличенный срок службы, что даже в условиях более высокой стоимости может обеспечить снижение затрат в сравнении традиционными материалами. Для формирования выводов об экономической целесообразности применения композитных материалов потребуется оценка затрат, возникающих как при строительстве, так и во время эксплуатации.

С целью определения целесообразности широкого внедрения изделий из композитных материалов на объектах магистральных трубопроводов и определения достаточных требований к изделиям на последующих этапах работы запланировано проведение испытаний. В ходе испытаний будет проверено соответствие фактических технических характеристик, заявляемых изготовителями, а также проведено сравнение свойств продукции нескольких изготовителей в равных условиях.

В дальнейшем, опытная эксплуатация изделий на объектах МТ позволит оценить особенности их эксплуатации и фактически возникающие при этом затраты.

Использованные источники

1. ГОСТ Р 52868-2021 (МЭК 61537: 2006) «Системы кабельных лотков и системы кабельных лестниц для прокладки кабелей. Общие технические требования и методы испытаний».
2. ГОСТ Р 55068-2012 «Трубы и детали трубопроводов из композитных материалов на основе эпоксидных связующих, армированных стекло- и базальтоволокнами. Технические условия».
3. ГОСТ Р ЕН 40-7-2013 «Опоры освещения из полимерных композиционных материалов, армированных волокном. Технические требования».
4. ГОСТ 31610.32-1-2015/IEC/TS 60079-32-1:2013 «Взрывоопасные среды. Часть 32-1. Электростатика. Опасные проявления. Руководство».
5. ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования».
6. ГОСТ 31613-2012 «Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний».
7. СП 423.1325800.2018 «Электроустановки низковольтные зданий и сооружений. Правила проектирования во взрывоопасных зонах».

Использование технологий информационного моделирования в гидроэнергетическом строительстве

The features of the information modeling technologies use in hydropower construction

Вячеслав БАБЧУК
Магистрант НИУ МГСУ
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Vyacheslav BABCHUK
Master's student of MGSU
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Любовь ШИЛОВА
Доцент кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ, к. т. н., доцент
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Lyubov SHILOVA
Ph.D., Associate Professor of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction of MGSU
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Виктор ЕВСТРАТОВ
Преподаватель кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Viktor EVSTRATOV
Teacher of the Department of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction of MGSU
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальное состояние уровня внедрения технологий информационного моделирования в мире и в гидротехническое строительство. Определены основные векторы развития этой технологии в гидротехнике, а также представлен пример прикладного использования ТИМ для автоматизации армирования подпорной стены.
Ключевые слова: энергетическое строительство, визуальное проектирование, энергоэффективность, гидроэнергетика, информационное моделирование гидротехнического строительства.

Abstract. The article discusses the current state of the level of implementation of information modeling technologies in the world and in hydraulic engineering. The main vectors for the development of this technology in hydraulic engineering are determined, and an example of the applied use of TIM for automating the reinforcement of a retaining wall is presented.
Keywords: energy construction, visual design, energy efficiency, hydropower, hydraulic construction construction information modeling.



Проблемой внедрения технологий информационного моделирования при создании ГЭС является их отличие от методов гражданского строительства

Введение

Энергия является основным двигателем прогресса в жизни человечества. С целью получения максимальной эффективности от использования ресурсов постоянно модернизируются методы использования различных видов энергии. И, несмотря на то, что уголь, нефть и природный газ остаются основными мировыми источниками энергии, потенциал ВИЭ постепенно растет. В настоящее время 19 % энергии, производимой в мире, поступает от возобновляемых источников. При этом около 84 % этого объема вырабатывается гидроэлектростанциями (ГЭС).

Основной задачей гидротехнических сооружений является преобразование природного режима водного объекта (озера, реки, моря и др.) для экономического хозяйственного использования с приме-



Крупнейшая в мире ГЭС «Три ущелья», Китай
Источник: Zheng Jiayu Xinhua / xinhuanet.com

нием средств защиты окружающей среды от вредного воздействия [1].

Распределение гидроресурсов в мире с градацией по уровню их освоенности представлено на рис. 1. Наиболее темные участки карт соответствуют большему количеству построенных или запланированных к строительству ГЭС, а наиболее светлые, соответственно, меньшему, что позволяет примерно оценить реализованный в первой четверти XXI в. потенциал развития гидроэнергетики.

В современном мире значительное внимание уделяется вопросам развития информационных систем и технологий в строительной отрасли, в задачи которой входит, в том числе проектирование и обеспечение функционирования объектов гидротехнического строительства. Анализ

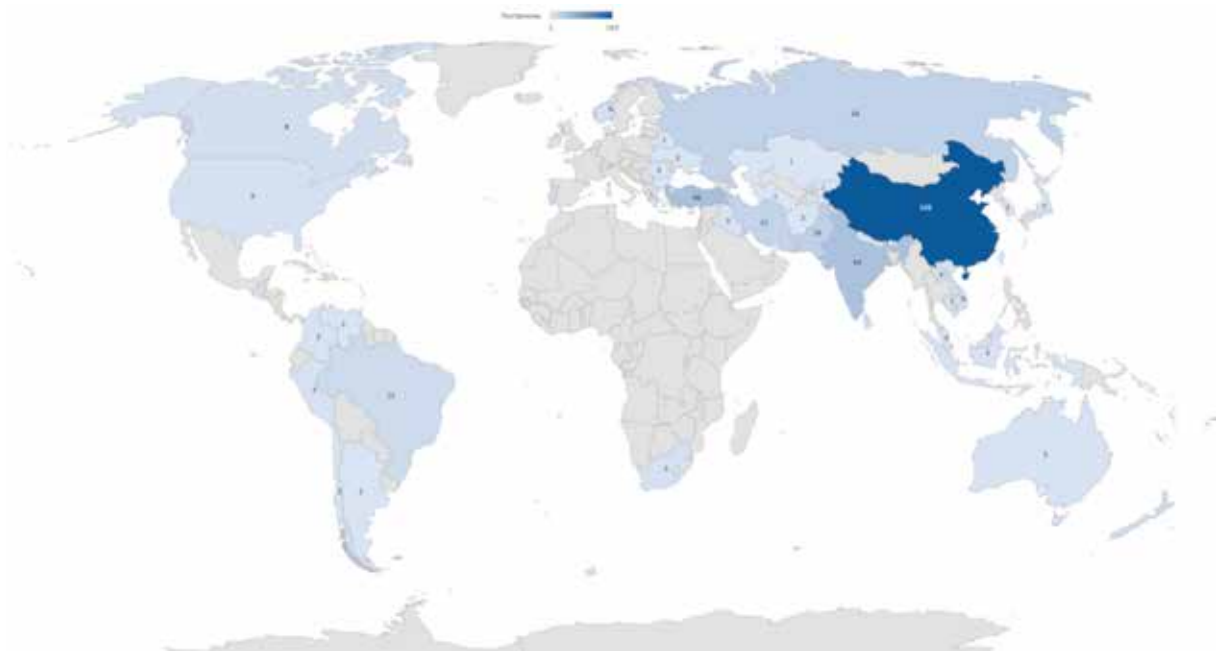


Рис. 1. Уровень освоённости гидроэнергетических ресурсов мира в первой четверти XXI в.

технологий Индустрии 4.0 или четвертой промышленной революции показал, что одной из наиболее востребованных и перспективных технологий является информационное моделирование [2].

Кроме того, использование технологий информационного моделирования (ТИМ) при реализации строительных проектов становится обязательным даже на государственном уровне, как в России, так и за рубежом.

Вместе с тем, внедрение этих технологий при возведении гидротехнических сооружений находится на начальном этапе, при котором только формируются директивные требования к процессу создания моделей, нормы их регламентации и контроля.

Внедрение технологий информационного моделирования при возведении гидростанций находится на начальном этапе, нормативные требования к процессу создания моделей только формируются

В этой связи, актуальной становится задача по исследованию, анализу и разработке мероприятий по упрощению и систематизации создания информационных моделей объектов гидротехнического строительства.

Анализ зрелости технологии информационного моделирования

Термин «технологии информационного моделирования» является аналогом зарубежного термина building information modelling (BIM). В Российской Федерации данное направление активное развитие получило с 2014 г. По сути, они являются логическим развитием систем автоматизированного проектирования.

Оценка уровня зрелости (степени внедрения) технологий информационного моделирования проводится с использованием диаграммы Бью-Ричардса, которая представлена на рис. 2.

Согласно данной модели, принято выделять 4 уровня внедрения BIM.

Нулевой уровень (плоский CAD без трехмерных данных) – создание плоского «традиционного» чертежа. Расчет объемов работ и формирование спецификаций не предусмотрено.

Первый уровень (управляемый CAD в 2D или 3D-формате). С использованием программ этого уровня развития можно создать 3D-концептуальные модели и 2D-чертежи для выдачи документации и информационной поддержки продукта.

Второй уровень (управляемая 3D-среда). Взаимодействие между различными разделами проектной документации обеспечено за счет использования общих форматов файлов. При этом обеспечивается взаимосвязь чертежей и 3D-модели, т. е. визуализация модели во времени, а также расчет стоимости проекта в реальном времени.

Третий уровень (интегрированная и унифицированная 3D-среда). На третьем уровне обеспечена полная интеграция, а сотрудники производственных отделов работают с одной общей моделью. Работа ведется в соответствии со стандартами ISO в области применения технологий информационного моделирования [3].

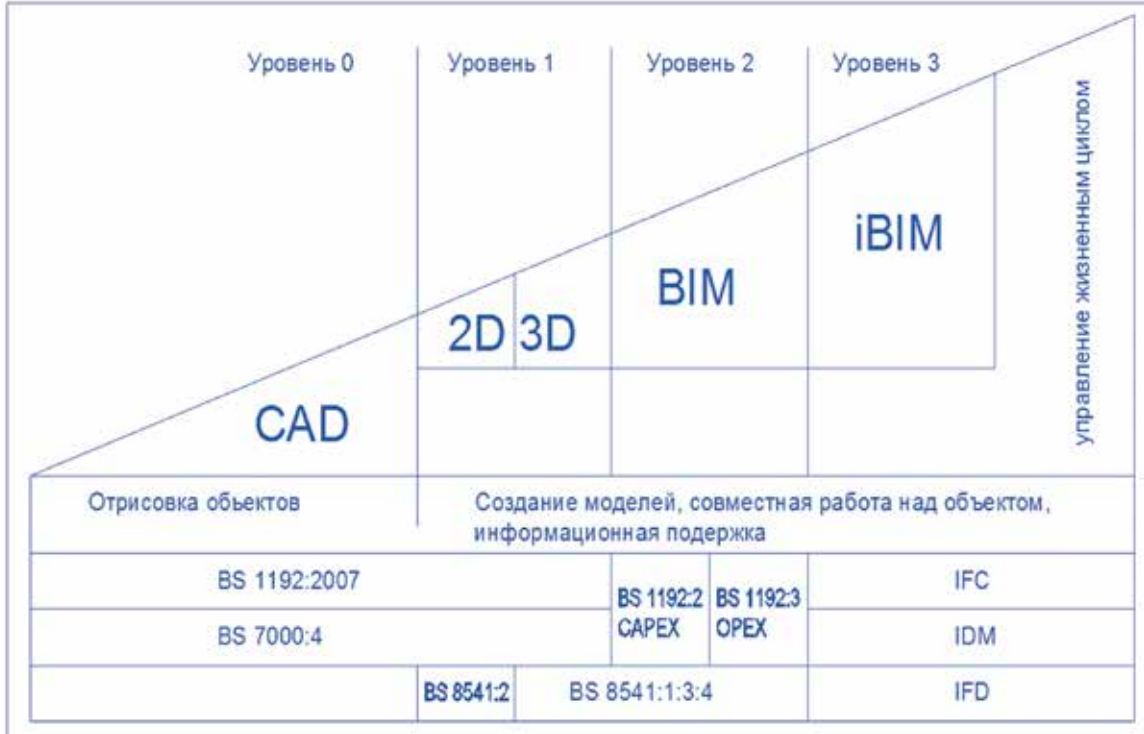
Ключевым параметром при использовании технологий информационного моделирования является уровень проработки элементов информационной модели (LOD, Level of Development), который задает объем геометрической, пространственной, количественной и прочей атрибутивной информации, необходимой для решения

В НИУ МГСУ ведутся разработки технологий информационного моделирования, где каждый тип подпорной стены гидростанции создается в параметрическом семействе шаблона обобщенной модели

строительных задач по объекту капитального строительства на конкретном этапе его жизненного цикла. Уровни проработки информационной модели представлены на рис. 3. Соответственно уровень проработки информационной модели зависит от технического задания и тех задач, для которых эта модель формируется.

Кроме того, принято различать размерность или детализацию проработки информационной модели. Существующие размерности информационных моделей представлены на рис. 4 [5]. Однако в настоящее время о двух последних размерностях пока ведутся споры (это 9D и 10D).

Рис. 2. Модель внедрения технологий информационного моделирования – building information modelling (BIM) Бью-Ричардса [3]



Элементы подпорной стены, полученные на основе информационного моделирования, позволят достигать высокого уровня автоматизации армирования и повышения ее эксплуатационных характеристик

Вместе с тем, на рынке представлено значительное количество программных продуктов, поддерживающих технологии информационного моделирования. Процент зрелости BIM-решений в сопоставлении с этапами жизненного цикла рассчитан в [6].

В то же время армирование подпорных стен гидротехнических сооружений с использованием автоматизированных систем – задача, в полной мере нереализованная. Наиболее подходящим, но не идеальным функционалом в плане армирования обладает ПК Autodesk Revit.

Рис. 3. Уровни проработки информационной модели [4]



Анализ исследований применения технологий информационного моделирования в гидротехническом строительстве

Анализ исследований в области применения технологий информационного моделирования проводился за период с 2011 по 2021 гг. в связи с тем, что технологии информационного моделирования относят к Индустрии 4.0, концепцию которой представили в 2011 г. [2]. Для оценки их использования в гидротехническом строительстве в международных библиографических поисковых системах были сделаны две выборки, по ключевым словам: BIM (выборка 1) и BIM+ hydraulic engineering (выборка 2).

Наиболее цитируемой публикацией в этой области является [7] (26 цитирований), которая содержит разработку интегрированного метода и интеграционной платформы BIM/ГИС для внедрения микро- и макроинформации в унифицированную среду без необходимости преобразования стандартов или установки подключаемых модулей.



Рис. 4. Размерности информационной модели [5]

Вторая публикация [8] по популярности (17 цитирований) описывает реализацию проектов по строительству нескольких железнодорожных и автодорожных туннелей, гидравлических туннелей, туннелей городского метрополитена и инженерных туннелей в Китае. При этом отмечается, что строительство этих туннелей способствовало значительному прогрессу в развитии технологии строительства туннелей и решению технических проблем с точки зрения изысканий, проектирования, строительства, безопасной эксплуатации и технического обслуживания. В исследовании выявлены инновационные методы преодоления трудностей, связанных с реализацией подобных проектов.

В третьей публикации [9] (количество цитирований – 7) содержится исследование по расширению стандартизации технологий информационного моделирования для проектирования и анализа плавучих и амфибийных конструкций. Остальные публикации либо ни разу не процитированы, либо имеют 1 цитирование.

Таким образом, анализ исследований в области применения технологий информационного моделирования на основе оценки публикационной активности ученых показал, что их использование в гидротехническом строительстве все еще находится на начальном этапе своего развития и не представлено в публикациях отечественных исследователей. Это определяет высокую актуальность исследований в области применения технологий

информационного моделирования в гидротехническом строительстве и недостаточную разработанность данной проблемы.

Оценка возможностей использования тим в области автоматизации армирования подпорной стены гидротехнического сооружения

Одной из основных проблем на пути активного внедрения технологий информационного моделирования при создании гидротехнических сооружений является необходимость в использовании элементов, отличных от применяемых в гражданском строительстве. Такие элементы имеют, как правило, сложную геометрию и, следовательно, трехмерное отображение с большим количеством полигонов, а их изменение может привести к неточностям при расчете объема работ и при построении расчетной модели.

Известно, что ключевое свойство бетона – его прочность. Однако, несмотря на это, под влиянием внешних факторов, материал может постепенно разрушаться. В этой связи для повышения надежности бетонных конструкций, используется армирование. Усиление позволяет повысить несущую способность объекта, а также предотвратить растрескивание материала.

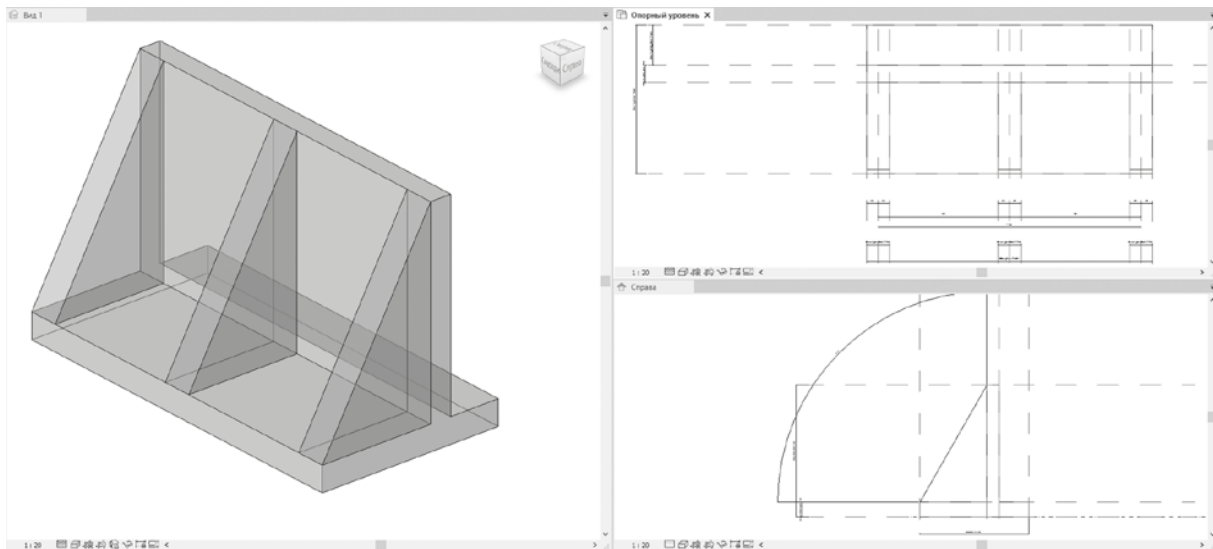


Рис. 5. Модель тонкостенной контрфорсной подпорной стены углового профиля

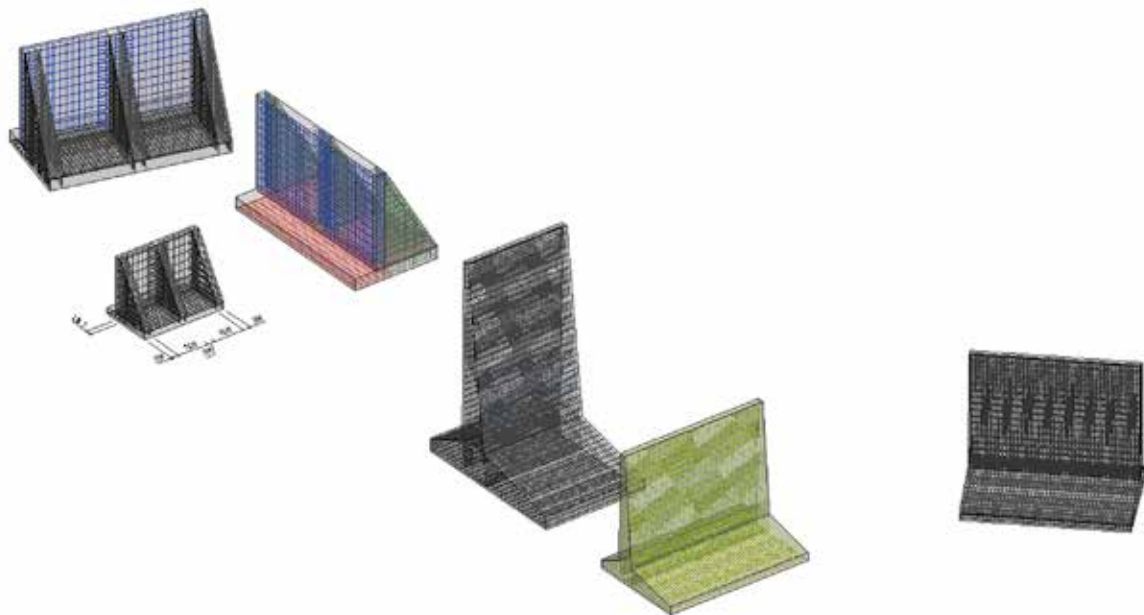
Источник: расчеты авторов с использованием ПО Revit

Одним из основных элементов плотины любой ГЭС является подпорная стена – сооружение, удерживающее от обрушения находящийся за ним естественный или искусственный массив грунта. Например, подпорная стена, входящая в состав плотины Чиркейской ГЭС на реке Сулак (в 15 км выше по течению от Миатлинской ГЭС) в Дагестане является самой крупной ГЭС на Северном Кавказе и самой высокой

арочной плотиной в Российской Федерации, которая является ступенью Сулакского каскада ГЭС. Армирование подпорной стенки придает монолитной конструкции необходимую прочность и надежность, помогая ей выдерживать и не разрушаться при больших нагрузках. Характер армирования подпорных стенок определяется расчетным способом, в том числе на ос-

Рис. 6. Отработка скриптов на различных подпорных стенках

Источник: расчеты авторов с использованием ПО Revit



нове применения информационного моделирования.

В настоящее время в НИУ МГСУ ведутся разработки в области технологий информационного моделирования с использованием ПО Revit, где каждый тип подпорной стены гидротехнического сооружения создается в параметрическом семействе шаблона обобщенной модели (рис. 5–6). В программной среде формируется шаблон (рис. 5) для тестирования моделей подпорных стен и затем разрабатывается скрипт для армирования с использованием надстройки Дупато (рис. 6).

Проверка разработанных скриптов на различных подпорных стенках гидротехнических сооружений представлена на рис. 6. Элементы подпорной стены, полученные на основе методов информационного моделирования позволят достигать высокого уровня автоматизации армирования и повышения эксплуатационных характеристик подпорной стены гидротехнического сооружения.

Выводы

В настоящее время технологии информационного моделирования в гидроэнергетическом строительстве находятся на этапе своего становления, однако государственная политика, как за рубежом, так и у нас, предусматривает различные механизмы поддержки данной технологии [3].

Рассмотренные нами подходы к оценке уровня зрелости технологий информационного моделирования, а также уровни проработки информационной модели

в зависимости от задач, стоящих перед специалистами – гидротехниками, свидетельствуют о высокой актуальности исследований в этой области.

Демонстрация прикладного использования технологий информационного моделирования для моделирования объектов, относящихся к гидроэнергетическим сооружениям, в том числе элементам плотин ГЭС с использованием ПО Revit для автоматизации армирования подпорных стен позволяет рассматривать данное направление развития технологий в строительстве гидроэнергетических сооружений в качестве наиболее перспективного и имеющего высокое прикладное значение.



Плотина и подпорная стена Чиркейской ГЭС (Дагестан)
Источник: sdelanounas.ru

Использованные источники

1. Гидротехнические сооружения. Т. 1: учебник для вузов / Л. Н. Рассказов [и др.]. Москва: Из-во ассоциации строительных вузов, 2008. – 587 с.
2. Гинзбург А. В., Адамцевич Л. А., Адамцевич А. О. Строительная отрасль и концепция «Индустрия 4.0»: обзор // Вестник МГСУ, 2021. Т. 16. № 7. С. 885–911.
3. Гинзбург А. В., Шилова Л. А. Проблемы внедрения технологий информационного моделирования в Российской Федерации // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 54–58.
4. Biljecki F., Ledoux H., Stoter J. An improved LOD specification for 3D building models // Computers, Environment and Urban Systems. 2016. Т. 59. С. 25–37.
5. Darko A. et al. Building information modeling (BIM)-based modular integrated construction risk management – Critical survey and future needs // Computers in Industry. 2020. Т. 123. С. 103327.
6. Сунцов А. С. и др. Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания // Construction and Geotechnics. Т. 11. № 3, 2020. С. 41–53.
7. Zhang S. et al. Integrating and managing BIM in 3D web-based GIS for hydraulic and hydropower engineering projects // Automation in Construction. 2020. Т. 112. С. 103114.
8. Xiang-sheng C. et al. Challenges and technological breakthroughs in tunnel construction in China // China Journal of Highway and Transport. 2020. Т. 33. № 12. С. 1.
9. Nawari N. O. BIM data exchange standard for hydro-supported structures // Journal of Architectural Engineering. 2019. Т. 25. № 3. С. 04019015.

Фокус на Африку: российские перспективы и возможности в новых реалиях

Focus on Africa: Russian perspectives and opportunities in new realities

Надежда КАЗЕЕВА

Заместитель руководителя – начальник
отдела двустороннего сотрудничества
Департамента международного
сотрудничества РЭА Минэнерго России
e-mail: Kazeeva@rosenergo.gov.ru

Nadezhda KAZEEVA

Deputy Head of International Cooperation
Department-Head of Bilateral Division
Russian Energy Agency by the Ministry of Energy
of the Russian Federation
e-mail: Kazeeva@rosenergo.gov.ru

Мария КОЗЫРЕВА

Главный специалист отдела двустороннего
сотрудничества Департамента
международного сотрудничества РЭА
Минэнерго России
e-mail: KozyrevaMA@rosenergo.gov.ru

Maria KOZYREVA

Senior Specialist of Bilateral Cooperation Division
of International Cooperation Department
Russian Energy Agency by the Ministry of Energy
of the Russian Federation
e-mail: KozyrevaMA@rosenergo.gov.ru

АЭС «Эд-Дабаа», Египет

Источник: [kemerovo.bezformata.com / user.vse42.ru](https://kemerovo.bezformata.com/user/vse42.ru)



Аннотация. В условиях новой геополитической реальности Россия переосмысливает сложившуюся ранее систему международного сотрудничества и активно развивает диалог с незападными странами, где особая роль отводится сотрудничеству с Африкой. На фоне беспрецедентного санкционного давления и конкурентной борьбы на энергетическом рынке Африки России приходится искать новые возможности для продвижения своих национальных интересов, как на государственном уровне, так и на уровне бизнеса. В статье анализируется деятельность ключевых игроков на энергетическом рынке Африканского континента с целью формирования понимания сложившейся конфигурации их присутствия в регионе и выявления новых возможностей и перспектив для российско-африканского энергетического сотрудничества.

Ключевые слова: Африка, нефть, газ, АЭС, потребление и производство энергоресурсов, перспективы развития.

Abstract. In terms of new geopolitical reality Russia is reconsidering current international cooperation system and is actively developing a dialogue with non-Western countries giving a special role to partnership with Africa. Unprecedented sanctions and current competition in African energy market have forced Russia to explore new opportunities and perspectives for national interest promotion at the state level and representing business as well. The article analyzes the activities of key players on the African energy market for in order to form an understanding of the current configuration of their presence in the region thus to identify new opportunities and prospects for Russian-African energy cooperation as well.

Keywords: Africa, oil, gas, nuclear power plants, consumption and production of energy resources, development prospects.



Крупнейшие проекты Китая в гидроэнергетике и развитии электросетей реализованы в Анголе, Уганде, Нигерии, Эфиопии, Гане и Судане

Новая геополитическая реальность обозначила для России необходимость переосмысления устоявшейся ранее системы международного сотрудничества. Новая парадигма, основанная на понятиях дружественных и недружественных государств, предусматривает активное развитие отношений с незападными странами, где особая роль отводится сотрудничеству с Африкой. Отправной точкой стало проведение в 2019 г. первого российско-африканского

саммита, по итогам которого было подписано значительное количество контрактов по широкому спектру взаимодействия, в частности в энергетике. Ужесточение режима антироссийских санкций в 2022 г. в связи с началом специальной военной операции на Украине не оказало заметного влияния на позиции африканских стран по вопросам повестки сотрудничества с Россией, а недавний визит министра иностранных дел Российской Федерации Сергея Лаврова в ряд стран континента еще раз подтвердил, что Россия намерена существенно укрепить свои позиции в регионе.

Сегодня, когда к вопросам развития энергетики во всем мире относятся с особым вниманием, африканские страны заинтересованы в строительстве атомных станций, а также привлечении российских инвестиций в добычу углеводородов и электроэнергетику.

У России в Африке накоплен достаточный опыт. Так, в регионе ряд российских компаний уже осуществляет деятельность, связанную с добычей нефти, геологоразведочными работами, а также реализацией других энергетических проектов. Ключевыми российскими игроками являются – «ЛУКОЙЛ», «Газпром», «Роснефть», «Газпром



Добыча нефти в Анголе

Источник: verangola.net

нефть», «Росгеология», а также «Росатом». Проекты с российским участием реализуются в основном на территориях Алжира, Анголы, Конго, Египта, ЮАР, Нигерии, Ливии. Российские компании продолжают изучать возможности по наращиванию своего присутствия на континенте. Отечественная технологическая база и большой опыт управления сложными комплексными проектами позволяют сегодня российским компаниям достаточно успешно расширять географию своих проектов в регионе.

Однако в период, когда российско-африканские взаимоотношения характеризовались достаточно слабой динамикой, в регионе сложилась новая конфигурация

сил, и теперь России приходится в новых условиях продвигать свои национальные интересы, как на государственном уровне, так и на уровне бизнеса.

Новая конфигурация

Безусловно, проводя в последние десятилетия достаточно активную экономическую экспансию в регионе, Китай стал главным торговым партнером для многих стран континента, приступив к активному освоению африканских энергетических ресурсов. Китайские компании Sinopet, CNOOC и CNPC не только участвуют в проектах по добыче нефти и газа, но и развивают нефтегазовую инфраструктуру на континенте. Так, в октябре 2021 г. компания CNPC дала старт строительству нефтепровода «Нигер – Бенин» протяженностью 1950 км (мощностью 90 тыс. б/с).

Согласно прогнозу GlobalData, в период с 2019 по 2023 гг. капитальные вложения китайских нефтяных компаний составят более 15 млрд долл. в сферу добычи нефти и газа, что будет превышать аналогичные инвестиции в другие регионы.

Заметно китайское присутствие и в области гидроэнергетики Африки. Однако эта сфера еще в значительной степени остается неосвоенной: лишь 5 % от энергетиче-

ских проектов Китая в регионе приходится на СЭС или ВЭС¹.

Крупнейшие проекты Китая в области гидроэнергетики и развития электрических сетей в Африке реализованы в Анголе, Уганде, Нигерии, Эфиопии, Гане и Судане.

США продвигают свои национальные интересы на континенте также, как и другие государства – комплексно на государственном уровне, в частности посредством реализации специальных программ и инициатив, например, «Развитие энергетики в Африке» (Power Africa)², которая была запущена в 2013 г., а также на уровне бизнеса.

С приходом администрации Джо Байдена усилился фокус на развитии возобновляемых источников энергии, вместе с тем американские нефтегазовые гиганты продолжают осваивать недра африканских стран, а взаимная торговля между США и странами Африки практически полностью базируется на экспорте в США минерального топлива и полезных ископаемых с континента. Активную деятельность в регионе ведут такие американские нефтегазовые и энергетические компании, как Chevron, Marathon Oil, ExxonMobil, VAALCO Energy, Fortesa.

Компания Chevron выступает одним из ведущих производителей нефти в Нигерии и Анголе. Активы компании есть на территории Бенина, Камеруна, Египта, Экваториальной Гвинеи, Ганы, Республики Конго и Того. Согласно ежегодному отчету компании Chevron за 2021 г., общая площадь разрабатываемых в Африке месторождений составляет 24,3 км². Всего в Африке в 2021 г. компанией было произведено 334 тыс. барр. н. э./сутки³.

Активно осваивает месторождения жидких углеводородов и природного газа ExxonMobil. В 2021 г. компания добыла в Африке 241 тыс. баррелей нефти в сутки. Углеводородные проекты реализуются в Анголе, Чаде, Египте, Мозамбике, Экваториальной Гвинее, Намибии, Танзании.

В электроэнергетическом секторе ключевым игроком является компания General Electric, которая ведет деятельность в Анголе, Эфиопии, Гане, Кении, Мозамбике, Нигерии, Южной Африке, Танзании.

¹ Ayele, Seife; Shen, Wei; Chiyemura, Frangton and Gu, Jing (2021). Enhancing China–Africa Cooperation in the Renewable Energy Sector. IDS Policy Briefing, 76(March 2021), article no. 76.

² Power Africa. Annual Report 2021. URL: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/2021-Power-Africa-Annual-Report.pdf>

³ Chevron. URL: <https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/2021-chevron-annual-report-supplement.pdf>

В середине 2000-х гг. Африка имела большое значение для обеспечения энергетической безопасности Индии и стабильности поставок нефти. Нигерия и Ангола входили в шестерку крупнейших поставщиков, а на Африку в целом приходилось порядка 17 % поставок нефти в Индию. В этот период Indian Oil Corporation Ltd, а также компании ONGC Videsh Ltd, Oil India Ltd, Essar и другие приобретают доли в совместных предприятиях по разработке нефтегазовых месторождений в Ливии, Нигерии, Египта, Габона, Мозамбика, Судана. В Судане индийскими корпорациями был построен нефтепровод от Хартума до порта Судан⁴.



Добыча газа на шельфе Мозамбика

Источник: clubofmozambique.com

На современном этапе сотрудничество Индии со странами Африки во многом опирается на платформу сотрудничества «Юг – Юг». Индия предоставляет финансирование африканским государствам в рамках программы кредитования Lines of Credit. За счет этих средств были поддержаны проекты по улучшению электрификации сельских районов в Буркина Фасо, Мозамбике, Сенегале, Того, Республике Конго, построены ГЭС в ДРК, Замбии, Бурунди, ЦАР, модернизированы электрические сети и сооружены новые ЛЭП между Кот-д'Ивуаром и Мали, в ДРК, Кении, Того,

⁴ Singh, Bhupendra. (2015). India's Energy Security Imperatives in Africa. 10.1007/978-81-322-2503-4.8.

В последние десятилетия Китай стал главным торговым партнером для многих стран Африки. Китайские Sinopet, CNOOC и CNPC участвуют не только в добывающих, но и в инфраструктурных проектах

В середине 2000-х гг. Африка имела большое значение для энергетики Индии. В целом на африканские страны приходилось порядка 17 % поставок нефти в страну. Лидерами являлись Ангола и Нигерия

Нигерии, Сьерра-Леоне⁵. Особым проектом стала ГЭС «Ньябаронго-1» в Руанде, построенная индийской компанией Baharat Heavy Electrical на средства Индийского экспортно-импортного банка. Размер кредита составил 80 млн долл.⁶ ГЭС «Ньябаронго-1» стала первым самостоятельным индийским инфраструктурным проектом.

За последние 10 лет Индия покинула проекты в Ливии, чему способствовали события «арабской весны». Проекты в Судане, включая трубопровод из Хартума в Порт-Судан, не были оплачены правительством страны, в связи с чем долг Судана перед ONGC Videsh составляет более 560 млн долл.⁷ К началу 2020-х гг. доля Африки в индийском импорте нефти существенно снизилась и составила менее 13 %, а Ангола выбыла из числа крупнейших поставщиков⁸.

В условиях жесткой конкуренции со стороны Китая и западных стран Индии все же удается принимать участие в достаточно крупных инвестиционных проектах в регионе. Так, например, индийская энергетическая компания ReNewPower планирует построить в особой экономической зоне Египта предприятие, которое будет производить до 220 тыс. т «зеленого» водорода в год, а также мощности ВИЭ-генерации. Примерный объем инвестиций составит 8 млрд долл.⁹

⁵ МИД Индии. URL: https://www.mea.gov.in/Images/arebic/lu1557_00.pdf

⁶ Barnaby Dye, India's Infrastructure Building In Africa: South-South Cooperation And The Abstraction Of Responsibility, African Affairs, Volume 121, Issue 483, April 2022, Pages 221–249

⁷ Business Standard. URL: https://www.business-standard.com/article/international/sudan-owes-ongc-videsh-560-mn-in-unpaid-dues-govt-to-parliament-121120600751_1.html

⁸ Observer Research Foundation. URL: <https://www.orfonline.org/expert-speak/indias-oil-imports/>

⁹ The economic times. URL: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/india-and-egypt-sign-mou-to-set-up-a-green-hydrogen-plant-with-investments-of-8-billion/articleshow/93192033.cms>

Относительно новым игроком в регионе является Турция. Взаимодействие со странами Африки активизировалось в 2005 г., когда Турция приняла стратегию «открытости к Африке» в качестве одного из направлений своего внешнеполитического курса. Турция покупает на африканском рынке нефть и СПГ, при этом Алжир занимает 4-е место среди основных экспортеров газа в Турцию. Ключевым игроком на энергетическом рынке среди турецких компаний в Африке является компания Karpowership (принадлежит турецкой Karadeniz Energy Group) – крупнейший в мире производитель плавучих электростанций. Свою деятельность компания ведет в Гамбии, Гане, Гвинее, Мозамбике, Сенегале и Судане.

Французские компании исторически широко представлены в ТЭК африканских государств. Основными сферами сотрудничества является нефтегазовая отрасль. Перспективными – традиционная электроэнергетика и ВИЭ.

Ключевые французские игроки – TotalEnergies, Engie, Electricite de France, чьи достаточно сильные позиции в регионе объясняются традиционно тесными отношениями французского бизнеса с африканскими странами.

География проектов компании TotalEnergies достаточно обширна: Южная Африка – Ангола, Восточная Африка – Кения, Уганда, Танзания; Западной – Нигерия, Гвинея и Мавритания. На страны Африки

Добыча нефти в Южном Судане

Источник: topafricanews.com



Добыча газа в Алжире

Источник: karatu.ru

приходится порядка 30 % продукции компании (900 тыс. б. н. э./сутки) и до 30 % инвестиций компании. TotalEnergies является лидером по розничной реализации нефтепродуктов в Африке. В активе компании насчитывается 4700 автозаправочных станций (17 % общеафриканского рынка розничной торговли нефтепродуктами)¹⁰. В африканский портфель компаний также входят солнечные электростанции в Южной Африке, а также СПГ-проекты в Нигерии, Анголе, Мозамбике и Египте.

На сегодняшний день компания Engie ввела в эксплуатацию объекты электрогенерации в Африке общей мощностью более 3000 МВт. Основную деятельность компания осуществляет в Марокко, Сенегале и Южной Африке¹¹, где продолжает расширять свое присутствие.

Значительное количество проектов имеется в портфеле у французской EDF. Например, в Египте компания реализовала проекты по строительству двух теплоэлектростанций Port Said и Suez¹². Компания также стремится расширить присутствие в сфере ВИЭ. Так, в мае 2022 г. EDF приобрела 50 % акций компании Distributed Power

¹⁰ TotalEnergies. URL: <https://itineraires.totalenergies.com/en/totalenergies-africa>

¹¹ Engie. URL: https://www.engie-africa.com/sites/default/files/assets/cb_telechargement/201910_%20ENGIE%20Africa%20ENG.pdf

¹² EDF. URL: <https://afrique.edf.com/en/edf-in-africa/activities/nuclear-thermal-and-gas>

Africa, что позволит увеличить мощность объектов ВИЭ в Южной Африке на 75 МВт¹³.

Достаточно прочное положение на континенте занимает Италия. Итальянская нефтегазовая компания Eni ведет деятельность на энергетическом рынке 14 африканских стран¹⁴, на которые приходится порядка 63 % добываемых компанией углеводородов, при этом жидких углеводородов в 2021 г. было добыто в объеме 404 тыс. б/с, а природного газа – 76 млн м³.¹⁵

Великобритания старается быть в «авангарде» развитых государств, настаивающих на необходимости оказывать помощь развивающимся странам в борьбе с изменением климата и реализации энергоперехода. Страна заинтересована в поддержке производства «зеленого» водорода и сферы ВИЭ. На эти цели было выделено 13 млрд долл. Великобритания является одним из крупнейших инвесторов в возобновляемую энергетику в ЮАР¹⁶. Несмотря на то, что королевство активно инвестирует в проекты «зеленой» энергетики, более 90 % контрактов, заключенных на саммите «Великобритания – Африка» в 2019 г., были направлены в проекты по производству ископаемых источников энергии¹⁷.

В нефтегазовой отрасли ключевыми игроками являются компании Tullow Oil, BP, Shell. Tullow Oil ведет деятельность в Кот-д'Ивуаре (месторождение Espoir и Блок CI-524), Габоне (более 20 месторождений на шельфе и на суше), Гане (ме-

За последние 10 лет Индия покинула проекты в Ливии из-за событий «арабской весны». Индийские проекты в Судане, включая трубопровод «Хартум – Порт-Судан», не были оплачены правительством страны

¹³ CEO Business Africa. URL: <https://ceobusinessafrica.com/french-energy-company-edf-acquires-50-stake-in-distributed-power-africa/>

¹⁴ Eni. URL: <https://www.eni.com/en-IT/eni-worldwide/africa.html>

¹⁵ Eni Fact Book 2021. URL: <https://www.eni.com/assets/documents/eng/reports/2021/Fact-Book-2021-eng.pdf>

¹⁶ S&P Global. URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/111021-uk-keen-to-back-african-clean-energy-projects-amid-13-bil-investments-official>

¹⁷ The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2020/jan/24/90-pe-cent-uk-africa-energy-deals-fossil-fuels>

сторождения на шельфе по добыче нефти и газа), Кении (Блок 13Т, Блок 10ВА, Блок 12В, Блок 10ВВ)¹⁸.

Компания BP добывает в Африке 12,8 % от общего объема своего производства нефти¹⁹. На Африку приходится порядка 22 % добываемого дочерними предприятиями BP газа²⁰.

Основные активы Shell в Африке сосредоточены в Нигерии, где в 2021 г. компанией было произведено 175 тыс. барр. н. э./сутки (в 2020 г. добыто 223 тыс. барр. н. э./сутки). Деятельность Shell в дельте Нигера осложнена проблемами безопасности и системного воровства нефти, что побудило компанию снизить сте-



Добыча нефти в Нигерии
Источник: oilexp.ru

пень участия в добычных проектах на месторождениях на суше страны²¹. У Shell также есть проекты в Алжире, Египте, Мавритании, Намибии, Сан-Томе и Принсипи, Тунисе и ЮАР.

Ввиду снижения добычи и сохранения значительных рисков для ведения деятельности, Shell постепенно избавляется от активов в африканском секторе. В 2021 г. Shell Egypt N. V. завершила продажу 13 нефтегазовых блоков в рай-

оне Западной пустыни (Египет), приняла решение по возвращению правительству Туниса прав на разработку активов в Тунисе, а также сократила долю участия в блоке в Намибии вдвое (с 90 до 45 %)²².

В контексте усиления антироссийского санкционного режима и разрушения экономических связей Европы с Россией, многие страны ЕС, в которых обеспечение энергией завязано на сотрудничестве с Россией, такие, как Германия, вынудили сами себя на поиск альтернативных поставщиков энергоносителей из других государств. В этой связи заметно активизировались усилия германских политиков по налаживанию энергетического партнерства со странами Африки. В мае 2022 г. состоялся визит канцлера Германии Олафа Шольца в страны Африки: в Сенегале обсуждались вопросы заключения новых газовых соглашений, а также возможность строительства газопровода из региона Западной Африки в направлении Европы²³. Финальной страной в африканском турне канцлера стала ЮАР: с данной страной у Германии было заключено долгосрочное партнерство в области энергетики, направленное на «озеленение» ТЭБ ЮАР и повышение эффективности всей энергосистемы²⁴.

Также Германия инициировала развитие партнерств на двустороннем уровне в области водородной энергетики, в том числе за счет внедрения глобальной схемы импорта водорода, к которой подключены такие африканские страны, как Марокко, Намибия и ЮАР. В то же время европейские эксперты сами ставят вопрос о целесообразности и правильности идеи экспорта водорода африканскими государствами, когда большинство из них сталкиваются с серьезным дефицитом энергии²⁵.

Все дело в спросе

Сегодня доля Африки в объеме потребления первичных источников энергии составляет 3,4 %²⁶. По различным оценкам этот показатель может вырасти до 8–11 % к 2050 году²⁷. Enerdata прогнози-

²² Там же – с. 55.

²³ Offshore Energy. URL: <https://www.offshore-energy.biz/german-chancellors-africa-tour-seen-as-critical-step-to-energy-security/>

²⁴ GIZ. URL: <https://www.giz.de/en/worldwide/65749.html>

²⁵ Euractiv. URL: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/opinion/a-hydrogen-strategy-for-a-balanced-eu-africa-partnership/>

²⁶ BP.

²⁷ Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition. URL: https://media.rff.org/documents/Report_22-04_v1.pdf

¹⁸ Tullow Oil Plc. URL: <https://www.tullowoil.com/our-operations/africa/>

¹⁹ BP Annual Report and Form 20-F 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/investors/bp-annual-report-and-form-20f-2021.pdf>

²⁰ Там же.

²¹ Shell. URL: https://reports.shell.com/annual-report/2021/_assets/downloads/shell-annual-report-2021.pdf – п. 54.



Природный газ и нефть в Египте

Источник: alaraby.com

рует двукратное увеличение потребления первичных источников энергии в Африке к 2050 г. – до 1486 млн т н. э. В двух из трех сценариев²⁸ компании углеводороды составляют более половины в топливно-энергетическом балансе Африки: в сценарии EnerBase в 2050 г. на нефть приходится 24 %, природный газ – 29 %, уголь – 13 %, в сценарии EnerBlue на нефть – 20 %, природный газ – 27 %, уголь – 7 %²⁹.

Развитие мобильности растущего населения Африки станет одним из основных драйверов увеличения объемов потребления энергии, а нефть и нефтепродукты – главными ресурсами для удовлетворения растущего спроса в данном секторе³⁰. Согласно прогнозу McKinsey, спрос на нефтепродукты вырастет с нынешних 4,1 млн б/с до 5,3 млн б/с к 2040 г. Причем половину из указанного объема придется закупать за рубежом, исходя из существующих мощностей по переработке нефти и планам по их строительству³¹.

²⁸ EnerBase – сохранение существующих трендов, EnerBlue – выполнение целей в рамках нынешних ОНУВ, EberGreen – выполнение и перевыполнение целей в рамках более амбициозных ОНУВ.

²⁹ Enerdata. URL: <https://eneroutlook.enerdata.net/forecast-world-energy-primary-consumption.html>

³⁰ МЭА. URL: <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2022>

³¹ McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-future-of-african-oil-and-gas-positioning-for-the-energy-transition>

В регионе действительно ощущается острый дефицит нефтепродуктов на рынке. Суммарная мощность НПЗ Африки южнее Сахары составляет около 1,36 млн б/с, однако в 2021 г. было задействовано лишь 30 % от указанного объема³². Связано это, в первую очередь, с неразвитостью нефтеперерабатывающей отрасли и проблемами с уже существующими НПЗ в Нигерии, Камеруне, Гане, Сенегале, ЮАР.

Кроме того, в контексте глобального «зеленого курса», климатической повестки, а также пандемии COVID-19 произошло снижение активности западных нефтега-

География проектов TotalEnergies достаточно обширна: Ангола, Кения, Уганда, Танзания, Нигерия, Гвинея и Мавритания. На страны Африки приходится 30 % добычи и до 30 % инвестиций компании

³² Reuters. URL: <https://www.reuters.com/world/africa/shortage-oil-refineries-haunts-africa-fuel-prices-rocket-2022-06-01/>

зовых компаний в сфере нефтедобычи и переработки. Сократились инвестиции в нефтяную отрасль в целом, в том числе и в африканских государствах. Так капитальные расходы (CAPEX) в области добычи сократились с 63 млрд долл. в 2014 г. до ожидаемых 33 млрд долл. в 2022 г.³³ Учитывая то, что для многих стран региона нефтегазовая сфера выступает одной из ключевых отраслей экономики, такие шаги западных компаний могут нанести серьезный ущерб долгосрочному развитию экономики региона. Данные процессы даже вынудили «Афрэксимбанк» и Африканскую организацию производителей нефти создать Африканский банк энергоперехода, в том числе для восполнения недополученного капитала в нефтегазовой отрасли³⁴.

Европейские и американские нефтегазовые компании на протяжении долгого времени занимали доминирующее положение в области добычи углеводородов. По данным Rystad Energy, в 2020 г. на них пришлось около 30 % производства нефти и газа.

Однако постепенно нефтегазовые гиганты Европы и США начинают выходить из проектов по добыче нефти, одновременно пытаясь диверсифицировать портфель проектов. В основном передача долей в проектах по добыче нефти осуществляется африканскими национальными нефтяными компаниями. Например, руководство Epi собирается отказаться от нефтяных активов в Конго, ExxonMobil вышел из проекта по добыче нефти на шельфе Ганы,

В Африке наблюдается острый дефицит нефтепродуктов. Суммарная мощность НПЗ южнее Сахары составляет около 1,36 млн б/с, однако в 2021 г. было задействовано лишь 30 % от указанного объема

³³ The State of African Energy 2022. URL: https://energychamber.org/wp-content/uploads/AEC-Outlook-2022_b.pdf.

³⁴ Afreximbank. URL: <https://www.afreximbank.com/afreximbank-signs-memorandum-of-understanding-with-the-african-petroleum-producers-organization-to-establish-an-african-energy-transition-bank/#:~:text=The%20African%20Energy%20Transition%20Bank,and%20sustainability%20for%20many%20populations.>



Проект Shell Бонга по добыче нефти на шельфе Нигерии
Источник: Shell

а Shell – из нефтяных проектов в Нигерии и Египте³⁵. Отказ компаний от нефтяных активов в африканских странах может привести к желанию национальных африканских компаний заключать новые партнерства в этой отрасли. Сложившаяся ситуация может стать дополнительным стимулом для российских компаний к более активным инвестиционным шагам.

Определенные перспективы есть и в электроэнергетике. В пяти африканских странах (Анголе, Египте, Марокко, Алжире, Нигерии) на семи тепловых и гидроэлектростанциях установлены и успешно функционируют турбины производства ПАО «Силовые машины»³⁶.

Одно из препятствий для российских электроэнергетических компаний – конкуренция со стороны западных стран, Китая и Индии. Кроме того, в контексте достижения цели устойчивого развития № 7 «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим надежным устойчивым и современным источникам энергии для всех»³⁷

³⁵ The State of African Energy 2022. URL: https://energychamber.org/wp-content/uploads/AEC-Outlook-2022_b.pdf

³⁶ ПАО «Силовые машины». URL: <https://power-m.ru/en/customers/references/?region=Africa&country=0>

³⁷ URL: <https://www.un.org/ru/chronicle/article/22193> Обеспечение

развитием электроэнергетики региона занимаются как иностранные компании, так и целый ряд международных институтов и банков развития. Вместе с тем, с учетом постоянно возрастающего спроса в регионе на электроэнергию и недофинансированием отрасли, у российских электроэнергетических компаний все же есть шанс нарастить свое присутствие в регионе.

Рост спроса на электроэнергию заставляет некоторые африканские страны смотреть в сторону развития атомной энергетики. Уже сейчас Намибия, Нигер, ЮАР, Танзания усиливают свой вес как крупные производители урана. На континенте функционирует лишь одна атомная станция – АЭС «Коберг» (ЮАР). Атомная энергия – это экологически чистая, гарантированная энергия по доступной цене вне зависимости от внешних и погодных условий, а также политико-экономической конъюнктуры.

Сегодня Россия реализует ядерные проекты различного профиля в Судане, Замбии, Эфиопии, Египте, Конго, Нигерии.

доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. Организация Объединенных Наций (un.org)

АЭС «Эд-Дабаа» в Египте
Источник: atomic-energy.ru



Развитие мобильности растущего населения Африки станет одним из основных драйверов увеличения объемов потребления энергии, а нефть – главным ресурсом для удовлетворения растущего спроса

В начале 2000-х гг. были подписаны соглашения по ядерным технологиям с Намибией, Анголой, затем с Ганой, Кенией, Угандой, Марокко, Алжиром. Подписано соглашение с Танзанией о добыче на территории страны урана. Летом 2022 г. ГК «Росатом» начала строительство АЭС «Эд-Дабаа» (ВВЭР-1200) в Египте. В рамках контракта Россия будет осуществлять поставки ядерного топлива, обучение персонала, а также сервисную поддержку³⁸. По оценкам, АЭС «Эд-Дабаа» сможет обеспечивать более 20 % потребления электроэнергии Египта.

Угрозы, вызовы, риски и проблемы реализации сотрудничества остаются все те же – политическая нестабильность региона, высокий уровень коррупции, отсутствие полноценной информации о ресурсах, высокая конкуренция со стороны других игроков, в частности Китая. Кроме того, необходимо учитывать, что по мере расширения российского присутствия на континенте существует вероятность дальнейшего политического давления со стороны коллективного Запада.

В этой связи для успешной работы российского бизнеса в Африке необходима системная поддержка со стороны государства: развитие дальнейшего правительственного диалога и формирование необходимой институциональной системы сотрудничества (включая создание альтернативных механизмов взаиморасчетов, кредитования, страхования и др.), налаживание эффективных информационных каналов для взаимодействия в рамках экономических форумов и специализированных отраслевых мероприятий.

³⁸ ГК «Росатом». URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/rossii-dan-start-proizvodstvu-oborudovaniya-dlya-pervoy-aes-el-dabaa-v-egipte/>



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2022 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей. В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ





2409 5518

ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
Varnava_photo / depositphotos.com