

Энергоснабжение в Арктике с использованием ВИЭ

В силу географического положения и климатических особенностей средняя температура воздуха в Арктическом бассейне увеличивается в два раза быстрее, чем глобальная температура на планете, при этом она имеет большую межгодовую и многолетнюю изменчивость. Немаловажным фактором климатических изменений являются выбросы парниковых газов от энергетических объектов. При добыче и транспортировке углеводородов мировыми и российскими нефтегазовыми компаниями они превышают 800 млн т CO₂ экв, в том числе более 100 млн т приходится на Арктическую зону РФ. Наличие высокого ветропотенциала арктических территорий и солнечного потенциала территорий Республики Саха (Якутия), позволяет при модернизации существующих ДЭС и развитии новых систем энергоснабжения в Арктике, внедрять установки возобновляемой энергетики, в том числе с использованием модульных ветроэнергетических установок, обеспечивающих высокую долю замещения дизельного топлива. Экспертное снижение выбросов попутных газов при внедрении установок возобновляемой энергетики и пятидесятипроцентном замещении дизельного топлива может составить более миллиона тонн CO₂ экв.



Проблема изменения климата в современном мире весьма актуальна, в том числе и в России. В силу географического положения и климатических особенностей установлено, что средняя температура воздуха в Арктическом бассейне увеличивается в два раза быстрее, чем глобальная температура, при этом она имеет большую межгодовую и многолетнюю изменчивость. Концентрация морского льда и его площадь за последние 30 лет в Северном полушарии уменьшилась в 2,5 раза. В дальнейшем эти процессы будут только нарастать и к концу XXI века площадь льдов в Арктике может сократиться в 10 раз. Антропогенная природа потепления связывается с увеличением выбросов парниковых газов (ПГ). За последние 30 лет общий объем выбросов ПГ в мире изменился с 22,0 млрд т CO₂ экв до более чем 55 млрд т CO₂ экв.

Основными источниками выбросов ПГ являются энергетические объекты по производству тепла и электричества, на долю которых приходится около 30 % выбросов. В таблице 1 [2] показаны удельные выбросы ПГ при производстве электроэнергии электрическими станциями, использующими различные источники энергии.

ТАБЛИЦА 1. Выбросы ПГ от работы электрических станций (ЭС) за жизненный цикл, г CO₂ экв/кВт·ч

АЭС	Угольная ТЭС	Мазутная ТЭС	Газовая ТЭС	ДЭС	ВЭС	ГЭС	СВЭС
15-18*	955	818	430	772	15-18	9-12	65

* без учета затрат топливного цикла

ТАБЛИЦА 2. Выбросы парниковых газов нефтегазовыми компаниями в мире и доля приходящая на Арктическую зону РФ, млн т CO₂ экв

Компания	BP	Total	Shell	Chevron	ExxonMobil	Новатэк	Лукойл	Газпром-нефть	Газпром	Роснефть	ДЭС	Всего
Выбросы ПГ	55	41,5	116	57	120	11,1	36,7	26,1	236,5	51,2		825
Выбросы в АЗР		4,2				10,5	23,0	7,0	50,1	4,1	1,0	109,8

Как видно из таблицы 1, низкоуглеродными технологиями являются возобновляемая и атомная энергетика.

Значительный вклад в выбросы парниковых газов (до 40 %) вносит нефтегазовая промышленность. Из этого вклада выбросов ПГ в нефтегазовой промышленности около 20 % можно отнести непосредственно к нефтегазодобыче (сфера 1) и транспортировке (сфера 2) углеводородов, остальные выбросы происходят при сжигании углеводородов. В таблице 2 приведены данные по выбросам ПГ при добыче и транспортировке углеводородов некоторыми крупными мировыми и российскими нефтегазовыми компаниями, а также выделены объемы выбросов, приходящиеся на Арктическую зону РФ (АЗР). Для оценки общих объемов выбросов ПГ в АЗР приведены выбросы от работающих в Арктике дизель-электрических станций (ДЭС).

Крупнейшие нефтегазовые компании, в рамках Парижских климатических соглашений, особенно в последние два года, занимаются повышением энергетической эффективности своей деятельности и диверсификацией своего бизнеса в пользу технологий декарбонизации и внедрения ВИЭ.

Особенно важное значение имеют планы по внедрению низкоуглеродных технологий в Арктической зоне. Так, например, цели компании Роснефть по углеродному менеджменту до 2035 года – предотвращение выбросов 20 млн тонн CO₂-эквивалента. Это предполагается сделать за счет мер по энергосбережению, развитию собственной ветроэнергетики и покупки энергии от возобновляемых источников, утилизации попутного нефтяного газа, а также использования «синего» водорода.

Компания Газпромнефть в области управления воздействием на климат предлагает следующие приоритеты:

- сокращение выбросов парниковых газов и утилизация попутного нефтяного газа (в 2020 году снижение выбросов составило 9,7 %);
- увеличение доли низкоуглеродных проектов;
- использование новых возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (развивает в Арктике ветроэнергетику и строительство комбинированных ветро-дизельных и солнечно-дизельных энергокомплексов).

Компания Норникель уже сейчас имеет чистую генерацию с использованием ГЭС и производством электроэнергии 4,2 ТВт·ч (56%) и планирует также развивать ветроэнергетику.

Экспертное снижение выбросов ПГ в Арктике за счет внедрения мероприятий НУР с использованием ВИЭ для нефтегазовых и производственных компаний, работающих в Арктике, на уровне 2050 года может составить до 50%.

Северные регионы России отличаются экстремальными природно-климатическими условиями, низкой плотностью населения, удаленностью от основных промышленных центров, высокой ресурсоемкостью и зависимостью хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива (северного завоза), продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов страны. Энергоснабжение потребителей осуществляется неэффективно работающими дизельными электростанциями, установленная мощность которых более 770 МВт, выработка электрической энергии около 1160 МВт·ч за год. Суммарный завоз дизельного топлива составляет более 350 тыс. тонн за год. Наносится значительный ущерб ранимой северной природе выбросами парниковых газов и продуктов сгорания топлива (около 1,0 млн т CO₂ экв, 80 тыс. т SO_x, 600 тыс. т NO_x), а также беспорядочным хранением бочек из-под топлива.

В то же время ресурсы возобновляемых источников энергии (прежде всего ветровой и солнечной) в этих регионах достаточно велики для экономически эффективного использования. На рис. 1. приведено распределение ветроэнергетических ресурсов (ВЭР) (м/с на высоте 10 м) для территории России.



Около 30 % ВЭР сконцентрировано на Дальнем Востоке, а более 35–40 % – в Арктической зоне европейской части России, Западной и Восточной Сибири. Прекрасные условия для производства электроэнергии с помощью солнечных электростанций имеются в Забайкалье и Саха (Якутии). Эти территории характеризуются высоким приходом суммарной радиации не только в летний, но и в холодный период – особенно в феврале-марте, при сочетании большого прихода радиации, низкой температуры воздуха и снежного покрова. Удельная выработка электроэнергии в этих районах может достигать 180–220 кВт·ч/м² в год.

В нашей стране создание энергокомплексов, использующих установки возобновляемой энергетики (ВИЭ-ДЭС), позволяют экономить очень дорогое дальнепривозное дизельное топливо.

Для решения этих проблем энергоснабжения в арктических, северных и дальневосточных регионах России реализуются проекты энергокомплексов ВИЭ-ДЭС, позволяющие экономить дизельное топливо за счет использования ВИЭ. В табл. 3 приведены параметры некоторых энергокомплексов ВИЭ-ДЭС, построенных в России в последнее время.

ТАБЛИЦА 3. Параметры энергокомплексов ВИЭ-ДЭС в России

Название ЭК	Год создания	Состав ЭК	Мощность ВИЭ, кВт	Мощность ДЭС, кВт	Емкость АС, кВт·ч	Уровень замещения дизельного топлива
ВДЭС Амдерма	2017	ВЭС - ДЭС	200	600	–	37 %
ВДЭС Полиметалл (Хабар. край)	2019	ВЭС - ДЭС	100	110	200	70 %
ВДЭС Тикси	2018	ВЭС - ДЭС	900	3000	1000	30 %
СДК Батагай (Якутия)	2016	СЭС - ДЭС	1000	1500	–	300 т/год
СДК Светлое (Маг. обл)	2018	СЭС - ДЭС	1004	1000	–	27 %
СДК Мэнза (Забайк. край)	2018	СЭС - ДЭС	120,0	400	320	40 %
АГЭК Табалах (Якутия)	2021	СЭС - ДЭС	450	600	100	20 %
АГЭК Верхоянск (Якутия)	2021	СЭС - ДЭС	1000	1680	1400	н/д
АГЭК Кубака (Магаданская обл.)	2022	СЭС - ДЭС	5000	3000	1400	н/д
АГЭК Снежное (Чукотка)	2021	СЭС - ДЭС	250	600	300	н/д
АГЭК Канчалан (Чукотка)	2022	СЭС - ДЭС	400	1300	400	30 %
АГЭК Хонуу (Якутия)	2022	СЭС + ДЭС	1500	3300	550	34,4 %
АГЭК Чумту-Кытыл (Якутия)	2022	СЭС + ДЭС	100	250	50	37,9 %
АГЭК Кулун-Елбют (Якутия)	2022	СЭС + ДЭС	100	250	50	37,9 %
АГЭК Сасыр (Якутия)	2022	СЭС + ДЭС	230	600	1000	33,5 %
АГЭК Улахан-Кюель	2022	СЭС + ДЭС	400	600	107	38 %
АГЭУ Марково (Чукотка)	2022	ДЭС + СЭС	800	2600	200	н/д
АГЭУ Мугур-Аксы (Тыва)	2019	ДЭС + СЭС	400	1200	473	н/д
АГЭУ Кызыл-Хая (Тыва)	2019	ДЭС + СЭС	150	450	240	н/д

Примечание: ВДЭС – ветродизельная электростанция, СДК – солнечно-дизельный комплекс, АГЭК – автоматизированный гибридный энергокомплекс, ВЭС – ветроэлектрическая электростанция, СЭС – солнечная электрическая станция.

Учитывая наличие высокого ветропотенциала арктических территорий, модернизацию существующих ДЭС и развитие новых систем энергоснабжения в Арктике эффективно проводить путем создания модульных систем энергоснабжения на основе с

адаптированными к российским климатическим условиям ветроэнергетическими установками (ВЭУ). Структурная схема такого энергокомплекса приведена на рис. 2.

РИСУНОК 2. Структурная схема модульного ветродизельного энергокомплекса (ВДЭК)



Принципы проектирования и создания таких систем энергоснабжения включают:

- использование оборудования модульного исполнения, адаптированного к местным природно-климатическим и логистическим условиям;
- использование интеллектуальной системы преобразования, управления и распределения энергии (ИСПУРЭ) на основе активно-адаптивных связей, обеспечивающей максимизацию использования ВИЭ и высокий уровень замещения органического топлива;
- использование современных геоинформационных технологий для поддержки принятия проектных решений создания энергетических объектов в Арктике с базами достоверной природно-климатической информации, алгоритмами оценки ветроэнергетических ресурсов в месте размещения ЭК;
- внедрение принципов цифрового проектирования ветроэнергетических установок и их элементов в составе энергетического комплекса для реальных природно-климатических условий территории в Арктической зоне РФ с использованием современных программных средств расчета и моделирования.

Ветроэлектрическая установка (ВЭУ) в составе ВДЭК является комплексом взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенным для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию. Компонентно ВЭУ состоит из совокупности элементов модульного исполнения, включающего: ветроколесо, гондолу, башню, фундамент, систему самоподъема. Учитывая сложные природно-климатические условия, сложную логистику доставки оборудования, все элементы должны иметь транспортно-весовые характеристики, обеспечивающие перевозку в стандартных контейнерах, конструкции – иметь высокую заводскую готовность, используемые материалы должны надежно работать в арктических условиях, а монтаж должен проводиться без применения тяжелой крановой техники. Важнейшим элементом ВЭУ является фундамент, который, в отличие от трудоемких бетонных работ, предлагается монтировать из изготавливаемых на заводе специальных модулей, доставлять к месту установки и монтировать на месте.

Таким образом, транспортно-логистическим требованиям для условий Арктики удовлетворяет ВЭУ мощностью до 100 кВт.

Для арктических ВДЭК необходима система управления, обеспечивающая высокую долю замещения дизельного топлива, поэтому использована интеллектуальная система преобразования, управления и распределения энергии (ИСПУРЭ), обеспечивающая возможность максимизации выработки энергии от ВЭУ за счет динамического перераспределения мощности между элементами энергокомплекса и, как следствие, минимизации расхода топлива (с возможностью полного отключения топливных источников электроэнергии в период достаточной мощности от ВЭУ).

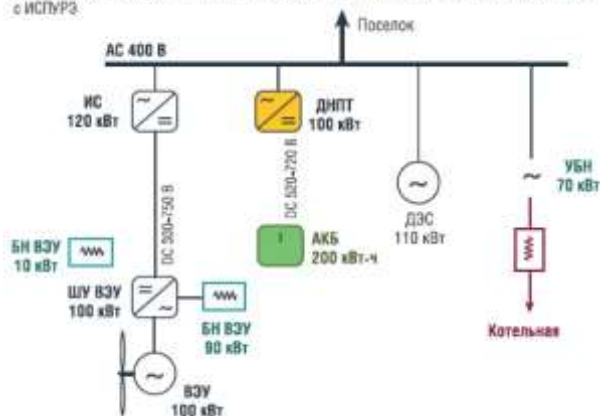
Цели создания ИСПУРЭ:

- в реальном времени максимизировать выработку энергии ВЭС и экономию топлива на ДЭС при покрытии требуемой нагрузки;
- обеспечение дистанционного мониторинга параметров и режимов работы ВДЭК;

- обеспечение интеллектуальной диспетчеризации работы оборудования и систем энергокомплекса с максимальной степенью автономности работы;
- наблюдение за состоянием оборудования, анализ статистики режимов работы ВДЭС и прогнозирование ветрового режима;
- планирование графика работы оборудования, технического обслуживания, оценки рисков и предупреждения аварийных ситуаций;
- адаптивность и круглосуточная поставка энергии , в том числе при выходе из строя части генерирующего оборудования (ДГУ или ВЭУ).

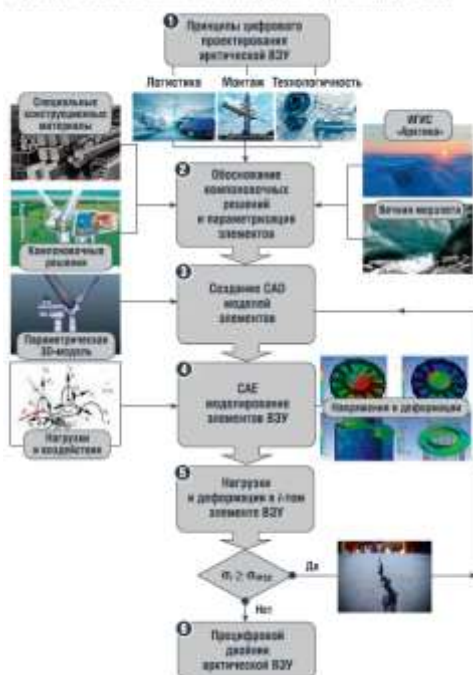
Аппаратно ИСПУРЭ состоит из трех силовых устройств динамического регулирования мощностей ВЭУ и ДЭС – ДНПТ (двунаправленный преобразователь тока), УБН (управляемая балластная нагрузка) и АКБ (аккумуляторная батарея). Схема электроснабжения одного из поселков от ВДЭК с ИСПУРЭ приведена на рис. 3.

РИСУНОК 3. Структурная схема энергоснабжения от ветродизельного энергокомплекса с ИСПУРЭ.

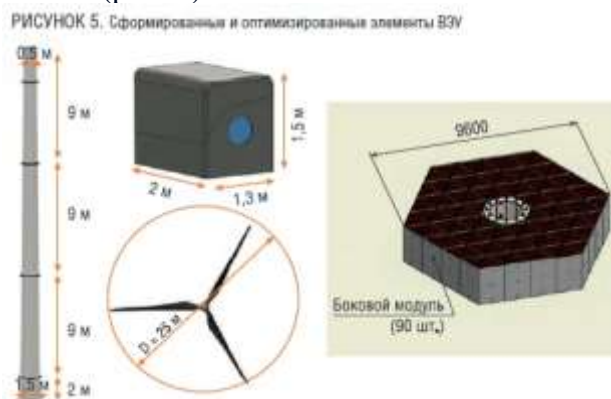


Для повышения качества проектной документации, надежности конструкции, энергетической, экономической, экологической эффективности модульных ВЭУ предлагается широкое использование методологии цифрового проектирования объекта для реальных природно-климатических условий территории в Арктической зоне РФ с использованием современных программных средств расчета и моделирования. В результате использования таких принципов и технологий создается основа для формирования цифрового двойника объекта, методология и большой опыт создания которых накоплен в СПбПУ. Блок-схема последовательности такого проектирования на примере создания прецифрового двойника арктической ВЭУ приведена на рис. 4.

РИСУНОК 4. Блок-схема создания прецифрового двойника арктической ВЭУ 100 кВт



В результате моделирования и расчетов формируются оптимизированные модели элементов конструкции модульной ВЭУ (рис. 5).



Модели элементов импортируются в формате STEP в ПО Autodesk Fusion 360, где производится сбор, визуализация и анимация модели ВЭУ применительно к конкретному месту размещения энергокомплекса.

Программы развития Арктики предполагают примерно удвоение мощности генерации и производства электроэнергии. Таким образом, потенциальный рынок модульных ВДЭС в арктических регионах с учетом внедрения на объектах нефтегазовых и производственных компаний, работающих на Севере, а также развития энергетической инфраструктуры Северного морского пути может составить от 4000 до 6000 модулей с ВЭУ 100 кВт. Экспертное снижение выбросов ПГ при 50 % замещения дизельного топлива может составить более 1,0 млн т CO₂ экв.

Выводы:

-выбросы ПГ при добыче и транспортировке углеводородов мировыми и российскими нефтегазовыми компаниями составляют более 800 млн т CO₂ экв, в том числе более 100 млн т приходится на Арктическую зону РФ.

-энергоснабжение потребителей в Арктике осуществляется неэффективно работающими дизельными электростанциями, наносится значительный ущерб ранимой северной природе вредными выбросами при сгорании топлива и парниковыми газами (около 1,0 млн т CO₂ экв).

-учитывая наличие высокого ветропотенциала арктических территорий, необходимую модернизацию существующих ДЭС и строительство новых систем энергоснабжения эффективно проводить созданием модульных ветро-дизельных энергокомплексов с интеллектуальной системой управления и модульными ВЭУ, обеспечивающих высокую долю замещения дизельного топлива (более 50 %) с широким использованием цифровых технологий проектирования, моделирования и оптимизации.

Учитывая планы освоения Арктики и развитие энергетической инфраструктуры, экспертное снижение выбросов ПГ при внедрении модульных ВДЭС может составить более 1,0 млн т CO₂ экв.

источник: Статья «Энергоснабжение в Арктике с использованием ВИЭ» опубликована в журнале «Neftegaz.RU» (№1, Январь 2023), автор: Елистратов Виктор Васильевич

<https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/766987-energospabzhenie-v-arktike-s-ispolzovaniem-vie/>