Цифровое проектирование ветродизельных энергокомплексов модульного типа для Арктики

В связи с освоением природных богатств арктического региона необходимо активно развивать эффективные технологии энергоснабжения для арктических поселений. Рассказываем о проектах, призванных решить эту задачу.

Электроэнергия в Арктической зоне в настоящее время в основном вырабатывается дизельными электростанциями. Для обеспечения расположенных на арктическом побережье селений и научных станций действует около 900 дизельных электростанций, которые вырабатывают около 3 млрд кВт ч электроэнергии в год. Дизельное топливо во время короткой летней навигации завозится в бочках. Использованные бочки везти обратно не выгодно, в результате вокруг поселений скапливается огромное количество ржавеющей тары.

Значительный ущерб природе Арктики наносят выбросы продуктов сгорания топлива: приблизительно 40 млн т CO_2, 80 тыс. т оксидов серы (SO_x), 600 тыс. т оксидов азота (NO_x) ежегодно.

В настоящее время стоимость электроэнергии в арктических поселениях колеблется от 15 до 80 руб. за киловатт час, а кое-где и более. Это гигантская нагрузка на бюджет, ведь населению невозможно предложить такую цену. Субсидия из бюджета составляет десятки миллиардов рублей. Поэтому нужно стремиться к тому, чтобы снизить себестоимость производства электроэнергии в арктических условиях.

В Арктике климатические изменения приобрели сейчас более выраженный характер, чем в других регионах. Например, температура в арктическом бассейне увеличивается в два раза быстрее, чем в целом в мире. При этом происходит значительное сокращение ледового покрова, наблюдается таяние вечной мерзлоты, сокращается ареал обитания традиционных видов животных. Таяние ледников приводит к повышению уровня мирового океана. Поэтому очень важно снизить выброс парниковых газов в этом регионе.

На недавнем XI Международном форуме «Арктика настоящее и будущее» на сессии «Светлое будущее в формировании энергетических комплексов в Арктике» было много докладов, интересных с точки зрения внедрения новых энергетических технологий: атомных энергетических установок, на примере работающей плавучей станции «Ломоносов» в Певеке, использование газификации углей в северных регионах, создание ветродизельных и даже солнечно-дизельных энергетических установок.

Сегодня наш собеседник профессор Высшей школы Гидротехнического и энергетического строительства Инженерно-строительного института, Директор НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» (НОЦ «ВИЭ») Санкт-

Петербургского Политехнического университета, заслуженный энергетик РФ, д.т.н., Виктор Васильевич Елистратов.

- Виктор Васильевич, можно ли решить проблемы с электроснабжением на арктических территориях и при этом снизить выброс парниковых газов?

- Исследование таких возможностей началось еще с 2014 года, когда НОЦ «ВИЭ» выполнял госконтракт в рамках федеральной целевой программы на выполнение НИОКР «Исследования и разработки по созданию систем энергоснабжения на основе традиционных и возобновляемых видов энергии для суровых климатических условий». Мы рассмотрели различные варианты, как можно эффективно обеспечить энергоснабжением поселения на арктических территориях, где энергоснабжение традиционно было на дизелях, которые находятся сейчас в плачевном состоянии, имеют низкую эффективность и требуют много дизельного топлива. Затраты на «северный завоз» дизельного топлива составляют порядка 40 млрд руб. в год. Ежегодно поставляется в Арктику более 1 млн тонн дизтоплива. В то же время в Арктике достаточно высоки ресурсы ветровой энергии. В ходе выполнения НИОКР, мы предложили технологию гибридного использования технологий традиционного и возобновляемых видов энергии. Основным критерием, который мы закладываем в процессе проектирования таких энергокомплексов – обеспечить максимальную долю замещения дизельного топлива (более 50%) за счет использования возобновляемого энергоресурса – ветровой энергии. Для реализации этого критерия была разработана интеллектуальная система управления энергокомплексом, обеспечивающая

оптимизацию процессов поступления, распределения и потребления энергии. То есть создали и сформулировали ядро так называемой системы Smart GRID для изолированного потребления.

Кроме этого, учитывая очень сложные проблемы доставки и монтажа оборудования, мы предложили модульный принцип создания ветродизельных систем энергоснабжения и, прежде всего, ветроэнергетической установки. Конструкции рассчитывались по размеру для помещения в стандартный 40-футовый контейнер, чтобы оборудование можно было на Большой Земле комплектовать, доставлять к месту установки и монтировать. Причем мы включили в число изготавливаемых модулей и фундамент, части которого создаются на Большой Земле, комплектуются в те же контейнеры, привозятся и на месте собираются как конструктор без бетонных и земляных работ. Также была предложена и рассчитана конструкция для сборки ветроустановки, которая при монтаже позволяет обойтись без тяжелого кранового оборудования. Так родилась технология самоподъемной системы, при помощи которой специалисты смогли бы собирать ветроагрегат. По предложенным технологиям создания модульного фундамента и системы самоподъема получены патенты. В результате выполнения НИОКР получилась замкнутая, логистически обоснованная, эффективная система энергоснабжения северных поселений с использованием возобновляемой ветровой энергии.

- Как рассчитать, где ветродизельные установки эффективны, а где – нет?

- В рамках выполнения НИОКР и последующих исследований нашего научного коллектива было решено много интересных научно-технических задач. Одна из них – задача правильного определения ресурсов ветровой энергии. Откуда взять знания об этих источниках? В Арктике очень мало метеостанций, например, в отличие от Большой Земли. В арктической зоне одна метеостанция приходится на 15 тыс. кв. км. Следовательно, точность получения метеоданных очень невысокая. Поэтому мы предложили трехуровневую систему оценки ресурсов в условиях недостаточной климатической информации. Она опирается на мезомасштабное и микромасштабное моделирование ветрового потока с использованием данных спутниковых наблюдений. И моделирование данных этих наблюдений приводится в ту точку, где нам надо поставить и сформировать энергокомплекс. А затем уже с использованием результатов мезомасштабного моделирования мы для конкретного места проводим микромасштабное моделирование с конкретным оптимальным размещением ветроагрегатов в самом выгодном, с точки зрения ресурсов, месте – вблизи населенного пункта. Хорошие знания о приходе ветрового ресурса и эффективная интеллектуальная система управления позволяют минимизировать, с одной стороны, расход топлива, а с другой стороны, обеспечить надежное энергоснабжение, прогнозирование графика нагрузки, прогнозирование прихода ветрового потенциала, и оптимальное перераспределение мощности между системой аккумулирования. При увеличении скорости ветра и выработки электричества ветроустановкой, происходит уменьшение мощности дизеля вплоть до его остановки. Когда ветра недостаточно – начинают последовательно подключаться сначала аккумулирующие системы, а когда они приходят к минимуму – подключается дизель. Таким образом создаются оптимальные энергокомплексы.

При нынешней системе энергоснабжения северных территорий, по нашим экспертным расчетам, может потребоваться около 4 тысяч таких модулей с установленной мощностью ветроагрегата около 100 кВт для обеспечения стабильным энергоснабжением поселений на российском побережье Арктики.

Чтобы иметь достоверную информацию и накапливать ее для принятия проектных решений, мы создали интерактивную геоинформационную систему ИГИС «АРКТИКА» с информационными базами территориальной природно-климатической, ресурсно-производительной, социально-экономической, экологической и другой необходимой информации. Сформированы базы по административному делению территории, численности населения, графикам нагрузки потребления в поселениях, стоимости топлива и электроэнергии и др. Кроме того имеется ресурсный слой, где мы оцениваем ветровой потенциал и экспертно определяем, насколько эффективно строить в конкретном месте такую ветродизельную систему энергоснабжения.

В развитии исследований, с 2017 года выполняется международный проект в рамках программы приграничного сотрудничества ENI (ЕС-Россия-Финляндия) «Создание эффективных систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии для Арктики». Проект выполняется совместно с Политехом, ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» и Лаппеенрантским Технологическим университетом (Финляндия). У нас уже есть решения, предусматривающие строительство станций не только на берегу, но и на шельфе, а также на плавучих основаниях. Особенно важно рассчитать, как будет взаимодействовать оффшорная электростанция с волнами и дрейфующим льдом. Эти исследования выполняет группа во главе с профессором Александром Станиславовичем Большевым.

Также с конца 2020 г. выполняется проект «Цифровые технологии создания арктических энергетических сооружений с применением адаптивных материалов нового поколения роботизированных систем» в рамках создания научных центров мирового уровня по тематике «Передовые цифровые технологии СПбПУ».

В рамках проекта предложены принципы цифрового проектирования, информационного моделирования при создании энергетических сооружений для арктических условий. Это предусматривает создание прецифрового двойника сооружения на основе технологий цифрового и информационного моделирования. Нами предложены принципы расчета конструирования арктических ветровых турбин берегового и морского базирования в Арктике (модульный принцип), рекомендованы материалы, которые можно применять для установок арктического исполнения. Разработку технологий проектирования модульных ветроэнергетических установок выполняет группа во главе с доцентом Александром Алексеевичем Панфиловым.

- Какие проекты уже сделаны или находятся в процессе реализации?

- Хочется отметить, что молодыми сотрудниками НОЦ «ВИЭ» для реализации конкретных проектов внедрения ветродизельных энергокомплексов на основе разработанных приципов было создано малое предприятие во главе с к.т.н. Михаилом Конищевым. Пилотный проект при научно-техническом сопровождении НОЦ «ВИЭ» был выполнен в 2017 году в поселке Амдерма (Заполярный район Ненецкого автономного округа, на побережье Карского моря) – проведена реконструкция дизельной станции и создан ветродизельный энергокомплекс. Предполагалось внедрение ветровой вставки в дизельную электростанцию. Мы обосновали параметры и внедрение четырех адаптированных к северным условиям ветроагрегатов мощностью по 50 кВт каждый, были

реализованы модульные транспортабельные условия доставки этого оборудования и самомонтаж ветроэнергетических установок. Общие инвестиции в проект составили около 90 – 95 млн. руб., срок окупаемости этого проекта оказался 4,7 года. В результате этой работы обеспечено снижение расхода дизельного топлива на 300 тонн в год и предотвращены выбросы порядка 600 тонн CO_2 ежегодно.

Также реализован проект в Хабаровском крае для одного из добывающих полиметаллических предприятий. Создана ветродизельная установка с ВЭУ мощностью 100 кВт. За счет использования интеллектуальной системы управления обеспечена высокая доля замещения, порядка 80%.

Следует отметить современные мировые тренды борьбы с климатическими изменениями, снижением выбросов парниковых газов от объектов топливно-энергетического комплекса, что подтверждено на недавно прошедшем климатическом саммите в Глазго. В условиях этих трендов многие нефтегазовые компании, в том числе работающие в арктической зоне, заинтересованы во внедрении низкоуглеродных технологий для снижения углеродного следа в результате своих действий. Мы в этом направлении сотрудничаем с компанией «Газпромнефтьшельф», для которой тоже предлагаем технологию, которая, возможно, приведет к созданию отечественного ветроагрегата, адаптированного к северным условиям, с учетом логистических и транспортных особенностей. Это может быть модульный ветроагрегат мощностью порядка 500 кВт, который имел бы модули, которые можно было бы доставлять по зимнику на необустроенный площадку и монтировать без крана. Проектировать и конструировать его целесообразно на основе цифровых технологий, большой опыт применения которых накоплен в Центре НТИ «Новые производственные технологии» С.-Петербургского Политехнического университета. Такое сотрудничество, с одной стороны, позволит использовать наши компетенции по компоновочным решениям, параметрам, составу оборудованию ветроэнергетических установок, материаловедению, учету природно-климатических особенностей, а с другой стороны, использование компетенций Центра НТИ СПбПУ по цифровому конструированию.

Такое междисциплинарное, системное сотрудничество между подразделениями университета еще раз подтверждает наш политехнический принцип в решении важнейших научно-технических