

УДК 621.548 + 621.311.24

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В АРКТИЧЕСКОМ КЛИМАТЕ

*Е.С. Бодрова, А.М. Астапенко, Е.В. Соломин*

В статье отражена проблема надежного электроснабжения отдаленных потребителей арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ): показано существующее энергообеспечение потребителей. Приведены данные по ветровому потенциалу по регионам АЗРФ. Рассмотрен опыт в эксплуатации ветроэнергетических установок в арктической части России. Сделаны основные выводы о проблеме эксплуатации ветроэнергетических установок в широком диапазоне. Разработана структурная схема для долгосрочного планирования по замещению старого энергооборудования (дизель-генератор) на новое (дизель-генератор, ветроэнергетическая установка).

Ключевые слова: Арктика, ветроэнергетическая установка, энергия ветра, арктический климат.

В Российской Федерации Арктика занимает 64,7 % от общей площади страны. Приоритетным направлением развития Российской Федерации является освоение арктических регионов (зон). Арктическая зона характеризуется существенным энергопотенциалом: территории крупных населенных пунктов с промышленными предприятиями охвачены сетями централизованного энергоснабжения. На крупных электростанциях используются традиционные энергоресурсы: мазут, уголь, газ, атомная и гидравлическая энергия.

Обширные же территории Арктики с рассредоточенными удаленными потребителями энергии и низкой плотностью населения сталкиваются с проблемами надежного энергоснабжения. Энергоснабжение этих районов осуществляется децентрализованно от автономных источников энергии, представленных в основном дизель-генераторами [1].

Бесперебойное энергоснабжение от дизель-генераторов данных потребителей сопровождается некоторыми проблемами [2, 3]:

- 1) доставка топливно-энергетических ресурсов (дизеля) из-за ограниченной транспортной доступности территории АЗРФ;
- 2) недостаток квалифицированного персонала для обслуживания и ремонта установок;
- 3) изношенные либо заканчивающие свой срок эксплуатации дизель-генераторы;
- 4) воздушное и шумовое загрязнение окружающих территорий, вероятность разлива дизельного топлива при его транспортировке;
- 5) пожароопасность;

- б) высокий расход топлива;
- 7) высокая стоимость выработки электроэнергии.

Принимая во внимание вышесказанное, решением проблемы надежного энергообеспечения этих районов может стать использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Целью данного исследования является изучение перспектив внедрения ветроэнергетических установок для получения электрической энергии на территории АЗРФ.

В задачи исследования входят: рассмотрение опыта эксплуатации ветроэнергетических установок в арктическом климате Российской Федерации; выявление проблем и барьеров, связанных с эксплуатацией ветроэнергетических установок на территории АЗРФ.

На данный момент научные работы, посвящённые темам развития ВИЭ в АЗРФ, являются наиболее актуальными: оценивается потенциал ВИЭ для различных регионов, предлагаются различные варианты и схемы по энергообеспечению. В данной работе произведен сбор данных о действующих установках ветровой энергетики и их мощностях на территории АЗРФ [4–11].

Ресурсов ветровой энергии на Севере вполне достаточно для практического использования: данные по потенциалу и существующим объектам ветроэнергетики приведены в табл. Стоит отметить, что использование ветровой и других возобновляемых источников энергии в АЗРФ в основном решает задачи по снижению потребления дизельного топлива [12].

Таблица

Эксплуатируемые ветровые  
или комбинированные электростанции в регионах АЗРФ

Регион АЗРФ, характеристика	Потенциал	Существующие проекты, мощности
Мурманская область: централизованное электроснабжение на 50 % территории	Средняя скорость ветра более 5 м/с свойственна для прибрежной полосы Баренцева моря и вдоль Белого моря. Наибольшие скорости ветра наблюдаются зимой, что дает подходящую возможность для совместной работы ГЭС и ВЭС, т.к. сток рек минимален, а потребление энергии максимально.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мурманск, ВЭУ 0,2 МВт ЗАО «Ветроэнерго»</li> <li>• Поселок Молочный, страусиная ферма «Северное сияние», ВЭУ мощностью 5 кВт</li> <li>• Поселок Новая Титовка, «Дайвинг-Центр» ВЭУ9 кВт (3 ветрогенератора по 3 кВт)</li> <li>• г. Кола, предприятие «Green House» ВЭУ 500 кВт (при 15 м/с)</li> <li>• Село Ловозеро, центральная усадьба оленеводческого кооператива «Тундра», ветродизельный комплекс (ВДК) с ВЭУ 4 кВт</li> </ul>

Продолжение табл.

Регион АЗРФ, характеристика	Потенциал	Существующие проекты, мощности
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Населенные пункты, расположенные на морском побережье, ветро-солнечные установки для энергообеспечения таксофонов, ВЭУ 1,3 кВт</li> <li>• Село Пялица, Беломорское побережье, дизельно-ветро-солнечная станция: 20 кВт (четыре ветрогенератора по 5 кВт)</li> <li>• с. Чапома, с.Чаваньга, с. Тетрино, ветро-солнечные установки, мощность всех ВЭУ 75 кВт</li> </ul>
Архангельская область: централизованное электро-снабжение на 70 % территории	Ветроэнергетический потенциал в Мезенском районе области и на арктических островах	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Остров Мудьюг, рыболовно-туристический комплекс, ВЭУ 1,5 кВт</li> <li>• г. Архангельск, дороги, 11 комбинированных ветро-солнечных установок для освещения</li> <li>• г. Архангельск, Молодежная экологическая организация «Этас», ветро-солнечная установка мощностью 1,6 кВт</li> <li>• Мыс Желания (остров Северный Новой Земли), национальный парк «Русская Арктика», ветро-солнечная установка (2 ветрогенератора по 600 Вт)</li> </ul>
Ненецкий автономный округ (НАО)	На побережье и в восточной части ветровой потенциал превышает 700 Вт/м <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• г. Амдерма, ветродизельный комплекс: четыре ВЭУ (4*50кВт)</li> </ul>
Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО): централизованное электро-снабжение у 90 % населения	Значительный ветровой потенциал в северной части округа, на Ямале и Гыданском полуострове	<ul style="list-style-type: none"> <li>• г. Лабытнанги, ВЭС 250 кВт</li> <li>• Газовые промыслы компании «Газпром добыча Ямбург» в районе Нового Уренгоя, Уренгоя, Надыма, Тарко-Сале, 200 ветро-солнечных систем (мощность ветрогенератора 1 кВт)</li> <li>• ООО «РН Пурнефтегаз», автономные ветро-солнечно-дизельные комплексы: 2 ветрогенератора по 3 кВт</li> </ul>

Окончание табл.

Регион АЗРФ, характеристика	Потенциал	Существующие проекты, мощности
Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район, Красноярский край	Потенциал ветровой энергетики на побережье и во внутренних районах	–
Республика Коми	–	• Район Воркуты, Заполярная ВЭС, 6 ВЭУ мощностью по 250 кВт
Республика Саха (Якутия)	Ветровой потенциал (ветер со средней скоростью более 5 м/с) высокий на прибрежных северных районах и в нижнем течении р. Лена	–
Чукотский автономный округ (Чукотка)	Среднегодовая скорость ветра изменяется от 4 до 15 м/с. Ветровой потенциал на побережье	• Мыс Обсервации, ветродизельная станция, состоит из 10 ветрогенераторов по 250 кВт
Камчатский край	Характерны сильные ветры и высокий ветровой потенциал	• пос. Октябрьский, ВЭС, подключенная к централизованной сети, три генератора по 300 кВт, четыре генератора по 600 кВт • с. Никольское, ВДК (2 ветроагрегата суммарной установленной мощностью 550 кВт) • пос. Усть-Камчатск, ВЭУ мощностью 275 кВт + три генератора по 300 кВт

На рис. 1 на основании вышеприведенной таблицы построим диаграмму распределения суммарных существующих ветроэнергетических мощностей по регионам АЗРФ.

Общая установленная мощность объектов ветровой энергетики на территории АЗРФ составляет более 10 МВт. Многие установки предназначены для «накопления опыта эксплуатации» в соответствующем климате.

Не секрет, что барьеры на пути внедрения ВЭУ взаимосвязаны и связаны с климатом и местоположением: обледенение, коррозия, удаленность, ограниченность транспорта и транспортных путей, низкие температуры и др. [13]. Существующие технологии ветровой энергетики, которые успешно работают в стандартных условиях, необходимо приспособлять к реалиям территорий с арктическим климатом [14, 15].

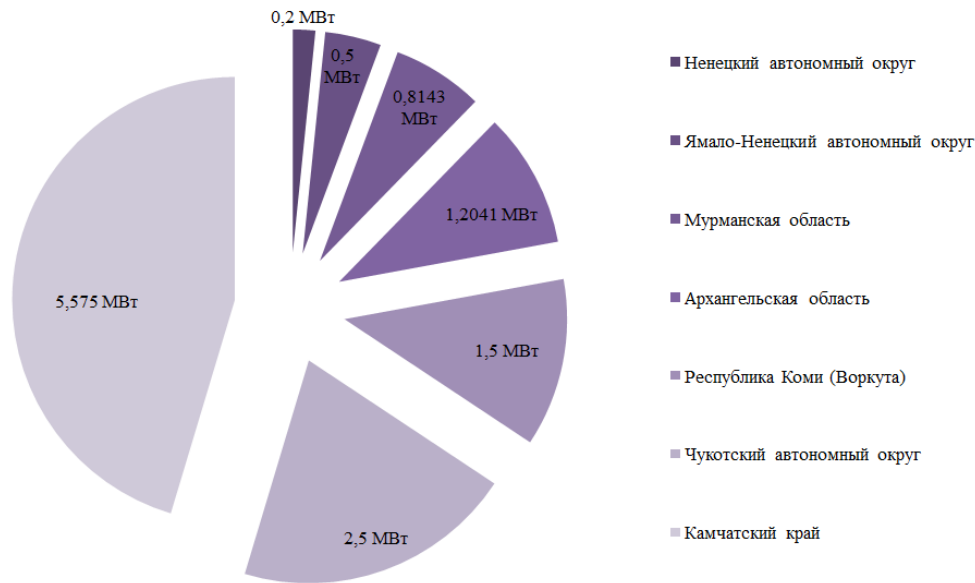


Рис. 1. Диаграмма распределения суммарных существующих ветроэнергетических мощностей

На основании опыта эксплуатации некоторых установок в особо суровых экстремальных климатических условиях АЗРФ учеными Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого были сформулированы основные требования к ВЭУ:

- активная и пассивная защита от обледенения: гидрофобное покрытие лопастей ветроколеса и покраска их в черный цвет;
- повышение надежности и автономности работы: замена пневматической системы торможения на электромеханическую и резервирование датчиков параметров ветра;
- защита от негативного коррозионного влияния среды: покрытие статора и ротора генератора антикоррозийным покрытием;
- повышение прочности и надежности конструкции для условий вечной мерзлоты и возможность монтажа без дополнительного оборудования: усиленная конструкция башни из морозостойкой стали, секционирование башни по весу не более 3 тонн/секция, проектирование специального фундамента;
- защита оборудования от экстремальных температур: установка инвертора и систем управления в термостатированный контейнер.

В связи с непостоянством ветровой энергии полностью отказаться от дизельного топлива не удастся. Но для замены устаревших неэффективных дизель-генераторов на ветро-дизельные комплексы необходимо разработать структурную схему по замещению старого энергооборудования на новое, учитывая все входные данные [16–18]. Данная схема приведена на рис. 2.

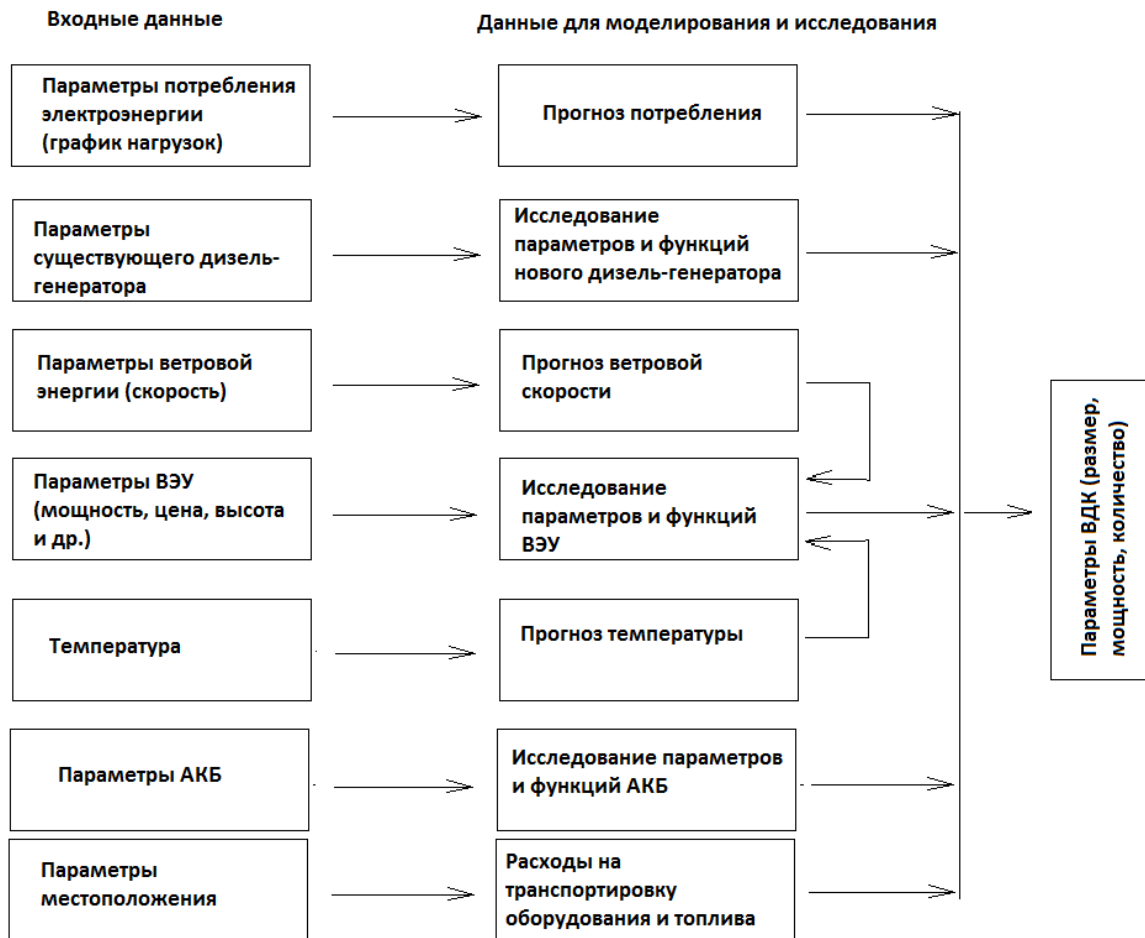


Рис. 2. Структурная схема по замещению старого энергооборудования на новое

**Заключение.** Использование дизель-генераторов на территории АЗРФ получило широкое распространение в связи с тем, что оно является единственным вариантом для надежного энергоснабжения в данном климате. Дальнейшие исследования и опыт эксплуатации ВЭУ на арктических территориях России улучшит понимание экономического потенциала ветроэнергетики и то, как ВЭУ могут быть интегрированы в существующие энергетические системы. При проектировании и монтаже пилотных ВЭУ необходимо принимать во внимание неоднородность и непостоянство энергии ветра для различных регионов АЗРФ, что обуславливает значимость точного ее потенциала в месте расположения потребителя.

Использование ВЭУ в составе автономных энергокомплексов (ветродизельных, ветро-солнечных, ветро-солнечно-дизельных) на данных территориях позволит сократить количество поставляемого органического дизельного топлива, а следовательно, снизить затраты на его транспортировку, ограничить негативное влияние на экосистему Арктики и в целом обеспечить стабильное и бесперебойное энергоснабжение.

### Библиографический список

1. Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы. Научно-аналитический доклад / В.С. Селина, Т.П. Скуфьина, Е.П. Башмакова, Е.Е. Торопушина. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – 420 с.
2. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне / О.С. Попель, С.В. Киселева, М.О. Моргунова и др. // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 1(17). – С. 64–69.
3. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики / В.Х. Бердин, А.О. Кокорин, Г.М. Юлкин, М.А. Юлкин. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 80 с.
4. Коновалова, О.Е. Малая возобновляемая энергетика на северо-западе Арктики / О.Е. Коновалова, Г.В. Никифорова // Труды Кольского научного центра РАН. – 2016. – № 1-12 (35). – С. 117–131.
5. Моргунова, М.О. Энергия Арктики / М.О. Моргунова, А.Я. Цуневский; под науч. ред. В.В. Бушуева. – М.: ИЦ «Энергия», 2012. – 84 с.
6. Моргунова, М.О. Энергоснабжение Российской Арктики: углеводороды или ВИЭ / М.О. Моргунова, Д.А. Соловьев // Энергетическая политика. Глобализация и устойчивое развитие. – 2016. – № 5. – С. 44–51.
7. Леонтьева, К.Н. Экономическая эффективность применения альтернативных источников энергии на севере России / К.Н. Леонтьева // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по матер. XIV междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2012.
8. Смоленцев, Д.О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации / Д.О. Смоленцев // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 3(7). – С. 22–29.
9. Kirpichnikova I.M., Martyanov A.S., Solomin E.V. Vertical Axis Wind Turbines. New Aspects // Альтернативная энергетика и экология. – 2013 – № 1–2 (118). – С. 55–58.
10. Сравнительный анализ эксплуатации солнечных модулей в арктическом климате России и Канады / Е.С. Бодрова, В.В. Долгошеев, И.М. Кирпичникова и др. // Альтернативная энергетика и экология. – 2017. – № 28–30 (240–242). – С. 12–24.
11. Применение альтернативной энергетики в Арктике [Электронный ресурс]. – URL: <http://pro-arctic.ru/04/07/2017/resources/27131/>.
12. Попель, О.С. О перспективах и нишах использования возобновляемых энергоресурсов в Арктике [Электронный ресурс] / О.С. Попель. – URL: <https://energy.s-kon.ru/o-perspektivah-i-nishah-ispolzovaniya-vozobnovlyаемых-energoresursov-v-arktike/>.
13. Электротепловая система противообледенения солнечного модуля / В.В. Долгошеев, А.С. Мартянов, Д.В. Коробатов, Е.С. Бодрова // Альтернативная энергетика и экология. – 2017. – № 10–12 (222–224). – С. 24–32.
14. Исследование аэродинамических характеристик микроветроэнергетической установки / Д.В. Коробатов, А.С. Мартянов, Е.С. Бодрова, С.А. Четошников // Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – № 1 (34). – С. 44–48.
15. Эффективные методы регулирования мощности устройств на основе ВИЭ / Д.В. Коробатов, А.С. Мартянов, Е.В. Соломин, Е.А. Сироткин // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 11–12 (199–200). – С. 69–78.

16. Автономное энергоснабжение объектов крайнего севера / Н.А. Павлов, Д.С. Рогачев, А.В. Синицкий, Е.В. Соломин // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2015. – № 10 (174). – С. 75–83.

17. Имитационная модель системы освещения на основе фотоэлектрического преобразователя и аккумуляторной батареи / А.С. Мартьянов, Е.С. Бодрова, А.Ю. Дюрягин, Д.В. Коробатов // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2016. – № 23–24. – С. 21–33.

18. Состояние развития мировой ветроиндустрии / Е.А. Сироткин, Е.В. Соломин и др. // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2014. – № 5(145). – С. 20–25.

[К содержанию](#)