

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова

**П.А. Марьяндышев, А.И. Кангаш, В.К. Любов**

**ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ**

*Учебное пособие*

Архангельск  
САФУ  
2018

УДК 621.311.24  
ББК 31.62  
М30

*Рецензенты:*

**С.В. Карпов**, д-р техн. наук, проф. (САФУ);  
**В.А. Дьячков**, канд. техн. наук, доц. (АНО «ЦЭИ»)

**Марьяндышев, П.А.**

М30 Ветроэнергетические установки и перспективы их использования в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.А. Марьяндышев, А.И. Кангаш, В.К. Любов; Сев. (Арктич) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова [Электронные текстовые данные]. – Архангельск: САФУ, 2018. – 67 с.

ISBN 978-5-261-01315-0

Обоснована актуальность развития ветроэнергетики в России, в том числе в ее Арктической зоне. Обобщены данные о ветроэнергетических установках (ВЭУ) и энергии ветра, приведена классификация ВЭУ и информация об используемых аэродинамических профилях. Представлена методика оценки ветроэнергетического потенциала и пример ее практической реализации для Соловецкого архипелага. Рассмотрены вопросы проектирования ветропарков с помощью Windsim, а также влияния ВЭУ на окружающую среду. Представлено состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Архангельской области и Ненецком автономном округе. Приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий.

Предназначено для магистрантов Высшей школы энергетики, нефти и газа, обучающихся по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ  
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56

ISBN 978-5-261-01315-0

© Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2018

© Марьяндышев П.А., Кангаш А.И.,  
Любов В.К., 2018

## Оглавление

Введение.....	3
1. Общие сведения о ветроэнергетических установках и энергии ветра.....	6
1.1. Историческая справка.....	6
1.2. Ветер как источник энергии.....	7
1.3. Классификация ВЭУ.....	10
2. Основы теории ветроэнергетических установок.....	16
2.1. Преобразование энергии ветра.....	16
2.2. Лобовое давление на ветроколесо.....	19
2.3. Быстроходность.....	22
3. Аэродинамические профили.....	25
4. Оценка ветроэнергетического потенциала.....	31
5. Пример расчета ветроэнергетического потенциала Соловецкого архипелага.....	37
6. Проектирование ветропарков с помощью программного обеспечения Windsim.....	45
7. Ветроустановка и окружающая среда.....	48
7.1. Негативные факторы влияния ВЭС на среду обитания человека и их оценка.....	49
7.2. Экологические преимущества ВЭУ.....	55
8. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Архангельской области и Ненецком автономном округе.....	57
8.1. Информация о регионе и его энергетике.....	57
8.2. Текущее состояние ветроэнергетики в регионе.....	58
8.3. Перспективы развития ветроэнергетики в регионе.....	60
9. Исходные данные для выполнения индивидуальных заданий.....	63
Список использованных источников.....	65

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время человечество все чаще сталкивается с проблемами, связанными с экологической безопасностью и ограниченностью энергетических ресурсов на Земле. Приоритетными направлениями при этом становятся вопросы охраны природной среды и обеспечения экологической безопасности, которые нужно решать прежде всего за счет рационального использования энергии, снижения потребления энергоресурсов и замены углеродного топлива на возобновляемые источники.

Российская Федерация располагает огромными запасами традиционных энергетических ресурсов и является одним из ведущих экспортеров нефти и газа в мире. Созданная в России единая энергетическая система является одной из крупнейших в мире. Данные обстоятельства оказывают сдерживающее влияние на развитие возобновляемой энергетики в РФ. Вместе с тем расширение масштабов использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России является актуальной проблемой совершенствования исторически сложившихся систем энергоснабжения, повышения энергетической безопасности районов и потребителей, расположенных вне сетей централизованного энергоснабжения на огромной территории страны с многомиллионным населением. Актуальной задачей инновационного развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны является гармоничное сочетание систем централизованного электро- и теплоснабжения и распределенной энергетики, эффективное использование возобновляемых источников в централизованной, автономной и индивидуальной энергетике.

Российская Федерация совместно с ведущими странами мира, на которые приходится 75 % выбросов углекислого газа в атмосферу, одобрила Парижское соглашение (2015 г.) – соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующее меры по снижению выбросов. В соответствии с данным соглашением, которое подписали 197 стран и 175 ратифицировали, планируется удержать рост глобальной средней температуры по сравнению с доиндустриальной эпохой не больше чем на 1,5–2 °С. Для достижения данной цели требуется широкомасштабное развертывание

возобновляемых источников энергии: достижение нейтрального энергообеспечения во всем мире к 2050 году, что возможно только с глобальным ростом возобновляемых источников энергии до 100 % мирового потребления энергии. Единая климатическая цель, сформулированная в Парижском соглашении, – обеспечить переход в XXI веке на низкоуглеродный путь развития. Для этого все страны до конца 2020 года должны разработать и представить долгосрочную стратегию низкоуглеродного развития.

Достичь данных показателей Россия, как и большинство других стран, может при развитии возобновляемых источников энергии. Россия обладает наибольшим в мире ветроэнергетическим потенциалом. Экономический потенциал страны оценивается в более 100 ТВт·ч/год, и для его освоения требуются производственные мощности. Установленная мощность ветроэнергетических установок в мире в начале 2017 года составила около 478 ГВт. На сегодняшний день в отрасли создано более 1 млн рабочих мест, а ветроэнергетика по-прежнему показывает динамичный рост во все большем числе стран мира, в том числе в Латинской Америке и Африке. Развитие экологической безопасности напрямую зависит от энергетического сектора, особенно в изолированных регионах России и на Крайнем Севере, где хрупкая экология Арктики наиболее чувствительна к техногенным воздействиям. Таким образом, развитие ветроэнергетики в России должно стать необратимым процессом.

Во многих развитых странах существуют государственные программы развития возобновляемых источников энергии, в том числе и ветроэнергетики. Благодаря этим программам решаются научно-технические, энергетические, экологические, социальные и образовательные задачи.