Энергия ветра

Оценка технического и экономического потенциала

Wind Energy

L. Jarass
L. Hoffmann · A. Jarass
G. Obermair

An Assessment of the Technical and Economic Potential

A Case Study for the Federal Republic of Germany, commissioned by the International Energy Agency

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1981

Энергия ветра

Оценка технического и экономического потенциала

Перевод
с английского
под редакцией
д-ра техн. наук
Я.И. ШЕФТЕРА

МОСКВА
«МИР» 1982

ББК 31.62
Э61
УДК 621.548

Авторы: Л. Ярас, Л. Хоффман, А. Ярас, Г. Обермайер

Энергия ветра: Пер. с англ./Ярас Л., Хоффман Л., Ярас А., Обермайер Г.– М.: Мир, 1982.– 256 с., ил.

В книге специалистов из ФРГ изложены результаты исследований и разработок, выполненных применительно к условиям ФРГ по международной программе использования энергии ветра. Основное внимание уделено производству электрической энергии ветроустановками большой мощности, их технико-экономическим показателям и использованию в крупных энергосистемах. Приведены модели для расчета режимов работы ветроэлектрических станций, включенных в электрические сети.

Для инженеров и научных работников, занимающихся вопросами использования энергии ветра, а также планированием и проектированием систем энергоснабжения.

Э $\frac{2306000000-021}{041(01)-82}$ 153-83, ч. 1

Редакция литературы по новой технике

© Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1981. All Rights Reserved. Authorized translation from English language edition published by Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York.

© Перевод на русский язык, «Мир», 1982

Л. Ярас, Л. Хоффман, А. Ярас, Г. Обермайр

ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Ст. научный редактор О.Н. Вишнякова. Младшие научные редакторы Е.П. Орлова, Н.И. Сивилева. Художник В.А. Захарченко. Художественный редактор Л.Е. Безрученков. Технический редактор И.М. Кренделева, Л.П. Ермакова. Корректор Т.П. Пашковская.

ИБ № 3051

Сдано в набор 24.02.82. Подписано к печати 25.08.82. Формат 60 × 90$^1/_{16}$. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Объем 8 бум. л. Усл. печ. л. 16. Усл. кр. отт. 16,23. Уч.-изд. л. 16,41. Изд. № 20/1843. Тираж 1800 экз. Зак. 296. Цена 2 р. 50 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР». Москва, 1-й Рижский пер., 2.

Можайский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
г. Можайск, ул. Мира, 93.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода 5
Предисловие 7

Глава 1. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ФРГ 9

1.1. Долгосрочный прогноз потребности в энергии 10
1.2. Долгосрочный прогноз производства энергии 13
1.3. Рост затрат на производство электроэнергии 16
1.4. Энергетические ресурсы ветра и возможности их использования . . 18

Глава 2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА 20

2.1. Метеорологические условия 20
2.2. Критерии, определяющие выбор оптимального расположения ВЭУ 23
2.3. Основные технические проблемы использования энергии ветра: особенности включения ВЭС в энергосистему 24
2.4. Экономическая эффективность использования энергии ветра 29

Глава 3. ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ 33

3.1. Постановка вопроса 33
3.4. Программа исследований 34

Глава 4. ВЕТРОВЫЕ УСЛОВИЯ В ФРГ 37

4.1. Характеристики ветра 37
4.2. Оценка энергетических характеристик ветра 48

Глава 5. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ 95

5.1. Физико-технические основы 95
5.2. Основные характеристики ВЭУ типа GROWIAN 99
5.3. Выработка энергии ВЭС 102
5.4. Использование аккумулирующих систем для выравнивания колебаний электроэнергии, вырабатываемой ВЭС 110
5.5. Возможности ВЭС в отношении замещения мощности и экономии топлива 112
5.6. Энергетические ресурсы ветра 113

Глава 6. ОБЫЧНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 120

6.1. Потребности в энергии 121
6.2. Объемы производства энергии 123

Глава 7. SWING–ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ЕДИНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ФРГ 127

7.1. Описание модели 127
7.2. Графическое представление типичного расчетного режима работы системы электроснабжения 133
7.3. Результаты расчетов по модели SWING режимов работы системы электроснабжения 137

Глава 8. ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЭС 156

8.1. Оценка экономии топлива при использовании ВЭС 156
8.2. Сущность экономии топлива 166

Глава 9. ЗАМЕЩЕНИЕ МОЩНОСТИ ОБЫЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ МОЩНОСТЬЮ ВЭС 172

9.1. Гарантированная нагрузка обычных электростанций 173
9.2. Прирост гарантированной нагрузки ВЭС 183
9.3. Определение мощности обычной электростанции, замещенной мощностью ВЭС 190
9.4. Увеличение замещающей способности ВЭС с помощью аккумулирующих систем 195

Глава 10. КРАТКИЕ ВЫВОДЫ I. ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА И ЗАМЕЩЕНИЕ МОЩНОСТИ ОБЫЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 198

10.1. Предпосылки и допущения 198
10.2. Основные результаты 198
10.3. Изменения по годам экономии топлива и замещенной мощности обычных электростанций 201
10.4. Влияние среднегодовой скорости ветра, удельной мощности генератора и номинальной частоты вращения ветроколеса на экономию топлива и замещенную мощность обычных электростанций . . . 202
10.5. Виды сэкономленного топлива и типы нагрузки обычных электростанций, замещаемые ВЭС 205
10.6. Максимальное увеличение замещенной мощности обычных электростанций с помощью аккумулирующих систем 207

Глава 11. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СЭКОНОМЛЕННОГО ТОПЛИВА И ЗАМЕЩЕННОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОБЫЧНОГО ТИПА 208

11.1. Основные принципы оценки допустимой стоимости ВЭС 208
11.2. Определение допустимой стоимости ВЭС 216

Глава 12. КРАТКИЕ ВЫВОДЫ II. КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ ПРИ БЕЗУБЫТОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ ВЭС 232

12.1. Допущения 232
12.2. Основные результаты 232
12.3. Годовые изменения расходов 235
12.4. Влияние среднегодовой скорости ветра и удельной мощности генератора 236
12.5. Анализ влияния различных параметров 237
12.6. Стоимость киловатт-часа электроэнергии, вырабатываемой ВЭС 238
12.7. Капиталовложения и эксплуатационные расходы при безубыточном производстве энергии ВЭС системы GROWIAN 239
12.8. Капиталовложения и эксплуатационные расходы при безубыточном производстве энергии ВЭС с использованием аккумулирующих систем 240

Глава 13. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ 241

13.1. Цели исследования 241
13.2. Ветровые условия ФРГ 242
13.3. Оптимизация технических параметров ВЭУ (разд. 5.2) 242
13.4. Имитационная модель SWING 243
13.5. Экономия топлива и замещенная мощность электростанций обычного типа 244
13.6. Капиталовложения и эксплуатационные расходы при безубыточном производстве энергии ВЭС 248
13.7. Роль и использование аккумулирующих устройств (разд. 5.4 и 10.6) 250
13.8. Основные результаты 251
Литература 252