



# Анализ проектов с использованием энергии ветра

RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Учебный курс: анализ проектов с использованием чистой энергии



Ветровая турбина для коммунального энергоснабжения



Фото: Nordex AG



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

© Министерство природных ресурсов Канады 2001 – 2006.

Canada

# Цели



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Проанализировать основные аспекты систем с использованием энергии ветра
- Проиллюстрировать основные моменты анализа проектов с использованием ветряков
- Представить модуль программного обеспечения RETScreen® для расчета систем с использованием энергии ветра



# Что обеспечивают системы с использованием энергии ветра?



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Электроэнергию для
  - 4 Центральные электросетей
  - 4 Изолированных сетей
  - 4 Подачу электроэнергии в удаленные районы
  - 4 Подачу воды

*...а также...*

- 4 Поддержку слабых электросетей
- 4 Уменьшение зависимости от изменения цен на электроэнергию
- 4 Уменьшение потерь при передаче и распределении

Ветроэлектростанция San Gorgino, Палм Спрингс, Калифорния, США



Фото: Warren Gretz/ NREL Pix

# Описание ветровой турбины



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

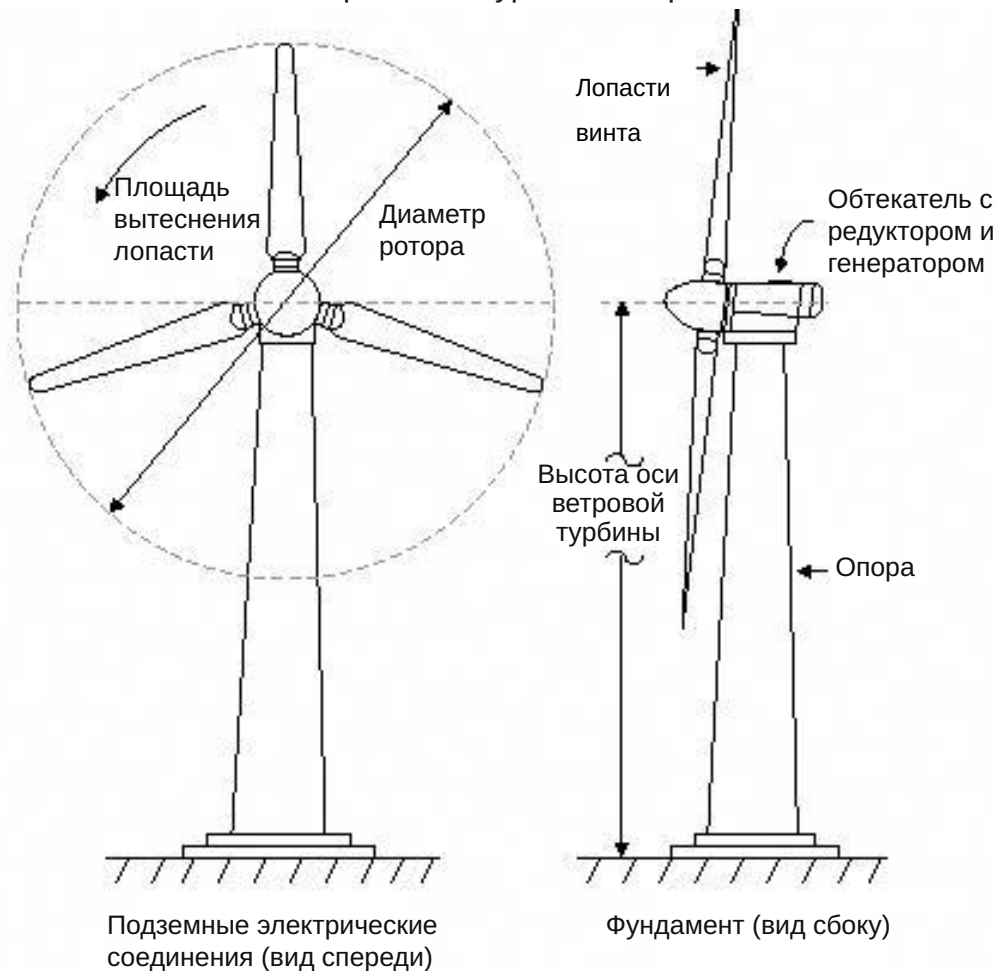
- Компоненты

- 4 Ротор
- 4 Редуктор
- 4 Опора
- 4 Фундамент
- 4 Блок управления
- 4 Генератор

- Типы

- 4 С горизонтальной осью
  - Наиболее популярны
  - Блок управления или конструкция поворачивают турбину к ветру
- 4 С вертикальной осью
  - Реже встречаются

Схематическое изображение турбины с горизонтальной осью



# Использование энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Автономное
  - 4 Малые турбины (50-10 Вт)
  - 4 Зарядка аккумулятора
  - 4 Перекачка воды
- Изолированная электросеть
  - 4 Турбины обычно на 10-200 кВт
  - 4 В удаленных районах меньше затраты на производство электроэнергии: ветродизельные гибридные системы
  - 4 Высокое или низкое проникновение
- Централизованная электросеть
  - 4 Турбины обычно на 200 кВт – 2 МВт
  - 4 Ветроэлектростанции из нескольких турбин

Автономная турбина на 10 кВт, Мексика



Фото: Charles Newcomber/ NREL Pix

# Элементы проектов с использованием энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Оценка ресурса энергии ветра
- Экологическая экспертиза
- Разрешения контролирующего органа
- Проект
- Строительство
  - 4 Дороги
  - 4 ЛЭП
  - 4 Подстанции



Установка 40-метровой метеорологической мачты, Квебек, Канада

Фото: GPCo Inc.



Подстанция, Калифорния, США

Фото: Warren Gretz/NREL Pix

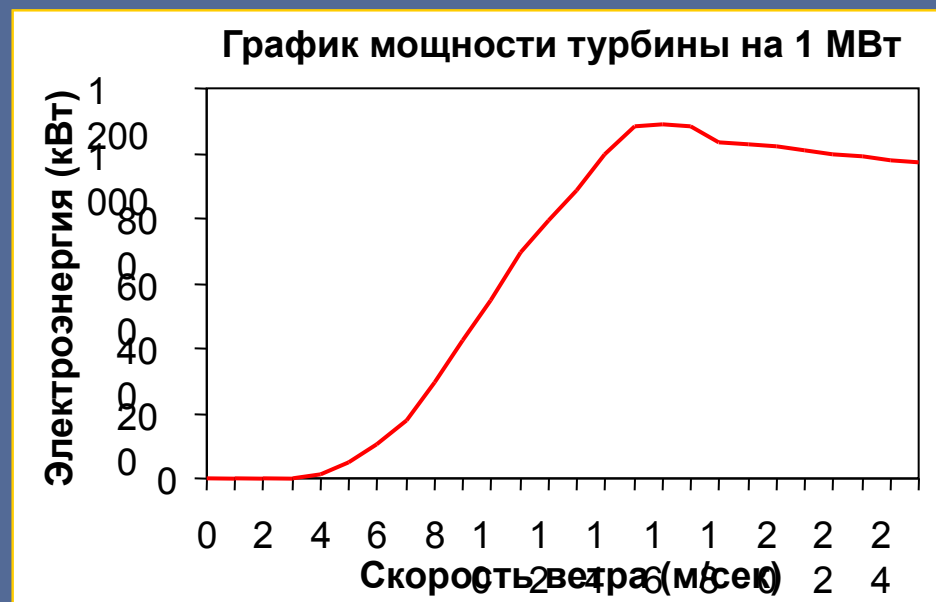
# Ресурс энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Необходима высокая средняя скорость ветра
  - 4 Средняя скорость ветра в году – минимум 4 м/сек
  - 4 Люди обычно переоценивают ветер
  - 4 Скорость ветра обычно увеличивается на высоте
- Хороший ресурс
  - 4 Прибрежные зоны
  - 4 Гребни длинных склонов
  - 4 Горные перевалы
  - 4 Открытая местность
  - 4 Долины с ветрами
- Обычно более ветрено
  - 4 Зимой, а не летом
  - 4 Днем, а не ночью



# Затраты на систему с использованием энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Ветроэлектростанции

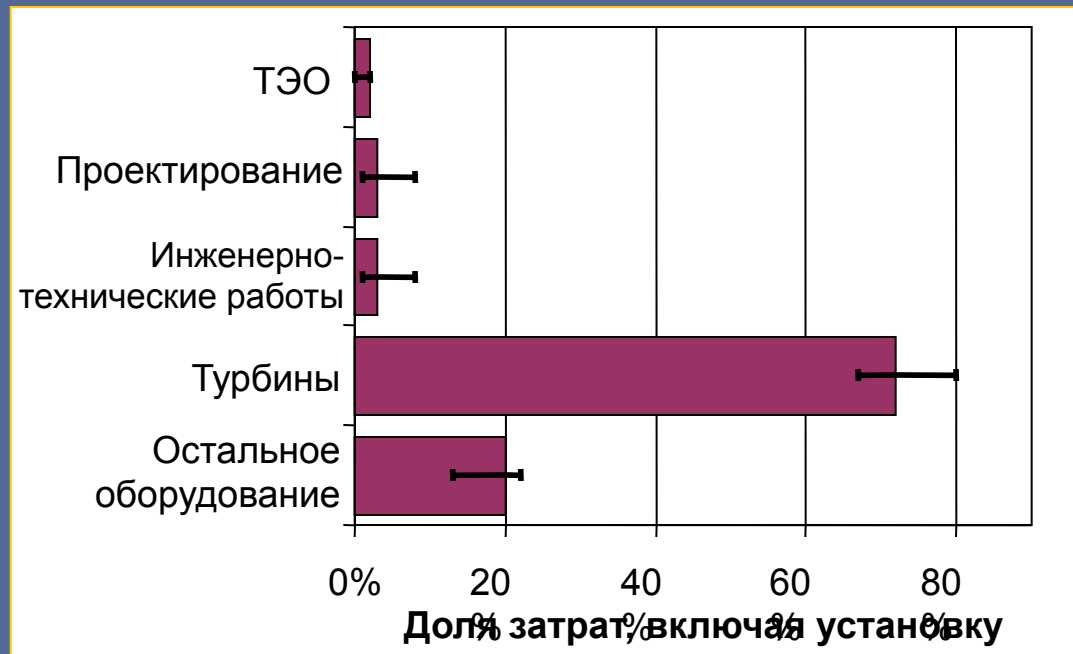
- 4 Затраты на установку – 1 500\$/кВт
- 4 Эксплуатация и ТО: 0,01\$/кВтч
- 4 Сбытовая цена: 0,04\$-0,10\$/кВтч

- Отдельные турбины и изолированная сеть

- 4 Более высокие затраты (зависят от типа проекта)
- 4 ТЭО, опытно-конструкторские работы составляют большую часть затрат

- Замена одного крупного компонента будет стоить 20 - 25% от первоначальных затрат

- 4 Лопастя ротора или редуктор





# Размышления над проектами с использованием энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Хороший ресурс ветра значительно уменьшает затраты на производство электроэнергии
  - 4 Точная оценка ресурса – оправданная инвестиция
- Дополнительные источники дохода
  - 4 Кредиты на производство электроэнергии от правительства/коммунальных служб или льготные тарифы за производство экологически чистой энергии
  - 4 Продажа кредитов на уменьшение выбросов
- Ограничения и критерии
  - 4 Экологическая допустимость
  - 4 Одобрение местного населения
  - 4 Объединение энергосистем и пропускная способность
- Финансирование, процентные ставки, курсы обмена валют



Турбина ветроэлектростанции Le Nordais, Квебек, Канада

# Ветровые энергосистемы, подключенные к центральной

## электросети

RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



- Нерегулярное производство электроэнергии не является проблемой: 17% электроэнергии Дании вырабатывается с помощью ветровых установок без дополнительного резервного производства
- Быстрые проекты (2 - 4 года), которые могут удовлетворять спрос



Ветроэлектростанция в Палм Спрингс, Калифорния, США

Фото: Warren Gretz/ NREL Pix



Прибрежная ветроэлектростанция, Дания

Фото: Danmarks Tekniske Universitet

- Землю можно использовать и для других целей, таких как сельское хозяйство
- Частные лица, компании и кооперативы иногда имеют в собственности и используют отдельные турбины

Примеры: Индия и Канада

# Ветровые энергосистемы, изолированные от центральной

## электросети

RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)



- Производство электроэнергии дорого из-за стоимости транспортировки дизельного топлива в удаленные регионы
  - 4 Ветровые турбины уменьшают потребление дизельного топлива
- Важны надежность и ТО

Установка турбины на 50 кВт, Западная Бенгалия, Индия



Фото: Paul Pynn/ Atlantic Orient Canada

Турбина на 50 кВт, Нунавут, Канада



Фото: Phil Owens/ Nunavut Power Corp.

# Примеры: США, Бразилия и Чили

## Автономные ветровые энергосистемы



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Электроэнергия для малых нагрузок в ветреных районах, не подключенных к центральной электросети
- В автономных системах в периоды безветрия электроэнергию обеспечивают аккумуляторы
- Перекачка воды: хранение в водоеме
- Можно использовать в комбинации с генераторной установкой, работающей на природном топливе, и/или в гибридной системе с фотоэлектрической батареей

Электроэнергия для телекоммуникационной башни, Аризона, США



Фото: Southwest Windpower/ NREL Pix

Электроэнергия для удаленной деревни, Бразилия



Фото: Roger Taylor/ NREL Pix

Гибридная ветроэнергосистема, Чили



Фото: Arturo Kunstmann/ NREL Pix

# Модуль программного обеспечения RETScreen® для расчета проектов с использованием энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Анализ производства энергии во всем мире, затрат за срок службы и уменьшения выбросов парниковых газов
  - 4 Центральная, изолированная и сети
  - 4 Отдельные турбины или ветроэлектростанции
  - 4 Распределения ветра: Релей, Вейбулл или заданное пользователем
- В программу RETScreen® необходимо ввести только 12 пунктов данных по сравнению с 8 760 пунктами в расчетных математических моделях
- ПО в настоящее время не учитывает:
  - 4 Автономные системы, требующие аккумулирования электроэнергии

RETScreen® Energy Model - Wind Energy Project Training & Support

Units:

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Wind Farm	<a href="#">See Online Manual</a>
Project location		Andhra, India	
Wind data source		Wind speed	
Nearest location for weather data		Hyderabad	<a href="#">See Weather Database</a>
Annual average wind speed	m/s	6,2	
Height of wind measurement	m	30,0	3.0 to 100.0 m
Wind shear exponent	-	0,16	0.10 to 0.40
Wind speed at 10 m	m/s	5,2	
Average atmospheric pressure	kPa	94,4	60.0 to 103.0 kPa
Annual average temperature	°C	27	-20 to 30 °C

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Grid type		Central-grid	
Wind turbine rated power	kW	1 000	<a href="#">Complete Equipment Data sheet</a>
Number of turbines	-	20	
Wind plant capacity	kW	20 000	
Hub height	m	70,0	6.0 to 100.0 m
Wind speed at hub height	m/s	7,1	
Wind power density at hub height	W/m <sup>2</sup>	420	
Array losses	%	3%	0% to 20%
Airfoil soiling and/or icing losses	%	2%	1% to 10%
Other downtime losses	%	2%	2% to 7%
Miscellaneous losses	%	3%	2% to 6%

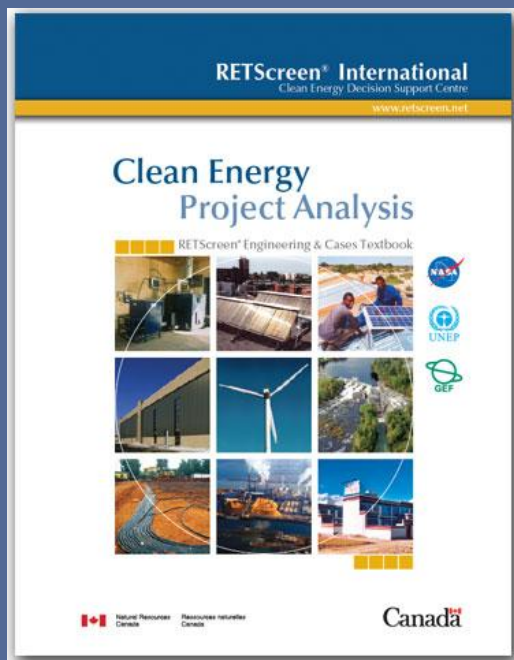
Annual Energy Production		Estimate Per Turbine	Estimate Total	Notes/Range
Wind plant capacity	kW	1 000	20 000	
	MW	1,000	20,000	
Unadjusted energy production	MWh	2 521	50 426	
Pressure adjustment coefficient	-	0,93	0,93	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	0,96	0,96	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	2 251	45 020	
Losses coefficient	-	0,90	0,90	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh/m <sup>2</sup>	888	888	150 to 1,500 kWh/m <sup>2</sup>
Wind plant capacity factor	%	23%	23%	20% to 40%
Renewable energy delivered	MWh	2 034	40 682	
	GJ	7 323	146 456	

[Complete Cost Analysis sheet](#)

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2004. NRCCan/CETC - Varennes

# Расчет энергии ветра в программном модуле RETScreen®

RETSCREEN® INTERNATIONAL



[См. электронный учебник](#)

Анализ проектов с использованием чистой энергии:

Инженерные расчеты RETScreen® и примеры

Глава: Анализ проектов с использованием энергии ветра

Расчитать кривую распределения энергии

Расчитать нерегулируемое производство энергии

Расчитать действительное энергопроизводство

Расчитать собранную возобновляемую энергию

Расчитать поставленную возобновляемую энергию

Расчитать другие вспомогательные величины

# Пример из модуля RETScreen® для расчета проектов с использованием энергии ветра



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.etscreen.net

- ПО RETScreen® по сравнению с ПО HOMER
  - 4 10 турбин, каждая по 50 кВт, установлены в заливе Коцебу, Аляска
  - 4 Оценка ежегодного производства электроэнергии RETScreen с погрешностью **1,1%** относительно оценки HOMER
- ПО RETScreen® по сравнению с данными, полученными с помощью наблюдений, на той же установке :

Период	Результаты RETScreen (МВтч)	Данные наблюдений (МВтч)	Разница
1998 (3 турбины)	250	271	-8%
1999-2000	1 057	1 170	-10%

# Выводы



RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Ветровые турбины производят электроэнергию в центральных электросетях и автономно по всему миру
- Хороший источник ветра – важный фактор для успешных проектов
- Наличие кредитов на производство или тарифов за экологически чистую энергию является важным фактором для проектов, связанных с центральной электросетью
- ПО RETScreen® рассчитывает объем производимой энергии на основе ежегодных данных с точностью, сравнимой с математическими моделями
- ПО RETScreen® может значительно сэкономить затраты на проведение предварительного технико-экономического обоснования проекта



# Вопросы?



RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Модуль программного обеспечения RETScreen® для анализа проектов с использованием пассивного солнечного отопления

Учебный курс RETScreen®: анализ проектов с использованием чистой энергии



Более подробную информацию вы можете узнать на Интернет-сайте RETScreen:

**[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)**