



Технологии использования возобновляемых источников энергии

Характеристики и оценка рисков во время разработки и финансирования проектов

Тино Малер
Fichtner GmbH & Co. KG



CONSULTING & IT



ENERGY



ENVIRONMENT



WATER & INFRASTRUCTURE

Содержание

- Проекты по использованию энергии биомассы
- Ветроэнергетические проекты
- Фотоэлектрические проекты в области солнечной энергетики (PV)
- Гидроэнергетические проекты
- Финансовые модели для проектов по использованию возобновляемых источников энергии и оценка рисков при помощи имитационного моделирования по методу Монте-Карло

Проекты по использованию энергии биомассы – типы

- Паровые циклы / паровые турбины
- Биогазовые реакторы / поршневые двигатели
- Системы газификации / поршневые двигатели или ГТ
- ORC (тепловая турбина Рэнкина) и цикл Калины / турбины
- Биодизельные /биоэтаноловые / поршневые двигатели

Энергия биомассы (ТЭЦ, оснащенные паровыми турбинами) - характеристики

- CAPEX, от умеренных до высоких (2,5 – 5,0 млн евро/МВт)
- CAPEX, хорошо прогнозируемые (модульные стандартные решения)
- OPEX, высокие (расходы на содержание персонала)
- Стоимость топлива высокая в случае использования энергетических сельскохозяйственных культур, древесины и топливных гранул
- Хорошо масштабируемые в пределах 1 МВт - 20 МВт, но с высоким эффектом масштаба
- Краткосрочное планирование и сроки строительства
- Для обеспечения финансовой жизнеспособности проекта часто необходимо использование выработанного тепла, полученного в процессе когенерации
- Объект сравнительно независим от источника топлива; однако экономически обоснованные проекты часто располагаются на площадке источника отходов-биомассы (опилки лесопильного завода, шелуха от семян подсолнечника)

Энергия биомассы (ТЭЦ, оснащенные паровыми турбинами) – риски и проблемы

- Цена энергетических сельскохозяйственных культур и сельскохозяйственной продукции
- Доставка местной древесины может иссякнуть из-за конкуренции в спросе между другими заводами или поднятия поставщиками цены до возможного предела
- Недорогостоящие котлы страдают от загрязнения и осаждения шлака на решетках
- Потребитель тепла может приостановить потребление тепла
- Расходы на сбор и транспортирование древесины занижены в случае появления других действующих заводов в регионе
- Развивающиеся страны и страны с переходной экономикой: стоимость дизельного масла определяет выгоды
- Проблемы программ льгот для «котлов, использующих разнообразные виды топлива»: эксплуатирующая организация использует уголь, лигнит или торф

Биогазовые проекты - характеристики

- CAPEX, от умеренных до высоких (2-4,5 млн евро/МВт)
- CAPEX, хорошо прогнозируемые (модульные стандартные решения)
- OPEX, очень высокие (поршневые двигатели, системы загрузки реактора, потребление для удовлетворения собственных нужд)
- Высока стоимость топлива в случае использования энергетических сельскохозяйственных культур
- Хорошо масштабируемые в пределах 10 кВт - 20 МВт
- Краткосрочное планирование и сроки строительства
- Огромное число сопутствующих выгод (уменьшение запаха, защита грунтовых вод, органические удобрения, рабочие места в сельских районах, эффективное использование резервных генераторов)
- Для обеспечения финансовой жизнеспособности проекта часто необходимо использование выработанного тепла, полученного в результате когенерации, но не всегда это возможно
- Крупные проекты выигрывают от МЧР (механизмов чистого развития)

Биогазовые проекты - риски

- Цена энергетических сельскохозяйственных культур и сельскохозяйственных сырьевых товаров
- Работа ферментера требует практических навыков и мониторинга, которые часто недооценены (напр., Мексика Молдова)
- Потребитель тепла может свернуть работу
- Развивающиеся страны и страны с переходной экономикой: стоимость дизельного масла определяет выгоды

Проекты газификации - характеристики

- CAPEX, от умеренных до высоких (3-5 млн евро/МВт)
- CAPEX, хорошо прогнозируемые (модульные стандартные решения)
- OPEX, высокие (расходы на содержание персонала; очистка)
- Стоимость топлива высокая в случае использования энергетических сельскохозяйственных культур, древесины и топливных гранул
- Хорошо масштабируемые в пределах 50 кВт - 20 МВт, но с высоким эффектом масштаба
- Отсутствие массового производства, технология/проектные решения часто непроверенные
- Краткосрочное планирование и сроки строительства
- Для обеспечения финансовой жизнеспособности проекта часто необходимо использование выработанного тепла, полученного в результате когенерации
- Объект сравнительно независим от источника топлива; однако экономически обоснованные проекты часто располагаются на площадке лесоперерабатывающего предприятия

Проекты газификации - риски

- Непроверенное проектное решение часто ведет к неудавшимся проектам
- Опыт работы поставщика часто неприемлемый для банка (перечень выполненных проектов - меньше 10 проектов)
- Эксплуатационная готовность часто ниже ожидаемой (и ниже, чем необходимо для экономически обоснованного проекта)
- Газификатор не пригоден или нерегулируемый для соответствующего топлива
- OPEX, заниженные (расходы на содержание персонала; очистка, износ двигателей)
- Поставка местной древесины может иссякнуть или поставщики могут поднять цену до предела
- Потребитель тепла может приостановить потребление тепла
- Расходы на сбор и транспортирование древесины занижены в случае, если другие заводы введены в действие в регионе

Контракт на поставку биомассы: вопросы, подлежащие обсуждению

- **Натуральный продукт:** Количество и свойства сырья зависят от погоды, климата, сезона.
- **Возможно быстрое изменение в производстве** из года в год.
- **Отсутствие постоянного качества:** Типичные пробы при доставке, простое лабораторное исследование.
- **Корректирование цены,** например, по отношению содержания влаги.
- **Эскалация цены** согласно официальным индексам
- **Распределение риска,** связанного с поставкой: несколько поставщиков из различных предприятий.
- **Соответствие требованиям «зеленого тарифа».**
- **Срок действия контракта:** Финансирование проекта требует долгосрочного срока действия. Однако долгосрочные контракты не являются общепринятыми в сельском/лесном хозяйстве.

Ветроэнергетика - характеристики

- CAPEX, от умеренных до высоких (затраты на турбину 0,8 -1 млн евро/МВт; системные расходы на наземные установки 1,3 – 1,8 млн евро/МВт; морские установки 2,4 – 3,5 млн евро/МВт);
- OPEX, низкие (типичные допущения для 1-10 лет: 2% ; для 10-20 лет: 4% от CAPEX)
- Типичные размеры: наземной установки - 2,0-3,0 МВт; морской установки - 3,6 – 7,5 МВт
- Коэффициенты использования мощности сильно изменяются в зависимости от условий на площадке
- Отсутствие затрат на топливо и потребности в воде
- Проблемы производства электроэнергии энергоисточниками периодического действия; в некоторых регионах могут иметь предсказуемый характер
- Умеренные планирование и сроки строительства
- Низкая экономия от увеличения роста производства, модульная концепция
- Изолированные сети: увеличение генерации в небольших пределах не приводит к риску значительного увеличения удельных CAPEX (капитальных затрат)

Ветроэнергетика – риски и проблемы

- Общий профиль рисков - умеренный
- Риск превышения CAPEX - низкий
- Выработка вполне прогнозируемая, если выполнены необходимые долгосрочные исследования ветровых режимов; однако, могут быть недостаточными предыдущие данные измерения параметров ветра
- Риск OPEX низкий и предсказуемый; имеется страховка, но дорогостоящая для новых конструкций/моделей
- Риск, связанный с получением разрешений и окружающей средой, относительно высокий (птицы и летучие мыши, воздействие на ландшафт, шум, диско-эффект, туризм)
- Места обитания птиц и миграция, напр., годичный показатель смертности средних и крупных птиц в Испании – приблизительно 0,13 на турбину
- Финансовая жизнеспособность проекта зависит от зеленого стимулирующего тарифа (субсидий) в большинстве энергетических систем вследствие периодичности действия энергоисточников
- Будущий конфликт из-за сетевых ограничений на насыщенных рынках

Разработка проекта

На этапе разработки ветроэнергетического проекта необходимо разработать концепции по следующим сферам / компонентам ветровой электростанции :

- **Размещение и связанные с ним ограничения, вытекающие из:**
 - права собственности на земельные участки,
 - доступности площадки
 - вопросов охраны окружающей среды (места обитания птиц и миграция, шум, затенение, воздействия при строительстве)
- **Ветровой потенциал и прогнозируемая выработка электроэнергии**
- **Выбор и соответствие типа ветровой турбины**
- **Расположение ветрового парка, микросайтинг (расположение турбин)**
- **Подъездные дороги**
- **Присоединение к сети и электрическая часть ветрового парка**
- **Монтаж ветровых турбин (наличие оборудования)**

Разработка проекта – оценка ветрового потенциала

Стандартная оценка ветрового потенциала для ветроэнергетики:

1. Измерения в близлежащих районах или данные мезомасштабного моделирования для предварительного технико-экономического обоснования
2. Измерение скорости ветра на площадке в течение, по меньшей мере, 12 месяцев, на разных высотах, измерение температуры
3. Долгосрочное сопоставление с данными близлежащих метеорологических станций
4. Расчеты предельных ветровых режимов
5. Оценка турбулентности

Измерение и исследование ветровых режимов

Стандарты:

- IEC 61400-12
- Рекомендации MEASNET

Разработка проекта – Измерение параметров ветра

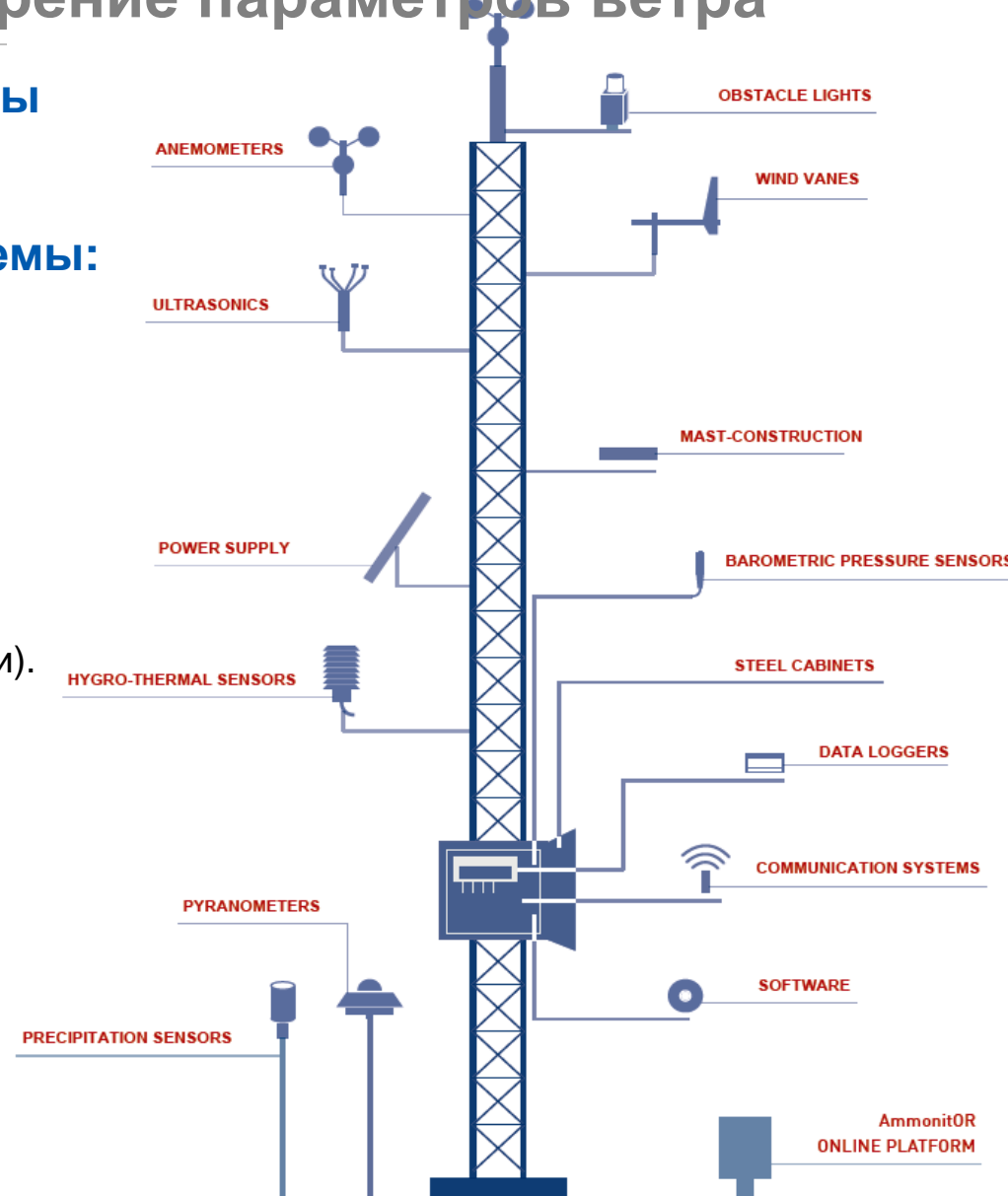
Потенциальные компоненты системы измерений

Основные компоненты каждой системы:

- Устройство регистрации данных
- несколько анемометров
- флюгарка(и)
- гигро-тепловой датчик
- датчик барометрического давления
- источник питания (обычно солнечные панели).

Дополнительные вспомогательные компоненты:

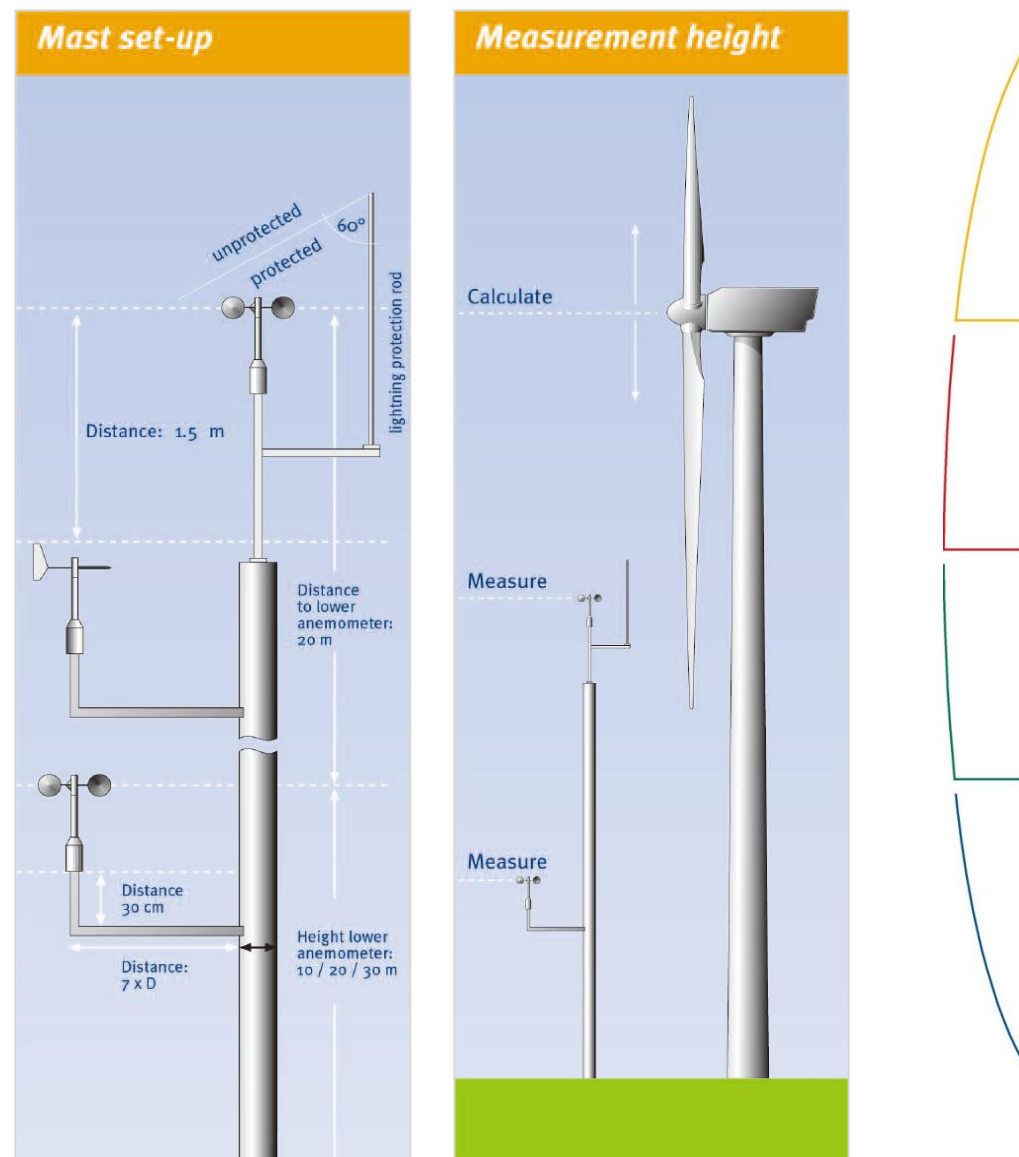
- Система передачи данных GSM/GPRS
- датчик осадков
- пиранометр
- заградительный огонь



Разработка проекта – Измерение параметров ветра

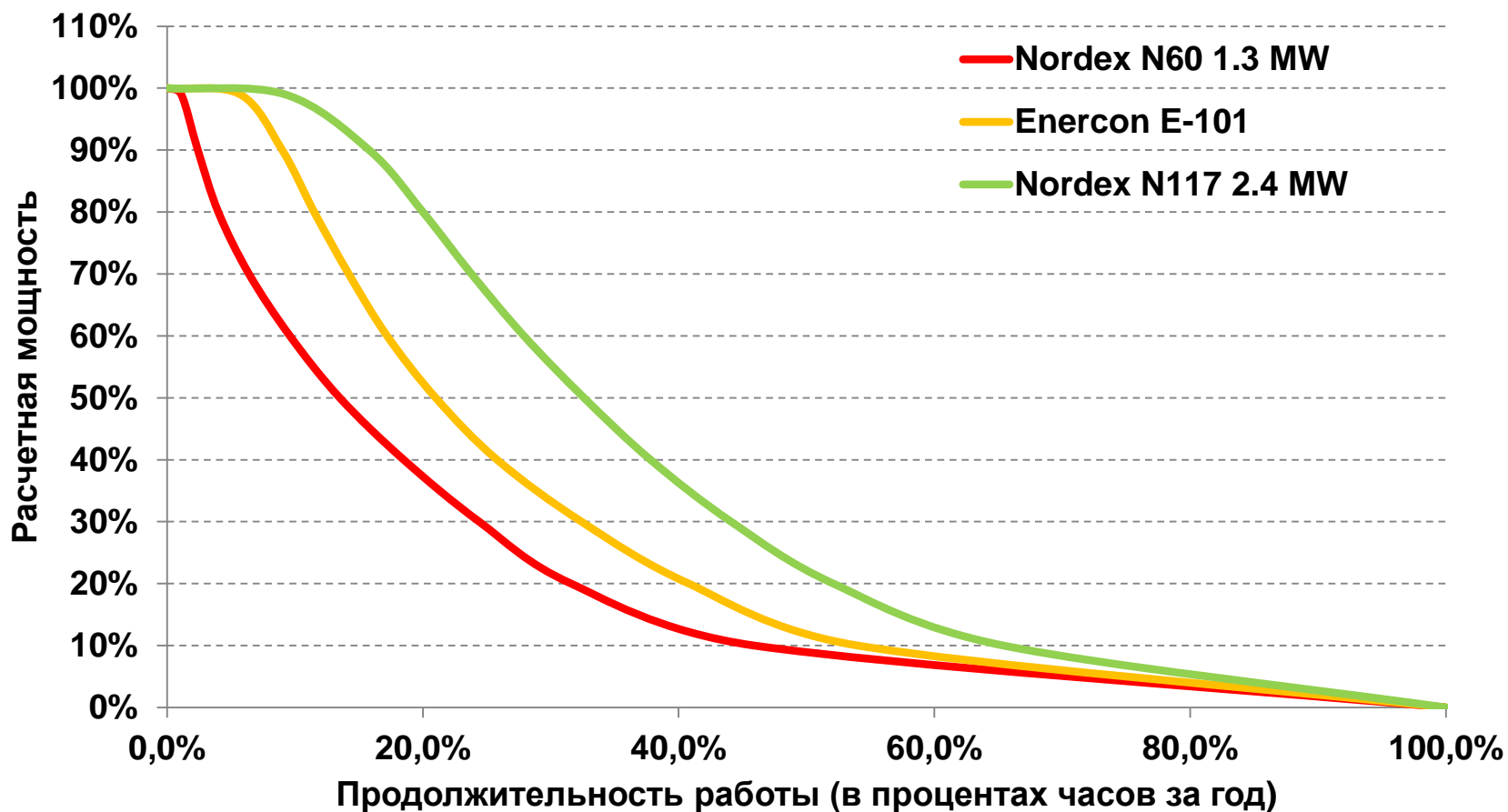
Характеристики измерений:

- В настоящее время используются, в основном, два вида мачт: решетчатые мачты и телескопические мачты
- Стандартная высота в настоящее время составляет от 80 до 100 м (2009 г.), при этом высота самых последних конструкций мачт достигает 140 м. Рекомендуется использование, как минимум, 2/3 высоты ступицы
- Мачты имеют специальную конструкцию и оснащены датчиками, обычно смонтированными до установки мачты
- Металлический шкаф, содержащий устройство регистрации данных, систему передачи данных, компоненты блока питания, и дополнительные компоненты системы смонтированы возле нижней секции башни, в основном, на высоте приблизительно 6 м для того, чтобы затруднить доступ для воров и хулиганов, при этом предоставляя доступ для технического обслуживания и эксплуатации.



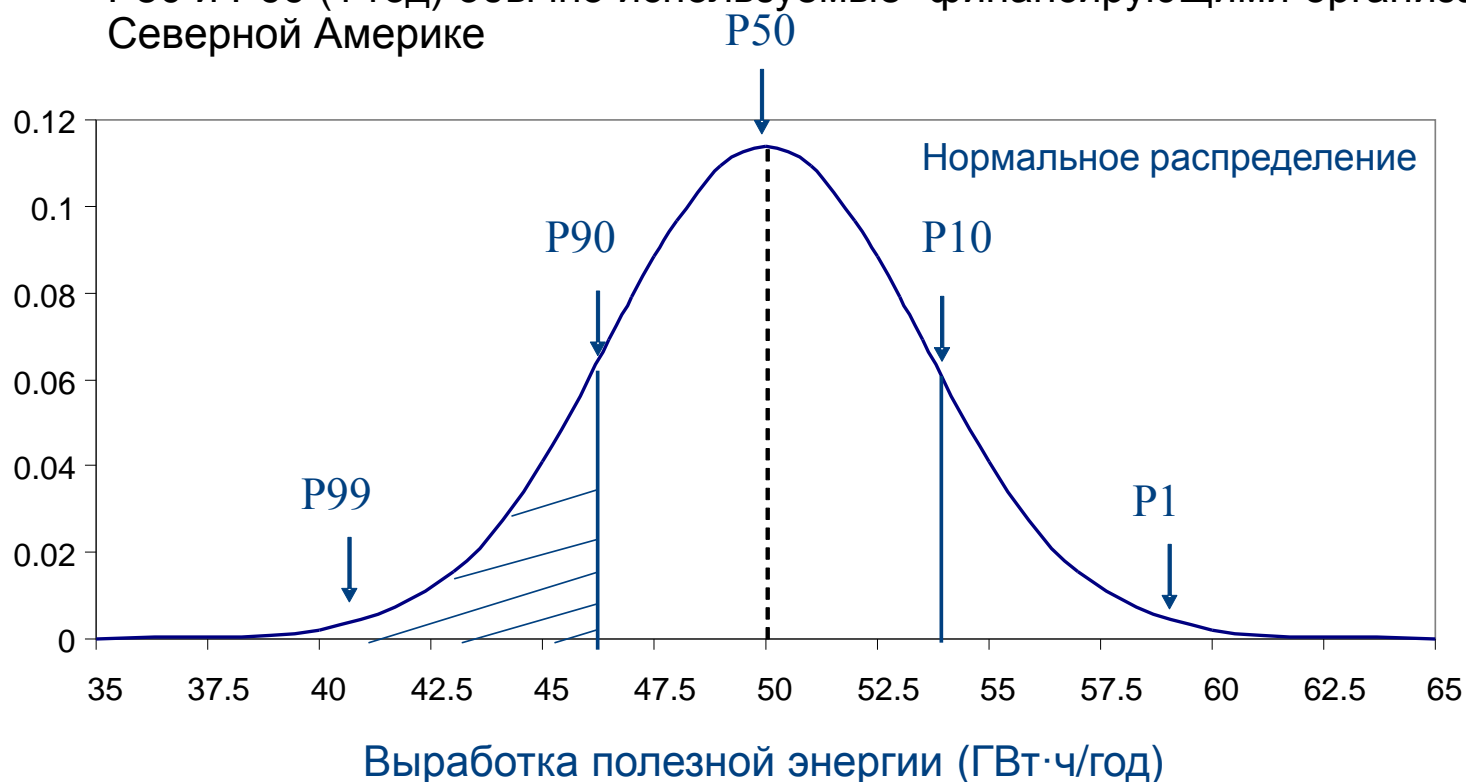
Кривая мощности и выработка электроэнергии

Выбор подходящей ветротурбины с точки зрения выработки электроэнергии, например, влияние диаметра ротора на выработку электроэнергии



Общее описание анализа неопределенностей

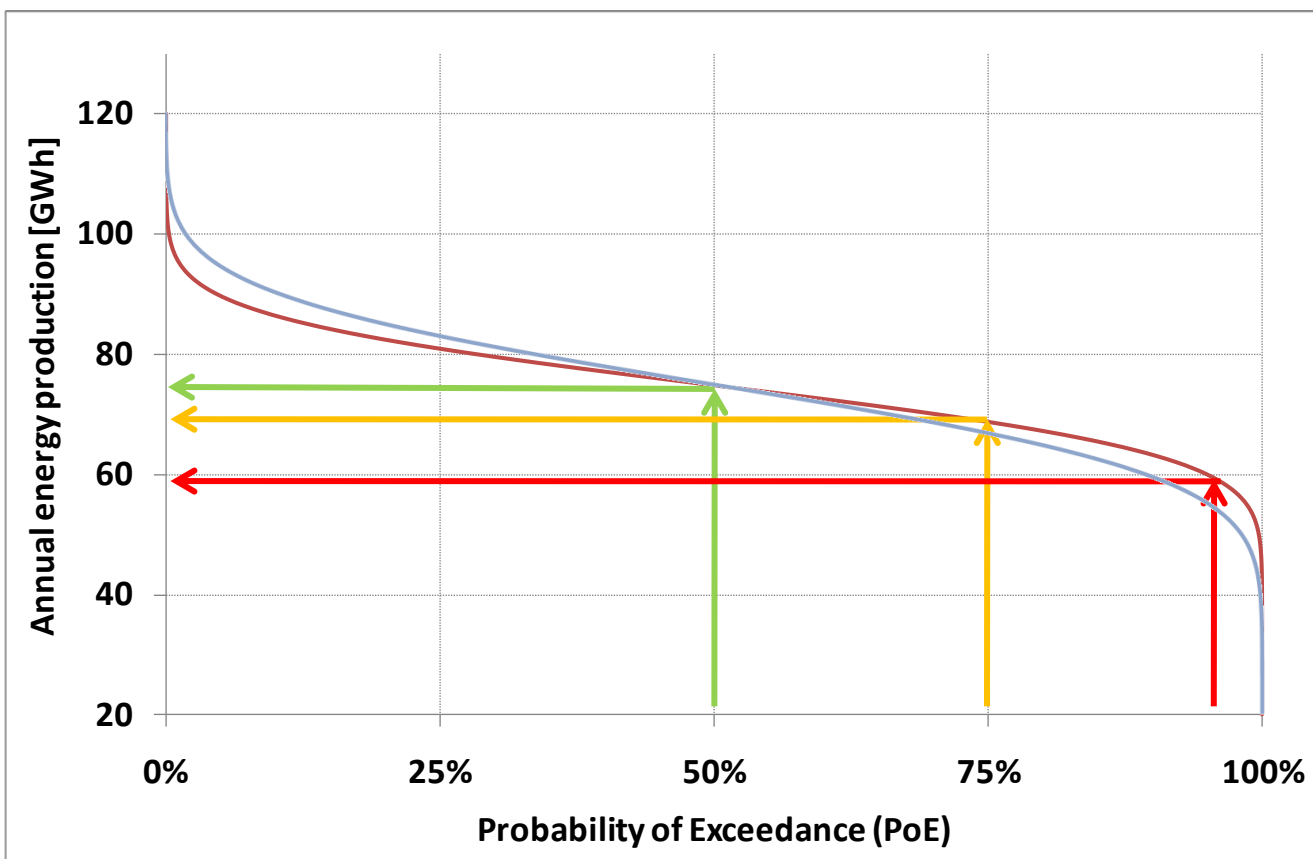
- Отдельные неопределенности, вместе взятые, дают результаты, приведенные в примере графика ниже
- Энергетические уровни P50, P90 и P99 на будущие периоды 1, 10 или 20 лет , обычно предлагаемые к рассмотрению
- P50 и P90 (10 лет), обычно используемые финансирующими организациями в Европе
- P50 и P99 (1 год) обычно используемые финансирующими организациями Северной Америке



Оценка выработки электроэнергии – Вероятность превышения

Функция плотности распределения вероятности используется для расчета вероятности превышения (ВП)

- Всего неопределенностей X годовая выработка энергии = Стандартное отклонение
- Обычными случаями являются ВП50 (50% вероятности), ВП75 и ВП90 (90% вероятности – случай с понижением, используемый большинством банков)



12% неопределенностей

16% неопределенностей

Неопределенности в анализе параметров ветра

Современная оценка выработки энергии должна содержать полный анализ неопределенностей. (ISO Guide 98, IEC 61400-12)

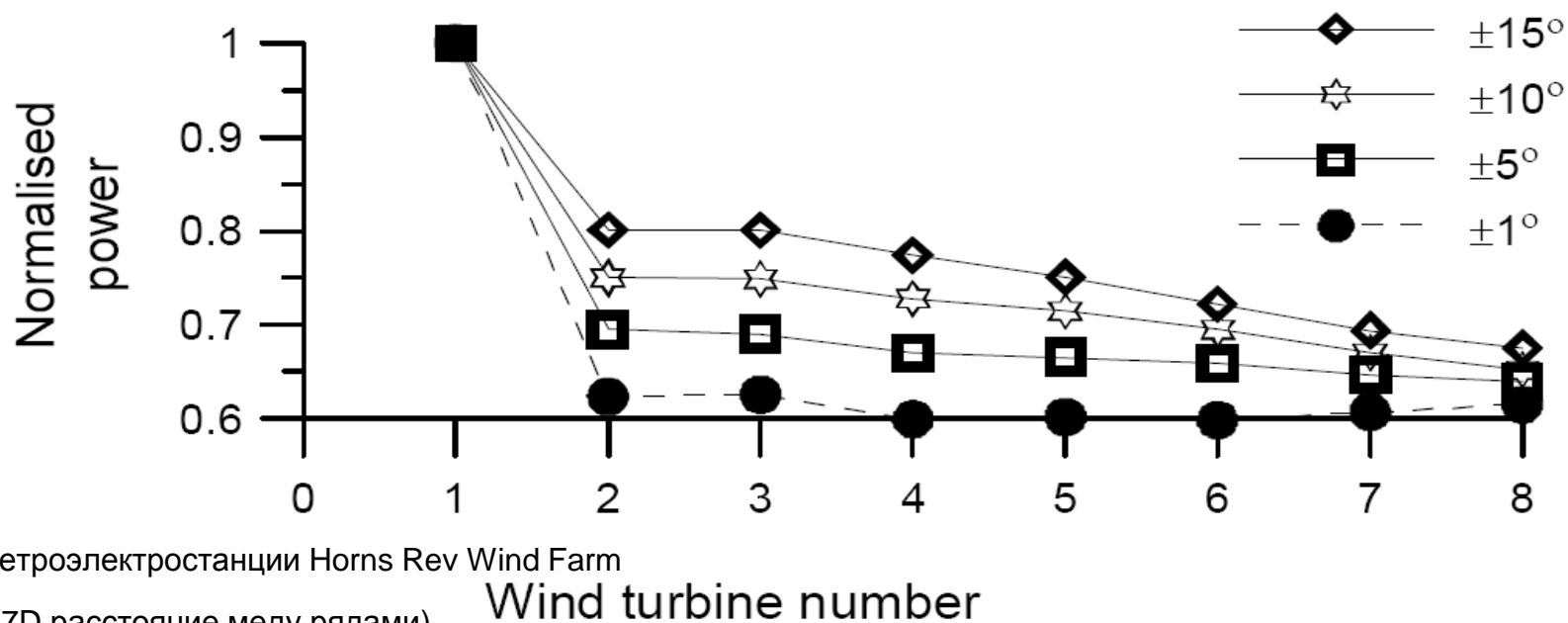
Примерные результаты оценки неопределенностей

Рассматриваемый вопрос	Неопределенность (%)
Измерение параметров ветра, калибровка анемометра и сбор данных	4
Долгосрочная стабильность и репрезентативность данных метеостанции	3
В долгосрочном отнесении – сезонное смещение	0
В долгосрочном отнесении – метод, разброс, ветровая статистика и дискретизация / накопление	4
Перенос с высот измерения на высоты ступицы ротора	6
Перенос на планированное месторасположение турбин (модель местности, модель ветра и преобразование координат)	6-8
Кривые мощности	3-5
Потери выработки, связанные с образованием завихрений соседними ветроустановками.	2
Плотность воздуха	1
Коэффициент готовности	1,5-3
Обледенение	0,5
Потери при передаче электроэнергии, простои из-за аварий сети и подстанции	1,5
Всего	12,4-13,1

Влияния вихревой струи

Измерения на существующих ветроэлектростанциях показали, что

- Скорость ветра в пределах ветроэлектростанции падает < 80% от свободного потока
- Восстановление до ~ 90% происходит в пределах ~ 5 км от конца ветроэлектростанции
- Дальнейшее восстановление на территории ~ 20 км
- Меры по ослаблению воздействия: увеличение расстояния между рядами



Измерения на ветроэлектростанции Horns Rev Wind Farm

- Пример 1 (7D расстояние между рядами)
- U на первой турбине $8,0 \pm 0,5$ м/с

Data courtesy DTU

Разработка проекта – Подъездные дороги

**Минимальные требования к дорогам
обычно указываются
изготовителями ветровых турбин в
отношении :**

- Минимальной ширины на прямых дорогах и на поворотах
- Минимальных внутреннего и внешнего радиусов поворотов
- Дорожного пространства для осуществления транспортирования
- Нагрузки на ось
- Необходимой площади для кранов и для складирования

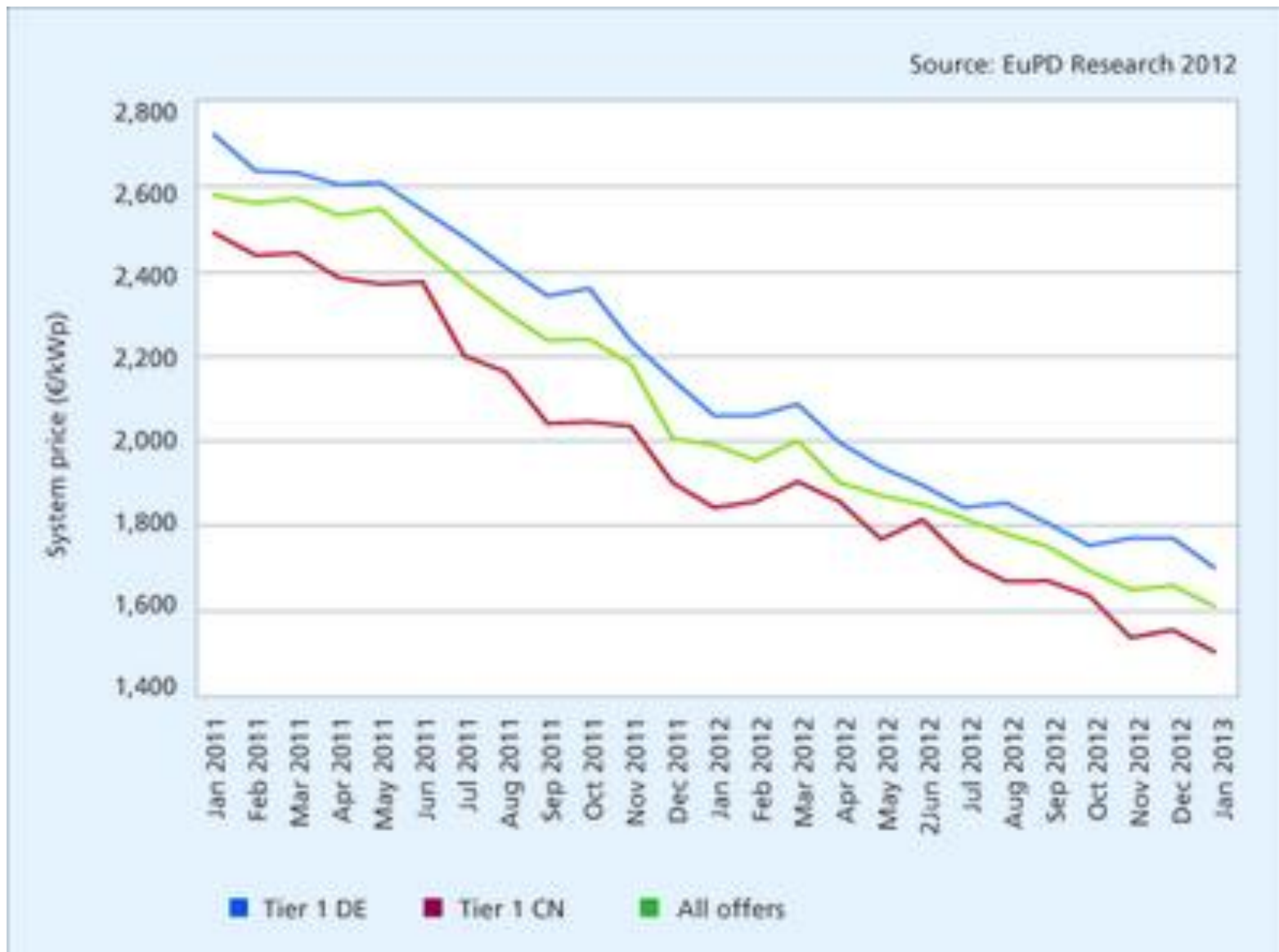
Фото: Пол Андерсон



Затраты на техническое обслуживание и страховку

- Контракты на техническое обслуживание являются ключевым фактором жизнеспособности проекта; 25-32% затрат на протяжении цикла проекта – затраты на техническое обслуживание и приемочный контроль
- Договор комплексного обслуживания со стороны поставщика комплектующего оборудования или контрактов на оказание услуг со специализированными компаниями
- Резерв запасных частей основных компонентов до 5% типичен для крупных проектов
- Системы мониторинга технического состояния становятся все в большей мере средством предотвращения серьезных повреждений и уменьшения затрат на страхование от эксплуатационных рисков
- Тенденция в сторону промышленных сервисных компаний с большим запасом запасных частей
- Страхование строительных рисков (внутренняя перевозка; этап испытаний и пуско-наладочных работ; страхование упущенных выгод; поэтапная работа; физическое повреждение)
- Эксплуатационные риски (механическое разрушение и электрический пробой; физическое повреждение; прерывание деятельности предприятия; финансовая ответственность)

Фотоэлектрические проекты в области солнечной энергетики – изменение уровня CAPEX



Фотоэлектрические проекты – материал коллектора

- Монокристаллический кремний: Наиболее эффективная коммерческая технология (коэффициенты полезного действия приблизительно от 15-19,5% (при коммерческой эксплуатации) до 28% (в опытных условиях))
- Поликристаллический кремний: Дешевле, чем монокристаллический кремний, но также менее эффективен. Эффективность опытных элементов приближается к 24%, а коммерческих модулей – приблизительно к 12-16%
- Тонкая пленка:
 - Дешевле, чем кристаллический кремний, но менее эффективна; различные материалы
 - CdTe – Теллурид кадмия (6-11%)
 - a-Si – Аморфный кремний (5-8%)
 - CIGS/CIS – Диселенид галлия-индия-меди (при коммерческой эксплуатации 10-12.7%); но более высокая производительность в пересчете на кВт·ч/кВт_{пик}
 - Органические фотоэлектрические (OPV) элементы (3.5 -10%)

Фотоэлектрическая установка – Слежение и концентрация

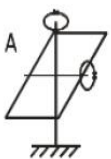
Концепция монтажа

Fixed orientation

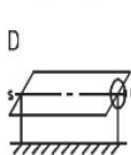
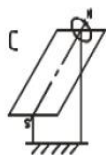
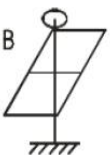


Photon 7/2004

Biaxial tracking



Single axis tracking



- vertical -

- tilted -

- horizontal -



	Среднегодовое значение солнечной радиации в Центральной Европе	Среднегодовое значение солнечной радиации Южной Европе
Фиксированная, оптимальный угол наклона	0%	0%
Горизонтальная ось «N-S»	12%	17%
Ось с наклоном 30°	23%	30%
Вертикальная ось, наклон модуля 50°	23%	29%
Двухосная система слежения	27%	34%



Встроенные в здание фотоэлектрические модули / Установленные на фасаде солнечные модули

- Фотоэлектрические модули встроены в ограждающую конструкцию зданий
- Модули двойного назначения служат в качестве материала заграждающей конструкции здания и генератора энергии



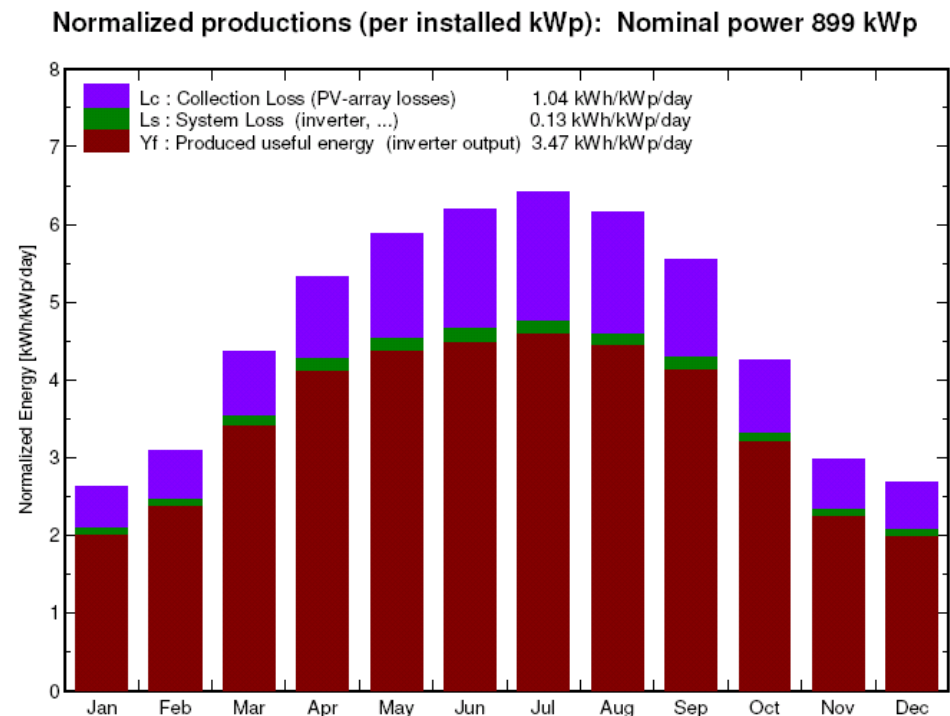
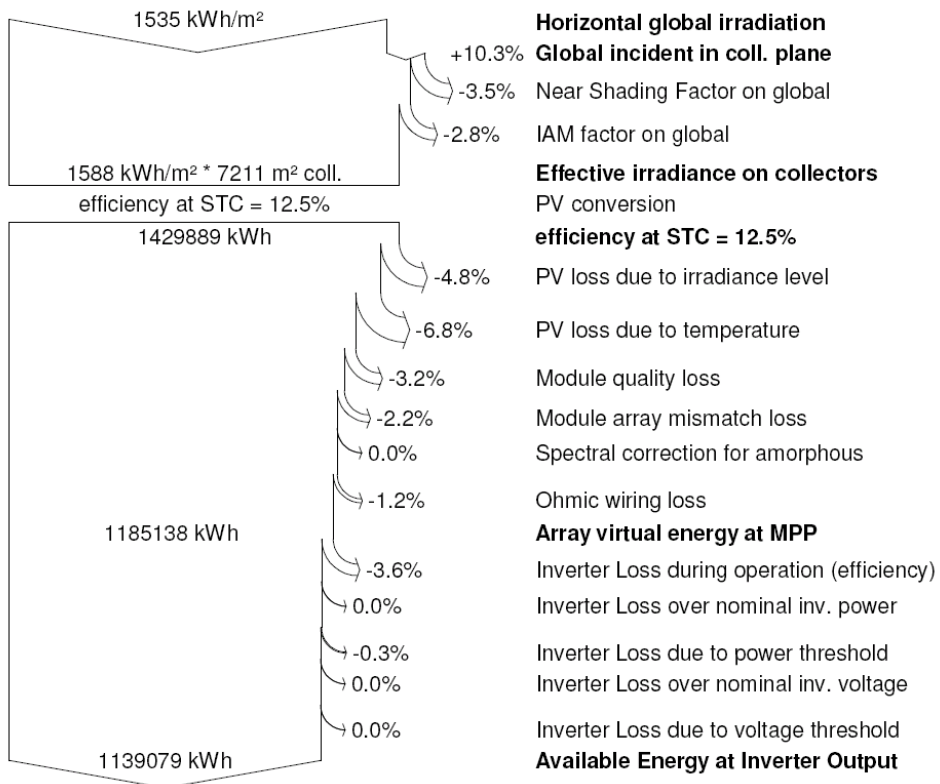
Фотоэлектрические проекты в области солнечной энергетики - характеристики

- CAPEX, от умеренных до высоких (фиксированные установки - 1,2 – 2,0 млн евро/МВт_{пик}; системы слежения – 1,8 – 4,0 евро/МВт_{пик})
- Удельные CAPEX (евро/МВт) сильно зависят от долготы и солнечного излучения
- Высокие специфические потребности в площадях (фиксированные установки – 2,5 – 7,0 га/МВт_{пик}; системы слежения – 4,5 – 8,5 га/МВт_{пик})
- OPEX, очень низкие и хорошо предсказуемые для фиксированных установок; низкие для систем слежения;
- Отсутствие затрат на топливо и воду
- Краткосрочное планирование и сроки реализации проектов
- Обычно нет проблем с переселением и воздействием на окружающую среду
- Хорошо подходят для конкурсных торгов
- Проблема периодичности действия энергоисточников, отсутствие мощностей для покрытия базовой нагрузки, типичные годовые коэффициенты использования мощностей - 12-20%
- Периодичность действия энергоисточников не является проблемой на низких и средних уровнях генерации

Фотоэлектрические проекты – риски и проблемы

- Общий профиль рисков – очень низкий
- Риск превышения CAPEX - низкий
- Выработка вполне прогнозируемая
- Риск OPEX очень низкий и предсказуемый
- Отсутствие серийного производства (поиск приемлемых производителей)
- Снижение мощности
- Издержки на снижение загрязнения окружающей среды в северных странах высокие вследствие периодичности действия источников солнечной энергии (по сравнению с энергией ветра, биомассы или гидроэнергии)
- Концепция сетевого паритета не охватывает все аспекты энергоснабжения
- Изолированные сети: увеличение генерации энергии в небольших пределах не приводит к риску значительного увеличения удельных капитальных затрат
- Финансовая жизнеспособность проекта зависит от «зеленого» стимулирующего тарифа (субсидий) в большинстве энергетических систем, однако эта зависимость уменьшается с дальнейшим уменьшением капитальных затрат

Технические характеристики фотоэлектрических установок - Пример



Источник: Fichtner (стационарная электростанция, поликристаллические модули, Италия)

Прогнозы выработки – Стандартные коэффициенты потерь

- Коэффициенты потерь, рассчитанные с помощью PVsyst, для наземной фотоэлектрической станции в Италии:

Наименование	%
Коэффициент затенения в ближней зоне	-3.4
Модификатор угла падения лучей (IAM) на горизонтальную поверхность	-2.9
Уровень энергетической освещенности	-4.8
Потери из-за температурных колебаний	-4.9
Потери при загрязнении	-1.1
Качество модулей	-1.1
Потери на рассогласование	-1.6
Потери в проводке постоянного тока	-0.9
Потери в проводке переменного тока	-0.5
Потери в трансформаторе и подстанции	-1.1

Источник: Fichtner (стационарная электростанция, поликристаллические модули, Италия)

Прогнозирование выработки – Основные результаты имитационного моделирования

- Основные результаты имитационного моделирования, рассчитанные с помощью PVsyst:

Удельная выработка [кВт·ч/кВт/год]	Коэффициент Производительности [%]	Производство энергии [МВт·ч/год]
1 304	78,2	78 882

- Необходимо также учитывать:
 - Ухудшение параметров модулей (первоначальное и линейное)
 - Эксплуатационную готовность электростанции
 - Эксплуатационную готовность сети
- Соответственно снижается удельная выработка на оценку неопределенности (ухудшение параметров обычно рассматривается отдельно в финансовых моделях)

Гидроэнергетические проекты – типы

- ГЭС, работающие на речном стоке
- Водохранилищные ГЭС
- Гидроаккумулирующие системы
- Каскады

Гидроэнергетические проекты - характеристики

- CAPEX, обычно от высоких до очень высоких (1 – 6 млн евро/МВт)
- CAPEX, часто неопределенные на уровне анализа технической осуществимости (+/- 25%)
- OPEX, очень низкие и хорошо предсказуемые (0,3 – 2,0 евро/МВт·ч)
- Отсутствие затрат на топливо
- Крупные проекты часто характеризуются долгосрочным планированием и сроками строительства (строительство 3-7 лет, планирование до 20 лет)
- IDC (плата за кредит в процессе строительства) может составлять значительную часть CAPEX (возможно > 20%)
- Сроки строительства предрасположены к задержкам
- Вопросы переселения и воздействия на окружающую среду требуют тщательного рассмотрения
- Подъездные дороги и системы соединений и подключений к энергосети могут составить значительную часть капитальных затрат
- Возможны огромные сопутствующие выгоды для сельскохозяйственного сектора (орошение, рыбная ловля)
- Не совсем подходящие для конкурсных торгов (множество средств необходимо затратить прежде, чем проект будет готов для тендера)
- Мощность для покрытия базовой нагрузки – часто только часть суммарной мощности (гарантированной мощности)

Гидроэнергетические проекты – риски и проблемы

- Превышение CAPEX в большинстве проектов
Исследование Мировым Банком 80 гидроэнергетических проектов показало, что конечные расходы превысили бюджетную смету в 76 проектах.
- Продолжительность строительства имеет существенное влияние на плату за кредит в процессе строительства (IDC)
- Гидрологические расчеты – воздействие засушливых периодов и наводнений часто недооценены.
- Заиление водоемов
- Эрозия от ила (абразивная) на турбинах выше ожидаемой
- Отсутствие планирования режима работы каскада
- Сопротивление со стороны местной общественности и активистов движения в защиту окружающей среды задерживает завершение оформления финансовых аспектов проекта или начало строительства
- Сопротивление после завершения оформления вредит репутации банков (нет модели влияния)
- Развивающиеся страны: высокая инфляция и экономический кризис во время периода планирования/строительства (CAPEX увеличиваются, тарифы остаются низкими)

Главные вопросы планирования в области гидроэнергетики

Поскольку гидроэнергетика использует природные ресурсы, планирование опытных консультантов имеет большое значение для уменьшения основных рисков, связанных, например с:

- Гидрологическими расчетами и климатическими условиями (естественный расход воды, включая наводнение, перенос наносов, и т.п.)
- Топографическими условиями
- Геологической ситуацией
- Землетрясением

Кроме того, необходимо учитывать следующие аспекты:

- Политические условия
- Энергетический рынок
- Процесс получения разрешений, учитывая необходимые лицензии, разрешения, контракты и т.п.
- Оценка воздействия на окружающую среду и социальную сферу, руководствуясь Принципами Экватора или аналогичными
- Вопросы культуры (святые места, археологические памятники и т.п.)

Главная тема:

→ Ни одна гидроэлектростанция не похожа на другую!

Спасибо за внимание!

Fichtner GmbH & Co KG

Tino Mahler

Phone +49 (0) 711 8995-602

Cell +49 (0) 151 4231 5829

Fax +49 (0) 711 8995-495

E-Mail tino.mahler@fichtner.de

Web www.fichtner.de