

Грамотный прогноз выработки электроэнергии ветропарком

Семинар «Ценный опыт по наземной энергетике», Киев

Станислав Герасименко

29 мая, 2017

Грамотный ветромониторинг и прогноз производства электроэнергии – какая польза?

Даже 8-10% разница в P90 (при том же P50)



Более низкий риск инвестиции



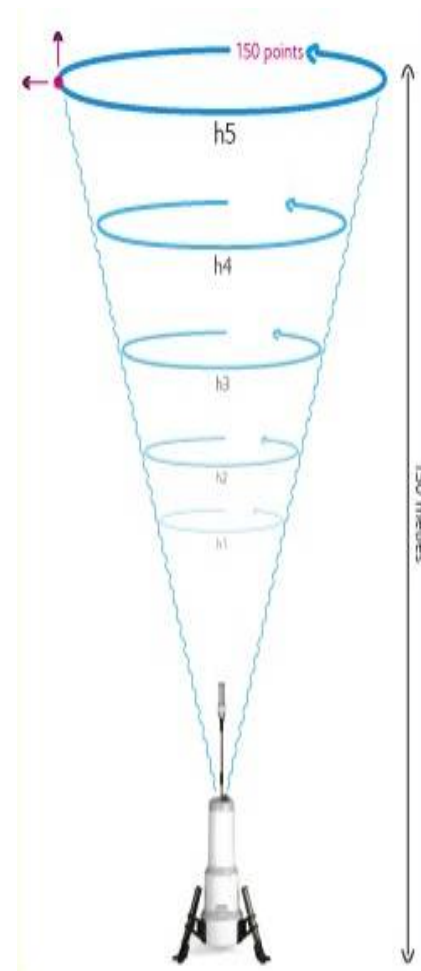
Лучшие условия финансирования,
более точная финансовая модель



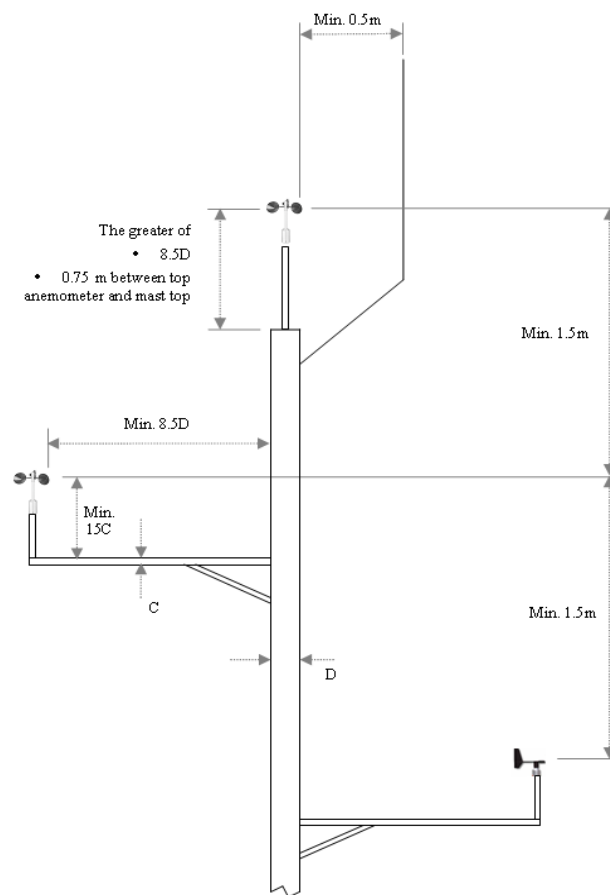
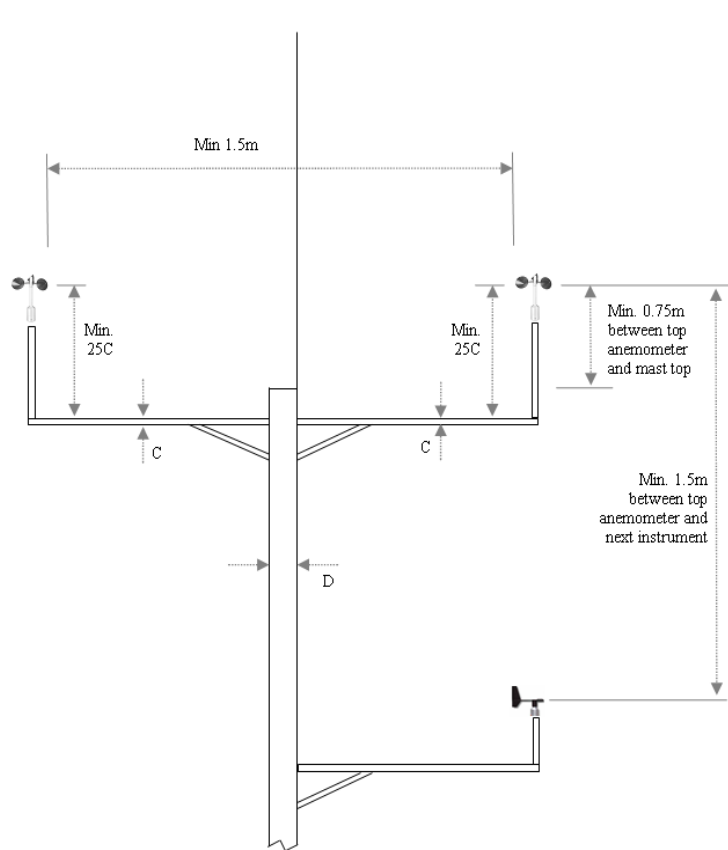
P90 – минимальная годовая выработка электроэнергии, которая будет получена с вероятностью 90%. Зависит от средней величины годовой выработки (P50) и погрешности ее расчета.

1. Измерительное оборудование
2. Качество и длительность измерений
3. Долгосрочный прогноз
4. Репрезентативность ветровых условий для долгосрочного периода
5. Моделирование ветропотока
6. Метод расчёта аэродинамической тени
7. Другие

В случае некоторых источников погрешность можно понизить!



Вполне четкие и понятные рекомендации IEC

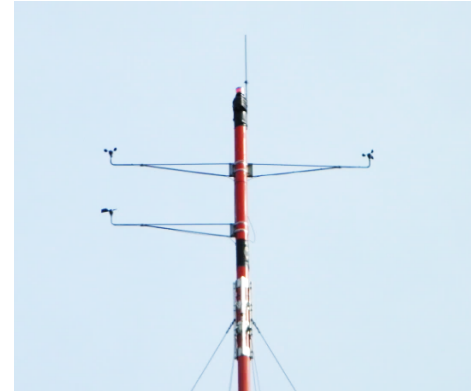


Грамотный прогноз выработки электроэнергии ветропарком

Ветромониторинг – практика



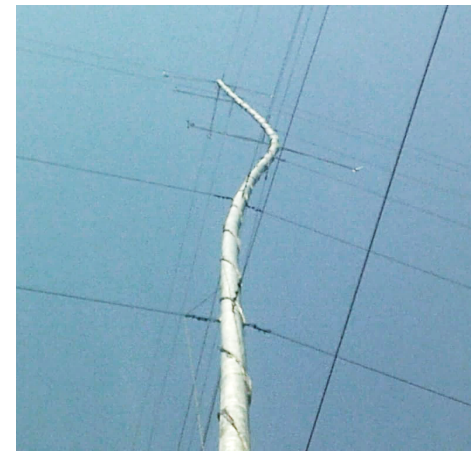
Нестандартные горизонтальные крепления, создающий помехи громоотвод



Встречающиеся в проектах анемометры NRG дефектной серии (произведенные в 2006-2009 годах) и неправильное их расположение



Значительные помехи для измерений



Или вот такие случаи :)

Грамотный прогноз выработки электроэнергии ветропарком

Ветромониторинг – рекомендации

1. Адекватное расположение точек измерений

2. Правильная конфигурация мачт(ы)

3. Тщательный надзор за измерениями

4. Соответствующая документация

5. Достаточная продолжительность измерений

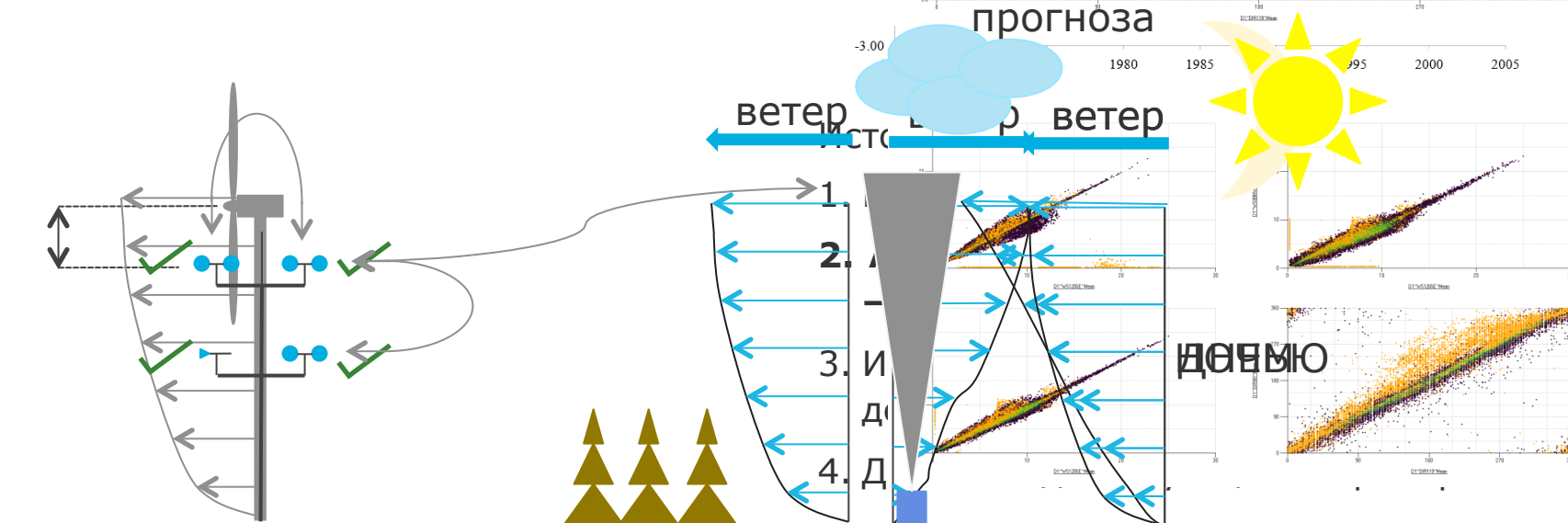
- Регулярное обслуживание
- Быстрое устранение неполадок
- Неизменная конфигурация

- Отчеты
- Сертификаты калибровки перед и по окончании измерений

- Соответствие норме IEC
- Достаточная высота мачт(ы) (минимум 3/4 высоты оси ротора)
- Два анемометра на каждом уровне
- Анемометры на минимум трех разных уровнях
- Датчики одинакового типа, установленные таким-же образом
- Два датчика направления ветра
- Датчики высокого класса (Thies First Class, WindSensor, Vector)
- Надежный регистратор данных

- Минимум 1 год, а лучше 2 года или дольше
- Высокая доступность данных

1. Очистка данных
2. Восстановление данных
3. Долгосрочный прогноз
4. Вертикальная экстраполяция



Грамотный прогноз выработки электроэнергии ветропарком

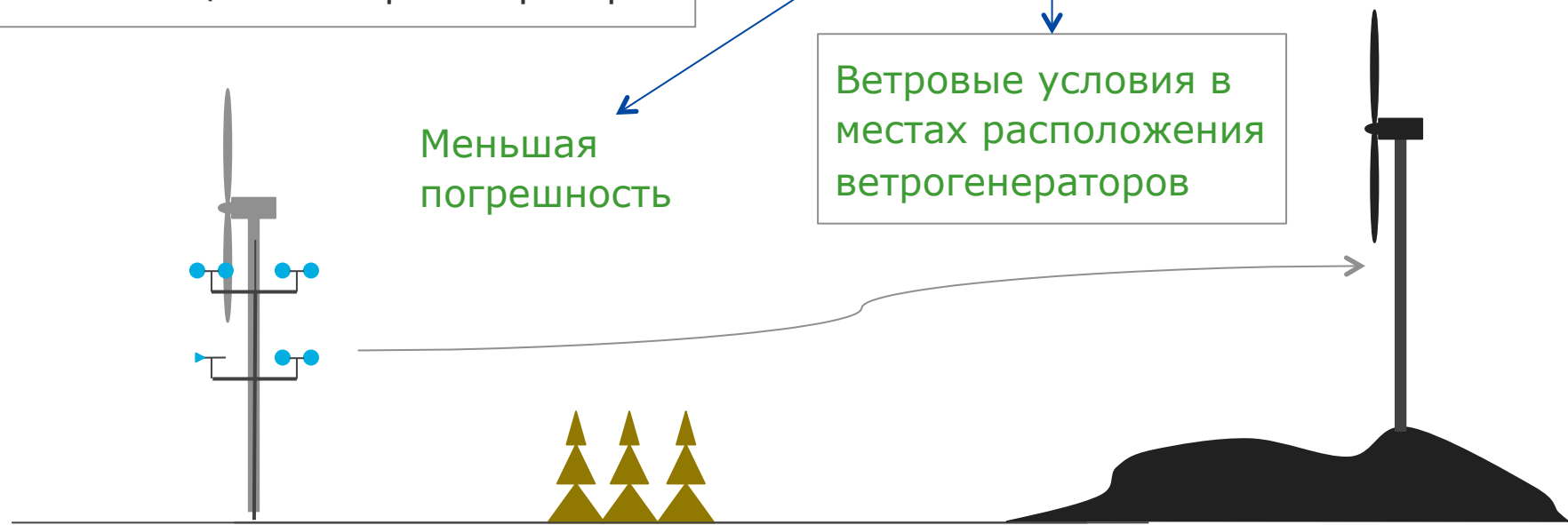
Моделирование ветропотока

Исходные данные:

1. Высота местности
2. Шероховатость местности
3. Ветровые условия в местах измерений
4. Размещение ветрогенераторов

Модель ветропотока:

1. WAsP
2. Модели CFD
(гидродинамическое моделирование)



Исходные данные:

1. Ветровые условия в местах расположения ветрогенераторов
2. Технические характеристики ветрогенераторов
3. Плотность воздуха на площадке
4. Размещение ветрогенераторов



DNV GL WindFarmer:

1. Модель аэродинамической тени
2. Другие модели



Выработка электроэнергии брутто, P50



Грамотный прогноз выработки электроэнергии ветропарком

Оценка потерь, выработка электроэнергии нетто

Выработка
электро-
энергии
брутто, P50



Оценка
потерь



Выработка
электро-
энергии
нетто, P50



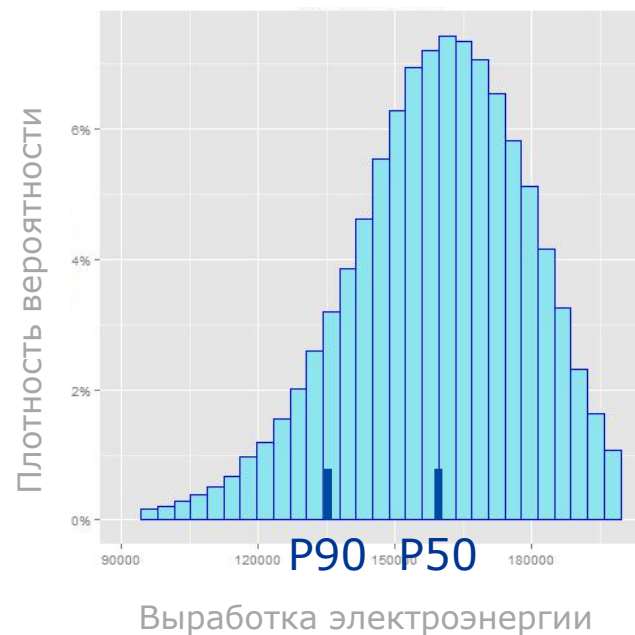
Номинальная мощность ветропарка		20.0	МВт
Выработка электроэнергии брутто		76.3	ГВтч/год
1	Аэродинамическая тень	97.8	%
1a	Аэродинам. тень – внутри ветропарка	98.3	% Расчет для проекта
1b	Аэродинам. тень – внешний ветропарк	99.5	% Не рассматривалась
1c	Аэродинам. тень в будущем	100.0	% Не рассматривалась
2	Доступность	96.6	%
2a	Доступность ветрогенератора	97.0	% Стандартное значение DNV GL
2b	Доступность инфраструктуры ветропарка	99.8	% Стандартное значение DNV GL
2c	Доступность сети	99.8	% Стандартное значение DNV GL
3	Электрический КПД	97.5	%
3a	Операционный КПД	97.5	% Стандартное значение DNV GL
3b	Собственное потребление ветропарком	100.0	% Не рассматривалась
4	Производительность ветрогенератора	97.9	%
4a	Поправка кривой мощности	100.0	% Расчет для проекта
4b	Гистерезис при высокой скорости ветра	100.0	% Расчет для проекта
4c	Характерная для площадки поправка кривой мощности	99.1	% Расчет для проекта
4d	Недостаточная производительность	99.5	% Стандартное значение DNV GL
4e	Снижение эффективности трансмиссии ветрогенератора	99.2	% Стандартное значение DNV GL
5	Потери связанные с окружающей средой	98.9	%
5a	Снижение производительности в связи с обледенением	99.7	% Расчет для проекта
5b	Выключение в связи с обледенением	99.3	% Расчет для проекта
5c	Выключение в связи с температурой	100.0	% Расчет для проекта
5d	Доступ к площадке	100.0	% Не рассматривалась
5e	Рост деревьев	100.0	% Не рассматривалась
6	Ограничения работы	100.0	%
6a	Огр. работы в зависимости от напр. ветра	100.0	% Не рассматривалась
6b	Ограничения наложенные сетью	100.0	% Не рассматривалась
6c	Огр. связанные с шумом, окруж. средой и визуальные	100.0	% Не рассматривалась
Суммарные потери		89.2	%
Влияние асимметрии распределений		100.0	%
Выработка электроэнергии нетто		68.1	ГВтч/год
Коэффициент полезной мощности		37.0	%

Выработка электроэнергии нетто, P50

1. Погрешность прогноза ветровых условий
2. Погрешность расчета выработки энергии
3. Погрешность оценки потерь

Метод Монте-Карло

Выработка электроэнергии P75, P90, PXX



Типичный проект в центральной Польше:

20 МВт | плоская местность (WAsP) | **P50 = 62.9 ГВтч/год**



Источник погрешности (выраженной в скорости ветра)

Ветроизмерения

Вертикальная экстраполяция

Долгосрочный прогноз

Моделирование ветропотока

Ветромониторинг плохого качества

3.0%

4.1%

2.8%

5.5%

Грамотно выполненный ветромониторинг

2.0%

1.5%

1.5%

4.0%

P90 (10 лет)

51.2 ГВтч/год

55.2 ГВтч/год

+7.8%

Прогноз выработки энергии складывается из:

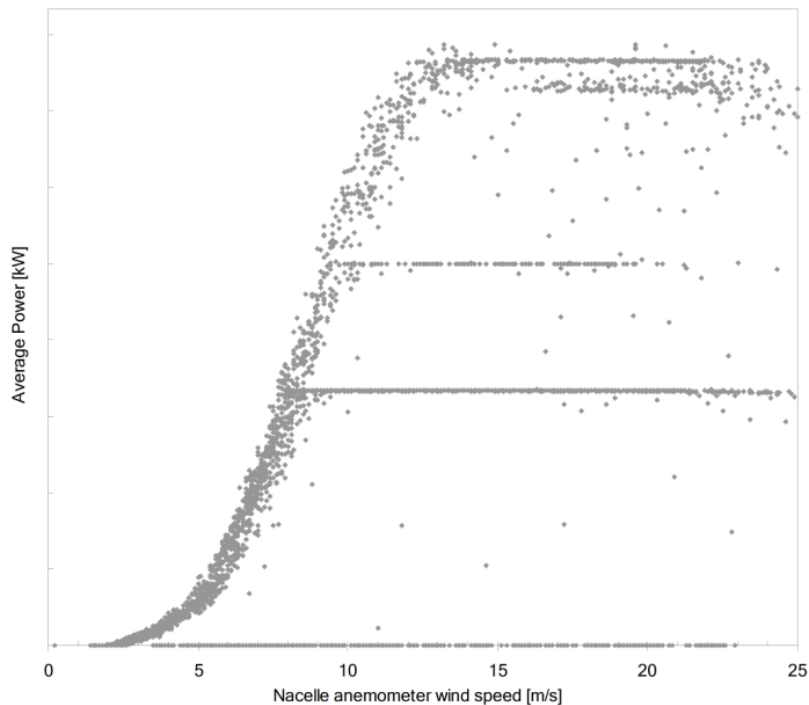
1. Оценки качества ветромониторинга
2. Анализа данных ветроизмерений
3. Моделирования ветропотока
4. Рассчета выработки брутто
5. Оценки потерь, расчета выработки нетто (P50)
6. Анализа погрешностей и определение выработки P75 и P90

Не стоит экономить
на ветромониторинге!

Самая трудоемкая
часть анализа,
требуется опыта

Существенный
источник
погрешности, стоит
воспользоваться CFD

Обеспечение правильной работы ветрогенераторов



Дальнейшие этапы

Краткосрочное прогнозирование выработки электроэнергии



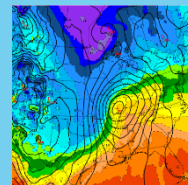
Прогноз
выработки
и спроса



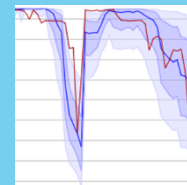
Горизонт
прогноза от 5
минут до 15 дней



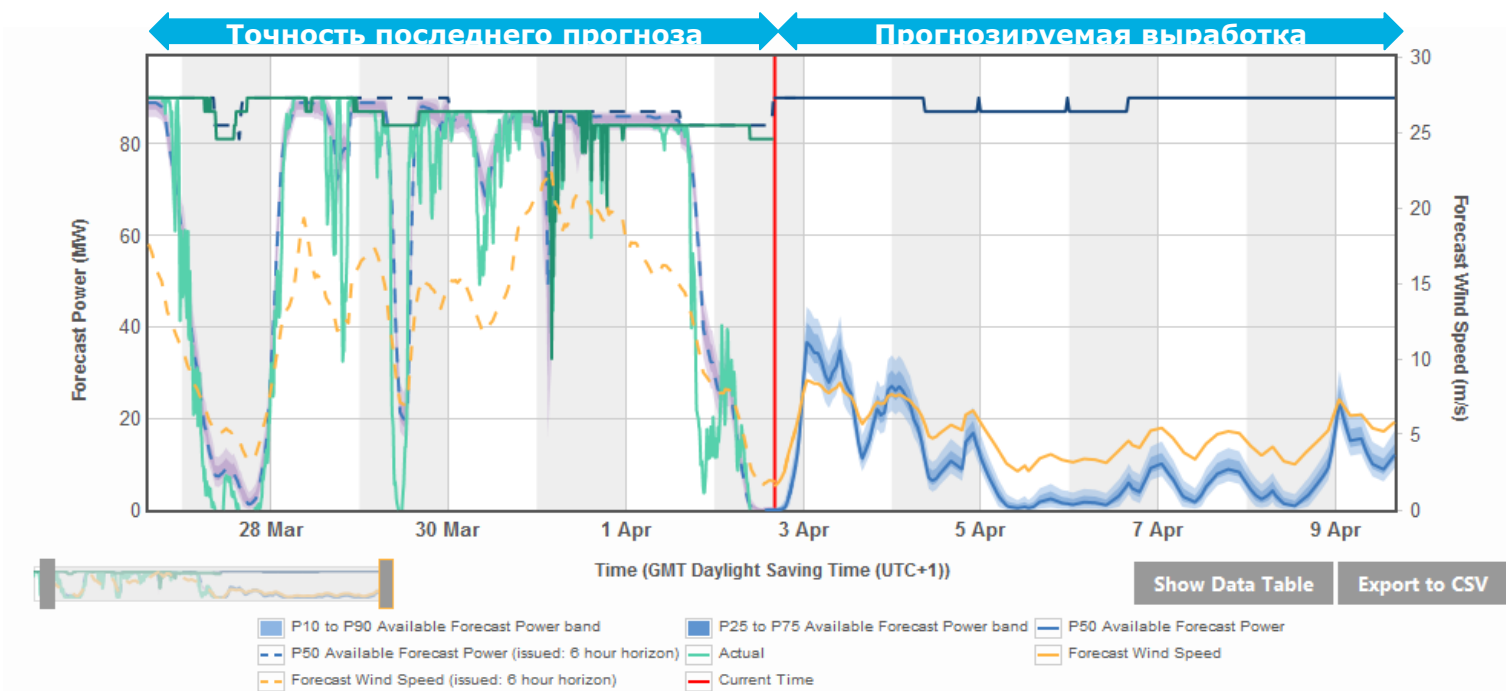
Мировой опыт
> 50 ГВт мощности
> 20 стран



Данные из
лучших мировых
моделей



Точный расчет
погрешности для
оценки риска



Спасибо за внимание.

Станислав Герасименко

stanislav.gerasymenko@dnvgl.com

Direct +48 22 52 01 890 | Mobile +48 881 017 856

www.dnvgl.com

SAFER, SMARTER, GREENER