

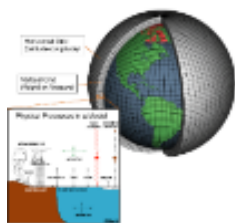


ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫРАБОТКИ ВЭС В КРАТКОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ



1

Прогнозирование погодных условий



Прогнозирование параметров ветра ведется при использовании метода Численного Прогноза Погоды (Numerical Weather Prediction).

Кто осуществляет: Поставщики метео-услуг

Исходные данные

- Физическое и математическое моделирование характерной подстилающей поверхности и динамических процессов в атмосфере ;
- Данные метеоспутников, метеозондов и наземных метеостанций, в т.ч. датчиков ВЭУ

Необходимые ресурсы

- Наличие высокопроизводительного вычислительного центра

Результат

- Краткосрочный прогноз погоды до 5-7 дней

2

Расчет выработки ВЭС на краткосрочный период



Расчет производится при использовании нейронных сетей и передаточной функции, определенной для конкретной ВЭС

Кто осуществляет: Специализированные сервис-провайдеры

Исходные данные

- Краткосрочный прогноз погоды: до 48 часов. Более 48 часов используется для целей оперативного планирования работ.
- Статистика работы ВЭС

Необходимые ресурсы

- Наличие высокопроизводительного вычислительного центра

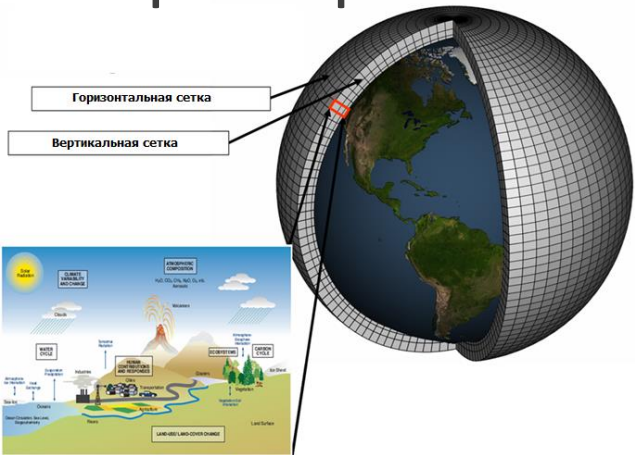
Результат

- Краткосрочный прогноз выработки (до 48 часов)

1

Прогнозирование погодных условий методом Численного Прогнозирования Погоды

Суть метода состоит в том, что для участка поверхности Земли создается математическая модель, позволяющая рассчитать краткосрочный прогноз погоды (до 5-7 дней) на основании текущих погодных условий. Эта модель может быть Глобальной, покрывающей всю Землю, или Локальной, покрывающий отдельный участок планеты. Каждая модель характеризуется числом точек, для которых производится прогноз (разрешением) и частотой обновления прогноза



Сравнение моделей прогнозирования погодных условий, на примере компании MetOffice UK в Европе и Украине

ПАРАМЕТР	Страны Европы	Украина (Ботиевская ВЭС)
Модель	Локальная, Euro4	Глобальная
Разрешающая способность сетки	4x4 км	17x17 км
Частота обновления	1 час и меньше	Не менее 3х часов

Развитость инфраструктуры прогнозирования погодных условий в Европе на пути формирования преобладающего направления ветра позволяют достичь приемлемого уровня погрешности прогнозирования для сектора ВИЭ в Европе.

Преобладающее направление ветра в Европе и Украине



Этап 2. РАСЧЕТ ВЫРАБОТКИ ВЭС НА КРАТКОСРОЧНЫЙ ПЕРИОД

2

1. Исходные данные

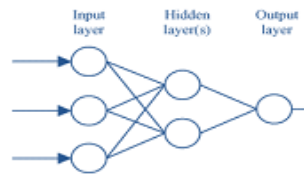
Прогноз погодных условий



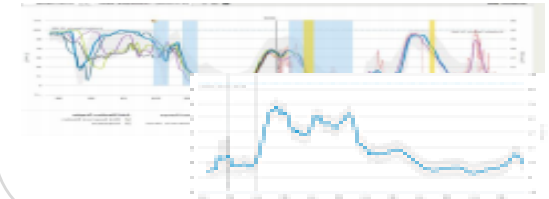
Статистические данные по выработке и погодным условиям



2. Определение прогнозных зависимостей с применением нейронных сетей и расчет прогноза с применением передаточной функции



3. Корректировка прогноза выработки на фактор работы ВЭС (обслуживание, ремонты и т.д.)

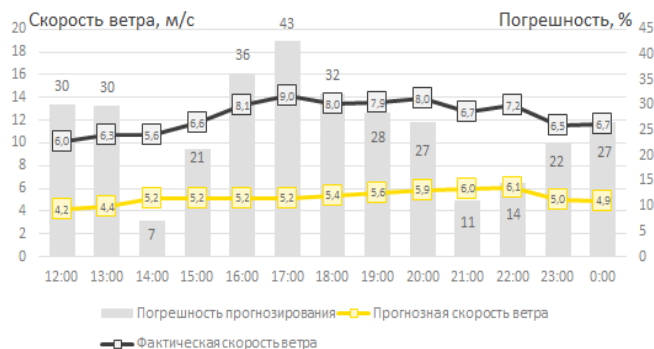


Погрешность в прогнозировании выработки ВЭС

Прогнозирование погодных условий
(параметров скорости ветра)

Среднечасовая погрешность = 26%

Пример за 29.05.2016



Шаг пересчета прогноза погодных условий в прогноз выработки ВЭС

Более 13 м/с

$$P = P_{\text{НОМ}}$$

$P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность ВЭУ

Менее 13 м/с

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot A \cdot Ce(V)$$

P – Выработка ВЭУ за период времени,

ρ – плотность воздуха, кг/м³

V – скорость ветра, м/с

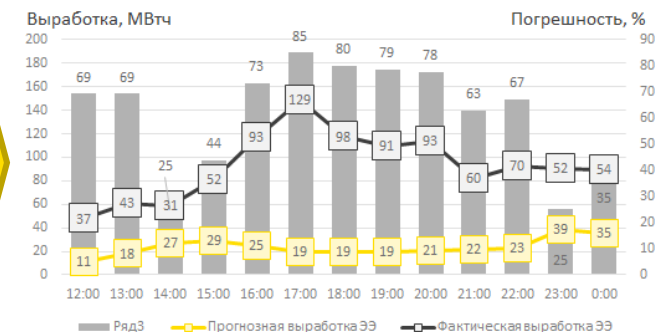
A – площадь ометаемой поверхности ротором ВЭУ, м²

$Ce(V)$ – Функция мощности ВЭУ от скорости ветра (кривая мощности).

Прогноз выработки ВЭС

Среднечасовая погрешность = 77%

Пример за 29.05.2016



Поскольку для территорий Украины характерна наибольшая частота повторений скорости ветра в диапазоне 3-13 м/с, следственно высокое значение погрешности прогнозирования выработки обусловлено кубической зависимостью мощности (выработки) ВЭУ от скорости ветра.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ БОТИЕВСКОЙ ВЭС НА СУТКИ ВПЕРЕД (+48 ЧАСОВ) НА ОСНОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ СЕТЕВОГО ОПЕРАТОРА*



В случае обновления прогноза выработки в течении суток, среднечасовая погрешность прогнозирования скорости ветра снизится до 22%, среднечасовая погрешность прогнозирования выработки снизится до 65%. В расчете принимается возможность 3х разового обновление прогноза в течении суток.

*- Прогнозирование выработки Ботиевской ВЭС оценивается согласно нормативных требований по предоставлению почасового графика отпуска ЭЭ на сутки вперед. Предоставление графика сетевому оператору производится до 10:00 предшествующих суток без возможности его обновления.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Анализ прогнозирования выработки Ботиевской ВЭС за период с августа 2014г. по май 2016 г. КОМПАНИЕЙ LEM-SOFTWARE

Прогнозирование выработки Ботиевской ВЭС оценивается согласно нормативных требований по предоставлению почасового графика отпуска ЭЭ на сутки вперед. Предоставление графика сетевому оператору производится до 10:00 предшествующих суток без возможности его обновления.

Методика расчета отклонения. Показывает отклонение прогнозной выработки (скорости ветра) по отношению к фактической выработке (скорости ветра) за расчетный период.

Базис для расчета – 1 час. Выбрана ввиду отсутствия методологии учета небалансов и расчета величины погрешности. При выборе иного базиса данные должны быть уточнены.

$$\text{Forecast error}_i = \frac{\text{Actual}_i - \text{Forecast}_i}{\text{Actual}_i} \times 100\%$$

i- расчетный базис (сутки)

Forecast error_i - Погрешность прогнозирования за *i*-е сутки

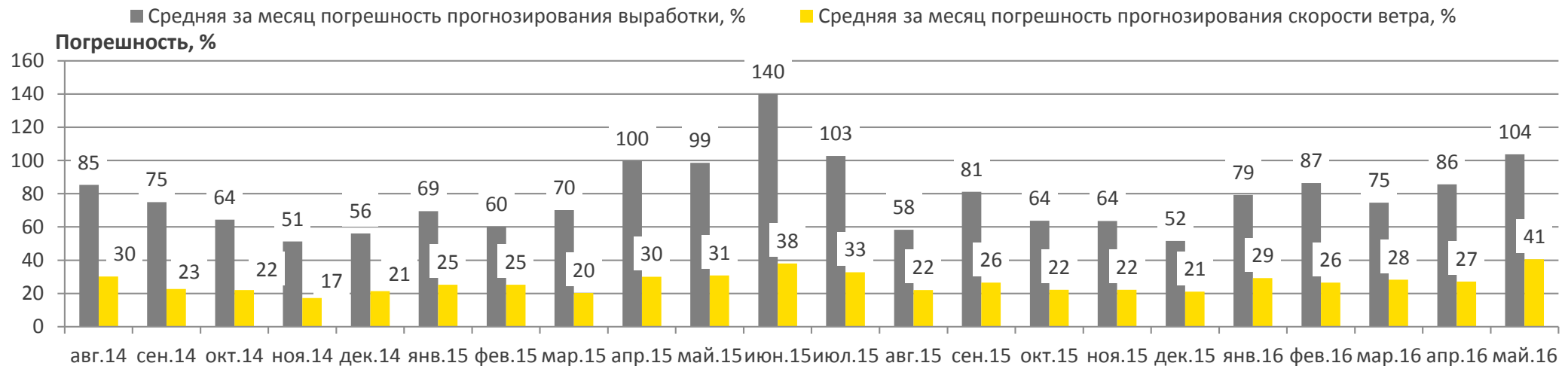
Actual_i - Фактическая выработка (скорость ветра) за *i*-е сутки

Forecast_i - Прогнозная выработка (скорость ветра) за *i*-е сутки

Ключевое преимущество метода: показывает «чистое отклонение» прогнозной выработки от фактической.

Ключевой недостаток метода: высокое значение погрешности при невысоком отклонении выработки в МВтч на низких скоростях ветра (более 100%).

Погрешность прогнозирования выработки Ботиевской ВЭС



За период с августа 2014г. по май 2016г. средняя погрешность прогнозирования составила: 77,4%, среднечасовое отклонение в МВтч=25 МВтч. Средняя погрешность прогнозирования скорости ветра составила 26%, среднечасовое отклонение 1,46 м/с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОПИСАНИЕ КОМПАНИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ УСЛУГИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВЫРАБОТКИ БОТИЕВСКОЙ ВЭС

Предоставление прогноза погодных условий

DWD
Германия



Государственное учреждение при Министерстве транспорта и Цифровой инфраструктуры Германии. Осуществляет прогнозирование погодных условий для различных нужд бизнеса и гражданского населения Германии. Кроме того, осуществляет прогнозирование погодных условий по всему миру, анализируя и пересчитывая спутниковую информацию с помощью физического моделирования на суперкомпьютере.

Для Винд Пауэр осуществляет прогнозирование с 01.09.2015г.

Met Office
Великобритания



Мировой лидер прогнозирования погоды и предоставления услуг для государственного сектора Великобритании, бизнеса (в том числе ВИЭ), для вооруженных сил и гражданского населения. Более 10 млн. метеостанций, персонал более 1700 человек в 60 локациях по всему миру.

Для Винд Пауэр осуществляет прогнозирование с 01.08.2014г.

Расчет выработки электроэнергии площадки Ботиевской ВЭС

LEM-software
Германия



На рынке услуг с 1997г. Специализирована на работе с ТЭК в части планирования нагрузок и уровня потребления. Для ВИЭ осуществляет прогнозы выработки ВЭС и СЭС в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Поддержка оказывается Институтом Метрологии Лейпцига.

Для Винд Пауэр осуществляет прогнозирование с 01.08.2014г.

Vestas
Дания



Лидер ветроэнергетической отрасли. Осуществляет прогноз выработки на основании пересчета физической модели местности на супер компьютере, основываясь на данных спутников и данных со SCADA. Осуществляет прогноз для более 7 ГВт проектов ВЭС в 28-ми странах.

Для Винд Пауэр осуществляет прогнозирование с 01.04.2016г