Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный горный институт Им. Г.В. Плеханова (технический университет)



#### БЕЛЬСКИЙ Алексей Анатольевич

# Возобновляемые источники энергии. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА.

Научный руководитель: д.т.н., проф. АБРАМОВИЧ Борис Николаевич

#### Ветроэнергетика в России

Русские ученные являются первопроходцами и создателями теорий описывающих использование энергии ветра.

Теорию идеального ветряка впервые разработал в 1914 г. В.П. Ветчинкин на основе теории идеального гребного винта. В этой работе он установил понятие коэффициента использования энергии ветра идеальным ветряком.

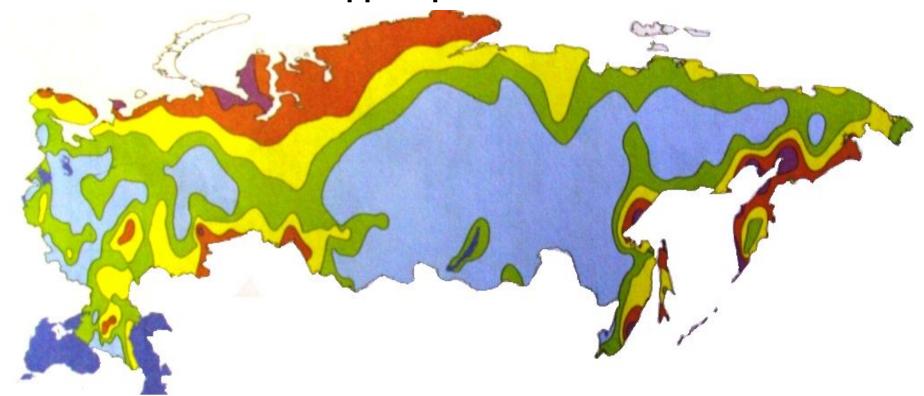
В 1920 г. проф. Н.Е. Жуковский изложил теорию «Ветряной мельницы НЕЖ».

Теория идеального ветряка проф. Н. Е. Жуковского носит название классической теории; она устанавливает, что максимальный коэффициент использования энергии ветра идеальным ветряком равен 0,593.

С точки зрения практического применения, теория идеального ветряка наиболее полно, изложена проф. Г.Х. Сабининым, согласно которой коэффициент использования энергия ветра идеальным ветряком равен 0,687.

Исследования показывают, что Россия обладает самым высоким в мире ветропотенциалом. В европейской части РФ КИУМ станций можно довести до 30%, а в районах Крайнего Севера – до 40%. Около 30% потенциала ветроэнергетики России сосредоточено на Дальнем Востоке, 16% - в Сибири, 14% - в районах Севера и менее, чем 25% в остальных регионах (в районах Нижней и Средней Волги и Каспийского моря, Карелии, Алтая и пр.).

## Распределение значений среднегодовых скоростей ветра на территории России.



Закрытая местность	Открытая местность	Морской берег	Открытое море	Холмы и горы
>6,0 m/c	>7,5 m/c	>8,5 m/c	>9,0 m/c	>11,5 m/c
5,0-6,0	6,5-7,5	7,0-8,5	8,0-9,0	10-11,5
4,5-5,0	5,5-6,5	6,0-7,0	7,0-8,0	8,5-10
3,5-4,5	4,5-5,5	5,0-6,0	5,5-7,0	7,0-8,5
<3,5 m/c	<4,5 m/c	<5,0 м/с	<5,5 m/c	<7,0 m/c <b>3</b>

ГОСТ Р51237-98. «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения.»

ГОСТ Р51237-98. «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэлектрические. Требования к испытаниям.»

ГОСТ Р51990-2002. «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Классификация.»

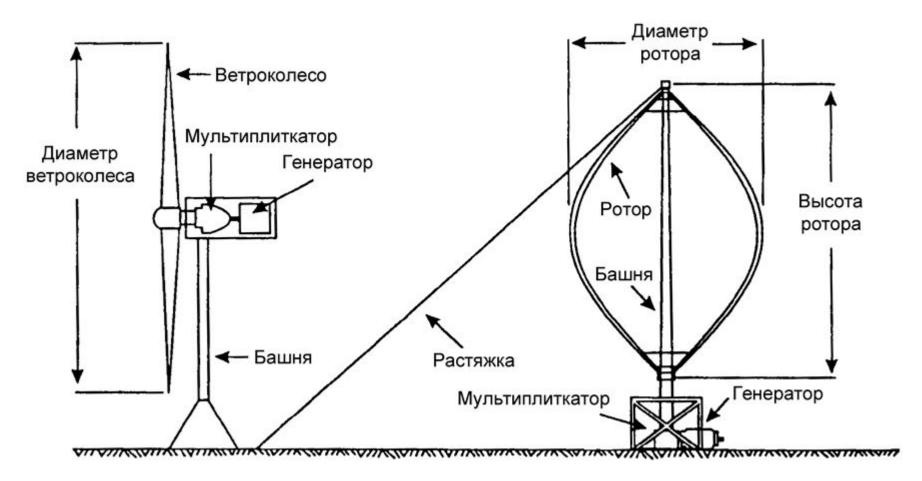


## ГОСТ Р51990-2002. «Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Классификация.»

#### ВЭУ классифицируют:

- по виду вырабатываемой энергии (механические и электрические);
- по мощности ( большой мощности свыше 1 МВт; средней мощности от 100 кВт до 1 МВт; малой мощности от 5 до 99 кВт; очень малой мощности менее 5 кВт);
  - по областям применения;
  - по назначению (автономные, гибридные, сетевые);
- по признаку работы (с постоянной или переменной частотой вращения ветроколеса);
- по способам управления (регулирование управлением ветроколесом, балластное сопротивление, преобразователем частоты);
  - по структуре системы генерирования энергии (тип генератора).

#### Типы ветроэлектрических установок



С горизонтальной осью вращения ветроколеса

С вертикальной осью вращения ветроколеса

### Типы ветроэлектрических установок



С горизонтальной осью вращения ветроколеса



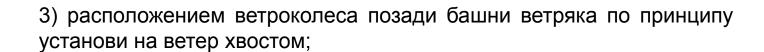
С вертикальной осью вращения ветроколеса

### Способы ориентации по ветру

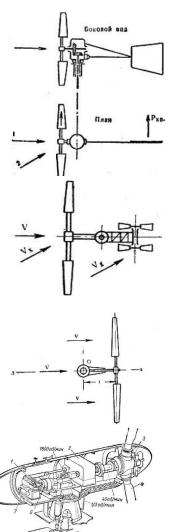
Автоматический установ Ветроколеса на ветер осуществляется следующими четырьмя способами:

1)хвостом, действующим аналогично флюгеру;

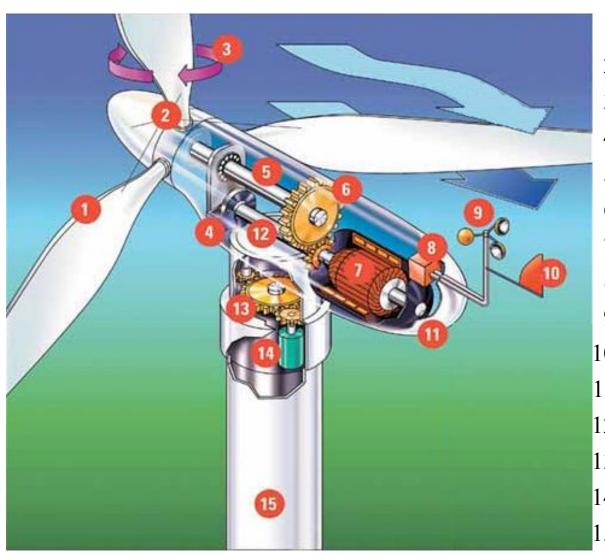
2) виндрозами, действующими па поворотную часть ветряка через зубчатую передачу;



4) установ на ветер электромотором.

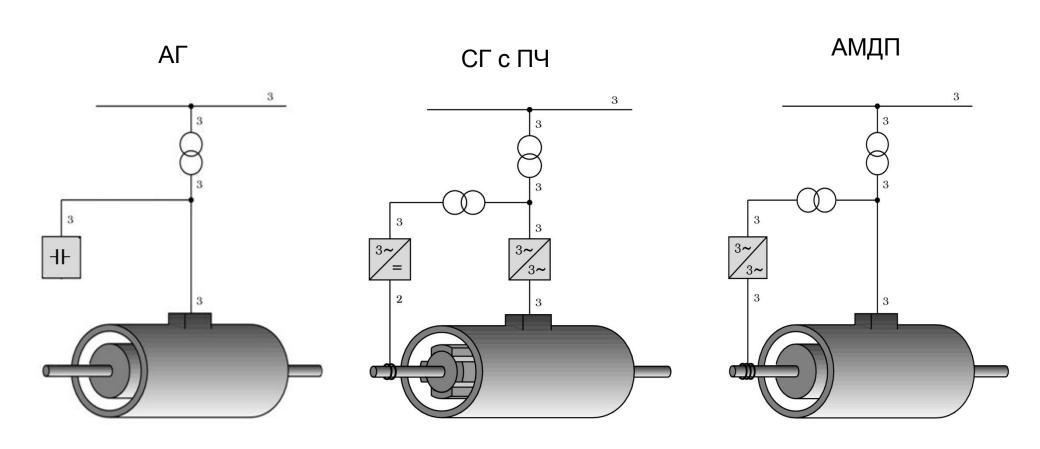


# Устройство современной ветроэлектрической установки (ВЭУ) мощностью от 100кВт



- 1. Лопасть
- 2. Ротор
- 3. Механизм поворота лопастей
- 4. Тормозное устройство
- 5. Тихоходный вал
- 6. Мультипликатор
- 7. Генератор (СМПЧ или АМДП)
- 8. Контроллер
- 9. Анемометр
- 10. Флюгер
- 11. Гондола
- 12. Быстроходный вал
- 13. Редуктор поворота гондолы
- 14. Двигатель поворота гондолы
- 15. Башня

### Типы генераторов применяемых в ВЭУ



#### Мощность ВЭУ $P_B=f(V)$

$$P_{e} = \frac{1}{2}\pi (R^{2} - r^{2})\rho v^{3} \xi \frac{1}{1000} \eta_{M},$$

где  $P_{g}$  – мощность на валу мультипликатора (кВт),

R – радиус ветроколеса (м),

r – радиус ступицы ветроколеса (м),

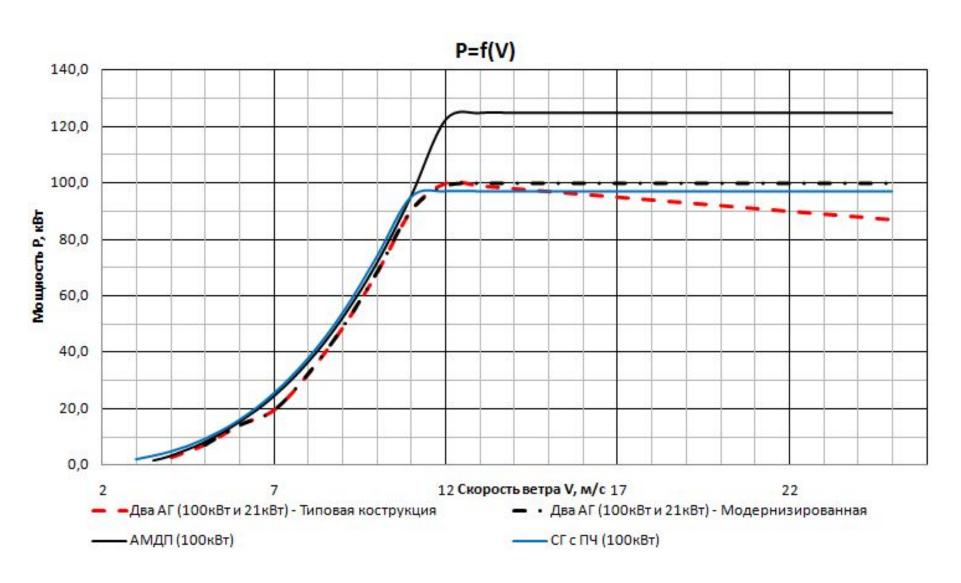
 $\rho$  – плотность воздуха (кг/м3),

v — скорость ветра (м/с),

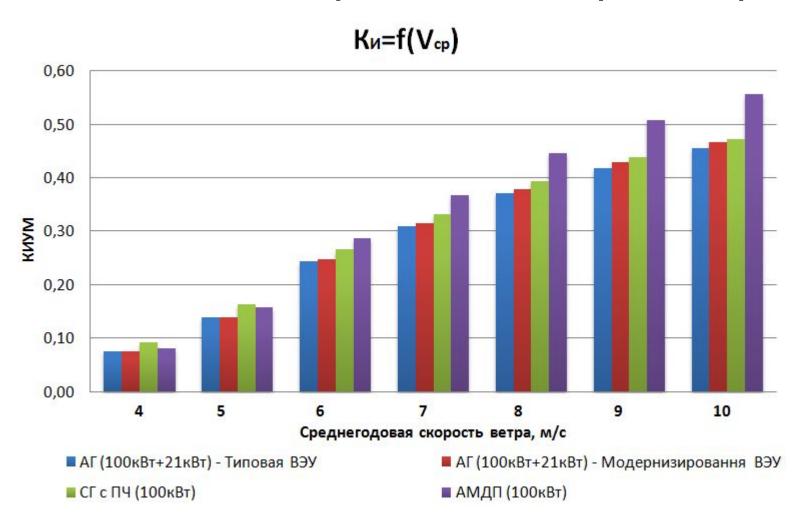
 $\xi$  – коэффициент использования энергии ветра,

 $\eta_{_{M}}$  – КПД мультипликатора.

### Рабочие характеристики ВЭУ Рв=f(V)



## Зависимость коэффициента использования установленной мощности ВЭУ от среднегодовой скорости ветра

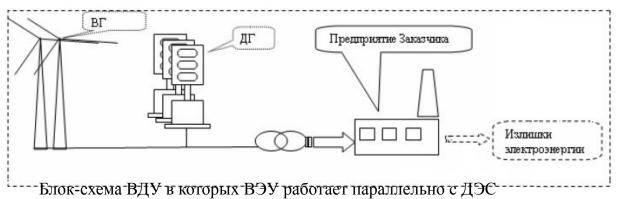


## Гибридные Энергетические Системы



## Варианты гибридных комплексов ВЭУ и ДЭС (ВДУ)

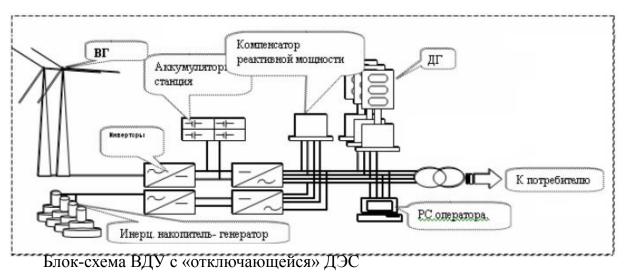
#### • ВДУ в которых ВЭУ работает параллельно с ДЭС



Доля участия ВЭУ в выработке энергии до 25%.

Уровень достигаемой экономии топлива 20-30% от общего.

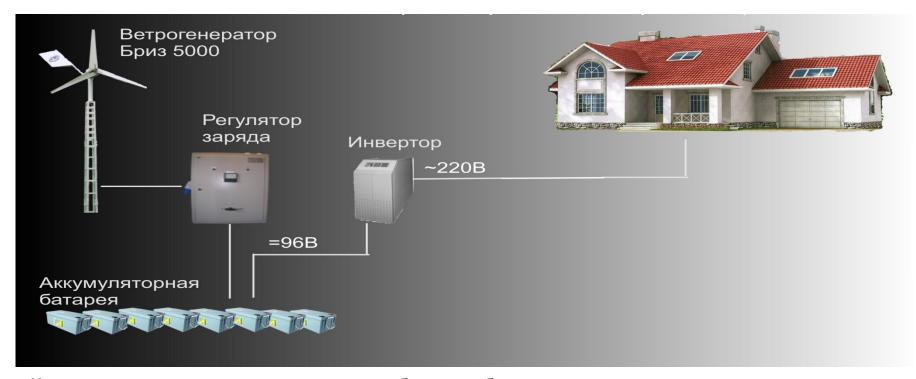
#### • ВДУ с «отключающейся» ДЭС



Доля участия ВЭУ в выработке энергии до 70-85%.

Уровень достигаемой экономии топлива 65-90% от общего.

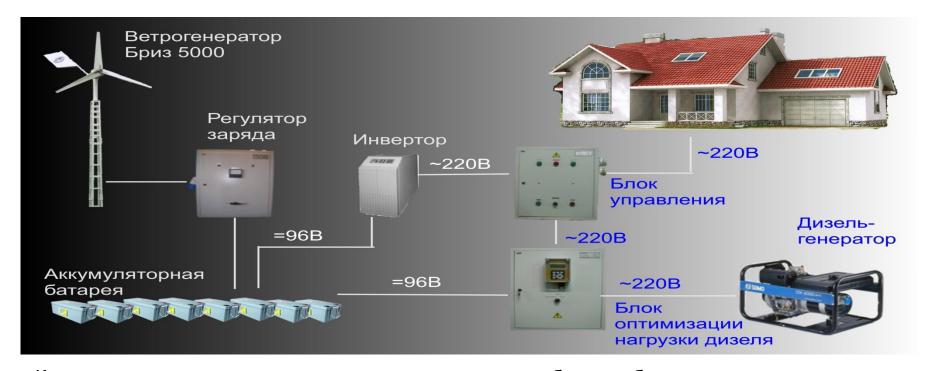
Количество вредных выбросов от ДЭС сокращается на 40-70%.



Комплекс предназначен для электроснабжения объектов, расположенных в зонах со средними и сильными ветрами. Обеспечивает потребителей качественной электроэнергией (220В 50Гц) со средним потреблением до 600 кВтч в месяц (при средних ветрах 4,5 м/с).

#### Состав:

- Ветрогенератор "Бриз 5000"
- Кабель 70 м
- Регулятор заряда с балластным сопротивлением и эл. тормозом
- Инвертор 96В/220В, 50 Гц
- Аккумуляторные батареи
- Мачта



Комплекс предназначен для гарантированного электроснабжения объектов, расположенных в зонах со средними и слабыми ветрами. Обеспечивает потребителей качественной электроэнергией (220В, 50Гц).

#### Состав:

- Ветрогенератор "Бриз 5000« с кабелем 70 м
- Регулятор заряда с балластным сопротивлением и эл. тормозом
- Инвертор 96В/220В, 50 Гц
- Блок оптимизации нагрузки дизеля и дизель генератор
- Блок управления
- Аккумуляторные батареи
- Мачта















#### Мировая ветроэнергетика

К 2020 году доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии достигнет 10%.

Мировая практика эксплуатации сетевых ветроэлектростанций показывает, что точность прогнозов выдачи энергии ветростанций при почасовом планировании на рынке на день вперед превышает сегодня 95%.

Начиная с 1980 г. установленная мощность ветровых турбин в ЕС выросла в 290 раз, а стоимость генерации за тот же период снизилась на 80%.

Появление каждых 5 % доли ВЭС на рынке электроэнергии приводит к снижению оптовых цен на 1% (анализ рынков электроэнергии Северной Германии и Дании). 1% роста энергетики на ВИЭ дает дополнительный рост ВВП на 1,5%.

Современные ВЭУ, подключенные к энергосистеме, работают с коэффициентом использования установленной мощности от 0,15 до 0,37. Электростанции на не возобновляемых источниках энергии работают с коэффициентом от 0,4 до 0,8. В 2008 году коэффициент использования установленной мощности всех электростанций России составил 0,5.

Шум от современной ВЭУ на расстоянии 200 м равен шуму холодильника на кухне.



### Мировая ветроэнергетика

