

# Ветроэнергетика

---



2016 г.

**Ветроэнергетика**— отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, электрической и тепловой энергии. Использование ветровой энергии осуществляется с помощью специальных установок.

***Ветроэнергетическая установка (ВЭУ)*** — это комплекс технических устройств для преобразования кинетической энергии ветрового потока в какой-либо другой вид энергии. ВЭУ состоит из ветроагрегата устройства, аккумулирующего энергию или резервирующего мощность, в ряде случаев дублирующего двигателя (большой частью теплового) и систем автоматического управления и регулирования режимов работы установки

## Ветроэнергетика в России

Русские ученые 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.

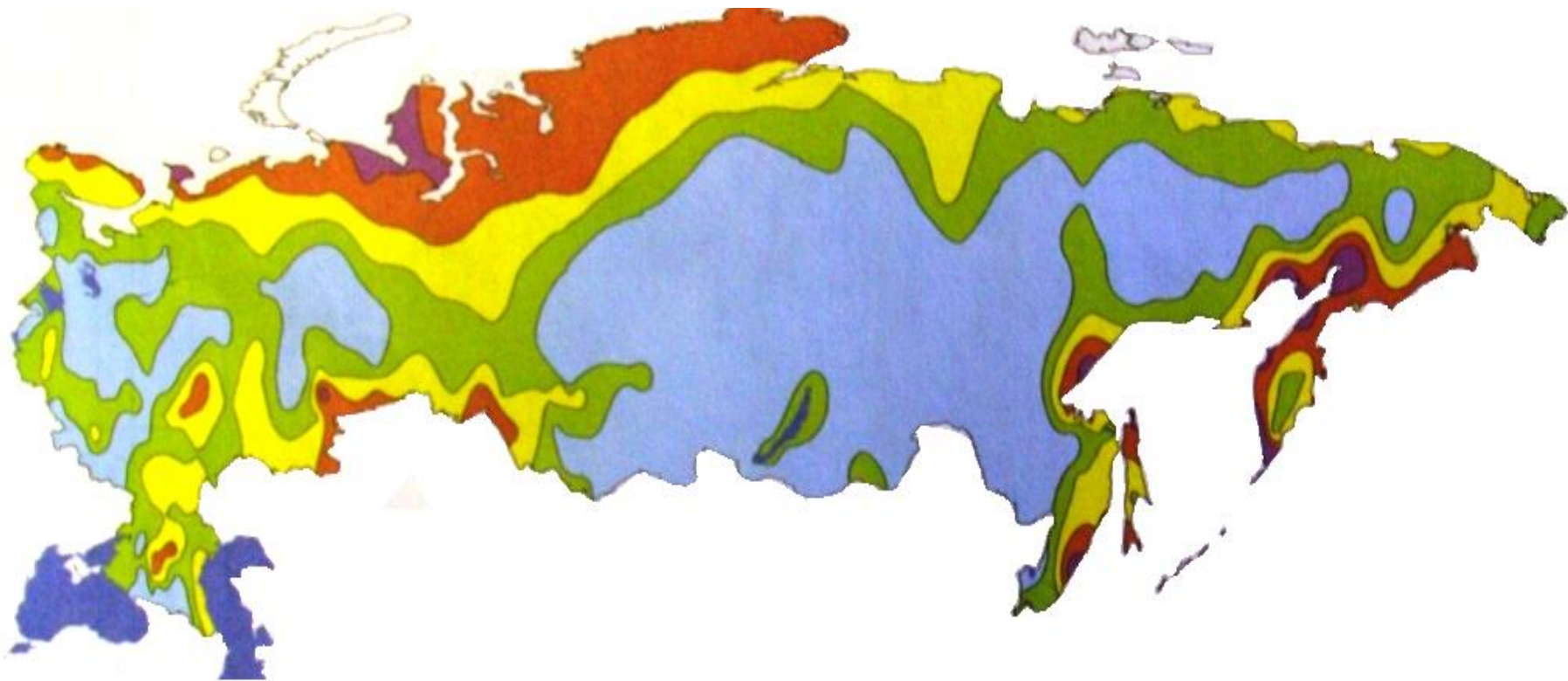
В 1920 г. проф. Н.Е. Жуковский изложил теорию «Ветряной мельницы НЕЖ».






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 энергии 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.



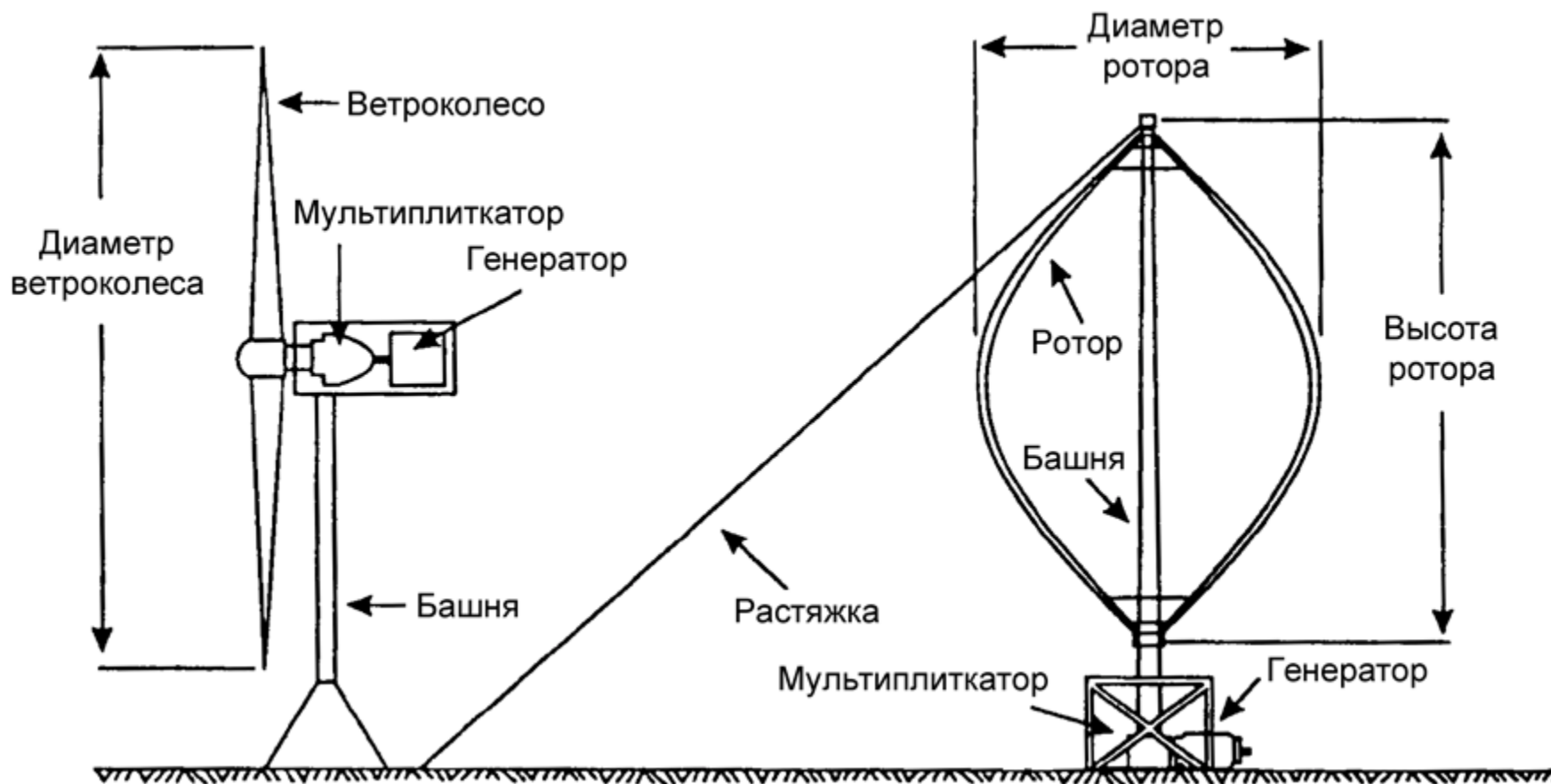
	Закрытая местность	Открытая местность	Морской берег	Открытое море	Холмы и горы
	>6,0 м/с	>7,5 м/с	>8,5 м/с	>9,0 м/с	>11,5 м/с
	5,0-6,0	6,5-7,5	7,0-8,5	8,0-9,0	10-11,5
	4,5-5,0	5,5-6,5	6,0-7,0	7,0-8,0	8,5-10
	3,5-4,5	4,5-5,5	5,0-6,0	5,5-7,0	7,0-8,5
	<3,5 м/с	<4,5 м/с	<5,0 м/с	<5,5 м/с	<7,0 м/с

# 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*

## Необходимые условия для развития ветроэнергетики

- 1) Наличие достаточного ветроэнергетического потенциала (скорость ветра 7 и более м/с) □
- 2) Наличие политической поддержки и государственной программы по использованию ветроэнергетики
- 3) Наличие законодательной базы для стимулирования инвестиций в ветроэнергетику



# Способы ориентации по ветру

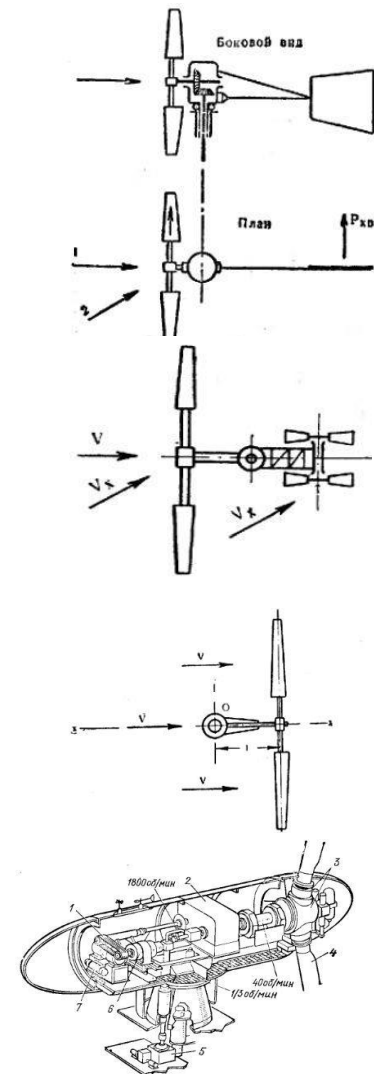
Автоматический установ Ветроколеса на ветер осуществляется следующими четырьмя способами:

1) хвостом, действующим аналогично флюгеру;

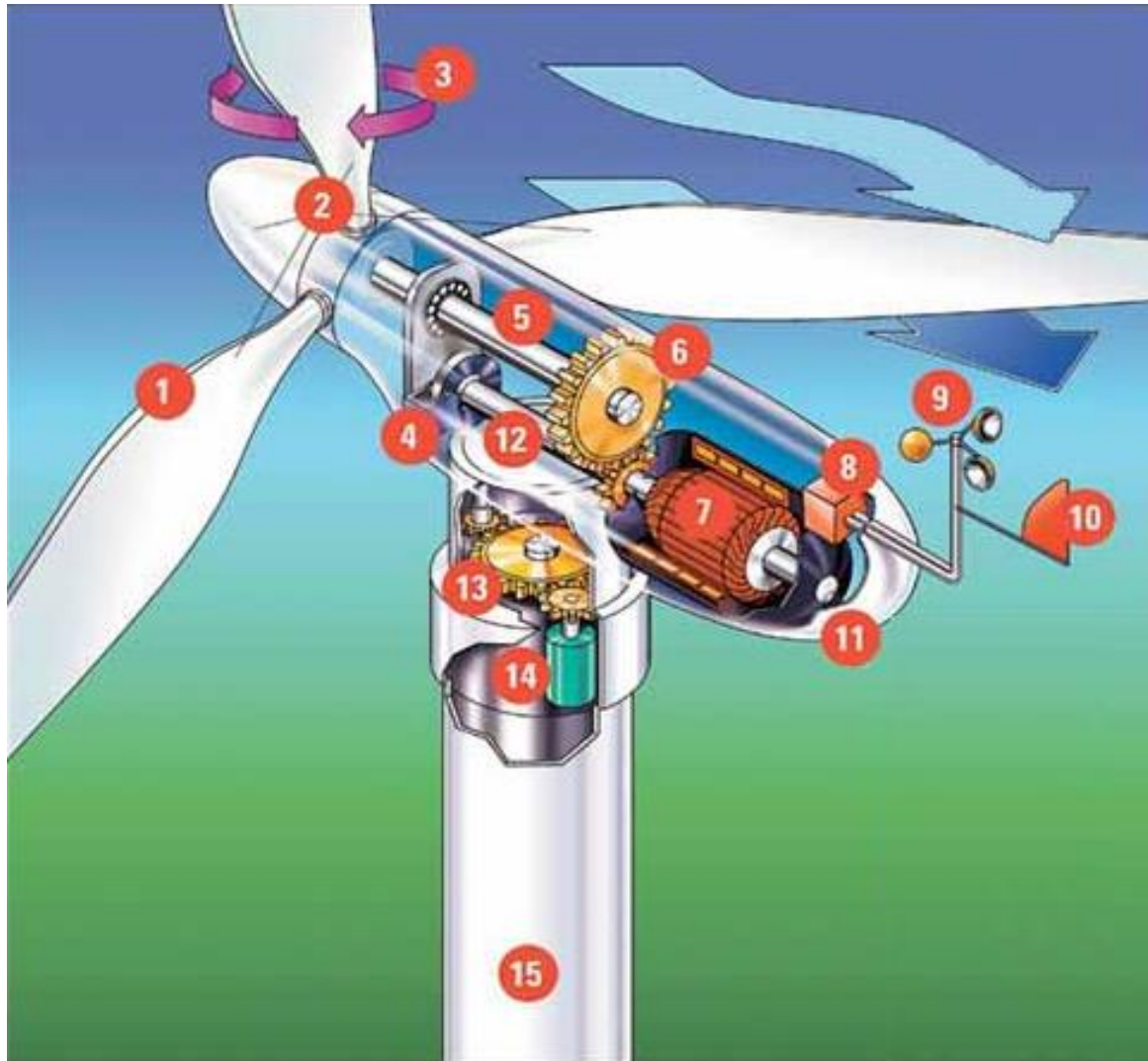
2) виндрозами, действующими па поворотную часть ветряка через зубчатую передачу;

3) расположением ветроколеса позади башни ветряка по принципу установи на ветер хвостом;

4) установ на ветер электромотором.



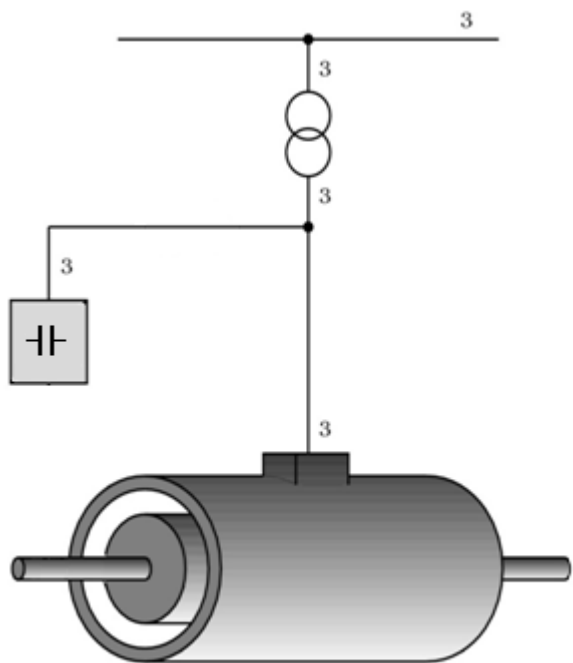
# Устройство современной ветроэлектрической установки (ВЭУ) мощностью от 100кВт



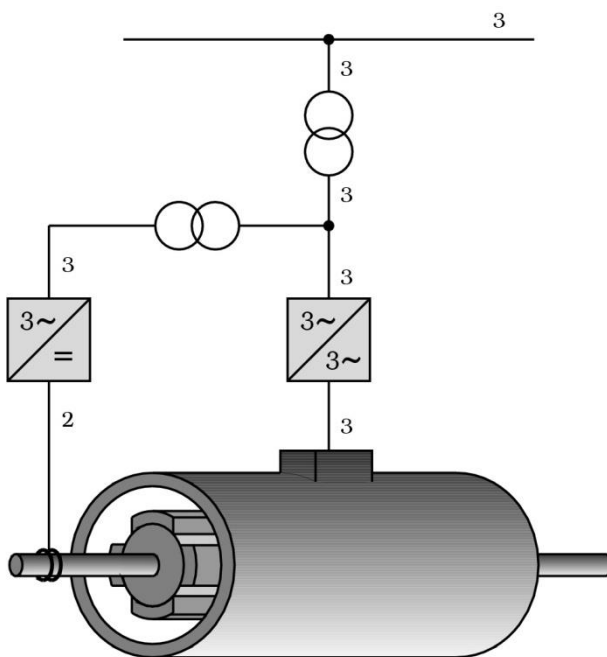
1. Лопасть
2. Ротор
3. Механизм поворота лопастей
4. Тормозное устройство
5. Тихоходный вал
6. Мультипликатор
7. Генератор (СМПЧ или АМДП)
8. Контроллер
9. Анемометр
10. Флюгер
11. Гондола
12. Быстроходный вал
13. Редуктор поворота гондолы
14. Двигатель поворота гондолы
15. Башня

# Типы генераторов применяемых в ВЭУ

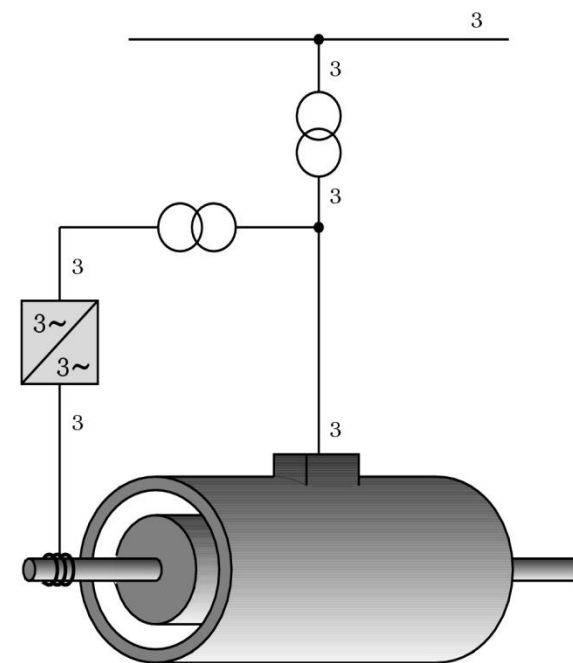
АГ



СГ с ПЧ



АМДП

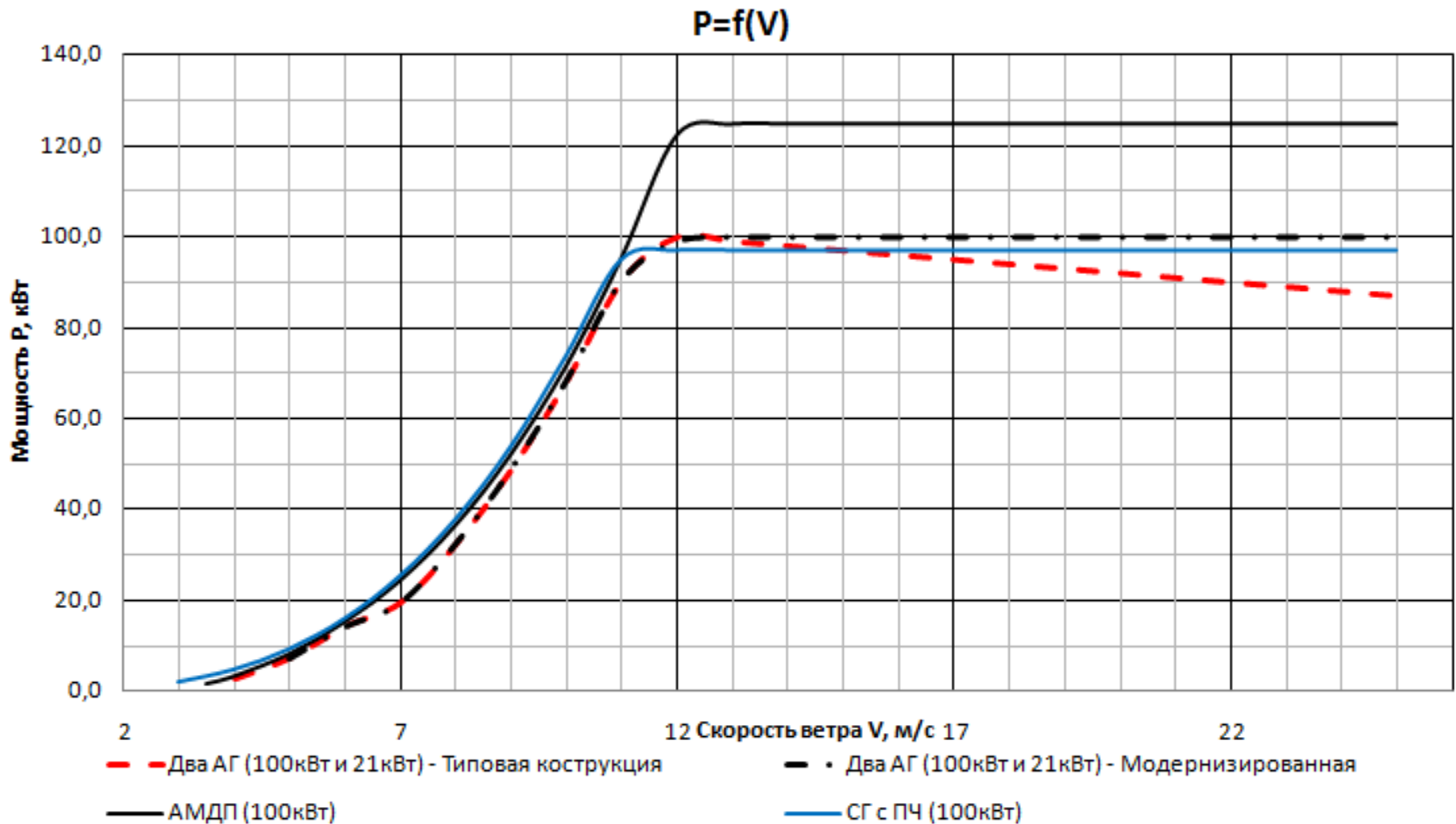


## Мощность ВЭУ $P_{в}=f(V)$

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

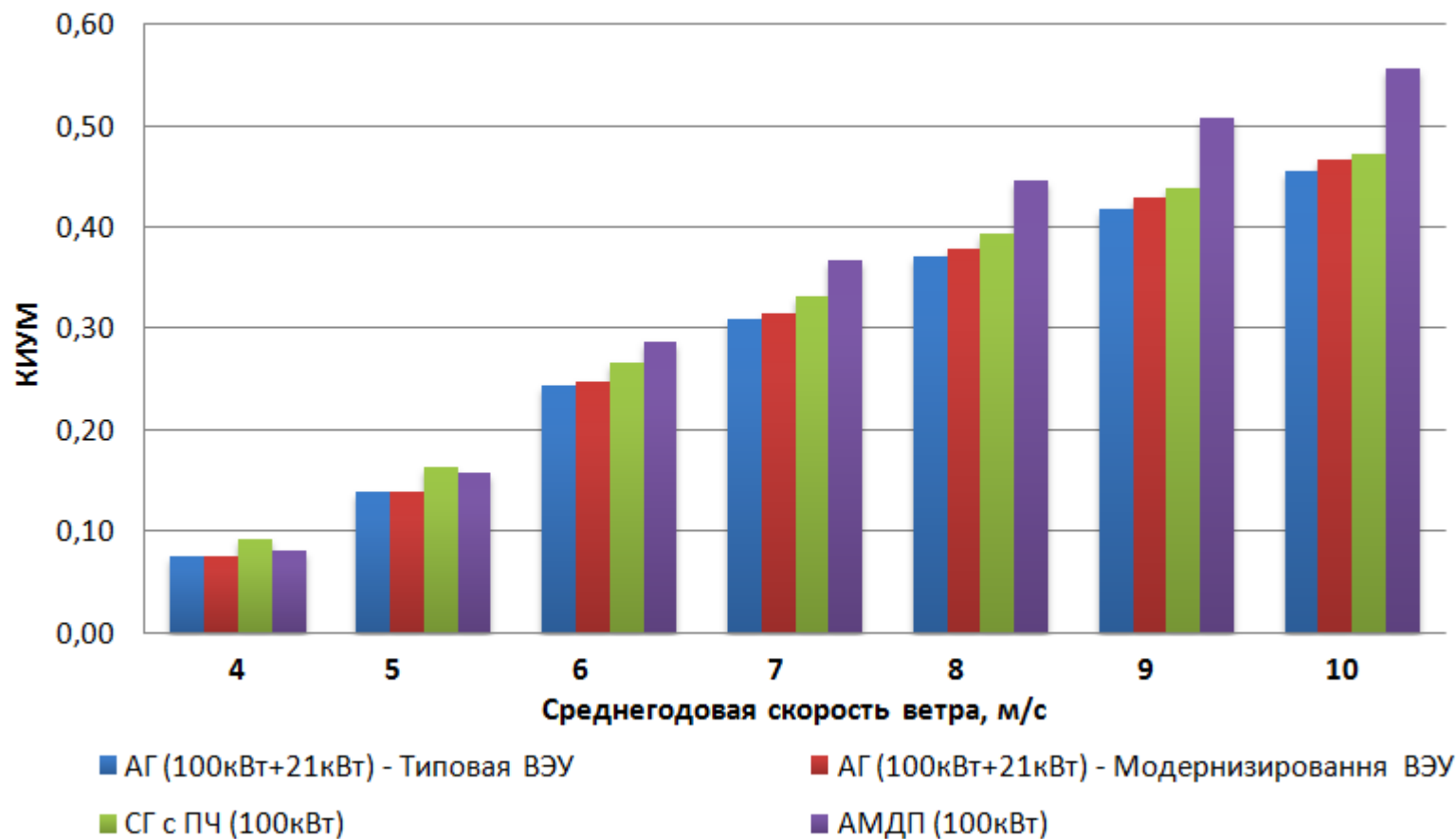
где  $P_{\epsilon}$  – мощность на валу мультипликатора (кВт),  
 $R$  – радиус ветроколеса (м),  
 $r$  – радиус ступицы ветроколеса (м),  
 $\rho$  – плотность воздуха (кг/м<sup>3</sup>),  
 $v$  – скорость ветра (м/с),  
 $\xi$  – коэффициент использования энергии ветра,  
 $\eta_m$  – КПД мультипликатора.

# Рабочие характеристики ВЭУ $P_{В}=f(V)$



# Зависимость коэффициента использования установленной мощности ВЭУ от среднегодовой скорости ветра

$$K_{И} = f(V_{ср})$$

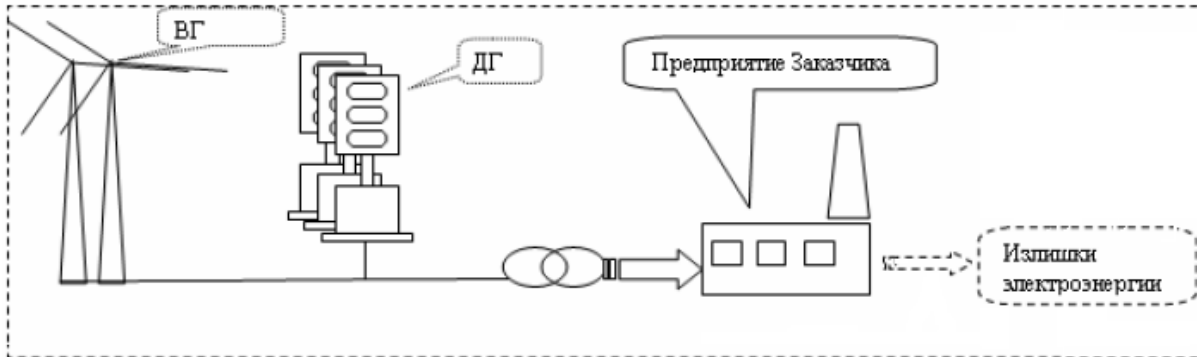


# Гибридные Энергетические Системы



# Варианты гибридных комплексов ВЭУ и ДЭС (ВДУ)

- ВДУ в которых ВЭУ работает параллельно с ДЭС

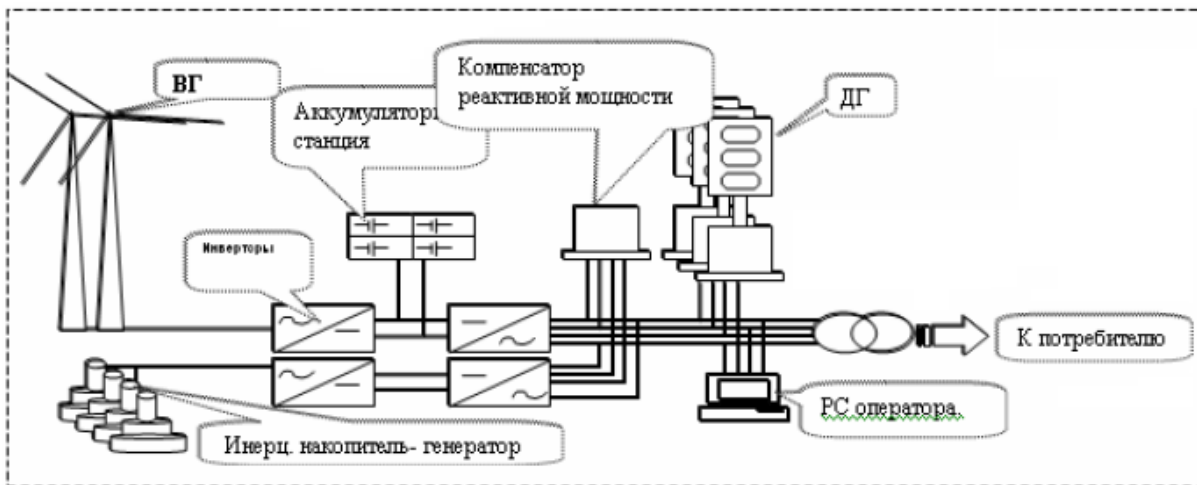


Блок-схема ВДУ в которых ВЭУ работает параллельно с ДЭС

Доля участия ВЭУ в выработке энергии до 25%.

Уровень достигаемой экономии топлива 20-30% от общего.

- ВДУ с «отключающейся» ДЭС



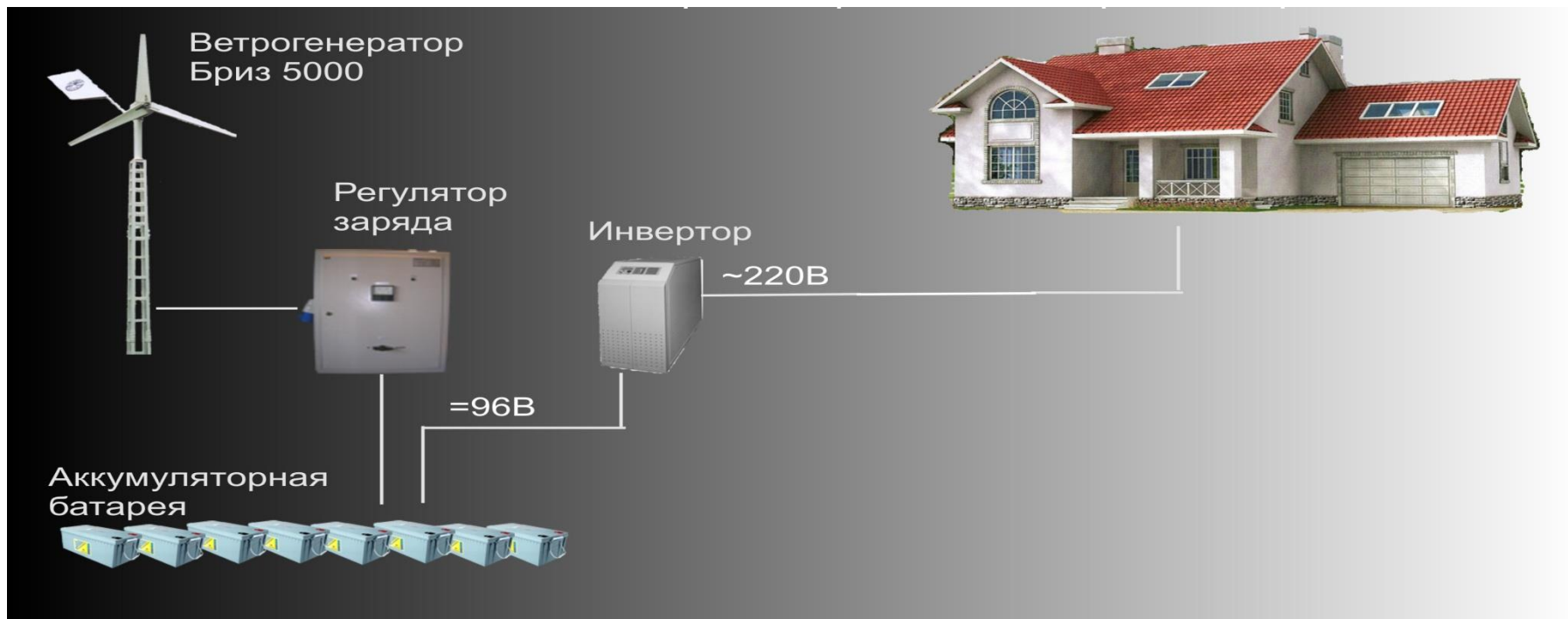
Блок-схема ВДУ с «отключающейся» ДЭС

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%.

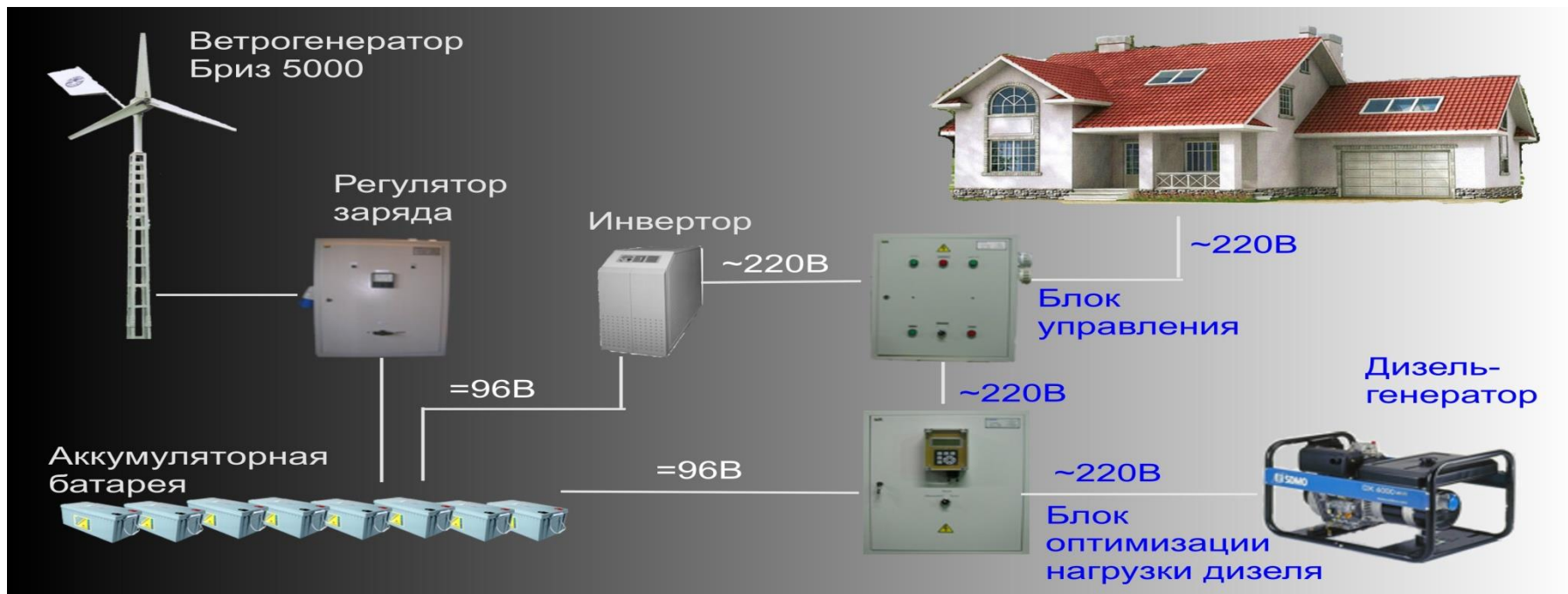




Комплекс предназначен для электроснабжения объектов, расположенных в зонах со средними и сильными ветрами. Обеспечивает потребителей качественной электроэнергией (220В 50Гц) со средним потреблением до 600 кВтч в месяц (при средних ветрах 4,5 м/с).

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



Ветроэлектростанции (ВЭС) преобразуют кинетическую энергию ветра в электрическую с помощью генератора в процессе вращения ротора. Лопасти ветряков используются подобно пропеллеру самолета для вращения центральной ступицы, подсоединенной через коробку передач к электрическому генератору. По своей конструкции генератор ВЭС напоминает генераторы, используемые в электростанциях, работающих за счет сжигания ископаемого топлива. Огромное разнообразие машин, изобретенных или предложенных для производства энергии за счет ветра, многие из них представляют собой довольно необычные конструкции. Тем не менее, существуют два основных типа современных ветрогенераторов.

Ветроэлектростанция с горизонтальной осью вращения, имеющие две или три лопасти, установленные на вершине башни, - наиболее распространенный тип ветроэлектростанций ВЭС. Расположение ведущего вала ротора - части турбины, соединяющей лопасти с генератором, - считается осью машины. У турбин с горизонтальной осью вращения ведущий вал ротора расположен горизонтально.





## Скорость ветра

Скорость ветра является наиболее важным фактором, влияющим на количество энергии, которое ветрогенератор может преобразовать в электроэнергию. Большая скорость ветра увеличивает объем проходящих воздушных масс. Поэтому с увеличением скорости ветра возрастает и количество электроэнергии, выработанной ветроэлектроустановкой. Энергия ветра изменяется пропорционально кубу скорости ветра. Таким образом, например, если скорость ветра удваивается, кинетическая энергия, полученная ротором, увеличивается в восемь раз. Приведенная внизу таблица показывает значения энергии ветра в стандартных условиях (сухой воздух, плотность - 1,225 кг/м<sup>3</sup>, атмосферное давление над уровнем моря 760 мм рт. столба). Формула расчета количества энергии (определяется в Вт/) выглядит следующим образом:

$0,5 \cdot 1,225 \cdot V^3$ , где  $V$  - скорость ветра в м/сек.







Важно также помнить, что количество энергии, произведенной за счет ветра, зависит от плотности воздуха, от площади, охваченной лопастями ветротурбины при вращении, а также от куба скорости ветра.

Для описания ветра как источника энергии используется совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра, объединяемая понятием ветроэнергетического кадастра. К числу основных кадастровых характеристик ветра относятся [1,5]: среднегодовая скорость ветра; годовой и суточный ход ветра; повторяемость скоростей ветра; повторяемость направлений ветра; максимальная скорость ветра; удельная мощность и удельная энергия ветра; ветроэнергетические ресурсы района.

Основным источником исходных данных для разработки ветроэнергетического кадастра являются наблюдения за скоростью ветра на опорной сети гидрометеослужбы. Эти наблюдения, проводимые несколько раз в сутки, охватывают периоды в десятки лет и представляют собой обширнейший фактический материал. Их достоинством является то, что они проводятся по единой методике, а места (площадки), производства наблюдений классифицированы по степени их открытости на местности.

# 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 каждые 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

