

# *ЭНЕРГИЯ ВЕТРА*

[www.QWERTYWEB.ru](http://www.QWERTYWEB.ru)



Энергия ветра на земле неисчерпаема. Многие столетия человек пытается превратить энергию ветра себе на пользу, строя ветроустановки, выполняющие различные функции: мельницы, водяные и нефтяные насосы, электростанции. Как показала практика и опыт многих стран, использование энергии ветра крайне выгодно, поскольку, во-первых, стоимость ветра равна нулю, а во-вторых, электроэнергия получается из энергии ветра, а не за счет сжигания углеродного топлива, продукты горения которого известны своим опасным воздействием на человека.



Всвязи с постоянными выбросами промышленных газов в атмосферу и другими факторами возрастает контраст температур на земной поверхности. Это является одним из основных факторов, который приводит к увеличению ветровой активности во многих регионах нашей планеты и, соответственно, актуальности строительства ветроустановок - альтернативных источников энергии.

# Роторная ветроэлектрическая станция (ВЭС)

*Она преобразует кинетическую энергию ветрового потока в электрическую. ВЭС состоит из ветромеханического устройства (роторного или пропеллерного), генератора электрического тока, автоматических устройств управления работой ветродвигателя и генератора, сооружений для их установки и обслуживания.*

# Ветроэнергетическая установка



- это комплекс технических устройств для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора генератора. ВЭУ состоит из одной или нескольких ВЭС, аккумулирующего или резервирующего устройства и систем автоматического управления и регулирования режимов работы установки.

Удаленные районы, недостаточно обеспеченные электроэнергией, практически не имеют другой, экономически выгодной альтернативы, как строительство ветроэлектростанций.



- Ветер обладает кинетической энергией, которая может быть превращена ветромеханическим устройством в механическую, а затем электрогенератором в электрическую энергию.
- Скорость ветра измеряется в километрах в час (км/час) или метрах в секунду (м/с):

- $1 \text{ км/час} = 0.28 \text{ м/с}$

- $1 \text{ м/с} = 3.6 \text{ км/час.}$

Энергия ветра пропорциональна кубу скорости ветра.


**Энергия ветра =  $1/2 \rho A t s^3$**

**$\rho$**  - плотность воздуха,

**A** - площадь, через которую проходит воздух,

**t** - период времени,

**s** - скорость ветра.

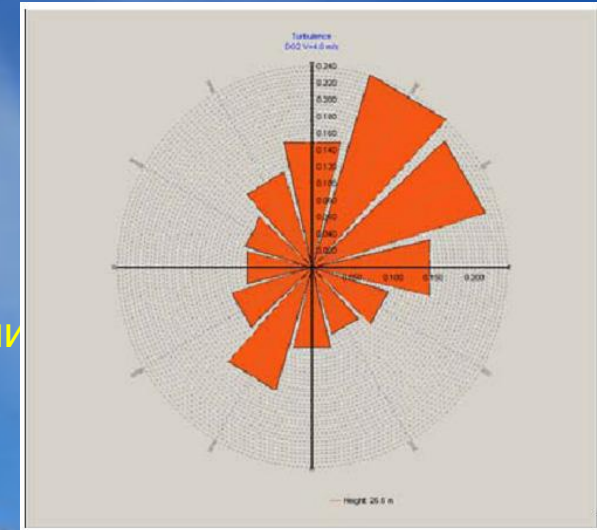
A photograph of three white wind turbines with three blades each, set against a blue sky with light clouds. The turbines are situated on a green hillside with a line of trees in the background. In the foreground, there is a lush green field with some trees and tall grass.

*Мощность (P) пропорциональна энергии ветра, проходящей через поверхность ("ометаемая поверхность") в единицу времени.*

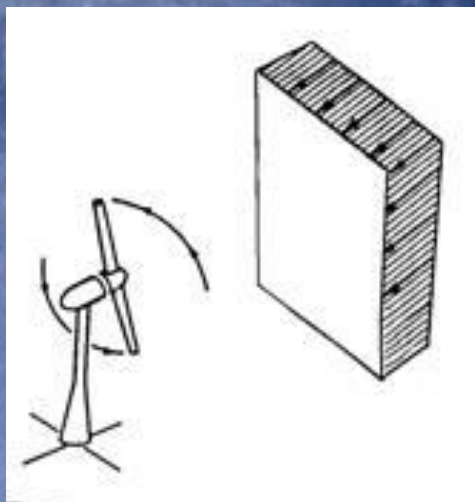
**Мощность ветра =  $1/2 \rho A S^3$**

# Ветер характеризуется следующими показателями:

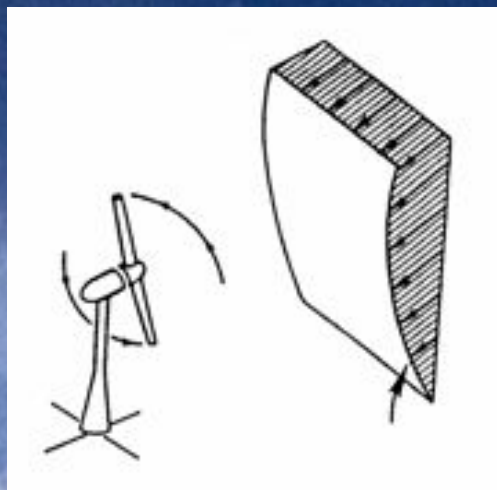
- скорость среднемесячная и среднегодовая в соответствии с градациями по величине и внешним признакам по шкале Бофорта;
- скорость максимальная в порыве – очень важный показатель устойчивости работы ветроэлектростанции;
- направление ветра/ветров – «роза ветров», периодичность смены направлений и силы ветра(рис.1);
- турбулентность – внутренняя структура воздушного потока, которая создает градиенты скорости не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости;
- порывистость - изменение скорости ветра в единицу времени
- плотность ветрового потока, зависящая от атмосферного давления, температуры и влажности.
- ветер может быть однофазной, а также двухфазной и многофазной средой, содержащей капли жидкости и твердые частицы разной крупности, движущиеся внутри потока с разными скоростями.



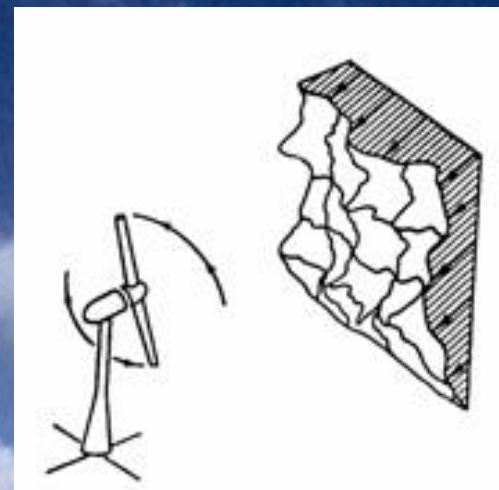
**а)**



**б)**



**в)**



**Модели ветра. а) Осреднение по времени и пространству, б) Изменение скорости ветра по высоте, в) Турбулентная модель ветра**





## Использование энергии ветра

• В 2008 году суммарные мощности ветряной энергетики выросли во всём мире до 120 ГВт. Ветряные электростанции всего мира в 2007 году произвели около 200 млрд. кВт·ч, что составляет примерно 1,3 % мирового потребления электроэнергии. Во всём мире в 2008 году в индустрии ветроэнергетики были заняты более 400 тысяч человек. В 2008 году мировой рынок оборудования для ветроэнергетики вырос до 36,5 миллиардов евро, или около 46,8 миллиардов американских долларов.

• В 2007 году в Европе было сконцентрировано 61 % установленных ветряных электростанций, в Северной Америке 20 %, Азии 17 %.

• В 2009 году в Китае ветряные электростанции вырабатывали около 1,3 % суммарной выработки электроэнергии в стране. В КНР с 2006 года действует закон о возобновляемых источниках энергии. Предполагается, что к 2020 году мощности ветроэнергетики достигнут 80-100 ГВт.

# Экологические аспекты ветроэнергетики



• Выбросы в атмосферу

• Влияние на климат

• Вентиляция городов

• Шум

• Низкочастотные вибрации

• Радиопомехи

# Ветроэнергетика в Республике Беларусь

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование:

- 1) **ветроэнергетическими ресурсами,**
- 2) **ветроэнергетическим оборудованием,**
- 3) **развитой ветротехнической инфраструктурой.**

**1.** Для ветроэнергетики Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) обуславливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях.

**2.** Возможности приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничены вследствие отсутствия достаточного выбора именно того оборудования для ВЭУ и ВЭС, которое соответствует климатическим условиям Беларуси, а также мощного противодействия ответственных административных работников от официальной энергетики.

**3.** Отсутствие инфраструктуры по проектированию, внедрению и эксплуатации ветротехники и, соответственно, практического опыта и квалифицированных кадров можно преодолеть только в ходе активного сотрудничества с представителями развитой ветроэнергетической инфраструктуры зарубежья.

Таблица 1. Ветроэнергетические ресурсы территории Беларуси

Область	Используемая территория, тыс. км <sup>2</sup>	Номер зоны	Территория зоны, тыс. км <sup>2</sup>	Выработка энергии				
				На 1 км <sup>2</sup> , тыс. кВт·ч	Максимум в зоне, млрд кВт·ч	Утилизируемый ветроэнергоресурс, млрд кВт·ч		
						100%	7% на 10 лет	1% на 3 года
Брестская	14,9	II III IV	10,9	2161	23,51	20,78	1,45	0,21
			3,1	3840	11,74	9,04	0,63	0,09
			0,9	6534	6,11	4,06	0,29	0,04
			Итого	41,36	33,88	2,37	0,34	
Витебская	12,5	II III IV	1,0	2566	2,41	2,02	0,14	0,02
			4,2	4962	20,11	16,43	0,12	0,16
			7,3	7285	53,13	35,33	2,47	0,35
			Итого	75,65	53,78	2,73	0,53	
Гомельская	12,4	II III IV	1,4	2161	3,02	2,67	0,19	0,03
			8,5	3840	32,43	24,96	1,75	0,25
			2,5	6534	16,30	10,84	0,75	0,11
			Итого	51,75	38,47	2,69	0,39	
Гродненская	11,2	II III IV	6,0	2161	12,93	11,43	0,80	0,12
			2,9	3840	11,09	8,29	0,58	0,08
			2,3	6534	15,22	10,12	0,71	0,10
			Итого	39,24	29,84	2,09	0,30	
Могилевская	12,4	II III	10,5	2161	22,74	18,07	1,31	0,18
			1,9	3840	7,25	5,58	0,39	0,06
			Итого	29,99	23,65	1,70	0,24	
			9,9	2566	25,42	22,48	1,58	0,22
Минская	13,9	II III IV	1,3	3840	4,84	3,73	0,26	0,04
			2,7	7285	19,93	17,62	1,23	0,18
			Итого	50,19	43,83	3,07	0,44	
			Всего по Беларуси	77,4	II III IV	39,7	–	90,03
21,9	–	87,46				68,03	3,73	0,68
15,7	–	110,59				78,02	5,45	0,78
Итого	288,08	223,50				14,65	2,24	

**Примечания:**

– полный ветроэнергетический ресурс (ПВЭР) основан на расчетах с приведением зональных показателей фоновых скоростей ветра и к среднему с высотой опоры ВЭУ коэффициенту повышения  $\approx 1,25$ , включая длительность работы ВЭУ в номинальном режиме  $\approx 3000$  или  $\approx 2200$  часов в зависимости от внутризонального распределения скоростей ветра и обоснованности выбора типа ВЭУ;

– технический ветроэнергоресурс (ТВЭР) основан на особенностях рельефа территории регионов с учетом коэффициентов работы ВЭУ – электромеханического (0,94) и простоя на ТО и ТР (0,93);

– экономический ветроэнергоресурс (ЭВЭР) определяется при планировании развития ветроэнергетики в Беларуси.

*Ветры, формирующиеся в континентальной местности и северных широтах, характеризуются резкими порывами и частой сменой направлений, отличаются от довольно спокойных ветров европейского морского побережья (Нидерланды, Германия). Структура ветра меняется в зависимости от высоты над земной поверхностью, при этом стабильность воздушного потока увеличивается в высоких слоях воздуха. Различие в темпераменте ветров требует определенного конструктивного подхода при создании ветростанции. Предлагаемое решение является универсальным для ветров любых направлений и скоростей, включая штормовые ветра.*

