

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ ВЕТРОТУРБИН

Лектор: Байжұма Жандос Ескендірұлы

Тел.: +7 707 556 60 08

Email: zhandos.baizhuma@kaznu.edu.kz

Лекция 9

Тема. Классификация ветрогенераторов по конструктивным признакам

Цель: Познакомиться с конструктивными типами ветрогенераторов, понять их особенности, преимущества и области применения.

Основные вопросы:

1. Основные конструктивные элементы ветрогенератора.
2. Классификация по оси вращения (горизонтальная и вертикальная).
3. Классификация по количеству лопастей.
4. Классификация по способу регулирования мощности и вращения.
5. Преимущества и недостатки различных конструктивных решений.

Краткие тезисы:

- **Ветрогенератор** — устройство для преобразования кинетической энергии ветра в механическую, а затем в электрическую.
- **Основные конструктивные элементы:** лопасти, ротор, генератор, башня, система регулирования.
- **По оси вращения:**
 - **Горизонтальная ось (ГАВ)** — наиболее распространенные, лопасти вращаются вокруг горизонтальной оси, эффективны при устойчивом ветре.
 - **Вертикальная ось (ВАВ)** — ротор вращается вокруг вертикальной оси, менее чувствительны к изменению направления ветра, компактнее.

Классификация

- а. По мощности
 - б. По конструкции:
 - I. ВЭУ с горизонтальной осью вращения
 - II. ВЭУ с вертикальной осью вращения
 - с. По местоположению
- а. По мощности

Класс установки	Мощность, кВт	Диаметр, м	Количество лопастей	Назначение
Малой мощности	15-50	3-10	3-2	Заряд аккумуляторов, бытовые потребности
Средней мощности	100-600	25-44	3-2	Энергетика

Большой мощности	1000-4000	>45	2	Энергетика
-------------------------	------------------	---------------	----------	-------------------

- b. Мощность ветрового потока P , проходящая через поперечное сечение площадью F , равна произведению этой площади на скорость потока V и кинетическую энергию

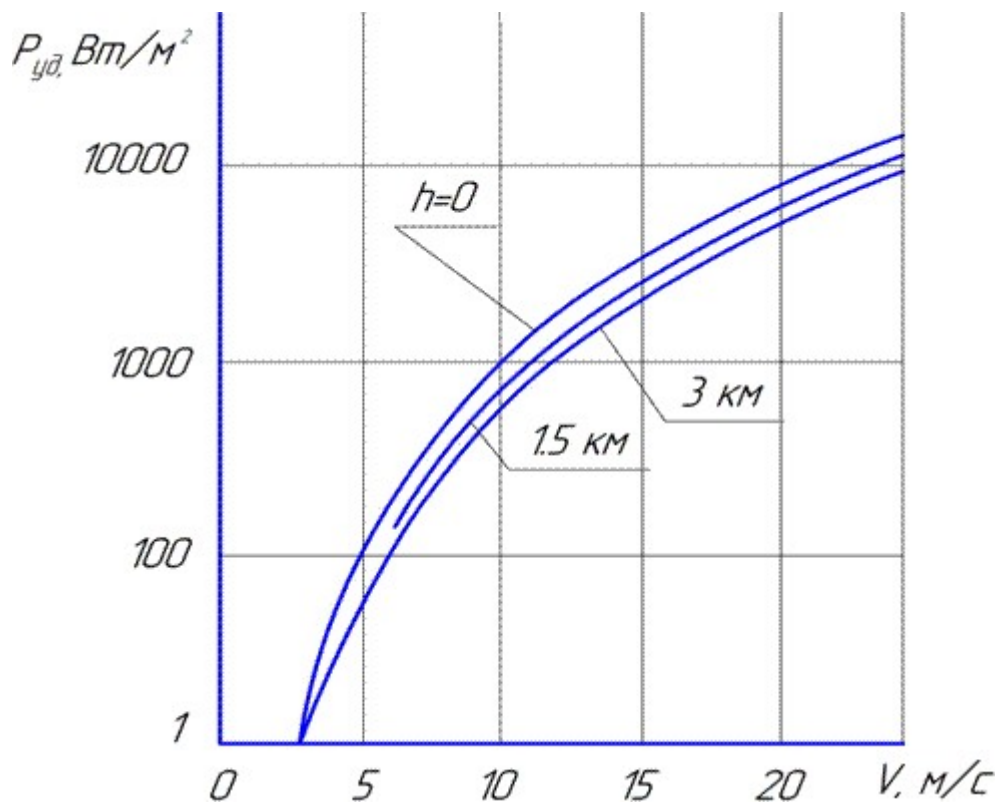
единицы объема потока $\frac{\rho V^2}{2}$, т.е.

c.
$$P = (FV) \frac{\rho V^2}{2} = \frac{\rho F V^3}{2}$$

- d. Мощность, приходящаяся на единицу площади поперечного сечения потока, т.е. удельная мощность ветра, поэтому равна:

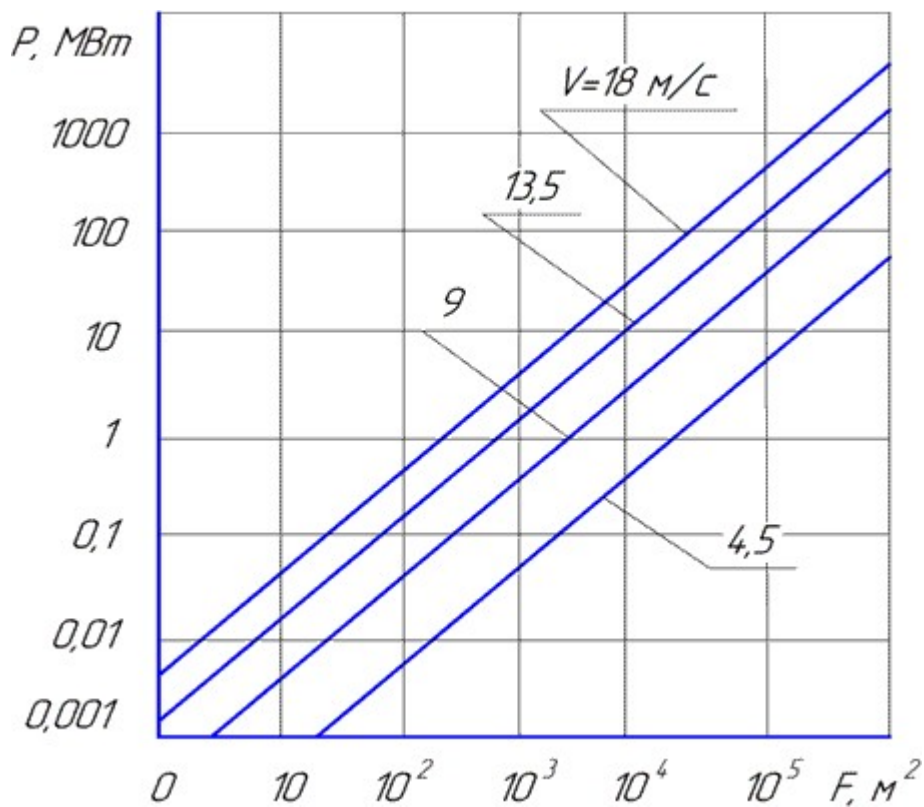
e.
$$\frac{P}{F} = \frac{\rho V^3}{2} = P_{уд}$$

- f. Ниже приведены соответствующие графики зависимости:



g.

h. Рис 3.1 Зависимость удельной мощности ветра Руд от его скорости V и высоты над уровнем моря h .



i.

j. Рис 3.2 Зависимость мощности ветрового потока P от сечения потока F и скорости ветра V .

k. При проектировании конструктор определяет характер ожидаемой и получаемой мощности (рис. 3.3).

1. Искусство оптимизации заключается в том, чтобы найти удельную мощность, которая дает самый экономичный энергодоход (площадь под кривой диаграммы время/мощность). При необходимости получения максимального количества энергии стремятся достигнуть большей площади под диаграммой время/мощность.

m. Существуют рекомендации:

- маловетренные области $w = 30$ до 60 Вт/м^2 , max. 100 Вт/м^2
- наветренные области $w = 100$ до 300 Вт/м^2 , max. 500 Вт/м^2

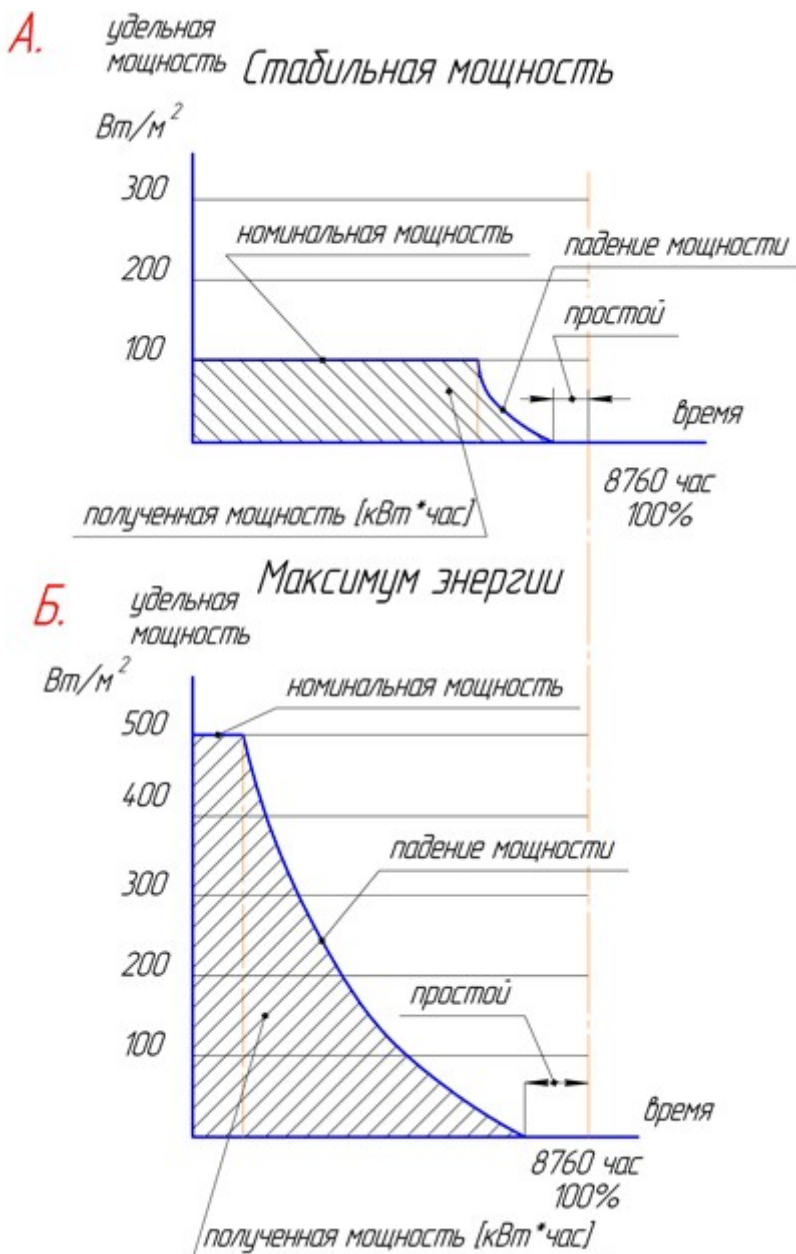


Рис 3.3 «Концепция работы ветроэнергоустановки: А. Стабильная мощность; Б. Максимум энергии».

При расчёте мощности ветроустановок используют формулу, учитывающую потери при преобразовании энергии потока ветра:

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \frac{\rho \cdot V^3}{2} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген}$$

где k_{si} - КИЭВ, обычно 0.4-0.45, R – радиус ротора, ρ - плотность воздуха (1,25 кг/м³), V – скорость ветра, $\eta_{ред}$ – КПД редуктора (обычно 0,9-0,95), $\eta_{ген}$ – КПД генератора – (обычно 0,7-0,9).

п. По конструкции

Существует множество классификаций ветрогенераторов по конструкции, основными из них являются:

- **по положению оси вращения:**
 - с горизонтальной осью;
 - с вертикальной осью.

Подавляющее большинство современных ветрогенераторов имеют горизонтальную ось вращения.

Основными преимуществами установок данного типа являются:

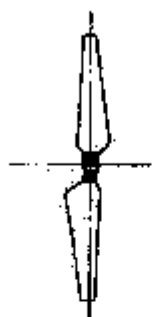
3. высокий КПД в сравнении с другими видами роторов(в 3 раза больше, чем у ротора Савониуса);
4. высокие массо-габаритные показатели;
5. простота регулирования мощности и осуществления буревой защиты.

Среди ветрогенераторов с вертикальной осью вращения нашли применение ветроустановки с ротором Дарье и с ротором Савониуса.

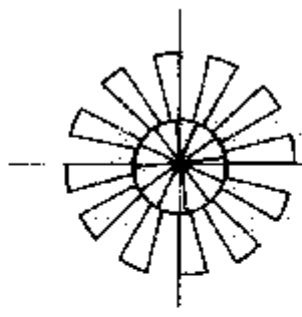
- **по виду силы** (возникающей под действием набегающего потока):
 - подъемная сила;
 - напор.
- **по быстроходности установки:**
 - тихоходные;
 - быстроходные.

Далее на рисунке представлены возможные варианты установок, использующих энергию ветра.

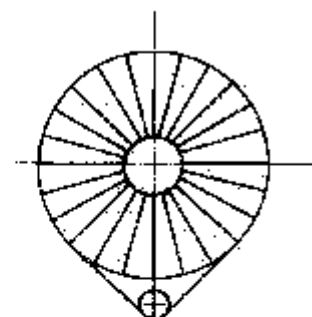
**Горизонтальная ось.
Установки движимые подъемной силой**



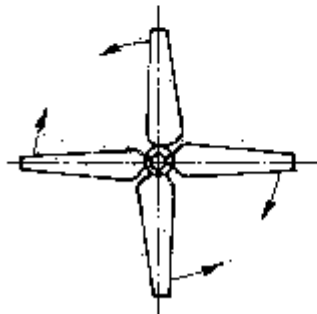
**высокоскоростной
пропеллер**



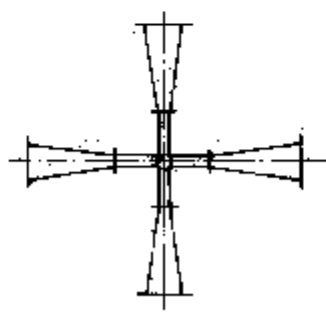
**тихоходный
многолопастной пропеллер**



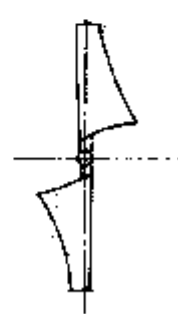
**велосипедный
тип**



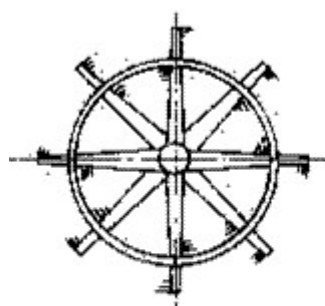
**два встречно
вращающихся ротора**



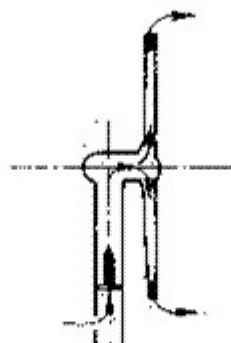
Флеттнер



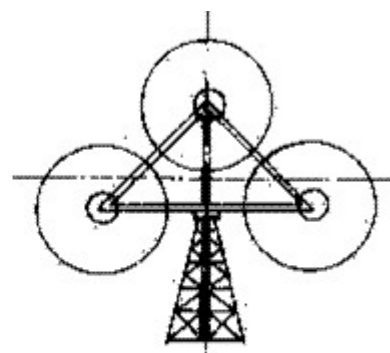
парусный ветряк



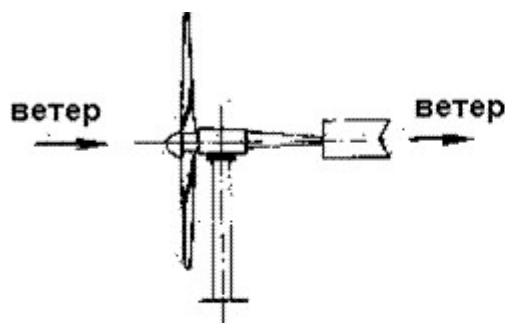
**кольцевой
генератор**



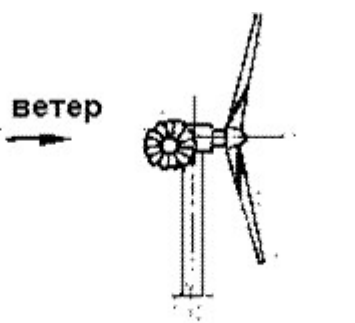
**пневматический
редуктор**



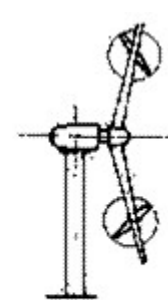
мультиротор



**наветренная
установка ротора**

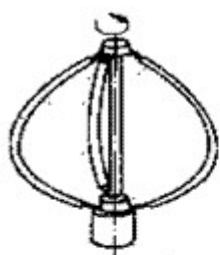


**подветренная
установка ротора**

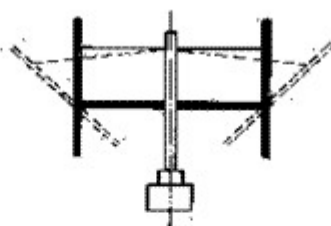


**аэро
мультипликатор**

Вертикальная ось



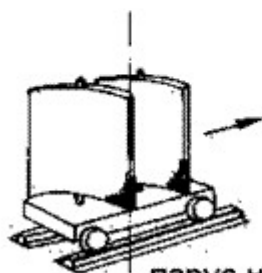
Дарье



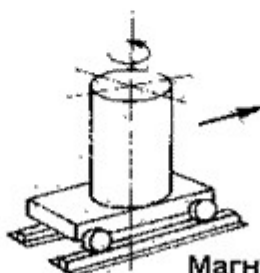
H - Дарье



giromill

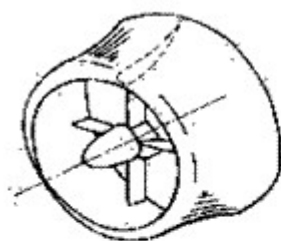


парус на тележке

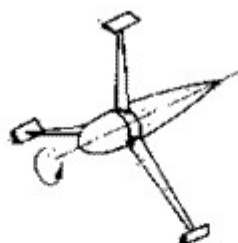


Магнус/Флеттнер на тележке

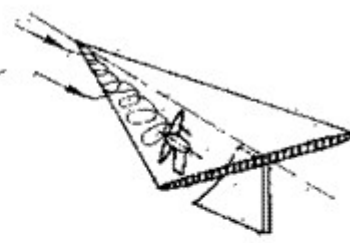
Концентраторы



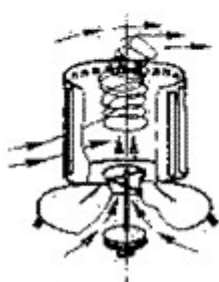
ротор в кожухе



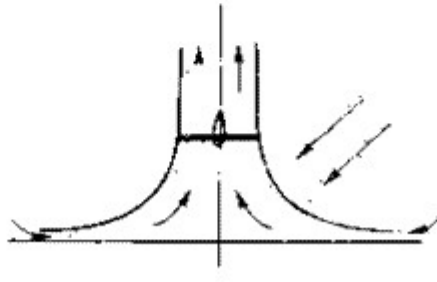
концевые шайбы



unconfined vortex

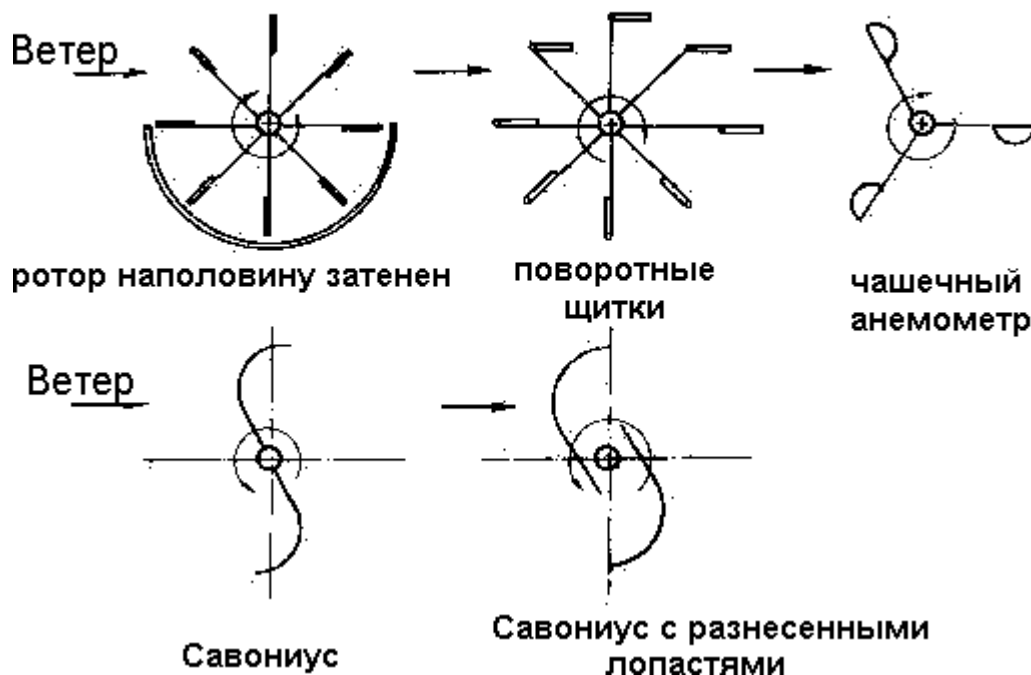


вихревой концентратор



гелиоконцентратор

Напорные установки с горизонтальной или вертикальной осью



Из большого разнообразия ветроустановок широкое распространение получили ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения (мировая доля производства составляет более 95%) и маломощные (менее 1кВт) ВЭУ с вертикальной осью вращения, которые нашли применение благодаря малому шуму, простоте конструкции и отсутствию необходимости ориентации ротора на ветер.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения?
2. Какие существуют виды ветрогенераторов с вертикальной осью вращения?
3. Какие существуют виды концентраторов для ветрогенераторов?

Литература

1. Зубащенко Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебнометодическое пособие. Часть 1. / Е.М. Зубащенко, В.И. Шмыков, А.Я. Немыкин, Н.В. Полякова. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 183 с.