

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Сухоцкий Альберт Борисович

1. Способы управления (регулирования) ветродвигателей.
2. Способы повышения эффективности работы ветроустановок.
3. Роторная ветроустановка, ее преимущества и недостатки.
4. Целесообразность использования энергии ветра в РБ.

Способы регулирования (управления) ветродвигателей

Управление ветродвигателей включает:

- ориентацию оси ротора ветродвигателя на направление ветра (только для горизонтально-осевых ветродвигателей),
- регулирование параметров ветродвигателя (частота, мощность).

Ориентация горизонтально-осевых ветродвигателей на направление ветра

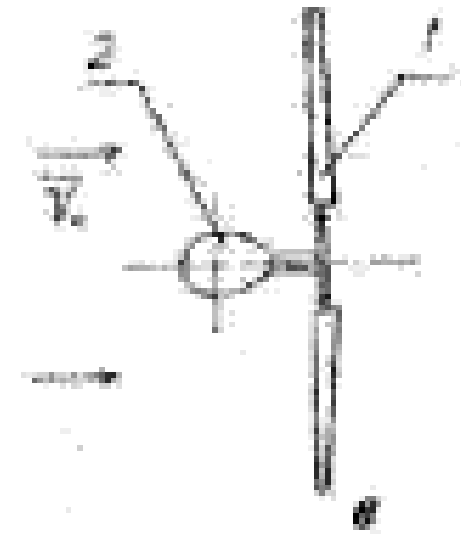
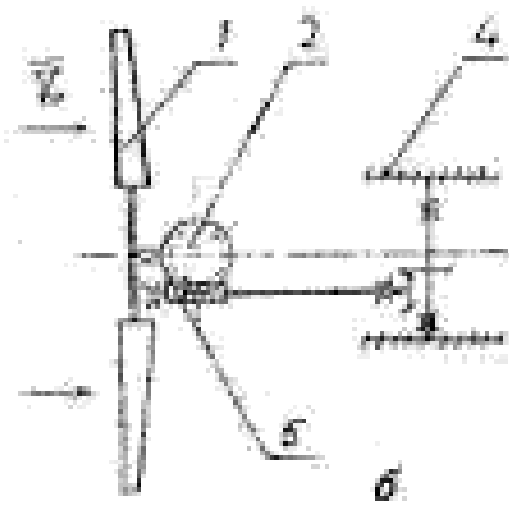
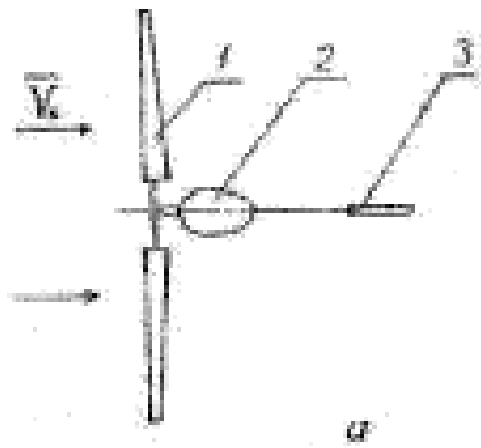
различают два вида:

- активную (за счет взаимодействия элементов ветроустановки с ветровым потоком),
- пассивную (за счет внешнего приводного устройства) – применяют на всех системах мощностью более 100 кВт.

Основные требования к системе ориентации – точность ориентации не менее $4-5^\circ$, скорость поворота гандолы не более 0,2-0,3 об/мин.

Активные системы ориентации:

- хвостовое оперение,
- виндроз (поворотный ветрячок),
- расположение ветродвигателя за башней.



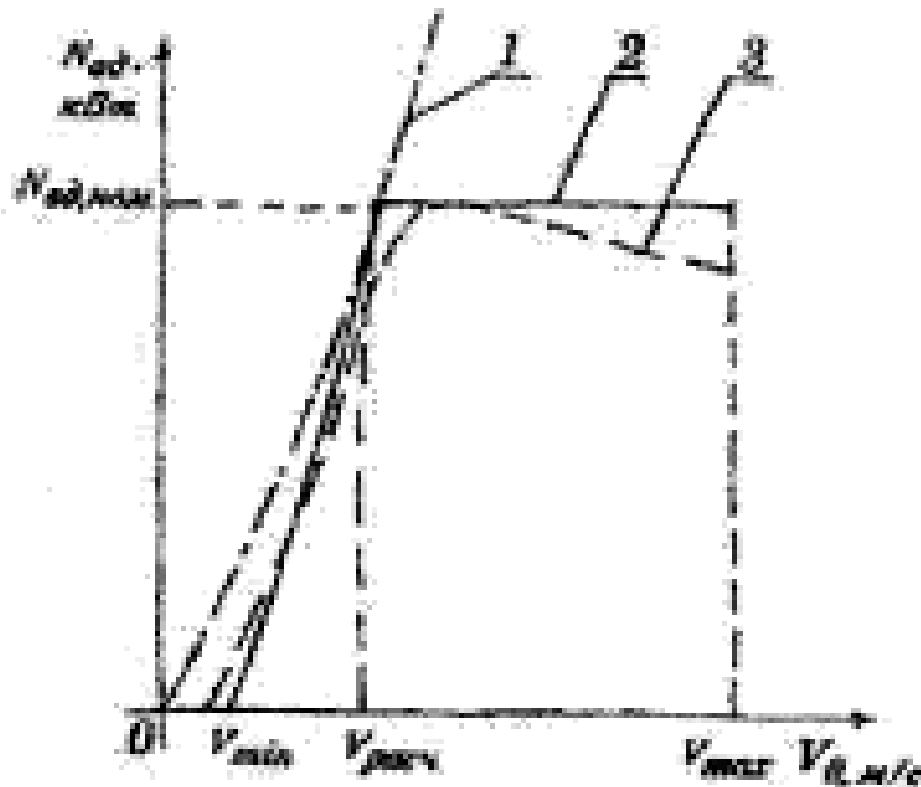
Хвостовое оперение — отличается большой точностью регулирования, простотой конструкции, но имеет повышенную скорость поворачивания гондолы, увеличивает ее вес, усложняет уравнивание.

Виндроз — отличается компактностью, небольшой скоростью поворота головки, высокой чувствительностью, но сложной конструкцией.

Ветродвигатель за вертикальной осью — отличается простотой конструкции, повышенной скоростью поворота гондолы, неустойчивостью ее положения, воздействия аэродинамического следа от гондолы на лопасти.

Регулирование параметров горизонтально-осевого ветродвигателя

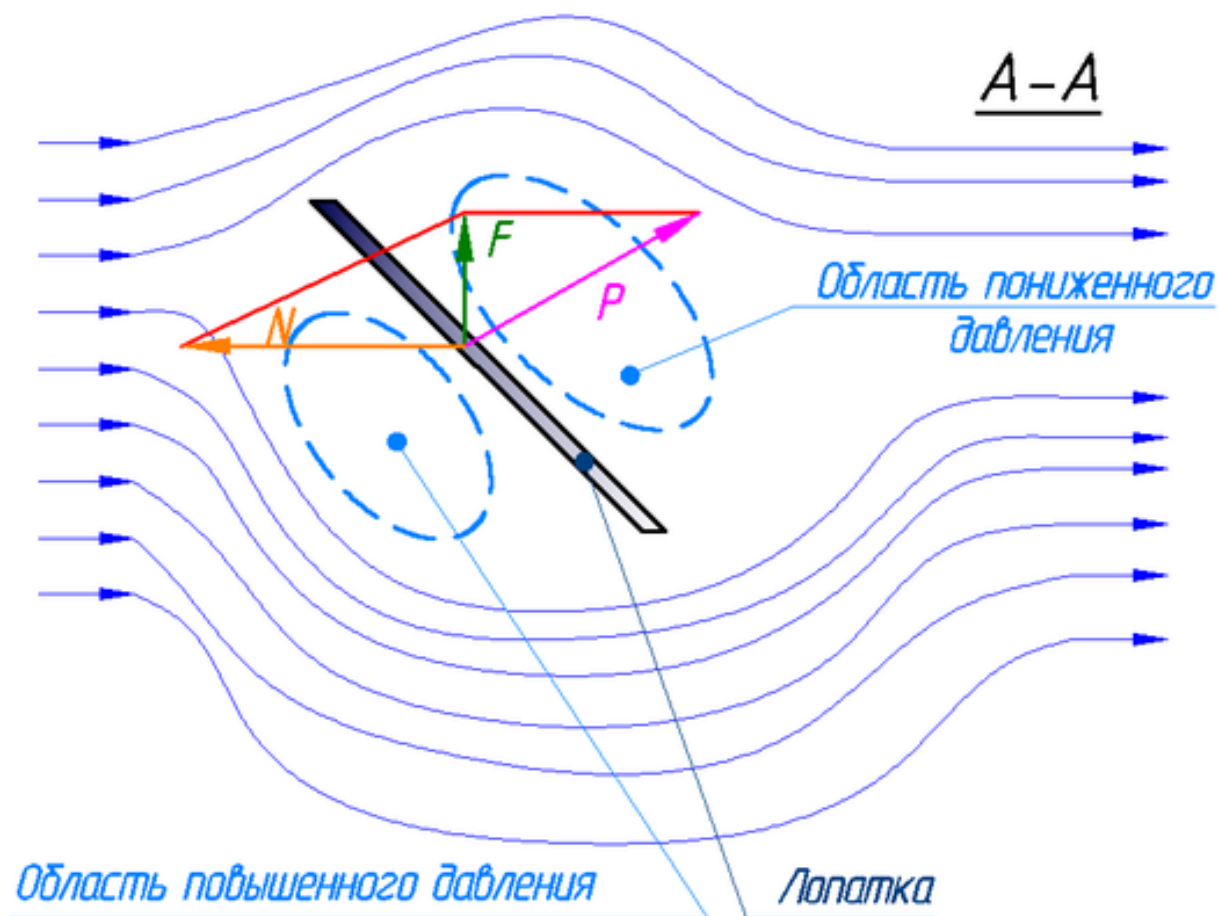
- поворотом лопасти (до 1000 кВт),
- срывом потока с неповоротной лопасти,
- выводом ветроколеса из-под ветра.



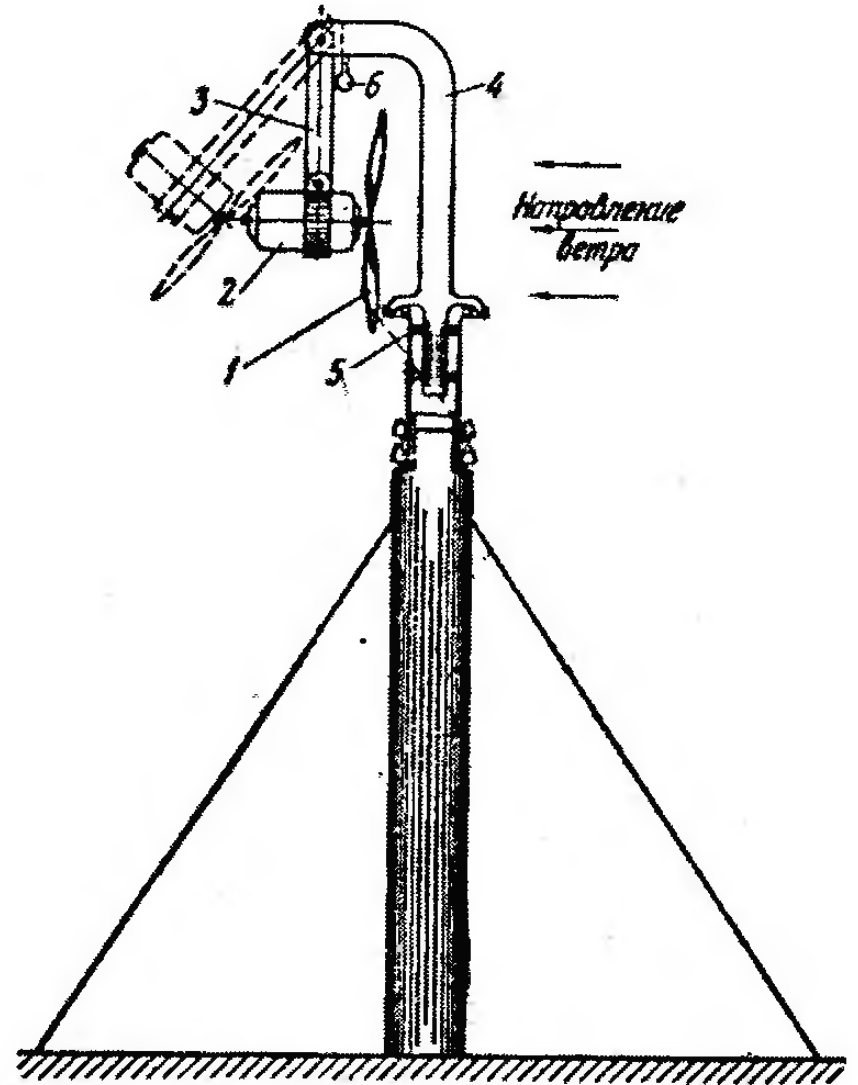
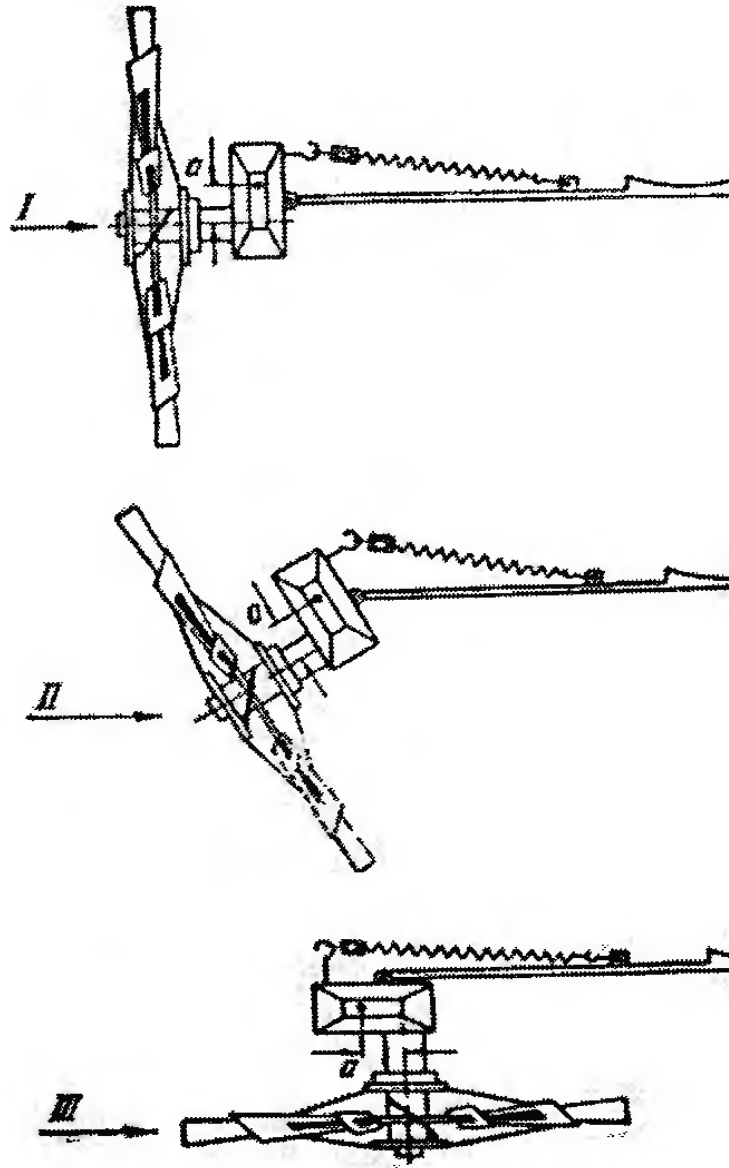
1 — мощность
ветрового потока.

Системы поворота лопасти:

- аэродинамическая
- центробежная).



Вывод ветроколеса из-под ветра.



Причины недостаточной эффективности работы ветроустановок и способы ее повышения

Плоская форма лопасти достаточно эффективна только в ограниченном диапазоне скоростей ветра – около 5–25 м/с.

При скоростях более 25 м/с лопасти могут разрушаться из-за больших растягивающих напряжений и должны останавливаться путем поворота лопасти в безопасное флюгерное положение.

При скоростях менее 5 м/с подъемная сила лопасти и соответственно крутящий момент ветрового колеса малы, вследствие чего ветровое колесо останавливается и трудно запускается вновья.

Существуют следующие способы повышения эффективности работы ветроустановок:

1. увеличение скорости ветра за счет удаления ветроколеса от земной поверхности,

$$v_0 = v_{10} (H / 10)^\alpha .$$

Скорость ветра - себестоимость э/э (для США, 2004 г.): 7,16 м/с - 4,8 цента/кВт.ч.

8,08 м/с - 3,6 цента/кВт.ч.

9,32 м/с - 2,6 цента/кВт.ч.

(себестоимость э/э, производимого на угольных электростанциях 4,5-6 цента/кВт.ч.)

2. увеличение диаметра ветроколеса

(мощность ветроустановки
прямопорциональна D^2 , а стоимость – D^3)

Мощность ВЭУ, кВт	6	16	60	80	120	200	500	1000
Диаметр ветроротора, м	8	13	15	18	24	30	42	61
Расходы (%) на:								
– ветроагрегат	7,0	23,0	<u>100,0</u>	128,0	213,0	357,0	934,0	2007,0
	100	100	100	100	100	100	100	100
– фундамент	8,2	8,0	7,8	7,6	6,9	5,9	5,8	6,3
– транспортировку и монтаж	50,1	25,2	15,7	12,5	8,4	6,1	6,4	7,2
– подключение к сети	80,4	44,8	20,6	15,2	8,6	5,1	5,0	5,3
– прочее	19,9	12,0	2,6	1,9	1,1	0,7	0,6	0,6
– полную инфраструктуру	158,6	90,0	46,7	37,2	25,0	17,8	17,8	19,4
Затраты на 1 кВт установленной мощности, USD	1203	1120	1000	900	906	860	900	980

3. применение концентраторов (диффузоров или конфузоров) воздушного потока,



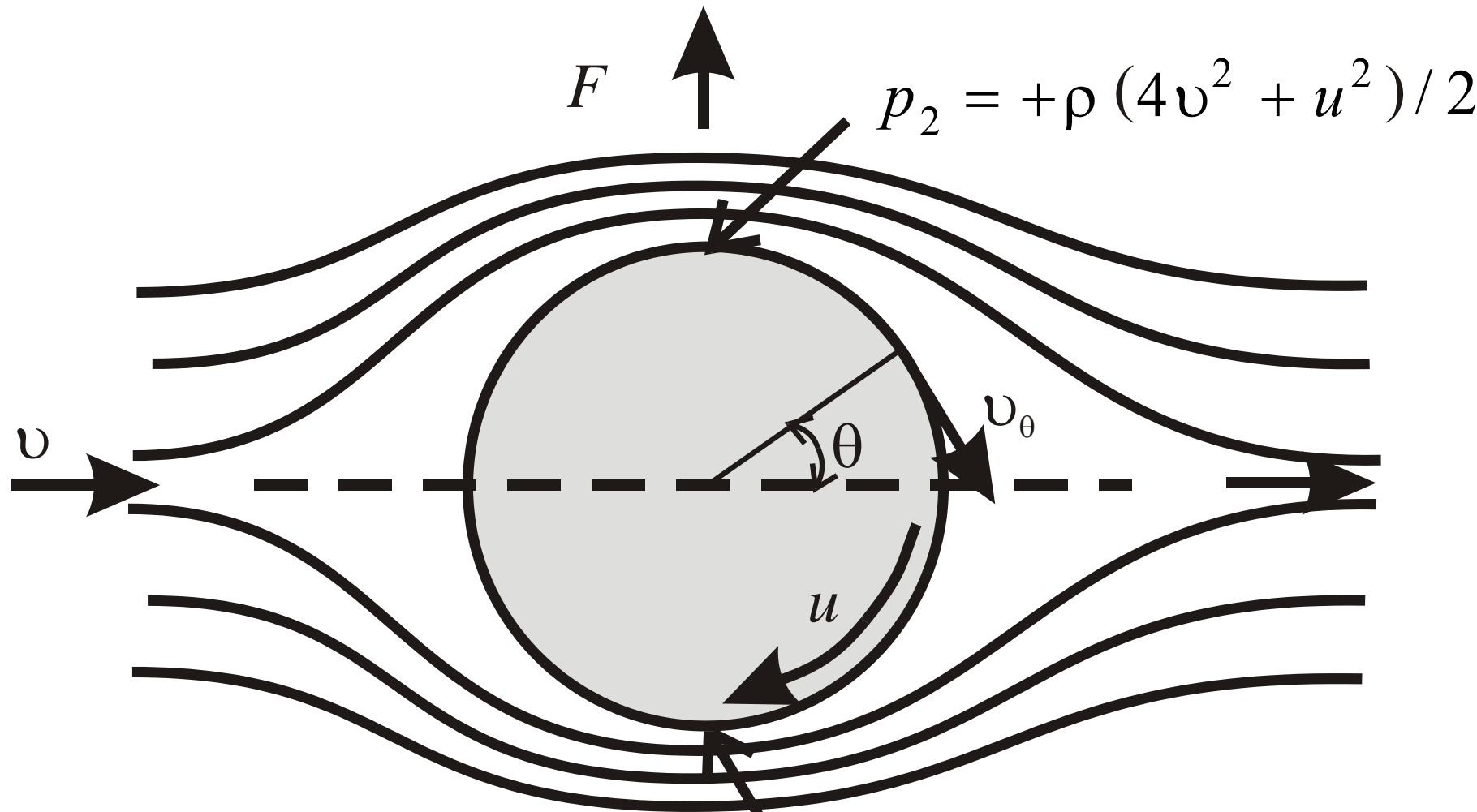


Увеличение эффективности
около 10-15%.

4. использование генераторов вихревых потоков,

5. использование многоступенчатых генераторов, обеспечивающих переменную выработку мощности в зависимости от скорости ветра.

6. Эффект Магнуса



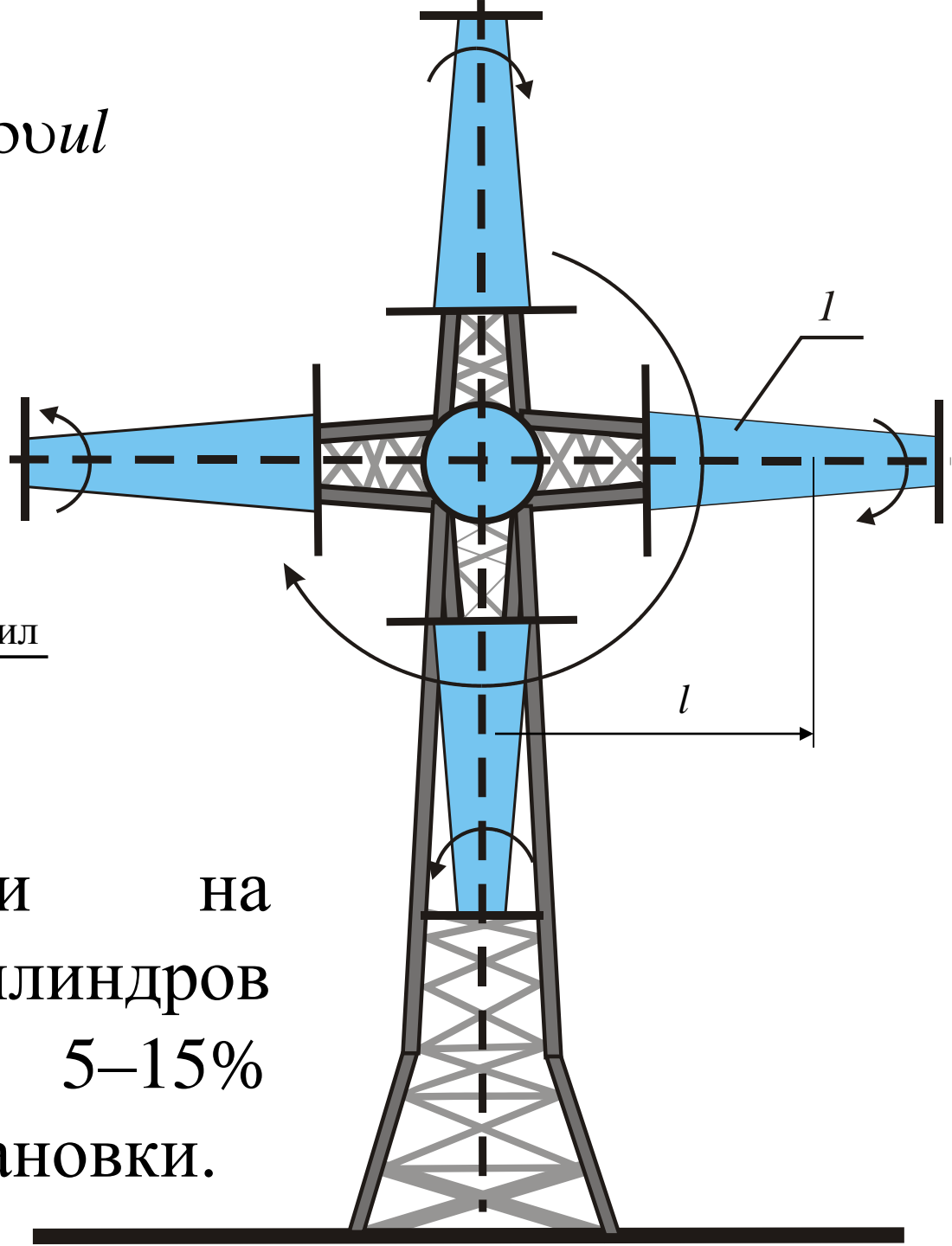
$$p = \frac{\rho v^2}{2} - \frac{\rho(u - v_\theta)^2}{2} = \frac{\rho v^2}{2} \left(1 - (2\sin\theta + u/v)^2 \right)$$

$$F = -lr \int_0^{2\pi} p \sin \theta d\theta = 2\pi r \rho v l$$

$$N_{\text{ВЭУ}} = M \cdot \omega = F \cdot l \cdot \omega$$

$$\text{КПД}_{\text{рот.ВЭУ}} = \frac{N_{\text{ВЭУ}} - N_{\text{цил}}}{N_{\text{ВП}}}$$

Затраты энергии на
вращение цилиндров
составляют 5–15%
мощности ветроустановки.



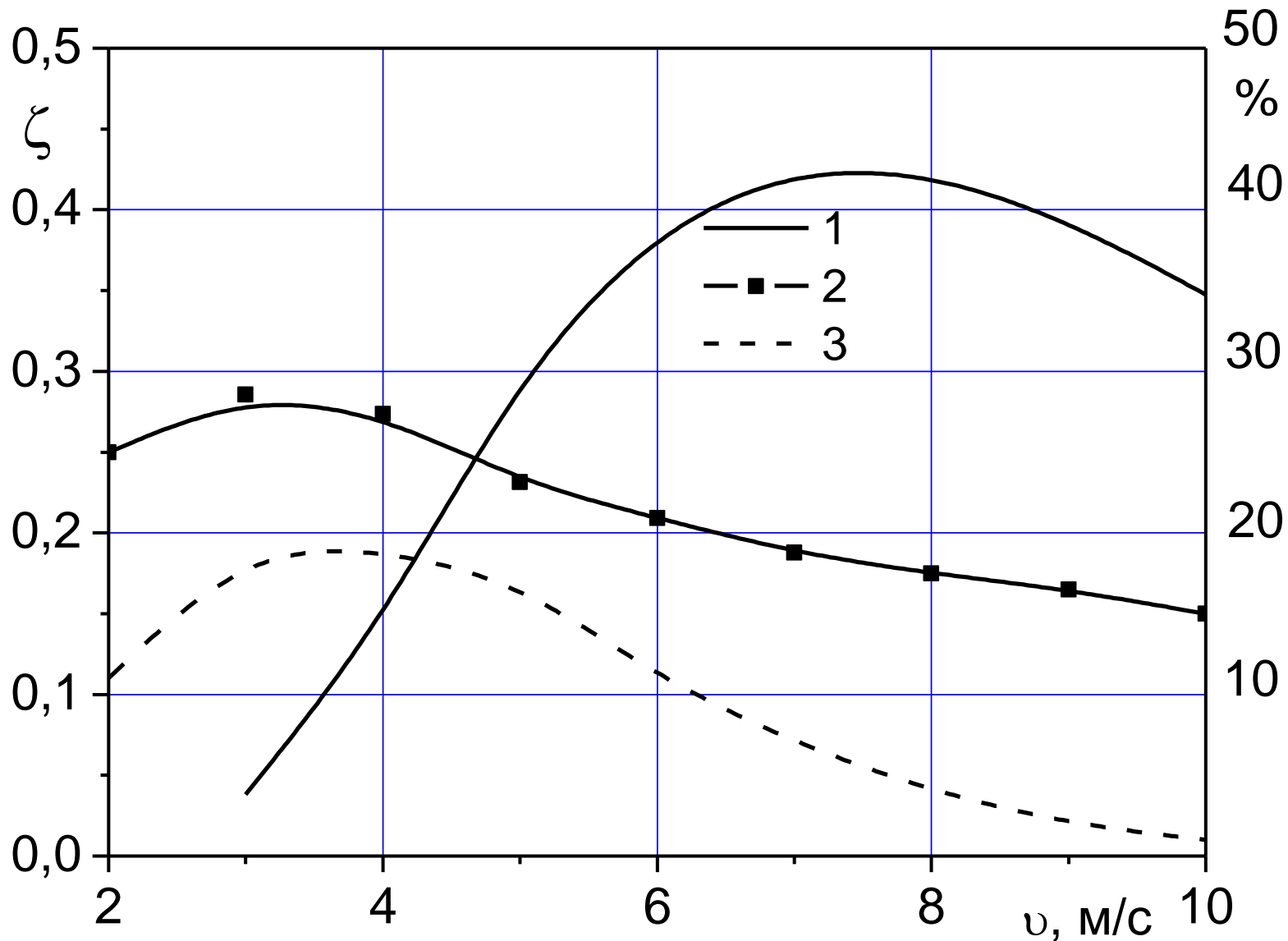
250 кВт



1600 кВт



Зависимости коэффициентов использования мощности ветрового потока от скорости ветра



Перспективным направлением считается совмещение лопастной и роторной ветроустановок, когда на одном махе установлен и ротор и лопасть.

Это позволит увеличить величину крутящего момента, снизить частоту вращения ротора и расширить рабочий диапазон скорости ветра – от 2 до 40 м/с.

Целесообразность использования энергии ветра в РБ

Области и цели эффективного применения ветроустановок:

- выработка электроэнергии – для локальных объектов, для освещения участков дорог;
- выработка механической энергии – водоподъем на пастбищах, аэрация воды на рыбоводных прудах;
- выработка тепловой энергии – отопление и горячее водоснабжение небольших объектов (бытовки, теплица, сушилка и др.).