

Основы аэродинамики ветротурбин

Лекция 9: Классификация ветрогенераторов по конструктивным признакам



Цель и основные вопросы

01

Конструктивные элементы

Лопасты, ротор, генератор, башня,
система регулирования

02

Классификация по оси

Горизонтальная и вертикальная оси
вращения

03

Количество лопастей

От одной до множества лопастей

04

Регулирование мощности

Различные способы управления и защиты

05

Сравнительный анализ

Преимущества и недостатки решений

Классификация по МОЩНОСТИ

Средней мощности

кВт 100-600

Диаметр: 25-44 м

Лопастей: 2-3

Для энергетики

Маломощные

кВт 15-50

Диаметр: 3-10 м

Лопастей: 2-3

Для бытовых нужд

Большой мощности

кВт 1000-4000

Диаметр: >45 м

Лопастей: 2

Для энергетики





Мощность ветрового потока

Основная формула

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

где F — площадь сечения, V — скорость потока, ρ — плотность воздуха

Удельная мощность

$$\frac{P}{F} = \frac{\rho V^3}{2}$$

Рекомендации по областям

Маловетренные области:

30-60 Вт/м², max 100 Вт/м²

Наветренные области:

100-300 Вт/м², max 500 Вт/м²

Расчёт мощности установки

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

ξ — КИЭВ

Коэффициент использования энергии ветра: 0,4-0,45

R — радиус ротора

Определяет площадь захвата ветра

ρ — плотность воздуха

Обычно 1,25 кг/м³

$\eta_{ред}$ — КПД редуктора

Типично 0,9-0,95

$\eta_{ген}$ — КПД генератора

Типично 0,7-0,9



Классификация по оси вращения

Горизонтальная ось (ГАВ)

- Наиболее распространённые (>95% мирового производства)
- КПД в 3 раза выше ротора Савониуса
- Высокие массо-габаритные показатели
- Простота регулирования мощности
- Эффективны при устойчивом ветре

Вертикальная ось (ВАВ)

- Ротор Дарье и ротор Савониуса
- Менее чувствительны к направлению ветра
- Компактнее по конструкции
- Малый шум при работе
- Не требуют ориентации на ветер

Дополнительная классификация



По виду силы

Подъёмная сила или напор от набегающего потока



По быстроходности

Тихоходные и быстроходные установки



По местоположению

Наземные, морские и прибрежные установки

Ключевые выводы



Доминирование ГАВ

Горизонтальные установки составляют более 95% мирового производства благодаря высокому КПД



Разнообразие решений

Множество конструктивных типов для различных условий эксплуатации и мощностей



Оптимизация параметров

Выбор удельной мощности определяет экономичность энергодохода установки

Контрольные вопросы: Классификация ветрогенераторов

01

Назовите основные критерии классификации ветрогенераторов по конструктивным признакам.

02

В чем заключаются принципиальные отличия между ветрогенераторами с горизонтальной и вертикальной осью вращения (ГАВ и ВАВ)?

03

Перечислите основные преимущества и недостатки ГАВ.

04

Опишите условия, при которых целесообразно применение ВАВ.

05

Как количество лопастей влияет на эффективность и шумность ветрогенератора?

06

Что такое удельная мощность ветрогенератора и почему этот параметр важен при проектировании?

07

Представьте, что вы выбираете ветрогенератор для установки на крыше частного дома. Какие конструктивные особенности будут для вас приоритетными и почему?

08

Какие меры могут быть предприняты для снижения уровня шума, производимого крупными ветрогенераторами?

09

Какой тип ветрогенератора (с редуктором или безредукторный) предпочтительнее для морских ветропарков и объясните почему?

Список литературы по аэродинамике ветротурбин и ветроэнергетике

1. Вашкевич, Д.А. Ветроэнергетические установки: Учебник. – Москва: ИД Форум, 2012.
2. Николаев, А.В. Расчет аэродинамических характеристик лопастей ветротурбин. // Вестник машиностроения. – 2018. – № 5. – С. 34-39.
3. Методические рекомендации по проектированию ветроэнергетических систем. – Москва: Энергоиздат, 2010.
4. Burton, T., Nicklas, A., Sharpe, D. and Jenkins, N. Wind Energy Handbook. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, 2011.
5. Hau, E. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. – 3rd ed. – Springer, 2013.
6. Manwell, J. F., McGowan, J. G., Rogers, A. L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, 2009.
7. Gasch, R., Tvele, J. Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation. – Springer, 2012.
8. Ackermann, T. Wind Power in Power Systems. – John Wiley & Sons, 2012.